



PUC GOIÁS

Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Escola de Engenharia

Engenharia Civil

**AVALIAÇÃO DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS
EM EDIFÍCIOS ESCOLARES DE GOIÂNIA-GO: ESTUDO DE CASO
EM ESCOLAS PÚBLICAS MUNICIPAIS**

Eduardo Moraes Lima

Goiânia, 02 de dezembro de 2020



PUC GOIÁS

Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Escola de Engenharia

Engenharia Civil

**AVALIAÇÃO DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS
EM EDIFÍCIOS ESCOLARES DE GOIÂNIA-GO: ESTUDO DE CASO
EM ESCOLAS PÚBLICAS MUNICIPAIS**

Eduardo Moraes Lima

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica de Goiás como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. MSc. Wesley Carlos Nunes

Goiânia, 02 de dezembro de 2020

Eduardo Moraes Lima

Monografia defendida e aprovada em 02 de dezembro de 2020 pela banca examinadora a seguir:

Prof. Me. Wesley Carlos Nunes

Prof. Me. Paulo Sérgio de Oliveira Resende

Prof. Me. Rodrigo Martinez Castro

RESUMO

Quando se discorre sobre edificações escolares, deve-se considerar todos os aspectos que permitam aos usuários conforto e bem-estar, visando assim o estímulo do processo de aprendizagem. Em edifícios públicos, sobretudo nos escolares, manifestações patológicas nos sistemas que os compõem são bastante comuns, uma vez que na maioria das vezes os projetos são padronizados, a especificação dos materiais é efetuada somente pelo menor preço, é ineficiente o controle na fase de execução das obras, tampouco há mecanismos competentes quanto ao controle de recebimento e acondicionamento dos materiais de construção nos canteiros de obras. Tem-se como objetivo desta pesquisa identificar as principais manifestações patológicas em escolas públicas municipais de Goiânia-GO. Para tanto, cinco escolas foram inspecionadas a partir de visitas técnicas que permitiram registros fotográficos e o preenchimento das fichas de quantificação das anomalias construtivas ou manifestações patológicas mais relevantes e visualmente identificáveis. A partir das análises realizadas nos registros das ocorrências de manifestações patológicas coletadas in loco, devidamente anotados e organizados por categorias pertinentes, elaborou-se gráficos que permitiram melhor compreender sobre as principais e mais frequentes anomalias ou problemas construtivos incidentes nas escolas públicas municipais avaliadas, bem como as prováveis causas destas principais manifestações patológicas construtivas estudadas. Sob aspecto quanti-qualitativo, identificou-se relevantes manifestações patológicas construtivas em todas as escolas analisadas e avaliadas, sendo que os sistemas constituintes destas que apresentaram maior incidência de manifestações patológicas foram as estruturas de concreto armado, os painéis de vedação vertical e a pavimentação (pisos), correspondendo juntos a 85,4% do total de problemas construtivos identificados e, os que apresentaram a menor incidência foram os sistemas de forros/tetos e revestimentos, correspondendo a 14,6% do total observado. Dentro todas as anomalias encontradas, as de maiores frequências foram as aberturas (fissuras, trincas e rachaduras), deslocamentos e manchas nos sistemas de pinturas.

Palavras-chaves: patologias, escolas públicas, vida útil, desempenho, durabilidade.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Desempenho ao longo do tempo. | 19 |
| Figura 2 – Origem das manifestações patológicas na construção. | 21 |
| Figura 3 – Origem das manifestações patológicas na construção. | 21 |
| Figura 4 – Percentual de ocorrência das causas das principais manifestações patológicas encontradas em 10 conjuntos habitacionais vistoriados após entrega à população. | 22 |
| Figura 5 – Classificação das fissuras em alvenarias. | 26 |
| Figura 6 – Fissuras geométricas (esquerda) e mapeadas. | 27 |
| Figura 7 – Fissura vertical entre muro e a edificação indicando deficiência de amarração (esquerda) e fissura horizontal na interface alvenaria/laje, indicando movimentação térmica. | 28 |
| Figura 8 – Rachaduras inclinadas causadas por recalque das fundações (esquerda) e fissura horizontal nas juntas de argamassa causadas por reações químicas. | 28 |
| Figura 9 – Manchas por capilaridade. | 30 |
| Figura 10 – Mancha ocasionada por infiltração de água da chuva. | 30 |
| Figura 11 – Condensação em ambiente úmido. | 31 |
| Figura 12 – Bolor (mofo) na parede. | 32 |
| Figura 13 – Mecanismo de ação da eflorescência. | 33 |
| Figura 14 – Eflorescência em encontro de vigas em garagem. | 33 |
| Figura 15 – Mecanismo de corrosão da barra de aço. | 35 |
| Figura 16 – Elemento estrutural com produtos da corrosão. | 35 |
| Figura 17 – Deterioração do concreto por causas mecânicas. | 37 |
| Figura 18 – Desgaste causado por abrasão. | 38 |
| Figura 19 – Pilar sofrendo o processo de erosão. | 39 |
| Figura 20 – Efeito da retração por secagem ao ar em elementos de concreto. | 39 |
| Figura 21 – Retração do concreto. | 40 |
| Figura 22 – Tipos de reações químicas responsáveis pela deterioração do concreto. | 41 |
| Figura 23 – Fissuração em blocos de fundação afetados pelo RAA. | 42 |
| Figura 24 – Chuveirão localizado na orla de Boa Viagem em avançado grau de corrosão. | 43 |
| Figura 25 – Metodologia de Lichtenstein para resolução dos problemas patológicos. | 44 |
| Figura 26 – Metodologia de Lichtenstein adaptada para o presente estudo. | 45 |
| Figura 27 – Localização de Goiânia. | 47 |
| Figura 28 – Mapa de Goiânia com a marcação das Escolas Municipais visitadas. | 48 |

| | |
|--|----|
| Figura 29 – Foto de identificação da E.M. Maria Nosídia Palmeiras das Neves.. | 48 |
| Figura 30 – Foto de identificação da E.M. Solar Ville..... | 49 |
| Figura 31 – Foto de identificação da E.M. Solar Ville..... | 50 |
| Figura 32 – Foto de identificação da E.M. Nossa Senhora Aparecida..... | 50 |
| Figura 33 – Foto de identificação da E.M. Maria Clara Machado..... | 51 |
| Figura 34 – Ano de construção e número de manifestações patológicas identificadas de cada escola..... | 52 |
| Figura 35 – Incidência de manifestações patológicas nos principais sistemas construtivos da Escola A..... | 53 |
| Figura 36 – Trinca em pilar e viga..... | 53 |
| Figura 37 – Armadura exposta na parte inferior do pilar de extremidade..... | 54 |
| Figura 38 – Fissura em pavimento partindo da interface pilar/pavimentação..... | 54 |
| Figura 39 – Trinca na interface alvenaria/pilar..... | 55 |
| Figura 40 – Incidência de manifestações patológicas nos principais sistemas construtivos da Escola B..... | 55 |
| Figura 41 – Trinca e deslocamento da pintura em pilar de extremidade..... | 56 |
| Figura 42 – Trinca em pavimento..... | 56 |
| Figura 43 – Fissuras a partir das extremidades (cantos) de esquadrias, devido a falha de execução..... | 57 |
| Figura 44 – Rachadura na interface pilar/alvenaria..... | 57 |
| Figura 45 – Manchas e deslocamento em laje sob reservatório superior..... | 58 |
| Figura 46 – Incidência de manifestações patológicas nos principais sistemas construtivos da Escola C..... | 58 |
| Figura 47 – Armadura exposta em viga..... | 59 |
| Figura 48 – Manchas e bolor na parede de concreto do reservatório superior e armadura do pilar que o sustenta exposta..... | 59 |
| Figura 49 – Armadura exposta na parte inferior do pilar..... | 60 |
| Figura 50 – Trinca em pavimento partindo da interface pilar/pavimentação..... | 60 |
| Figura 51 – Rachadura na interface alvenaria/viga em parede externa..... | 61 |
| Figura 52 – Mancha no rodapé da parede externa devido a umidade oriunda do dreno do ar-condicionado..... | 61 |
| Figura 53 – Forro de gesso deslocando da laje e deixando exposto blocos cerâmicos que compõem a laje..... | 62 |
| Figura 54 – Deslocamento de revestimento nas proximidades do bebedouro..... | 62 |

| | |
|--|----|
| Figura 55 – Interruptor sem placa (espelho), expondo os condutores elétricos, em desconformidade com as normas vigentes de instalações elétricas..... | 63 |
| Figura 56 – Incidência de manifestações patológicas dos principais sistemas construtivos da Escola D..... | 63 |
| Figura 57 – Bolor na parte inferior do pilar e deslocamento da camada de tinta. | 64 |
| Figura 58 – Rachadura na parte inferior do pilar de extremidade..... | 64 |
| Figura 59 – Rachadura, mancha de bolor e deterioração física do pavimento do pátio..... | 65 |
| Figura 60 – Rachadura na extremidade da esquadria..... | 65 |
| Figura 61 – Deslocamento da camada de tinta no roda-pé das salas de aula. | 66 |
| Figura 62 – Deslocamento da camada de gesso corrido e tinta de laje externa..... | 67 |
| Figura 63 – Deslocamento de revestimento cerâmico do rodapé das salas de aula. | 67 |
| Figura 64 – Condutor elétrico exposto a 1,40m de altura, em desconformidade com as normas vigentes de instalações elétricas.. | 68 |
| Figura 65 – Incidência de manifestações patológicas nos principais sistemas construtivos da Escola E..... | 68 |
| Figura 66 – Pilar de canto do reservatório superior com armadura exposta. | 69 |
| Figura 67 – Laje com infiltração e fissuras. | 69 |
| Figura 68 – Laje com ninhos de concretagem e com exposição das armaduras de aço..... | 70 |
| Figura 69 – Fissura em pavimento de concreto..... | 70 |
| Figura 70 – Rachadura originada a partir do canto inferior da abertura (vão) de uma esquadria (janela)..... | 71 |
| Figura 71 – Deslocamento de gesso corrido de laje externa..... | 71 |
| Figura 72 – Deterioração de junta do revestimento em bebedouro..... | 72 |
| Figura 73 – Incidência de manifestações patológicas nos principais sistemas construtivos das escolas públicas estudadas e pertencentes à rede municipal de Goiânia-GO..... | 73 |
| Figura 74 – Principais manifestações patológicas identificadas nas estruturas de concreto armado. | 73 |
| Figura 75 – Principais manifestações patológicas identificadas em painéis de vedação vertical. | 74 |
| Figura 76 – Principais manifestações patológicas identificadas em pavimentação. | 74 |
| Figura 77 – Principais manifestações patológicas identificadas em revestimentos.. | 75 |
| Figura 78 – Principais manifestações patológicas identificadas em tetos/forros. | 75 |

LISTA DE SÍMBOLOS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACI – *American Concrete Institute*

CCV – Custo do Ciclo de Vida

CIB – *Conseil International du Bâtiment*

EJA – Educação de Jovens e Adultos

EM – Escola Municipal

IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia

ISO – *International Organization for Standardization*

RAA – Reação Álcali-Agregado

RILEM – *Réunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux*

VUP – Vida Útil de Projeto

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 | OBJETIVOS | 13 |
| 1.1.1 | OBJETIVO GERAL..... | 13 |
| 1.1.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 13 |
| 1.2 | JUSTIFICATIVA | 13 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 15 |
| 2.1 | PATOLOGIA NO CONTEXTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL..... | 15 |
| 2.1.1 | PATOLOGIA E MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA..... | 16 |
| 2.2 | DESEMPENHO, DURABILIDADE E VIDA ÚTIL DAS EDIFICAÇÕES..... | 16 |
| 2.2.1 | DESEMPENHO | 18 |
| 2.2.2 | DURABILIDADE..... | 19 |
| 2.2.3 | VIDA ÚTIL | 19 |
| 2.3 | ORIGEM DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS..... | 20 |
| 2.3.1 | CONCEPÇÃO DO PROJETO | 22 |
| 2.3.2 | UTILIZAÇÃO DE MATERIAL INADEQUADOS..... | 23 |
| 2.3.3 | FALHAS DURANTE O PROCESSO EXECUTIVO | 24 |
| 2.3.4 | MÁ UTILIZAÇÃO E FALTA DE MANUTENÇÃO | 25 |
| 2.4 | PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICA DAS EDIFICAÇÕES..... | 26 |
| 2.4.1 | FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS | 26 |
| | CLASSIFICAÇÃO DAS FISSURAS SEGUNDO SUAS CAUSAS..... | 27 |
| 2.4.2 | FALHAS RELACIONADAS À UMIDADE..... | 28 |
| 2.4.3 | CORROSÃO DO AÇO DA ARMADURA | 34 |
| 2.4.4 | DETERIORIZAÇÃO DO CONCRETO | 36 |
| 3 | METODOLOGIA | 43 |
| 3.1 | MÉTODO DE ESTUDO ADOTADO | 43 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.2 | MÉTODO PARA LEVANTAMENTO E DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS | 44 |
| 3.2.1 | LEVANTAMENTO DE SUBSÍDIOS | 45 |
| 3.2.2 | DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO..... | 46 |
| 3.2.3 | TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS..... | 46 |
| 3.3 | CONSIDERAÇÕES SOBRE A REGIÃO DE ESTUDO | 46 |
| 3.4 | CARACTERIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES ESCOLARES | 47 |
| 3.4.1 | Escola Municipal Maria Nosídia Palmeiras das Neves..... | 48 |
| 3.4.2 | Escola Municipal Solar Ville..... | 49 |
| 3.4.3 | Escola Municipal Professora Leonisia Naves de Almeida..... | 49 |
| 3.4.4 | Escola Municipal Nossa Senhora Aparecida..... | 50 |
| 3.4.5 | Escola Municipal Maria Clara Machado | 51 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 51 |
| 4.1 | Escola A..... | 53 |
| 4.2 | Escola B | 55 |
| 4.3 | Escola C | 58 |
| 4.4 | Escola D..... | 63 |
| 4.5 | Escola E | 68 |
| 4.6 | QUANTIFICAÇÕES DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NAS ESCOLAS INSPECIONADAS..... | 72 |
| 4.6.1 | ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO | 73 |
| 4.6.2 | PAINÉIS DE VEDAÇÃO VERTICAL | 74 |
| 4.6.3 | PAVIMENTAÇÃO | 74 |
| 4.6.4 | REVESTIMENTOS | 75 |
| 4.6.5 | TETOS/FORROS | 75 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 76 |
| 5.1 | CONCLUSÃO | 76 |
| 5.2 | SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 77 |

| | |
|---|-----------|
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 78 |
| APÊNDICES | 85 |

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Deliberador (2010), se tratando de edificações escolares, deve-se considerar todos os aspectos que permitam aos usuários conforto e bem-estar, visando assim o estímulo do processo de aprendizagem. Devido aos impactos dos avanços tecnológicos, sociológicos e econômicos e suas influências na construção civil, os requisitos mínimos quanto a habitabilidade de edifícios se tornaram mais rígidos, e isso não é diferente para os edifícios escolares, conforme KOWALTOWSKI *et al.* (2006, apud Deliberador, 2010).

Conforme Mohamab (2015), manifestações patológicas em construções são fenômenos tão antigos quanto a existência das mesmas, as quais são registradas desde os primórdios da espécie humana. O código de Hamurabi, o mais antigo conjunto de leis escritas, criado pelo sexto rei da Suméria Hamurábi, no século XVIII a.C., na Mesopotâmia, determinava regras que, caso descumpridas, punia os responsáveis por defeitos em construções: "se uma casa mal construída causa a morte de um filho do dono da casa, então, o filho do construtor será condenado à morte".

Ainda segundo o autor supracitado, apenas após a Segunda Guerra Mundial começaram a surgir as primeiras tentativas de classificar de forma sistemática as anomalias e o emprego do termo patologia como forma de tratar esse assunto dentro engenharia. Contudo, a consolidação do tema só ocorreu a partir da década de 70, com a realização de seminários, conferências e a publicação de artigos científicos. Atualmente a importância do tema se vê o presente tanto no sentido de evitar danos em edificações novas quanto na manutenção das já existentes.

Mehta e Monteiro (2008) argumentam que, em países industrialmente desenvolvidos, 40% dos recursos totais destinados a indústria da construção são usados em intervenções de estruturas já existentes. Os mesmos ainda acrescentam que o crescimento do custo envolvendo a manutenção/reparação e o crescente destaque no custo do ciclo de vida (CCV) total do edifício, em sobreposição ao inicial de construção, está impondo aos engenheiros que deem a devida atenção quanto à durabilidade de suas obras. Nos Estados Unidos, conforme dados da NACE Internacional (2002, apud Possan e Demoliner 2013), o custo anual destinado somente ao processo corrosivo de infraestruturas civis (aeroportos, pontes, portos, entre outros), é estimado em US\$ 22,6 bilhões.

O termo Patologia, de origem grega (*páthos* = doença e *logos* = estudo), é amplamente utilizado nas diversas áreas das ciências, com denominações do objeto de estudo que variam de acordo com o ramo de atividade. Conforme a origem do termo, patologia é a ciência que estuda

as doenças e, originalmente, foi utilizada na medicina com a finalidade de, segundo Freire (2010), "relatar as modificações anatômicas e funcionais causadas pelas doenças no organismo."

Araújo (2004) afirma que se tratando de edifícios públicos, sobretudo os escolares, falhas (patologias) nos sistemas que os compõem são bastante comuns, uma vez que na maioria das vezes os projetos são padronizados, a especificação dos materiais é efetuada somente pelo menor preço, o controle na fase de execução, na maioria das vezes, é deficiente e/ou inadequado e, em certa parcela das obras, sequer existe controle e os usuários no geral não se sensibilizam para com a conservação do prédio, ocasionando falhas oriundas também da fase de operação dos sistemas prediais.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral da presente pesquisa é identificar as principais manifestações patológicas em escolas públicas municipais da cidade de Goiânia-GO.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Discorrer sobre as possíveis causas que dão origem às patologias nas edificações;
- Identificar e quantificar as principais manifestações patológicas nas edificações escolares inspecionadas;
- Realizar um breve diagnóstico da situação, buscando interpretar relações de causa e efeito que caracterizam as manifestações patológicas;
- Elaborar gráficos quantitativos das principais manifestações patológicas e a sua frequência em cada uma das edificações inspecionadas, bem como a totalização dos resultados obtidos;

1.2 JUSTIFICATIVA

As escolas são para as crianças e para os adultos; "(...) o tempo do aprendizado não é somente uma fase da vida, mas o passaporte para a sobrevivência e para uma vida melhor. E

assim posto, não deveriam os edifícios escolares refletir essa prioridade?” (NAIR E FIELDING, 2005).

Desconsiderando o seio familiar, a escola é o primeiro ambiente socializador que a criança frequenta. A criança, ao ingressar na escola, se apega ao espaço físico e é essencial, portanto, que a edificação escolar esteja adaptada e preparada para atender às necessidades de seus usuários, contribuindo para a concentração e o seu desempenho no seu processo de educação.

A educação tem inegável valor na construção e no desenvolvimento de uma nação e de seu povo, admitindo-se seu caráter libertador, que se concretiza na busca da autonomia e da plena formação humana. Sob esse enfoque, as práticas educativas estão no centro de um processo de emancipação coletiva em que o homem torna-se o sujeito construtor de sua história. (DELIBERADOR, 2010, p. 17).

É fundamental que ambientes educacionais cumpram com os requisitos mínimos de habitabilidade, contribuindo para uma melhor experiência de uso da edificação tanto para os alunos quanto com os professores. O docente só poderá realmente assumir seu papel e função, seguindo o que é proposto pelas políticas públicas no campo educacional, quando forem criadas condições para que este possa dedicar-se à solução dos problemas educacionais.

Além do mais, por ser tratar de edificações públicas, a importância do tema tangencia a questão de gastos dos cofres públicos, afinal a ausência de um plano de manutenção adequado nas obras públicas faz com que pequenos problemas, que via de regra apresentariam um baixo recuperação, evoluam para situações de baixo desempenho, caracterizado por ambientes insalubres, deficiência estética, eventual insegurança estrutural e com alto custo de recuperação (ANTONIAZZI, 2009).

O estudo das patologias das edificações, a partir de suas manifestações patológicas, permite a construção de um conhecimento mais detalhado acerca de suas causas, ampara trabalhos de recuperação e manutenção e colabora para um entendimento aprofundado de cada uma das etapas que envolvem os processos de produção das edificações, viabilizando a adoção de medidas preventivas (IOSHIMOTO, 1988 apud FRANCO & NIEDERMEYER, 2017).

Sendo assim, a relevância da realização deste trabalho consiste justamente em averiguar a qualidade da construção de um determinado número de escolas públicas do município de Goiânia, o qual a partir desta poderá ser realizado um estudo para determinar as causas desses problemas e propor alternativas de intervenção.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PATOLOGIA NO CONTEXTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com Gaiofatto (2005, apud Pozzobon, 2018), o tema patologia, no contexto da construção civil, começou a se popularizar nas escolas de engenharia a partir da década de 70, acompanhado dos termos paralelos à medicina tradicional, como: diagnóstico, terapia e anamnese das construções.

Ao longo da vida útil de uma edificação, frequentemente são detectadas deficiências no desempenho dos sistemas e subsistemas que a constitui frente aos requisitos a que deveria obedecer. Estas anomalias podem se originar no próprio edifício em razão de erros de projeto ou de execução, resultantes da ação do tempo ou provocadas pela alteração de circunstâncias externas que originam um maior grau de exigência ou expectativa neste. (CÓIAS, 2006 apud FERREIRA, 2010).

O levantamento das anomalias construtivas e o estudo das suas causas são atividades que fazem parte do campo de estudo da ciência designada de patologia das construções, e que deve ser responsabilidade somente de profissionais com grande experiência no domínio da concepção e construção do tipo de obra analisada (CÓIAS, 2006).

O termo patologia aqui utilizado é uma analogia ao emprego do mesmo na área da saúde. Ao decorrer dos anos, conforme Grandiski (1995), percebeu-se que, assim como um ser vivo qualquer, a "saúde" das edificações depende não só dos cuidados durante sua "gestação" (fase do projeto), mas também durante seu crescimento (fase da construção) e ao longo de toda a sua vida (fase de manutenção), sob pena, caso não tomada as devidas precauções, de adquirir "doenças" (patologias).

Souza e Ripper (1998) argumentam que conceitos modernos de patologia das construções implicam a consideração, além da segurança estrutural, dos conceitos de qualidade e de sua garantia e das exigências, não apenas do usuário direto, mas também da coletividade na qual se insere.

Cabredo (2009), afirma que o estudo da patologia em edifícios se divide em três partes que se comparam a uma "obra teatral em três atos": existência de um problema, investigação do mesmo e, se possível, proposta de reabilitação. No "primeiro ato", o técnico responsável se encontra perante a manifestação patológica, constando assim a existência de um defeito na construção. O "segundo ato" trata do início de uma metodologia de estudos que, normalmente, segue as seguintes premissas: reconhecimento, pré-diagnóstico, investigação detalhada e

diagnóstico e, por fim, o “terceiro ato” propõe a terapia, ou seja, a maneira adequada de tratar a patologia manifestada na construção.

2.1.1 PATOLOGIA E MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA

No contexto dos termos técnicos pertinentes à engenharia civil, há uma grande confusão no uso da palavra patologia, tanto entre leigos como no meio técnico/acadêmico. De acordo com França, *et al* (2011), “ouve-se repetidamente a palavra patologia sendo empregada para definir o que na verdade pode ser chamado de manifestação patológica.”

Segundo os mesmos autores supracitados, manifestação patológica é a expressão que resulta de um mecanismo de degradação e podem ser identificadas com o emprego dos cinco sentidos humanos, enquanto a patologia pode ser definida como a ciência formada por um grupo de teorias consolidadas cujo objetivo é explicar tais mecanismo e a causa da incidência de determinadas manifestações patológicas.

Para efeitos de exemplificação podemos citar a fissura, que não é uma patologia, mas sim um sintoma (manifestação patológica) cujo mecanismo de degradação (patologia) pode ser uma deformação excessiva da estrutura, corrosão de armaduras ou uma reação álcali-agregado, cuja a terapia (procedimento para o restabelecimento da estrutura) deve levar em conta as causas da doença.

2.2 DESEMPENHO, DURABILIDADE E VIDA ÚTIL DAS EDIFICAÇÕES

A deterioração prematura das edificações ou de suas partes e a conseqüente redução do seu desempenho é um problema que construções do mundo enfrentam. Esta degradação ocorre devido, geralmente, ao envelhecimento precoce das construções, a qual habitualmente está relacionada a baixa qualidade dos materiais empregados na construção, falhas de projeto, execução e falta de manutenção ou má operação do edifício (POSSAN e DEMOLINER, 2013).

Essa degradação antecipada das edificações influencia diretamente nos custos de manutenção e reparo das mesmas. Tratando-se de sistemas estruturais em concreto armado e protendido, as atividades relativas à manutenção, reparo e restauração das estruturas correspondem a 35% do total do volume de trabalho da construção civil (GARCÍA-ALONSO *et al.*, 2007). De acordo com Mehta e Monteiro (2008), em países industrialmente

desenvolvidos, 40% dos recursos totais da indústria da construção civil são destinados a estruturas já existentes.

Acidentes ocorridos no Brasil, como o desabamento do edifício Andrea¹, a queda de trecho da ciclovia Tim Maia² e o sinistro no estádio de futebol Nova Fonte³, causaram prejuízos econômicos, sociais e perdas humanas irreparáveis. Esses sinistros, entre outros, tem chamado cada vez mais a atenção da comunidade da construção civil brasileira para a necessidade de se pensar durabilidade, controle de projeto e execução em novas edificações e, especialmente, a indispensabilidade da manutenção e/ou monitoramento das já existentes.

Segundo Possan e Demoliner (2013), fatores como o plano de manutenção, a estimativa de custos ao longo da vida útil e o dever de se construir edificações mais duradouras (com maior vida útil) devem ter maior prioridade nos projetos e no planejamento/gerenciamento de um empreendimento, dando importância também para o custo do ciclo de vida (CCV). Em síntese, é necessário melhorar a qualidade das edificações produzidas.

No âmbito internacional, organizações como a ISO (*International Standards Organization*), a RILEM (*Réunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux*), o ACI (*American Concrete Institute*), entre outras, há anos desenvolvem pesquisas que visam melhorias no setor estudado, inserindo novos conceitos na indústria da construção civil em benefício da durabilidade e aumento da vida útil das construções. No Brasil, a ABNT NBR 15575 - Desempenho de edificações habitacionais, publicada em 2013, é o principal documento normativo com foco em desempenho de edificações habitacionais. Possan e Demoliner (2013) descrevem que a ABNT NBR 15575 possui origem em pesquisas que objetivaram a criação de métodos de avaliação de tecnologias e sistemas construtivos, de forma que pudessem ser definidos desempenhos mínimos para esses sistemas utilizados em edificações residenciais brasileiras, em um contexto de grande déficit habitacional predominante em segmentos de baixa renda.

Vale a pena citar que a Norma Brasileira de Desempenho (seu nome popular) teve sua primeira tentativa de publicação no dia 12 de maio 2008, com sua entrada e vigor para o dia 12 de maio de 2010. Porém, por motivos diversos, a norma não entrou em vigor e passou por uma reformulação, sendo novamente publicada somente no ano de 2013.

¹ Desabamento ocorrido no dia 15 de outubro de 2019, em Fortaleza – BA, que matou nove pessoas e deixaram sete feridas.

² Desabamento ocorrido no dia 21 de maio de 2016, no Rio de Janeiro – RJ, vitimando duas pessoas.

³ Desabamento de laje de concreto componente da arquibancada do estádio ocorrido em 25 de novembro de 2007, vitimando sete pessoas.

2.2.1 DESEMPENHO

De acordo com o *Conseil International du Bâtiment* – CIB (1982, apud Okamoto, 2015), desempenho pode ser definido como o comportamento em utilização de uma edificação, isto é, um produto qualquer deve apresentar requisitos mínimos para atender sua função pré-estabelecida ao longo de sua vida útil. O CIB afirma que o desempenho desejado em um edifício é aquele que atende às exigências de seus usuários, definidas por Souza (1998) como o “conjunto de necessidades a serem satisfeitas pelo edifício, a fim de que este cumpra a sua função”.

No Brasil, a definição de desempenho de uma edificação se dá por meio de parâmetros estabelecidos segundo a ABNT NBR 15575-1 (2013), a qual estabelece especificações quantitativas dos requisitos de desempenho (qualitativos), apresentado em termos de quantidades mensuráveis para que assim possam ser objetivamente determinados. A norma determinada, para edifícios habitacionais, 12 critérios de desempenho fundamentados na norma ISO 6241 (1984) adaptados para a realidade brasileira. A Tabela 1 abaixo lista estes critérios.

Tabela 1 - Critérios de desempenho. Fonte: Possan e Demoliner (2013).

| Itens | ISO 6241 (1984) | NBR 15575-1 (2013) |
|-------|--|----------------------------------|
| 1 | Estabilidade estrutural e resistência a cargas estáticas, dinâmicas e cíclicas | Desempenho estrutural |
| 2 | Resistência ao fogo | Segurança contra incêndio |
| 3 | Resistência à utilização | Segurança no uso e na operação |
| 4 | Estanqueidade | Estanqueidade |
| 5 | Conforto higrotérmico | Desempenho térmico |
| 6 | Conforto acústico | Desempenho acústico |
| 7 | Conforto visual | Desempenho lumínico |
| 8 | Durabilidade | Durabilidade e manutenibilidade |
| 9 | Higiene | Saúde, higiene e qualidade do ar |
| 10 | Conforto tátil | Funcionalidade e acessibilidade |
| 11 | Conforto antropométrico | Conforto tátil e antropodinâmico |
| 12 | Qualidade do ar | Adequação ambiental |
| 13 | Custos | |

Para a comprovação do desempenho de uma edificação a norma recomenda a realização de ensaios em laboratórios especializados e, se possível, a elaboração de uma modelagem matemática para estimativa mais precisa do desempenho e da vida útil.

2.2.2 DURABILIDADE

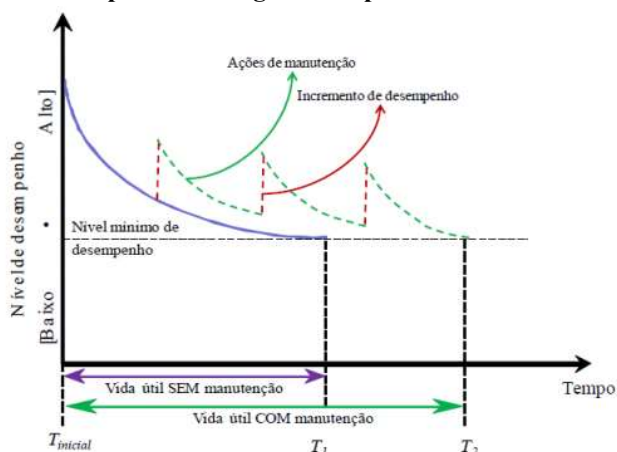
De acordo com a ABNT NBR 15575 (2013), “durabilidade é a capacidade de uma construção ou de uma parte desta em desempenhar as suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas, até um estado limite de utilização.”

Conforme Possani e Demoliner (2013) salientam, é importante diferenciar durabilidade e vida útil, visto que, apesar da semelhança, são conceitos diferentes. Vida útil é o tempo projetado ou requerido para um nível de desempenho previamente determinado e durabilidade é a capacidade do elemento, sistema ou da construção como um todo em atender ao desempenho previsto durante certo período.

2.2.3 VIDA ÚTIL

Possani e Demoliner (2013) também afirmam que vida útil pode ser definida como a mensuração da expectativa do período de tempo do ciclo de vida dos sistemas e subsistemas que compõe uma edificação, dentro, é claro, de limites de projeto admissíveis. A ISO 13823 (2008) define vida útil como o “período efetivo de tempo durante o qual uma estrutura ou qualquer de seus componentes satisfazem os requisitos de desempenho do projeto, sem ações imprevistas de manutenção ou reparo”. De forma direta a ABNT NBR 15575 (2013) conceitua vida útil como “uma medida temporal da durabilidade de um edifício ou de suas partes”.

Figura 1 - Desempenho ao longo do tempo. Fonte: Possan e Demoliner (2013).



A Figura 1 acima ilustra graficamente a importância das manutenções para o prolongamento e/ou preservação da vida útil de projeto (VUP) de uma edificação. É necessário ressaltar que a norma de desempenho chama a atenção para a importância da “realização

integral das manutenções pelo usuário”, deixando claro que se este não realizar as manutenções pré-definidas, corre-se o risco de a VUP não ser atingida.

O conceito de vida útil pode ser usado para a estrutura como um todo ou apenas para algumas de suas partes. Por exemplo, as instalações elétricas e sanitárias de uma edificação podem (e geralmente têm) uma vida útil menor do que os elementos estruturais da mesma. Alguns exemplos de vida útil de projeto mínimas para alguns componentes estruturais são mostrados no Quadro 1.

Quadro 1 – Vida útil de projeto mínima a ser estabelecida pelo projetista. Fonte: Norma ABNT NBR 15.575-1.

| Sistema | VUP mínima em anos |
|--------------------------|----------------------------|
| Estrutura | segundo ABNT NBR 8681-2003 |
| Pisos internos | ≥13 |
| Vedação vertical externa | ≥40 |
| Vedação vertical interna | ≥20 |
| Cobertura | ≥20 |
| Hidrossanitário | ≥20 |

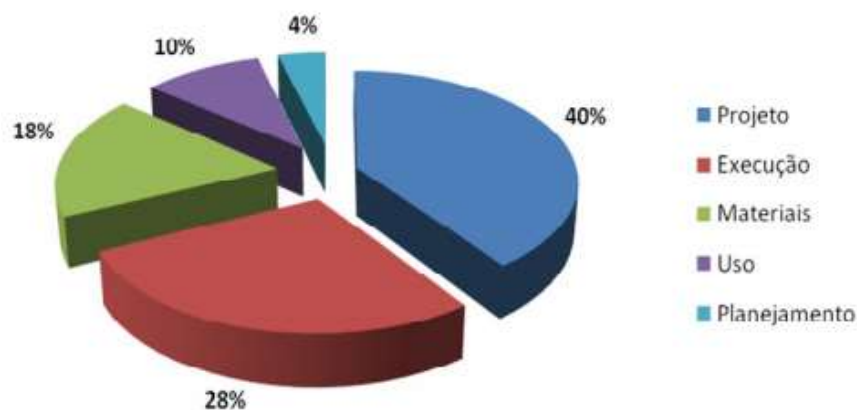
* Considerando periodicidade e processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 5674.

2.3 ORIGEM DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

De acordo com Freire (2010), a construção de uma edificação envolve pelo menos quatro principais etapas: projeto, execução, emprego de materiais e utilização da edificação. Para que o resultado do produto seja satisfatório tanto para o usuário quanto, principalmente, para o controle da incidência de manifestações patológicas na edificação, é necessário que para cada uma dessas etapas seja dada a devida importância.

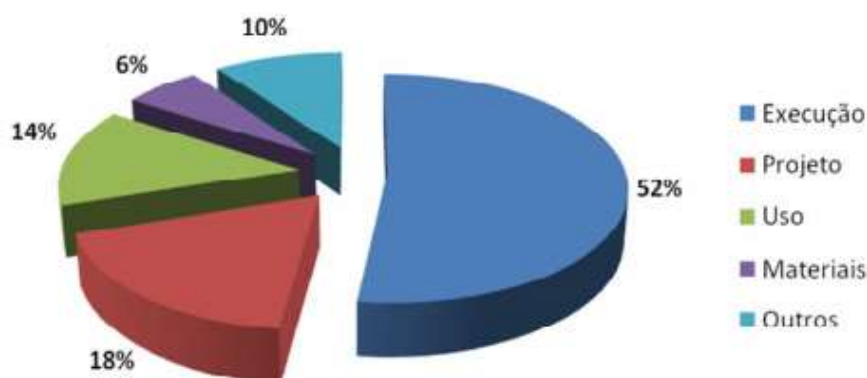
No Brasil, de acordo com Granau (1981, apud Helene, 1992), as falhas de projeto são responsáveis por 40% das manifestações patológicas em edificações, seguida pela execução (28%), materiais (18%), uso (10%) e planejamento da obra com 4%, tal como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Origem das manifestações patológicas na construção. Fonte: GRUNAU (1981, apud HELENE, 1992) – ADAPTADO.



Em contrapartida, a Figura 3 resume e exemplifica os estudos de Carmona & Marega (1988, apud Verçosa, 1991) atribuem à execução a principal causa de origem das manifestações patológicas, seguido por deficiência de projeto com 18%, utilização com 14%, materiais com 6% e outros fatores com 10% dos casos, assim como mostra o gráfico correspondente à Figura 3.

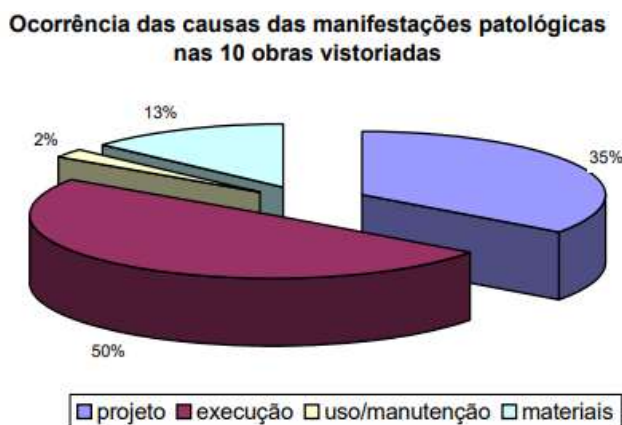
Figura 3 - Origem das manifestações patológicas na construção. Fonte: CARMONA & MAREGA (1988, apud Verçosa, 1991) – ADAPTADO.



A prevalência da execução como principal causa do surgimento de manifestações patológicas também é demonstrado por Fiess *et al.* (2004), onde, após o levantamento de dez conjuntos habitacionais na cidade de São Paulo, os autores concluíram que 50% dos casos de manifestações patológicas resultavam de falhas na execução. Vide Figura 4.

Figura 4 - Percentual de ocorrência das causas das principais manifestações patológicas encontradas em 10 conjuntos habitacionais vistoriados após entrega à população. Fonte: FIESS *et al.*

(2004)



2.3.1 CONCEPÇÃO DO PROJETO

Segundo Lima & Pacha (2000), são inúmeras as chances de ocorrer problemas quando da concepção de uma estrutura. Tais problemas podem surgir no lançamento da estrutura, na elaboração do anteprojeto ou ainda no momento da composição do projeto de execução.

Cánovas (1988) deixa claro que a ausência de um projeto de qualidade satisfatória implica, quase sempre, em modificações durante a obra, podendo aumentar ainda mais a possibilidade de erro durante a execução.

A patologia na execução pode ser consequência da patologia de projeto, havendo uma estreita relação entre elas; isso não quer dizer que a patologia de projeto sendo nula, a de execução também o será. Nem sempre com projetos de qualidade desaparecerão os erros de execução. Estes sempre existirão, embora seja verdade que podem ser reduzidos ao mínimo caso a execução seja realizada seguindo um bom projeto e com uma fiscalização intensa. (CÁNOVAS, 1988, p. 111).

Souza & Ripper (1998) verificaram que grande parte dos transtornos que ocorrem durante a fase de utilização de uma edificação ou preço superior ao definido no orçamento da mesma advém de erros durante a elaboração do estudo preliminar ou dos anteprojeto.

De acordo com Thomaz (2001), problemas provenientes durante a concepção do projeto final são responsáveis pela maior parte das graves manifestações patológicas das edificações, podendo ser os seguintes: incongruência na avaliação da capacidade resistiva do solo; escolha equivocada do método de cálculo/dimensionamento; incompatibilização de projetos; detalhamentos escassos ou equivocados e/ou impraticabilidade de execução de certos detalhamentos; ausência de representações padronizadas, entre outros.

Silva (2010, apud Freire, 2010), salienta que, em termos gerais, as especificações dos métodos empregados devem constar nas pranchas de projeto, ou expostas, de forma clara, nos memoriais descritivos e nas especificações, a fim de que o desenvolvimento e a conclusão da obra ocorram de maneira absoluta e precisa. Segundo o mesmo autor, tal afirmação reitera a importância de que sejam exigidas nos projetos indicações detalhadas, finalizadas, consolidadas e, principalmente, originárias de normas técnicas, leis e/ou preceitos correntes.

2.3.2 UTILIZAÇÃO DE MATERIAL INADEQUADOS

Os materiais empregados na construção civil podem ser responsáveis por diversas patologias, visto que estes estão sujeitos a interferências das mais diversas possíveis. Essa afirmação é explicitada por Piancastelli (2005), onde o mesmo argumenta, por exemplo, que é de praxe a prática de construtoras fazerem o uso de materiais de baixa qualidade, de forma desleal ou não, a fim de obter vantagens no orçamento da obra, ou mesmo podem utilizar desses materiais de modo errôneo em virtude da falta de conhecimento técnico.

De acordo com Freire (2010), é comum em algumas construtoras a não observância de um procedimento corriqueiro no dia a dia das construções: a conferência dos materiais na ocasião do seu recebimento em obra. Além da displicência anteriormente citada, também é observada a negligência quanto à estocagem dos mesmos no canteiro de obra, ficando sujeitos, em alguns casos, a todo tipo de intempéries do tempo. A manutenção dessas condutas compromete o desempenho dos materiais empregados e abrem precedentes para a ocorrência de diversas patologias.

O mercado da construção civil constantemente é agraciado com novos materiais, os quais, infelizmente, nem sempre são previamente testados quanto a sua conformidade frente aos ditos requisitos mínimos de desempenho. Conforme Rocha (1997, apud Silva & Costa 2010), é imprescindível tanto a verificação da capacidade dos materiais em resistir às intempéries, quanto como sujeitá-lo a condições análogas as quais o mesmo será submetido em uso, a fim de analisar seu comportamento. Não obstante, é necessário, se não essencial, verificar a interação desse material com os outros ao qual entrará em contato, além da realização de ensaios que comprovem a sua durabilidade.

Silva & Costa (2010), enfatizam que é vital que ocorra conformidade entre as escolhas dos materiais e as técnicas construtivas com o projeto a ser executado, visto que dessa maneira tanto as expectativas dos usuários quanto a conservação das características e propriedades de

fábrica são atendidas. Portanto, a escolhas dos materiais a serem empregados na construção civil não devem se pautar somente pelo seu preço, uma vez que isto pode significar um material se baixa qualidade. Dessa maneira, na visão dos autores, a probabilidade de ocorrerem manifestações patológicas cresce significativamente. O êxito na escolha, aquisição, recepção e aplicação dos materiais se decorre da adoção de um sistema de controle de qualidade (SILVA & COSTA, 2010).

2.3.3 FALHAS DURANTE O PROCESSO EXECUTIVO

Freire (2010) observa que, de modo geral, a indústria da construção civil se difere de grande parte das outras indústrias, visto que estas aplicam procedimentos repetitivos para a realização de sua produção. Já na engenharia que fundamenta a construção civil, cada obra é diferente da outra, mesmo que tenham projetos similares, a começar pelo canteiro de obras, pela vizinhança, pela morfologia do solo e etc.

Segundo o mesmo autor supracitado, essa particularidade comum ao modo das obras de engenharia exige um controle rigoroso quanto às atividades que ali estão sendo realizadas pelos operários, uma vez que nenhum procedimento será exatamente igual ao outro. Quanto aos trabalhadores, a construção também se difere das demais indústrias, dado que a grande maioria deles é pouco alfabetizada e o mínimo conhecimento técnico que possuem geralmente foi-lhes adquirido de forma empírica, portanto sem nenhum respaldo técnico-científico. A citada falta de qualificação dos funcionários, que é extremamente significativa na construção civil, tem sua razão fundamental na situação socioeconômica brasileira, que ocasiona a baixa capacidade técnica dos trabalhadores menos favorecidos. Além do mais, também deve-se levar em conta que existem empresas que atuam em todo o território brasileiro, tornando assim quase impossível a formação de uma equipe única de funcionários por longos períodos.

Grande parte dos problemas recorrentes da falha na execução poderiam ser evitados se houvesse uma fiscalização eficaz por parte dos engenheiros e/ou encarregados das obras, já que se a mesma se apresenta de forma ineficiente, falhas severas em diversas tarefas podem acontecer. Nesse contexto Rodrigues (2010) observa que a necessidade de tal fiscalização eficaz, de modo a assegurar a conformidade entre o preconizado em projeto e o efetivamente executado em obra, fez com que um mercado de empresas do setor privado surgisse interessado em oferecer estes serviços com o intuito de auxiliarem os donos de obras quanto aos quesitos técnicos.

2.3.4 MÁ UTILIZAÇÃO E FALTA DE MANUTENÇÃO

Conforme Piancastelli (2005), o uso inadequado das estruturas ocorre devido a diversos motivos, tais como: acréscimo de sobrecarga em função de utilização discordante da especificada em projeto; alterações estruturais sem fundamentação em função de reformas; utilização de produtos agressivos ao concreto armado quando da sua limpeza; ausência de inspeções periódicas para detecção de manifestações patológicas; adiamento de operações periódica; recuperação ou reforço; entre outros.

De acordo com Andrade (1997), um dos principais problemas observados nesse contexto é a "extrema falta de interesse dos empresários da construção civil com a atividade de manutenção", os quais acreditam que suas responsabilidades e compromissos para com a obra acabam no momento da entrega das chaves aos clientes. O mesmo autor observa que a visão imediatista dessas construtoras impossibilita a criação de um plano de manutenção adequado, fazendo assim que tais atividades fiquem, na maioria das vezes, a cargo do proprietário das obras, que por sua vez contratam mão de obra que podem não possuir conhecimento técnico adequado para a resolução de determinados problemas.

É cultural a negligência dos proprietários frente as suas edificações no quesito manutenção. Estes, quase sempre, recorrem a alguma intervenção somente quando o mecanismo de ação da patologia já se iniciou, ocasionando um desconforto visual resultante da manifestação patológica ou quando se é comprometimento de alguma função essencial da edificação. Perkins (1986, apud Andrade, 1997) declaram que é "fora da realidade se esperar que uma estrutura se mantenha como nova sem nenhuma atividade de manutenção durante a sua vida útil".

Machado (2003) observa, antecipadamente à norma ABNT NBR 14037:2011 – Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações, sobre a importância de, por ocasião da entrega da obra, as construtoras entregarem aos proprietários um texto informativo contendo todas as recomendações para a utilização e manutenção da construção, relação dos colaboradores responsáveis pelos serviços terceirizados e os fornecedores dos materiais empregados. O autor ainda argumenta que essa postura propicia segurança ao usuário do imóvel, uma vez que serve como instrumento de auxílio para a resolução de possíveis problemas ou para elucidação do funcionamento de uma edificação.

2.4 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATÓLOGICA DAS EDIFICAÇÕES

2.4.1 FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS

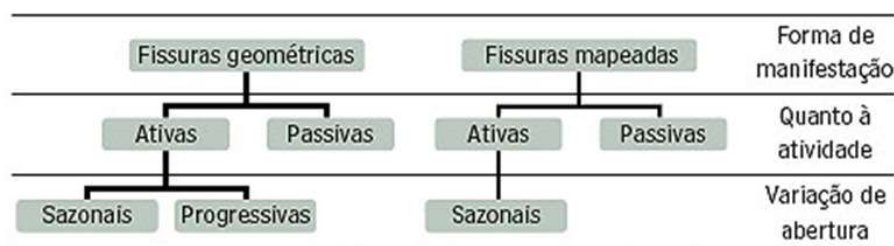
De acordo com Corsini (2010), fissuras são um tipo comum de patologia nas edificações e sua manifestação interfere na estética, durabilidade e nas características estruturais da obra. O mecanismo de ação da fissura é originário da atuação de tensões nos materiais, atuando tanto nas alvenarias quanto nos elementos estruturais de concreto. Quando a solicitação é maior que a capacidade resistiva do material, fissuras surgem como um meio de alívio das tensões. Segundo o mesmo autor, "quanto maior for a restrição imposta ao movimento dos materiais, e quanto mais frágil ele for, maiores serão a magnitude e a intensidade da fissuração". Aberturas serão chamadas de fissuras quando apresentarem espessura inferior a 0,5 mm, trincas quando entre 0,5 e 1,0 mm e rachadura quando superior a 1 mm (IBAPE/SP, 2011). Conforme Quadro 2 abaixo.

Quadro 2 – Fissura, trinca ou rachadura. Fonte: Instituto Brasileiro de Avaliação e Perícias de Engenharia de São Paulo (2011).

| DENOMINAÇÃO | ESPESSURA |
|-------------|--------------------|
| FISSURA | até 0,5 mm |
| TRINCA | entre 0,5 e 1,0 mm |
| RACHADURA | superior a 1,0 mm |

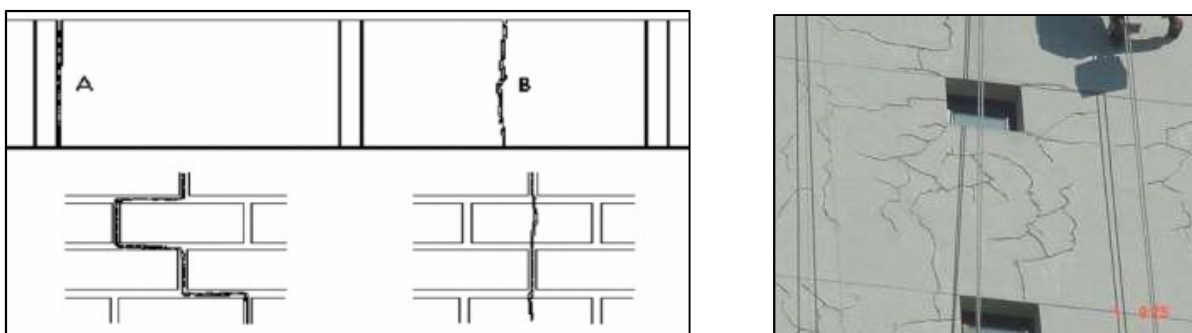
As fissuras podem se manifestar de duas formas diferentes nas alvenarias: geométrica ou mapeada. Conforme Corsini (2010), tanto nos elementos da alvenaria (blocos e tijolos) quanto em suas juntas de assentamento, pode ocorrer a fissura geométrica, enquanto, nas mapeadas, o surgimento está relacionado à retração das argamassas, ao excesso de finos ou por excesso da técnica de desempenamento.

Figura 5 - Classificação das fissuras em alvenarias. Fonte: Sahade (2005, apud Corsini, 2010).



Conforme a Figura 5 esquematiza acima, as fissuras geométricas e mapeadas podem ocorrer de forma ativa ou passiva. As fissuras ativas são aquelas que estão sujeitas a variações sensíveis na sua abertura e fechamento, sendo classificadas como sazonais aquelas devido às variações de temperatura e progressivas as que aumentam sua magnitude no decorrer do tempo; a fissura ativa sazonal não apresenta riscos reais à estrutura, já a progressiva é perigosa à vida útil de uma edificação. As fissuras passivas (ou mortas) são causadas por solicitantes que não apresentam variações sensíveis ao longo do tempo, podendo ser definidas como “estabilizadas”. s Figura 6 abaixo ilustra as fissuras citadas.

Figura 6 - Fissuras geométricas (esquerda) e mapeadas. Fonte: Eldebridge (1982, apud Sahade, 2005); Sahade (2005).



CLASSIFICAÇÃO DAS FISSURAS SEGUNDO SUAS CAUSAS

Thomaz (1989) e Duarte (1998) classificam as fissuras segundo seu fenômeno causador, e esses podem ser agrupados da seguinte forma:

- a) fissura causadas por excessivo carregamento de compressão (sobrecarga);
- b) fissura causadas por movimentações térmicas (variação de temperatura);
- c) fissura causadas por retração e expansão;
- d) fissura causadas por recalque de fundações;
- e) fissura causadas por detalhes construtivos incorretos;
- f) fissura causadas por reações químicas;
- g) fissura causadas pela deformação dos elementos estruturais.

Segue abaixo as Figuras 7 e 8, ilustrando algumas das causas citadas acima.

Figura 7 - Fissura vertical entre muro e a edificação indicando deficiência de amarração (esquerda) e fissura horizontal na interface alvenaria/laje, indicando movimentação térmica. Fonte: Magalhães (2004); Thomaz (1989).

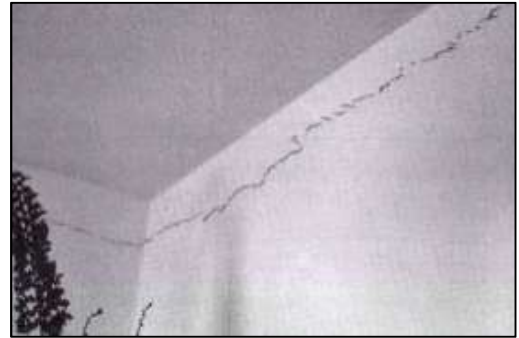
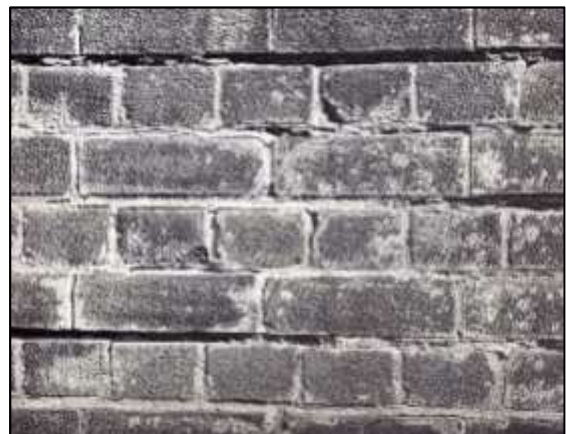


Figura 8 - Rachaduras inclinadas causadas por recalque das fundações (esquerda) e fissura horizontal nas juntas de argamassa causadas por reações químicas. Fonte: Elbridge (1982, apud Magalhães, 2004).



2.4.2 FALHAS RELACIONADAS À UMIDADE

Os problemas causados pela umidade podem estar relacionados com até 60% das manifestações patológicas encontradas em uma edificação que está na fase de uso e operação e apresentam prejuízos de caráter estético, funcional, de desempenho, e estruturais, dessa forma podendo ocasionar riscos à segurança e à saúde [integridade] dos materiais (SOUZA, 2008).

Conforme Bauer (2001), as principais manifestações patológicas oriundas de problemas causados pela umidade em edificações são: manchas de umidade, corrosão, bolor, fungos, algas, líquens, eflorescência, descolamento [desplaccamento] de revestimentos, fissuras, mudança de coloração dos revestimentos e friabilidade da argamassa por dissolução de compostos com propriedades cimentícias.

Conforme o mesmo autor, os mecanismos mais importantes causadores da umidade nos materiais de construção civil são:

- a) absorção capilar de água;
- b) absorção de águas de infiltração ou de fluxo superficial de água;
- c) absorção higroscópica de água;
- d) absorção de água por condensação capilar;
- e) absorção de água por condensação.

Nos fenômenos citados acima de absorção capilar de água e absorção de águas de infiltração ou de fluxo superficial de água, a umidade chega aos materiais no estado líquido. Nos demais casos a umidade é absorvida ainda na fase gasosa. O Quadro 3 abaixo apresenta a origem da umidade nos sistemas que compõem uma edificação.

Quadro 3 - Origem da umidade nas edificações. Fonte: adaptado de KLEIN (1999).

| Origens | Presente na |
|--|--|
| Umidade proveniente da execução da construção | Confecção do concreto Confecção de argamassas Execução de pinturas |
| Umidade oriunda das chuvas | Cobertura (telhados) Paredes Lajes de terraços |
| Umidade trazida por capilaridade (umidade ascensional) | Terra, através do lençol freático |
| Umidade resultante de vazamento de redes de água e esgotos | Paredes Telhados Pisos Terraços |
| Umidade de condensação | Paredes, forros e pisos Peças com pouca ventilação Banheiros, cozinha e garagens |

2.4.2.1 MANCHAS

POR CAPILARIDADE

De acordo com Souza (2008), seu aparecimento ocorre na parte inferior das paredes das edificações, visto que estas tendem a absorver a água que percola do solo úmido, conforme mostra a Figura 9.

Figura 9 - Manchas por capilaridade. Fonte: Fórum da construção (2015).



ORIUNDAS DA CHUVA

O mesmo autor também observa que a chuva é o mais comum agente gerador de umidade, tendo como aliados significativos a direção e velocidade do vento, a intensidade da precipitação (chuva), a umidade do ar e fatores próprios da construção, como a impermeabilização, sistemas precários de escoamento d'água, porosidade de elementos constituintes do revestimento, dentre outros. Vide Figura 10.

Figura 10 - Mancha ocasionada por infiltração de água da chuva. Fonte: Fórum da construção (2015).



VAZAMENTOS EM REDES HIDRÁULICAS

A identificação desse tipo de vazamento é difícil devido ao local das tubulações pertinentes, normalmente, escondidas ou embutidas nos painéis de vedação (paredes) e pisos. Os vazamentos provenientes destas tubulações podem ser bastante danosos para o desempenho esperado de uma edificação.

CONDENSAÇÃO

Conforme a ABNT NBR 9575 (2010), “é a água com origem na condensação de vapor d’água presente no ambiente sobre a superfície de um elemento construtivo deste ambiente”. Ocorre geralmente em banheiros, frigoríficos e saunas, possuindo um mecanismo de manifestação diferente das outras, visto que a água já se encontra no ambiente, somente condensando-se na superfície da estrutura, não mais se infiltrando, conforme mostra a Figura 11.

Figura 11 - Condensação em ambiente úmido. Fonte: CACE Engenharia (2014).



2.4.2.2 BOLOR E EFLORESCÊNCIA

BOLOR

Conforme Alucci & Flauzino & Milano (1985, apud Souza, 2008), o bolor ou mofo (nome popular) tem desenvolvimento ligado diretamente à presença de umidade (alto teor no elemento em questão ou no ar). O embolamento é comum em paredes umedecidas por vazamentos de tubulações ou infiltração d’água, de acordo com a Figura 12.

O bolor se manifesta macroscopicamente em forma de microrganismos, estes pertencentes ao grupo dos fungos, na superfície de diferentes materiais, e, como qualquer outro organismo vivo, se adapta melhor em condições favoráveis, sendo essa a umidade (SOUZA, 2008).

Figura 12 – Bolor (mofo) na parede. Fonte: WEG – Blog Tomadas & Interruptores (2018).

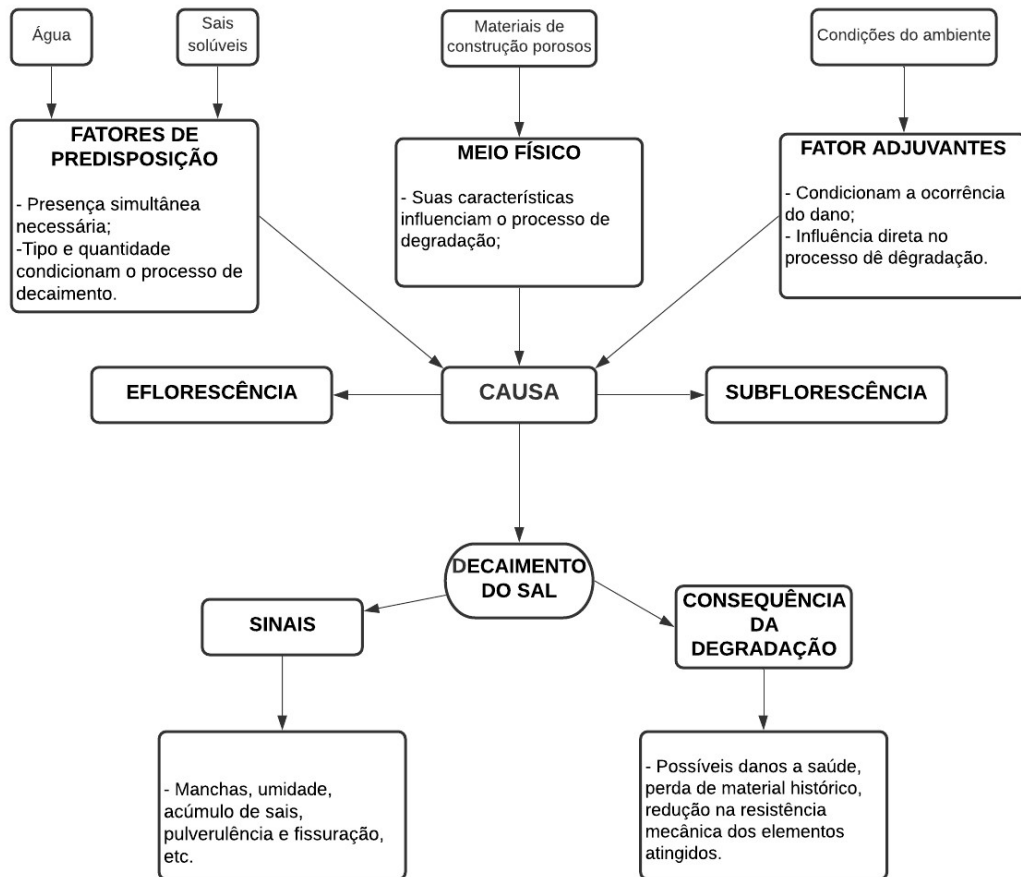


EFLORESCÊNCIA

De acordo com Gonçalves (2007), eflorescências são caracterizadas pela presença de cristais de sal na superfície. Quando esse fenômeno ocorre sob a superfície, nos poros ou na rede capilar, o mesmo é chamado de subflorescência ou criptoflorescência. O surgimento dessa patologia está atrelado à quando três fatores ocorrem simultaneamente: fonte de sais solúveis e umidade; meio físico (material poroso) e as condições do ambiente, que podem influenciar na intensidade dos danos.

Quimicamente, segundo Taguchi (2010), a eflorescência é constituída por sair de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), parcialmente ou totalmente solúveis em água. Como consequência do citado, pela água da chuva ou do solo, o elemento/sistema construtivo irá se saturar e os sais serão dissolvidos e migrarão para superfície. Após a evaporação da água, será formado um depósito salino. A Figura 13 esquematiza tal mecanismo.

Figura 13 - Mecanismo de ação da eflorescência. Fonte: Gonçalves, traduzido pelo autor próprio (2007).



Posto a existência das duas manifestações, Nascimento (2016) observa que a ação da eflorescência é, em vias gerais, estética, enquanto a criptoflorescência pode causar danos significativos aos sistemas afetados, por agir internamente causando pressão interna (forças de expansão), podendo assim culminar no deslocamento de revestimentos cerâmicos. A Figura 14 ilustra um caso de eflorescência.

Figura 14 - Eflorescência em encontro de vigas em garagem. Fonte: Souza (2008).



2.4.3 CORROSÃO DO AÇO DA ARMADURA

Idealmente, as armaduras dos elementos de concreto armado ficam protegidas e aderidas pela massa de concreto que as envolve, transformando os dois materiais em um elemento único. Entretanto, é consenso que o concreto é um material poroso e sujeito a fissuração, que se traduzem em possíveis caminhos para a ação de agentes agressivos presentes na atmosfera (POZZOBON, 2018).

É importante frisar que além da camada de proteção mecânica, o aço constituinte do concreto armado se beneficia de uma segunda proteção: a película protetora resultante das reações químicas que ocorrem durante a cura do concreto; essa proteção é denominada de proteção passiva. De acordo com Souza (2003, apud Pozzobon, 2018), sua formação ocorre do impedimento da corrosão do ferro pela elevada alcalinidade da solução aquosa existente no concreto (pH entre 12 e 14). Ou seja, as barras estão protegidas contra a corrosão caso imersas em ambiente alcalino.

Portanto, conforme Souza e Ripper (1998) a corrosão nas barras de aço é caracterizada pela destruição da película passivante existente na superfície das barras. O mesmo autor elenca as possíveis causas do desgaste das barras através dos seguintes mecanismos:

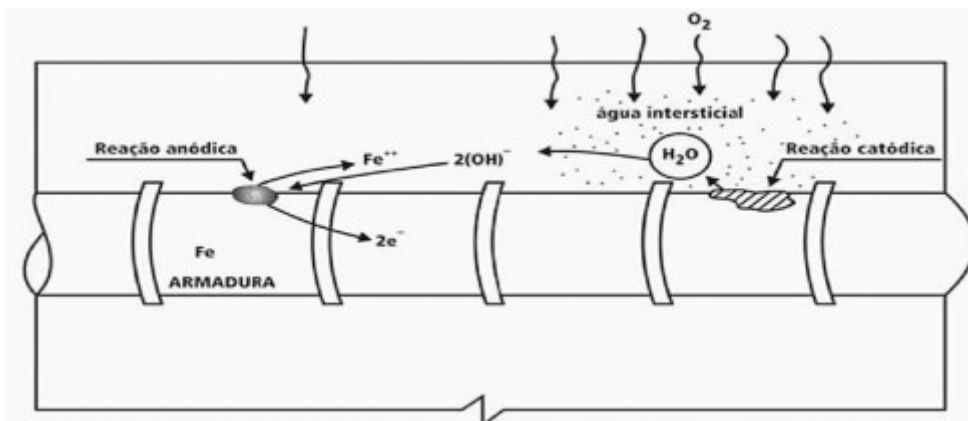
- a) Corrosão por tensão fraturante;
- b) Corrosão pela presença de hidrogênio atômico, que fragiliza e fratura as armaduras de aço;
- c) Corrosão pela ação de íons agressivos (geralmente, cloretos) possibilitada pela presença de água e oxigênio;
- d) Corrosão em função da diminuição do pH do concreto, pela ação dissolvente do CO₂ (carbonatação).

Marcelli (2007), afirma que a corrosão da armadura consiste em um processo eletroquímico e que ocorre pela geração de um potencial elétrico em contato com um condutor metálico, o qual tem como catalizadores agentes agressivos externos e internos ao concreto armado. Para a corrosão efetivamente acontecer, se necessita da presença de umidade, oxigênio e o estabelecimento de uma célula eletroquímica.

Conforme Fusco (2008, apud Trindade, 2015), a diferença de potencial ocorre quando átomos de ferro oriundos da própria barra de aço migram para a solução aquosa presente no

concreto, transformando-se em cátions ferro (Fe^{++}). É importante citar que a barra de aço é o próprio condutor metálico; desta forma, é instaurado um efeito de pilha, no qual a corrosão acontece por meio da geração de corrente elétrica com sentido do catodo para o ânodo (através da diferença de potencial) e no sentido inverso (através da água). O mecanismo de corrosão é ilustrado pela Figura 15.

Figura 15 – Mecanismo de corrosão da barra de aço. Fonte: Fusco (2008, apud Trindade, 2015)



Pozzobon (2018), afirma que no concreto armado, os dois produtos principais da corrosão são o hidróxido ferroso $Fe(OH)_2$, de cor amarela, e o hidróxido férrico $Fe(OH)_3$, também conhecido como ferrugem. Os dois produtos constituem na manifestação mais clara da corrosão do aço, conforme ilustra a Figura 16.

Figura 16 - Elemento estrutural com produtos da corrosão. Fonte: Site Tecnosil (2017).



2.4.4 DETERIORIZAÇÃO DO CONCRETO

O concreto é o material construtivo mais usado do mundo e é composto por cimento, agregado miúdo, agregado graúdo, água e, caso necessário, aditivos (MEDEIROS, 2012). Seu estado inicial é pastoso e seu aspecto visual pode ser descrito como partículas de rocha com formas e tamanhos variáveis submersas em um meio ligante. Quando endurecido o mesmo toma forma de rocha. Portanto, em termos gerais, o concreto pode ser definido como uma rocha artificial com fins construtivos (MEHTA & MONTEIRO, 1994).

Conforme Helene (2003), o concreto armado por um longo período de tempo foi considerado um material praticamente eterno, visto que achava-se até então que o mesmo não necessitava de manutenções preventivas ao longo de sua vida útil. Porém, com a grande quantidade de estruturas que apresentam problemas (manifestações patológicas) em seus elementos estruturais e o desenvolvimento de pesquisas acerca do sistema construtivo, tal argumento passou a ser foi descartado.

Os processos principais que causam a deterioração do concreto podem ser agrupados, de acordo com sua natureza, em mecânicos, físicos e químicos [...] os processos de degradação alteram a capacidade de o material desempenhar as suas funções, e nem sempre se manifestam visualmente. Os três principais sintomas que podem surgir isoladamente ou simultaneamente são: a fissuração, o destacamento e a desagregação (LAPA, 2008, p. 9).

Diante das diversas condições de exposição que a estrutura de concreto armado é submetida como o peso próprio, sobrecargas de utilização, ação do vento entre outras, a mesma deve cumprir, durante a vida útil de projeto, aos requisitos preconizados na ABNT NBR 15575 (2013):

- a) Não ruir ou perder a estabilidade de nenhuma de suas partes;
- b) Prover segurança aos usuários sob ação de impactos, vibrações e outras solicitações decorrentes da utilização normal da edificação, previsíveis na época do projeto;
- c) Não provocar sensação de insegurança aos usuários pelas deformações de quaisquer elementos da edificação, admitindo-se tal requisito atendido caso as deformações se mantenham dentro dos limites estabelecidos nesta norma;
- d) Não repercutir em estados inaceitáveis de fissuras de vedações e acabamentos;
- e) Não prejudicar a manobra normal de partes móveis, tais como portas e janelas, nem repercutir no funcionamento anormal das instalações em face das deformações dos elementos estruturais.

Dado o exposto acima, passa-se a apresentar algumas das principais causas de deterioração no concreto armado.

2.4.4.1 Causas da deterioração do concreto armado

CAUSAS MECÂNICAS

Para Souza e Ripper (1998), tais causas se referem às solicitações de cunho mecânico às quais as estruturas de concreto estão sujeitas, devido a:

- a) Choques e impactos (por veículos automotores, por exemplo);
- b) Recalque diferencial das fundações;
- c) Acidentes imprevisíveis (inundações, grandes tempestades, explosões e abalos sísmicos).

O autor afirma que, além de comprometer a capacidade resistiva da estrutura, a deterioração por causas mecânicas possibilita a entrada de agentes agressivos na mesma, principalmente quando o concreto e a armadura ficam expostos devido às solicitações geradas pelo impacto, conforme mostra a Figura 17.

Figura 17 - Deterioração do concreto por causas mecânicas. Fonte: Santos (2012).



CAUSAS FÍSICAS

Souza e Ripper (1998) observaram que as causas físicas essenciais ao processo de deterioração de uma estrutura de concreto armado resultam da variação extrema da temperatura, da ação do vento, da água (em todos seus estados) e do fogo.

Desgastes superficiais: abrasão ou erosão

ABRASÃO

Conforme Bauer (2002, apud Lapa, 2008), a abrasão é o processo de desgaste superficial do concreto por enrolamento, escorregamento, esfregamento ou fricção constante, sendo especificamente importante seu estudo no contexto de pisos industriais, pavimentos rodoviários e pontes. O mesmo está relacionando ao atrito seco e é a perda contínua da argamassa superficial e de agregados. A Figura 18 abaixo mostra um piso (à esquerda) que sofreu com o desgaste superficial ao longo do tempo de sua utilização.

Figura 18 - Desgaste causado por abrasão. Fonte: Domus telhas e revestimento de concreto (2010).



EROSÃO

A erosão é o processo de degradação do concreto originado na ação da água em movimento, onde esta arrasta as partículas sólidas em suspensão como a areia, cascalho, pedras e outros objetos, os quais colidem contra a superfície do concreto, provocando o desgaste por colisão, escorregamento ou rolagem. Ocorre, geralmente, em pilares de pontes, canais de irrigação, tubulações e vertedouros (ANDRADE, 2005, apud SANTOS, 2012). Vide Figura 19.

Figura 19 - Pilar sofrendo o processo de erosão. Fonte: Latorre (2002, apud Trindade, 2015).



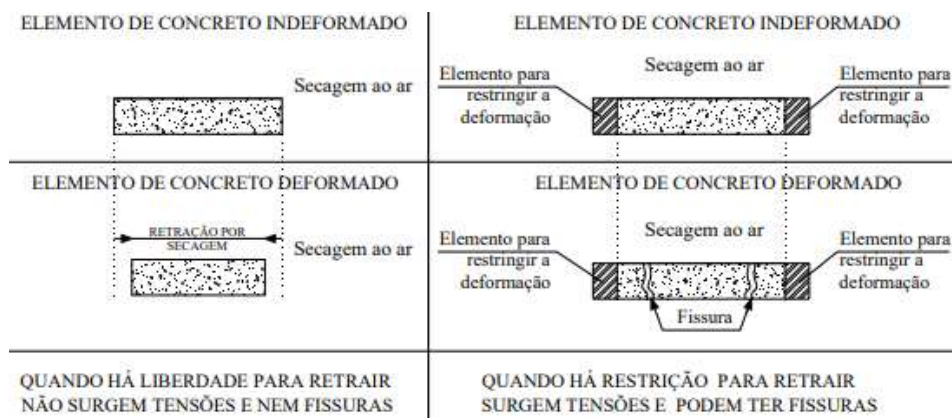
Retração do concreto

Conforme Mehta e Monteiro (2008, apud Amaral, 2011), "a redução do volume do concreto após a sua moldagem dá origem às deformações de retração". As deformações por retração no concreto decorrem de:

- a) Perda de água de amassamento por evaporação;
- b) Mudança de volume no estado plástico;
- c) Fenômenos químicos ligados à hidratação do cimento;
- d) Mudança de temperatura no resfriamento.

Conforme Amaral (2011), quando as deformações são impedidas, surgem tensões que podem culminar no surgimento de fissuras. A Figura 20 esquematiza o efeito da retração por secagem em elementos de concreto.

Figura 20 - Efeito da retração por secagem ao ar em elementos de concreto. Fonte: Amaral (2011).



Os dois principais tipos de retração encontrados no concreto são:

RETRAÇÃO PLÁSTICA

De acordo com Amaral (2011), a retração plástica ocorre pela redução do volume de concreto devido à grande e rápida perda de água da superfície do elemento em relação à taxa disponível de água exsudada (surgimento de água na superfície do concreto após seu lançamento e adensamento). Essa perda de água, por sua vez, se dá pela exposição do elemento às condições climáticas (vento, baixa umidade relativa e aumento da temperatura ambiente).

RETRAÇÃO E DILATAÇÃO TÉRMICA

Santos (2012) afirma que a retração térmica ocorre logo após o aglomerante [cimento] entrar em contato com a água de dosagem, onde, após lançado dentro das formas, o material continua sofrendo reações de hidratação do cimento, as quais são reações exotérmicas, isto é, liberam calor. Com isso, o concreto, ainda no estado fresco, eleva sua temperatura significativamente durante as suas primeiras horas. Devido à sua interação com as condições climáticas externas, a temperatura do concreto no estado fresco pode sofrer grande redução, consequentemente reduzindo seu volume e gerando tensões de contração no concreto.

Já a dilatação térmica, conforme Grande (2017), ocorre quando o concreto, em estado endurecido, sofre variação volumétrica devido à ação da temperatura do ambiente. O aumento da temperatura faz com que a estrutura de concreto sofra expansão, enquanto, quando da diminuição da temperatura, a estrutura sofre contração (diminuição do volume), originando assim as fissuras. A Figura 21 abaixo ilustra uma retração em concreto.

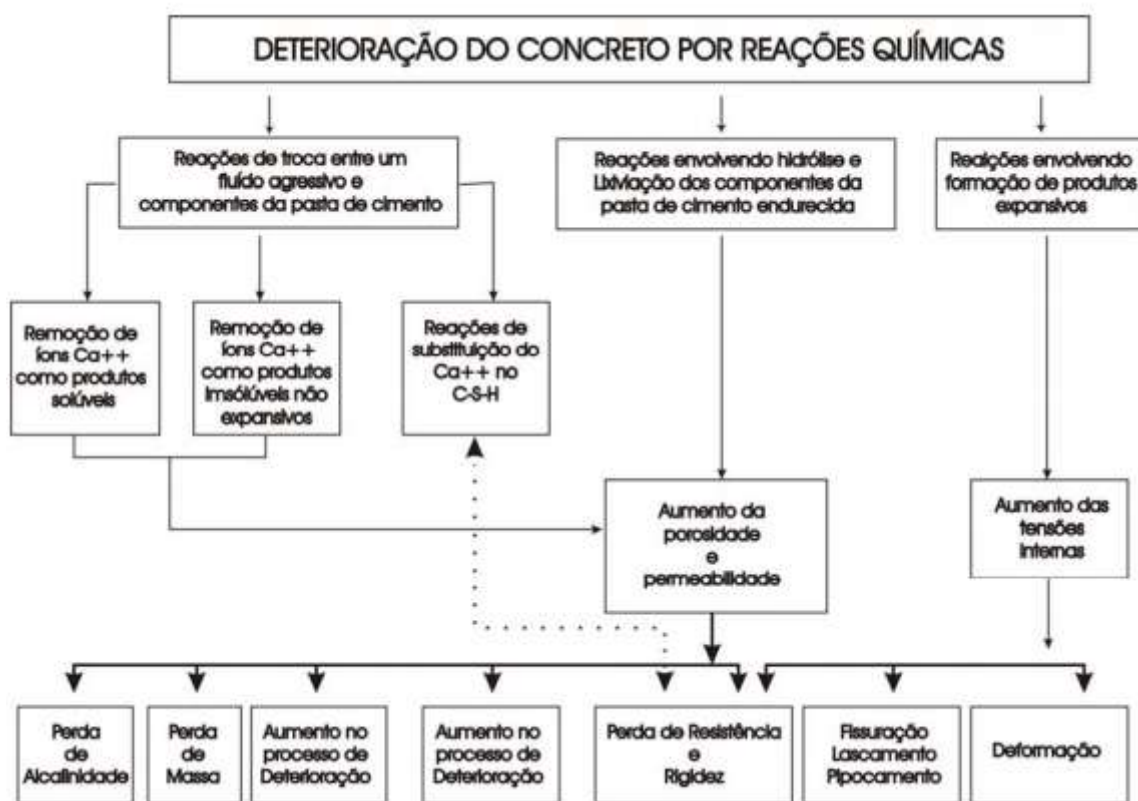
Figura 21 - Retração do concreto. Fonte: Cimento Itambé (2010).



CAUSAS QUÍMICAS

Santos (2012) afirma que a deterioração do concreto se inicia, geralmente, em processos químicos, embora fatores mecânicos e físicos também possam estar envolvidos, de maneira combinada ou não, aos processos químicos. As reações químicas se manifestam de forma nociva, tal como o aumento da porosidade e permeabilidade, fissuração, diminuição da capacidade resistiva e o deslocamento do concreto. A Figura 22 esquematiza os possíveis tipos de reações químicas no concreto.

Figura 22 - Tipos de reações químicas responsáveis pela deterioração do concreto. Fonte: Mehta & Monteiro (1994).



Fonte: Mehta & Monteiro (1994)

Reação álcalis-agregado (RAA)

Conforme Hasparyk (2005), a Reação Álcalis-Agregado (RAA) pode ser definida como o termo utilizado para descrever a reação química que ocorre internamente em uma estrutura de concreto, envolvendo hidróxidos alcalinos oriundos principalmente do cimento e de materiais reativos presentes no agregado utilizado na mistura que constituem o concreto. Os produtos da

reação são, na presença de umidade, capazes de expandir, gerando fissuras e deslocamentos. O autor ainda afirma que as expansões e fissuras originadas devido à RAA podem comprometer a resistência e a elasticidade do concreto, portanto, afetando diretamente sua durabilidade, conforme Figura 23 abaixo.

Figura 23 - Fissuração em blocos de fundação afetados pelo RAA. Fonte: Salles et. al. (2003, apud Mizumoto, 2009).



Presença de cloretos

Uma das principais causas de deterioração das estruturas de concreto advém da corrosão das armaduras pela ação dos cloretos. Segundo Helene (1993, apud Mota et. al, 2012), a ação destes íons é especialmente agressiva, pois a corrosão da armadura pode ocorrer mesmo com pH elevado.

Vieira (2003), afirma que íons cloreto tem o poder de destruir, de forma localizada, a película passivante que protege a armadura, provocando assim a corrosão, conforme Figura 24 abaixo. O autor observa que a origem dos cloretos no concreto pode ser da incorporação das misturas dos componentes (areia, água, brita e aditivos) e por penetração, oriundas do exterior, através da rede de poros (ambientes marinhos: maresia ou nevoa salina).

Figura 24 - Chuveirão localizado na orla de Boa Viagem em avançado grau de corrosão. Fonte: Mota *et. al* (2009, apud Mota *et. al*, 2020).



Ataques por sulfato

Podendo ser encontrado no solo, nas águas naturais (do mar, da chuva e de lençóis freáticos), nas águas agrícolas, nos efluentes industriais e sanitários, o ataque por sulfatos é caracterizado como um dos mais deteriorantes agentes das estruturas de concreto. Silveira (1996), observa que a degradação do concreto pelo ataque de sulfatos ocorre através de reações químicas entre os compostos hidratados do cimento e os íons sulfato. Via de regra, essas reações envolvem a formação de produtos expansivos, os quais se manifestam, devido a expansão, por meio de fissuração e desagregação das camadas externas do concreto. Inicialmente a resistência superficial pode crescer, como reflexo da densificação da microestrutura, porém, posteriormente, ocorre a redução da coesão e conseqüente perda progressiva de resistência, rigidez e massa.

3 METODOLOGIA

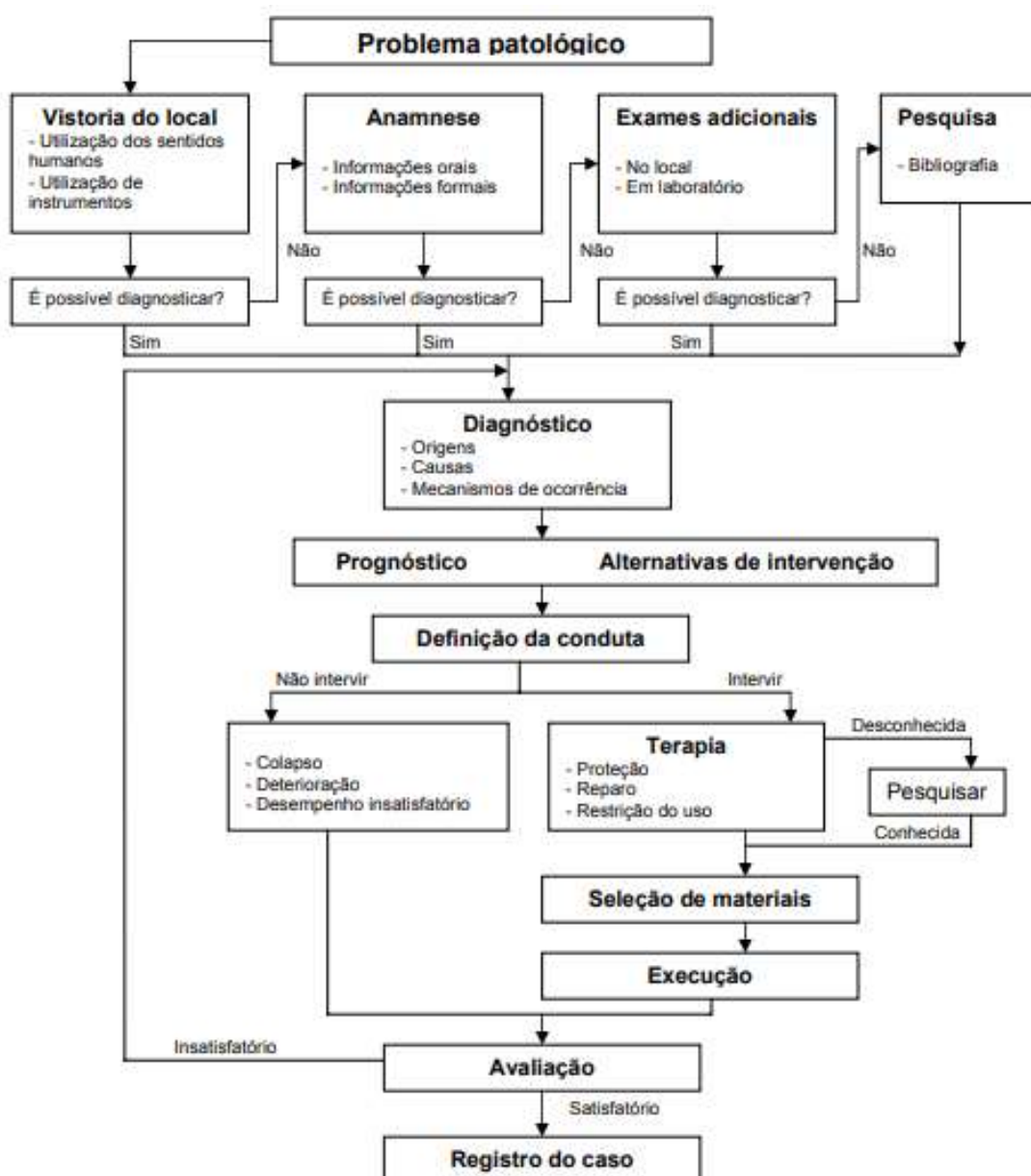
3.1 MÉTODO DE ESTUDO ADOTADO

Para o desenvolvimento desta pesquisa adotou-se o método de estudo de caso. De acordo com Yin (2001), estudo de caso pode ser definido como uma pesquisa detalhada que estuda um fenômeno qualquer dentro do seu contexto real, fundamentando-se em evidências (fontes) que favoreçam o desenvolvimento das suposições teóricas, conduzindo-as para a coleta e análise de dados. A realização de um estudo de caso satisfatório exige seis fontes de evidência: a) documentação, b) registros em arquivos, c) entrevistas, d) observação direta, e) observação participante e f) artefatos físicos.

3.2 MÉTODO PARA LEVANTAMENTO E DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

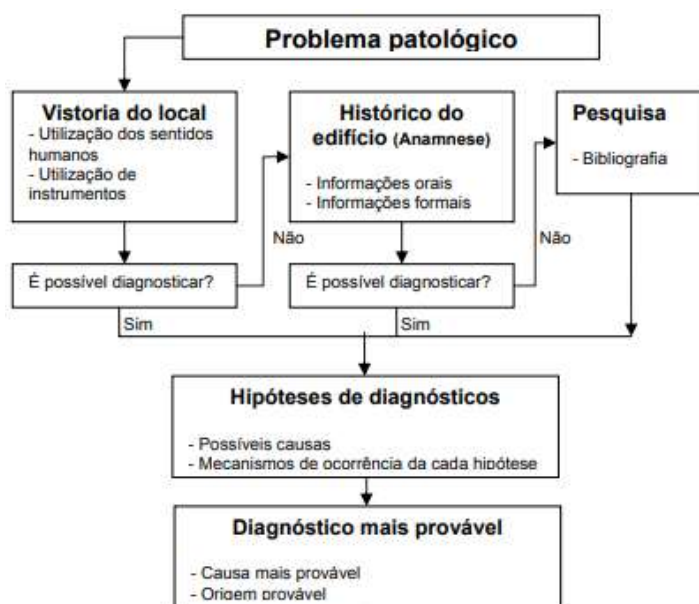
O mecanismo de pesquisa escolhido tem caráter exploratório e dedutivo, cujo a forma de abordagem das manifestações patológicas nas escolas selecionadas foi a quantitativa. Quanto ao método adotado para o diagnóstico das patologias observadas, optou-se pelo proposto por Lichtenstein (1986), assim como esclarece a Figura 25.

Figura 25 - Metodologia de Lichtenstein para resolução dos problemas patológicos. Fonte: LICHTENSTEIN (1986).



Entretanto, não é objetivo do presente trabalho definir a conduta, a execução e a avaliação dos resultados das ações corretivas das anomalias. Posto isto, optou-se pela adaptação do método elaborada por Silva (2007), conforme mostra a Figura 26.

Figura 26 - Metodologia de Lichtenstein adaptada para o presente estudo. Fonte: LICHTENSTEIN (1986, apud Silva, 2007) – ADAPTADO.



A metodologia adaptada acima, proposta por Lichtenstein (1986, apud Silva, 2007), compreenderá, em suma, três etapas distintas:

3.2.1 LEVANTAMENTO DE SUBSÍDIOS

Previamente, no ano de desenvolvimento da presente pesquisa o Brasil e o Mundo passam por uma atípica condição de pandemia, ocasionada pelo vírus covid-19 e, com isso, medidas de segurança foram adotadas em todo o estado de Goiás por meio de Decreto. Durante as visitas, todas as regras de segurança, tais como o uso de máscaras e distanciamento foram cumpridas.

Foram feitas inspeções nos edifícios escolares e levantamento do histórico das edificações. A inspeção consistiu na verificação das manifestações patológicas, por meio da visão, olfato, audição e tato e posterior levantamento quantitativo das mesmas. É de suma importância pontuar que não foi observado e quantificado neste trabalho as manifestações patológicas referentes às instalações prediais.

Quando houve condições de estabelecer hipóteses de prováveis diagnósticos, partiu-se para a segunda etapa (diagnóstico); quando não houve condições para tal, foi avaliado o histórico do edifício, idade da construção, histórico das manutenções realizadas, período de surgimento das manifestações patológicas e verificação dos projetos (quando disponíveis).

3.2.2 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO

Consistiu na elaboração das hipóteses, para posterior determinação dos diagnósticos das possíveis causas das manifestações patológicas verificadas na ocasião da etapa anterior. O diagnóstico foi feito mediante a confrontação das manifestações patológicas observadas nos estudos de caso com a análise cautelosa da fundamentação teórica, possibilitando que, por meio deste processo, seja estabelecida as possíveis origens das anomalias verificadas.

3.2.3 TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

Após o descrito anteriormente, as anomalias encontradas nos estudos de caso foram tabeladas em planilhas e subdivididas em frequência de manifestações patológicas nos principais elementos construtivos constituintes das edificações e principais manifestações patológicas em cada um desses elementos, por fim gráficos percentuais foram gerados para cada escola estudada e considerações foram feitas.

3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REGIÃO DE ESTUDO

Goiânia é um município brasileiro e capital do estado de Goiás. Fundada no dia 24 de outubro de 1933, a cidade foi proposta por Pedro Ludovico Teixeira⁴ com a finalidade de ser a nova capital do estado de Goiás, estando assim em conformidade com a Marcha para o Oeste, política desenvolvida pelo governo Vargas que visava acelerar o desenvolvimento e crescimento da região centro-oeste brasileira.

A cidade possui uma geografia relativamente plana, com poucos morros e baixadas e está localizada na região do Planalto Central do Brasil a uma altitude média de 749 metros acima do nível do mar. Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município

⁴ Pedro Ludovico Teixeira (Goiás, 23 de outubro de 1931 — Goiânia, 16 de agosto de 1979) foi um político brasileiro. Participou do Golpe Militar de 1930 e foi interventor federal no estado de Goiás (1930-1933) e governador no mesmo estado (1935-1937).

possui uma área de unidade territorial igual a 728,841 km² e sua população em 2020 é de 1 536 097 habitantes, ocupando a posição de segunda cidade mais populosa do Centro Oeste. Em 2017, conforme o mesmo instituto anteriormente citado, o PIB per capita goianiense foi R\$ 33.437,67. A Figura 27 abaixo exibe um mapa de localização da cidade dentro em relação ao Brasil e ao estado de Goiás.

Figura 27 - Localização de Goiânia. Fonte: Wikipédia (2020).

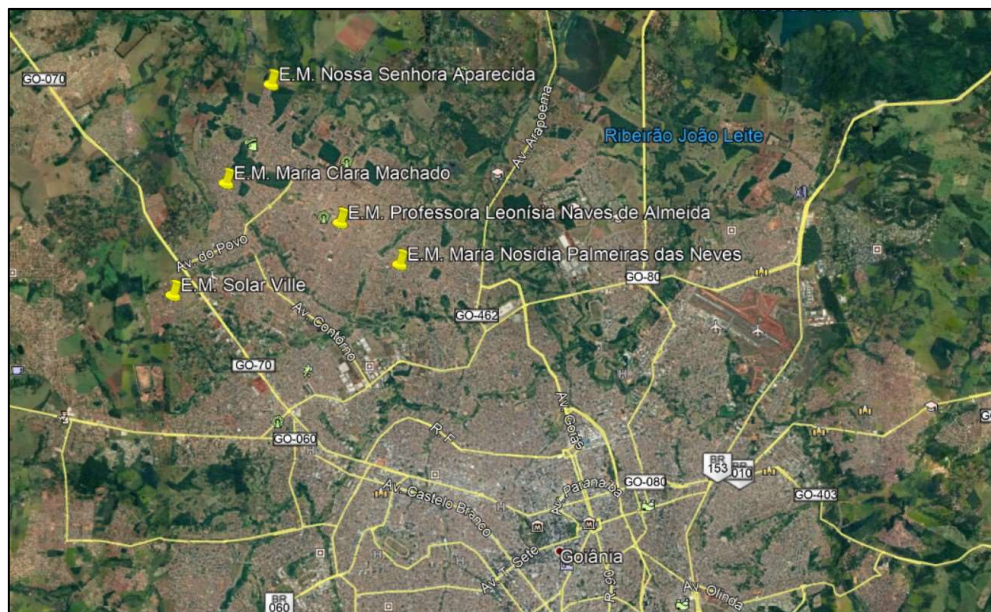


3.4 CARACTERIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES ESCOLARES

A escolha das edificações escolares aconteceu através do requerimento do banco de dados de escolas municipais da cidade de Goiânia, o qual a Rede Física, vinculada à Secretaria Municipal de Educação, possui, possibilitando assim a catalogação e categorização das escolas.

Dentre as três opções do modelo padrão de escolas municipais que continham no banco de dados, foi selecionado um; o modelo escolhido foi aquele que era composto por dois pavimentos. Após a seleção do modelo, foi realizada uma pesquisa no site de busca Google para obtenção do telefone de cada escola. Foram escolhidas cinco escolas municipais para serem inspecionadas, todas situadas na região Noroeste do município de Goiânia, conforme Figura 28 abaixo.

Figura 28 – Mapa de Goiânia com a marcação das Escolas Municipais visitadas. Fonte: Autor próprio (2020).



3.4.1 Escola Municipal Maria Nossidia Palmeiras das Neves

Construída em 2009 utilizando estrutura de concreto armado e blocos cerâmicos como elemento de vedação, é única escola visitada com funcionamento em período integral, oferecendo aulas até o quinto ano do Ensino Fundamental com faixa etária de alunos entre seis e dez. A edificação é distribuída arquitetonicamente em quatro blocos distintos, sendo estes a parte administrativa, com a sala da diretora, um segundo com salas de aula extracurricular (dança, música etc.), o terceiro com anfiteatro e cozinha/serviços e o último, o único com dois pavimentos, com as salas de aula propriamente ditas. A Figura 29 abaixo identifica a escola.

Figura 29 – Foto de identificação da E.M. Maria Nossidia Palmeiras das Neves. Fonte: Autor próprio (2020).



3.4.2 Escola Municipal Solar Ville

Sendo a mais recente das escolas aqui analisadas, foi construída em 2015 utilizando estrutura de concreto armado e blocos cerâmicos como elementos de vedação. Esta escola funciona no período matutino e vespertino, atendendo até o sexto ano do Ensino Fundamental, com faixa etária de alunos entre seis e doze anos de idade. Assim como a escola anterior, está é distribuída em quatro blocos distintos, sendo estes a parte administrativa, com a sala da diretora, um segundo com salas de aula extracurricular (biblioteca, sala de computadores etc.), o terceiro com anfiteatro e cozinha/serviços e o último, o único com dois pavimentos, com as salas de aula propriamente ditas. A Figura 30 abaixo identifica a escola.

Figura 30 - Foto de identificação da E.M. Solar Ville. Fonte: Autor próprio (2020).



3.4.3 Escola Municipal Professora Leonisia Naves de Almeida

A mais antiga das escolas analisadas, foi construída em 1987, inicialmente com somente dois blocos, e em 2002 sofreu uma ampliação, acrescentando assim os dois blocos analisados aqui. Um dos blocos acrescentados é usado para fins administrativos e no segundo, com dois pavimentos, ficam as salas de aulas e sala de computadores. A escola foi construída, tanto na primeira quanto na segunda etapa, utilizando concreto armado como elemento estrutural e blocos cerâmicos como elemento de vedação e funciona no período matutino até o oitavo ano e no período vespertino somente como educação infantil, com faixa etária de alunos entre cinco e dez anos de idade. A Figura 31 abaixo identifica a escola.

Figura 31 - Foto de identificação da E.M. Solar Ville. Fonte: Autor próprio (2020).



3.4.4 Escola Municipal Nossa Senhora Aparecida

Construída em 2006 utilizando estrutura de concreto armado e blocos cerâmicos como elemento de vedação, funciona em todos os períodos, no matutino até a oitava série, no vespertino educação infantil e no noturno como EJA (Educação para Jovens e Adultos), atendendo assim alunos a partir dos quatro anos de idade. O uso da escola é distribuído em três blocos distintos, sendo estes a parte administrativa, com a sala da diretora, o segundo com anfiteatro e cozinha/serviços e o último, o único com dois pavimentos, com as salas de aula propriamente ditas. A Figura 32 abaixo identifica a escola.

Figura 32 - Foto de identificação da E.M. Nossa Senhora Aparecida. Fonte: Autor próprio (2020).



3.4.5 Escola Municipal Maria Clara Machado

Construída em 2003 utilizando estrutura de concreto armado e blocos cerâmicos como elemento de vedação, funciona no período matutino com aulas do quarto ao nono ano, para alunos com faixa etária entre quatro e quinze anos de idade, no vespertino as aulas vão até o terceiro ano do ensino fundamental e a faixa etária é entre cinco e nove anos. O uso da escola é distribuído em quatro blocos distintos, sendo estes a parte administrativa, com a sala da diretora, o segundo com anfiteatro e cozinha/serviços e o último e os dois últimos com as salas de aula propriamente ditas. A Figura 33 abaixo identifica a escola.

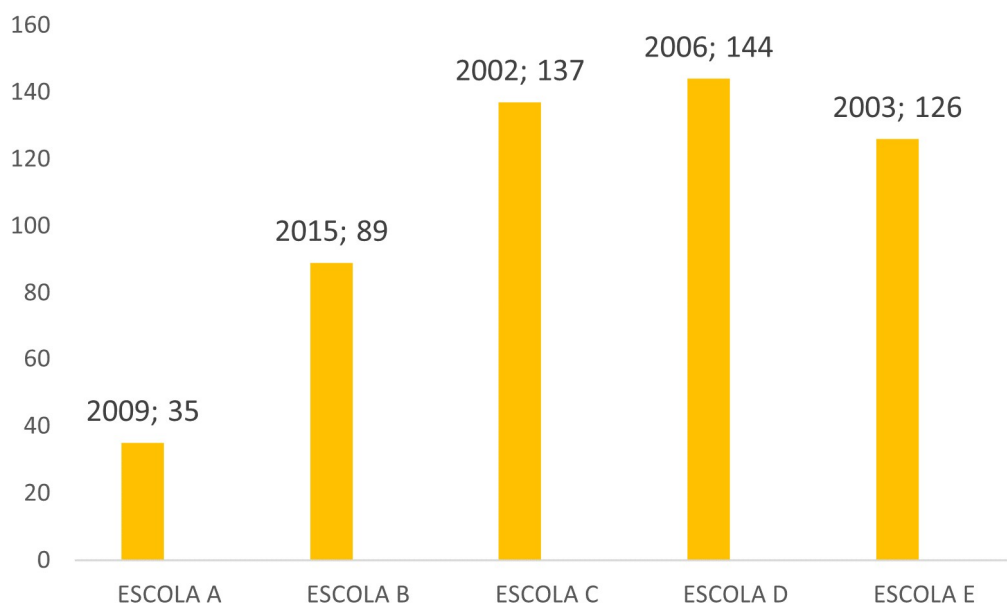
Figura 33 - Foto de identificação da E.M. Maria Clara Machado. Fonte: Autor próprio (2020).



4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Previamente se faz necessário uma observação sobre as escolas visitadas, visto que o ano de construção não é o mesmo para todas e isto implica em um maior ou menor tempo de exposição dos sistemas construtivos estudados aos usuários e às intempéries. Foi observada uma possível relação entre a idade das edificações escolares e o número de manifestações patológicas identificadas nos sistemas que as constituem, conforme exhibe a Figura 34.

Figura 34 - Ano de construção e número de manifestações patológicas identificadas de cada escola.
Fonte: Autor próprio (2020).



Na escola A, construída em 2009, foi observado o menor número de anomalias dentre todas as edificações escolares, correspondendo a 35, um número bem menor quando confrontado à escola D, construída em 2006, que apresentou 144 anomalias, sendo a maior quantidade constatada. Em contrapartida, pode-se notar que a escola B, construída em 2015, sendo assim a mais nova dentre as escolas visitadas, apresentou 89 manifestações patológicas, 250% superior à escola A.

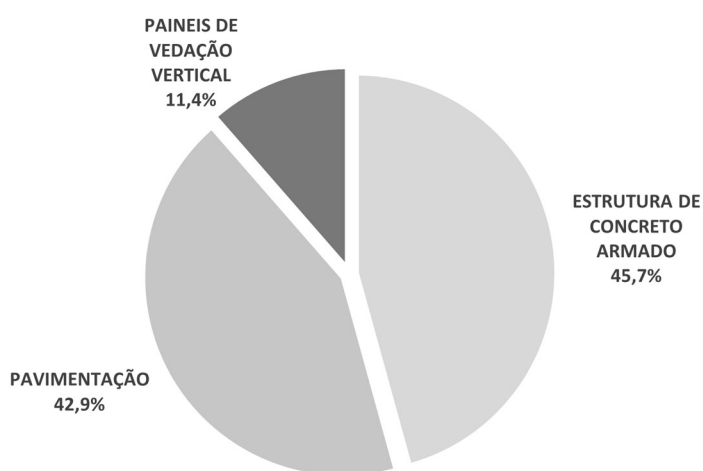
Um dos possíveis fatores que corroboraram para que a escola A tenha manifestado um menor número incidência de anomalias quando comparada com a B, mesmo com o maior idade da construção, é que, conforme informações de colaboradores da escola A, a mesma passou por reformas recentemente em seus sistemas de instalações prediais e pintura. Dentre as escolas inspecionadas, a escola A foi a única que sofreu qualquer espécie de manutenção nos últimos dois anos.

Como complementação dos dados aqui exibidos, as fichas usadas nas inspeções das escolas foram inseridas nos Apêndices A até o F. Concluída as considerações pertinentes, passa-se a apresentar os resultados relativos à cada escola e, por fim, o quantitativo total. Para fins práticos de leitura adotou-se: Escola A, E.M. Maria Nosidia Palmeiras das Neves; Escola B, E.M. Solar Ville; Escola C, E.M. Prof.^a Leonísia Naves; Escola D, E.M. Nossa Senhora Aparecida, Escola E, E.M. Maria Clara Machado.

4.1 Escola A

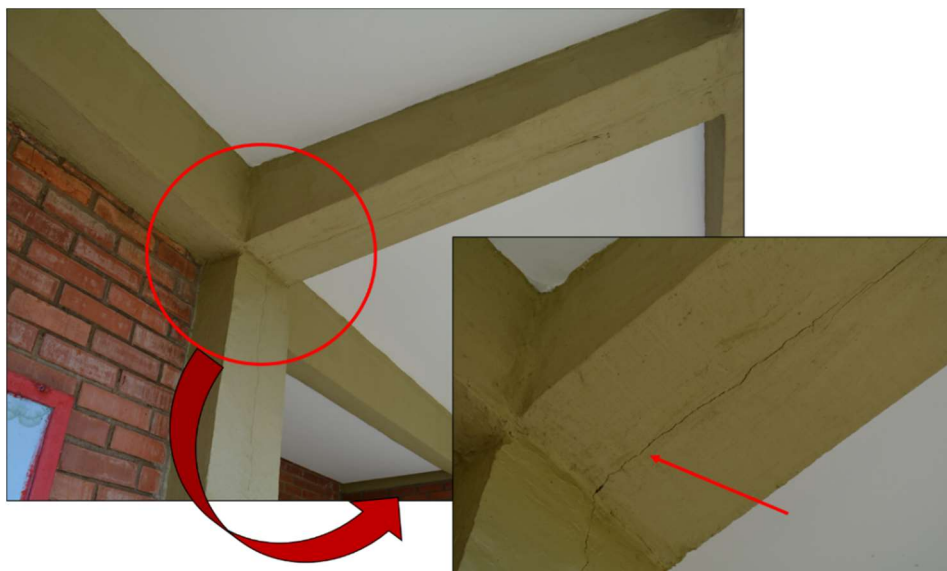
Primeiramente vale citar que dentre todas as escolas, e sob o mesmo critério de identificação, a escola A apresentou o menor número de manifestações patológicas. Conforme aponta a Figura 35 abaixo, a escola A apresentou manifestações patológicas em três sistemas distintos: estrutura de concreto armado, pavimentação e painéis de vedação vertical, sendo os dois primeiros os mais expressivos.

Figura 35 – Incidência de manifestações patológicas nos principais sistemas construtivos da Escola A.
Fonte: Autor próprio (2020).



As principais manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado foram as aberturas (fissuras, trincas e rachaduras), infiltrações e armaduras expostas. As aberturas foram predominantemente identificadas em pilares e vigas, conforme retrata a Figura 36.

Figura 36 – Trinca em pilar e viga. Fonte: Autor próprio (2020).



Pela posição da trinca, pode-se dizer que a provável causa dela possa estar relacionada com a falta de uma junta de dilatação especificada em projeto. Dentre as anomalias observadas, a mais preocupante foi a apresentada na Figura 37 abaixo. Tal manifestação patológica pode estar relacionada tanto com erro de execução, quando do lançamento do concreto, deixando um ninho de concretagem no pé do pilar, quanto por esforços não previstos em projeto agindo sobre o “pé” do elemento estrutural.

Figura 37 – Armadura exposta na parte inferior do pilar de extremidade. Fonte: Autor próprio (2020).



Quanto a pavimentação, todas as manifestações patológicas detectadas correlacionaram-se às aberturas superficiais, tais como fissuras, trincas e rachaduras. A Figura 38 abaixo ilustra uma trinca partindo do “pé” do pilar (interface estrutura/pavimento ou piso), demonstrando inadequação ou deficiência na fase de projeto e/ou de execução dos serviços pertinentes.

Figura 38 – Fissura em pavimento partindo da interface pilar/pavimentação. Fonte: Autor próprio (2020).



Nos painéis de vedação vertical (paredes) as manifestações patológicas predominantes foram as trincas nas interfaces alvenaria/estrutura, provavelmente ocasionadas por deficiência ou falta de projeto com detalhamentos executivos para execução dos serviços pertinentes e necessários nestas situações. Conforme aponta a Figura 39 abaixo.

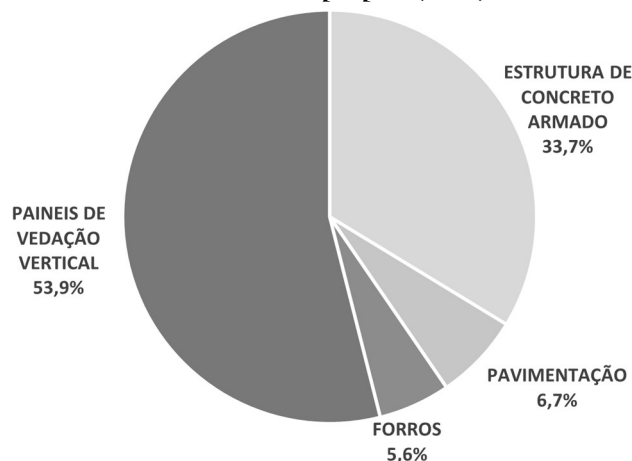
Figura 39 – Trinca na interface alvenaria/pilar. Fonte: Autor próprio (2020).



4.2 Escola B

A escola B apresentou manifestações patológicas em quatro sistemas distintos: estrutura de concreto armado, painéis de vedação vertical (paredes), pavimentação (pisos) e forros, sendo os dois primeiros os mais expressivos, de acordo com as ocorrências percentuais categorizadas e apresentadas na Figura 40.

Figura 40 - Incidência de manifestações patológicas nos principais sistemas construtivos da Escola B. Fonte: Autor próprio (2020).



As principais manifestações patológicas observadas nas estruturas de concreto armado foram as aberturas (fissuras, trincas e rachaduras), e manchas/deslocamento na pintura. A Figura 41 adiante exhibe um pilar de extremidade, não protegido contra as intempéries, com fissuras e deslocamento predominantes na camada da pintura protetora.

Figura 41 - Trinca e deslocamento da pintura em pilar de extremidade. Fonte: Autor próprio (2020).



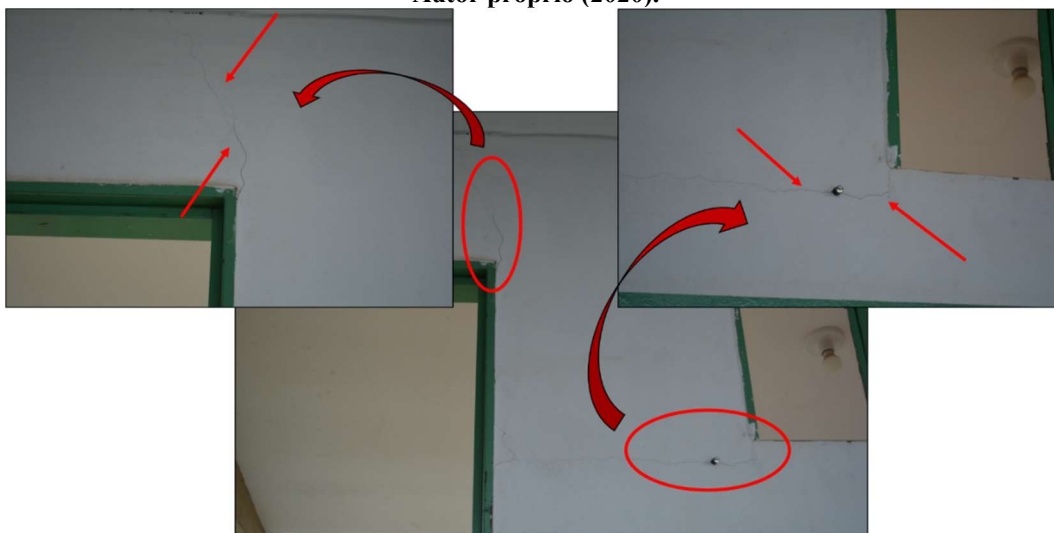
Quanto à pavimentação, todas as manifestações patológicas detectadas foram correspondentes às aberturas (fissuras, trincas e rachaduras), correlacionadas, provavelmente, a causas físicas, como por exemplo a movimentação/recalque do solo (base), e/ou falha de projeto/execução. A Figura 42 mostra um caso de trinca/rachadura em piso externo (granitina).

Figura 42 - Trinca em pavimento. Fonte: Autor próprio (2020).



Nos painéis de vedação vertical (paredes) as manifestações patológicas predominantes foram as aberturas superficiais. Na Figura 43 é possível ver fissuras que se iniciam em cantos das esquadrias, devido, provavelmente, a ausência de verga na porta (foto da esquerda) e contra-verga na janela (foto da direita).

Figura 43 – Fissuras a partir das extremidades (cantos) de esquadrias, devido a falha de execução. Fonte: Autor próprio (2020).



Foram identificadas trincas/rachaduras em praticamente todas as salas de aula, na região de interface pilar/alvenaria, resultante da diferença do comportamento físico/mecânico dos dois materiais, ocorrência que caracteriza a falta ou deficiência de detalhes executivos em projetos pertinentes e/ou execução inadequada dos serviços correlatos, conforme registra a Figura 44.

Figura 44 - Rachadura na interface pilar/alvenaria. Fonte: Autor próprio (2020).



O acabamento do forro (teto) da edificação escolar foi feito com a aplicação de gesso corrido. A Figura 45, a seguir, permite visualizar o teto acabado com gesso corrido, localizado na região da laje correspondente ao fundo do reservatório (superior) de água, sobre o qual foram identificadas manifestações patológicas, tais como manchas devido a presença de umidade e deslocamentos, predominantemente, provenientes do sistema de pintura.

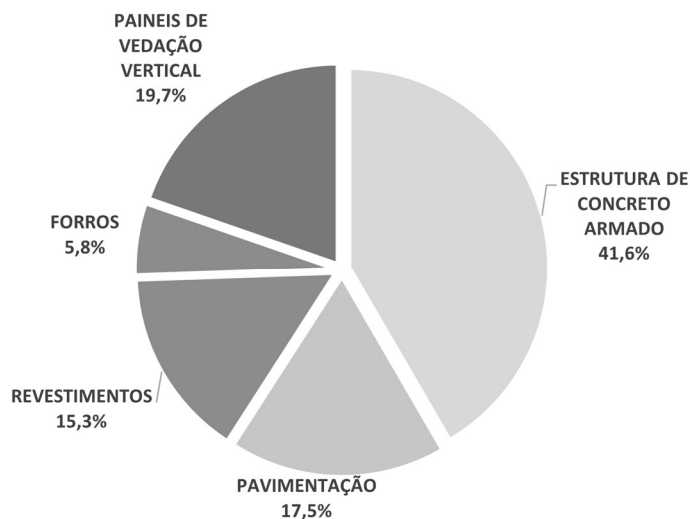
Figura 45 - Manchas e deslocamento em laje sob reservatório superior. Fonte: Autor próprio (2020).



4.3 Escola C

Conforme a Figura 50 abaixo, a escola C apresentou manifestações patológicas em cinco sistemas distintos: estrutura de concreto armado, pavimentação, painéis de vedação vertical, forros e revestimentos.

Figura 46 - Incidência de manifestações patológicas nos principais sistemas construtivos da Escola C. Fonte: Autor próprio (2020).



As principais manifestações patológicas observadas nas estruturas de concreto armado foram aberturas, manchas/desplacamento na camada de pintura devido a infiltrações e armaduras expostas, conforme a Figura 47.

Figura 47 - Armadura exposta em viga. Fonte: Autor próprio (2020).



Na Figura 48 é possível visualizar a parede de concreto armado, revestida com material cerâmico/argamassa e pertencente ao reservatório superior da edificação, manchada significativamente devido a possíveis infiltrações e falta de pingadeira. Também é possível identificar uma grande deterioração do pilar de extremidade do reservatório superior, possivelmente na região de descontinuidade da concretagem do elemento, expondo a armadura de concreto armado, que aparenta flambagem.

Figura 48 - Manchas e bolor na parede de concreto do reservatório superior e armadura do pilar que o sustenta exposta. Fonte: Autor próprio (2020).



A Figura 49 como também identificado na escola A, exibe pilar com armadura exposta em sua região inferior.

Figura 49 - Armadura exposta na parte inferior do pilar. Fonte: Autor próprio (2020).



Quanto à pavimentação (pisos), todas as manifestações patológicas detectadas foram aberturas (fissuras, trinças e rachaduras), devidas, provavelmente, a retração do concreto, causas físicas e/ou falhas de projeto/execução. A Figura 50 exemplifica um caso (ocorrência) de trinca em pavimento (piso) acabado (granitina).

Figura 50 – Trinca em pavimento partindo da interface pilar/pavimentação. Fonte: Elaborado pelo autor. Fonte: Autor próprio (2020).



Nos painéis de vedação vertical (paredes) as manifestações patológicas predominantes foram as trincas nas interfaces alvenaria/estrutura, conforme Figura 51 devido possivelmente a falhas na execução, especificamente no processo de encunhando e/ou a não utilização de telas, os quais são elementos necessários para impedir o aparecimento de aberturas na ligação entre o painel de vedação vertical e o elemento estrutural, e manchas devido a umidade.

Figura 51 – Rachadura na interface alvenaria/viga em parede externa. Fonte: Autor próprio (2020).



Na Figura 52 a seguir é possível visualizar mancha escurecida abaixo da vaporizadora do sistema de ar-condicionado sem instalações apropriadas para o seu dreno, ocasionando assim uma constante presença de umidade na região em destaque.

Figura 52 – Mancha no rodapé da parede externa devido a umidade oriunda do dreno do ar-condicionado. Fonte: Autor próprio (2020).



Em tetos/forros da edificação foram identificadas manifestações patológicas correlacionadas à infiltração oriunda da laje e deslocamentos, em função de possível falha de execução, assim como retrata a Figura 53.

Figura 53 - Forro de gesso deslocando da laje e deixando exposto blocos cerâmicos que compõem a laje.
Fonte: Autor próprio (2020).



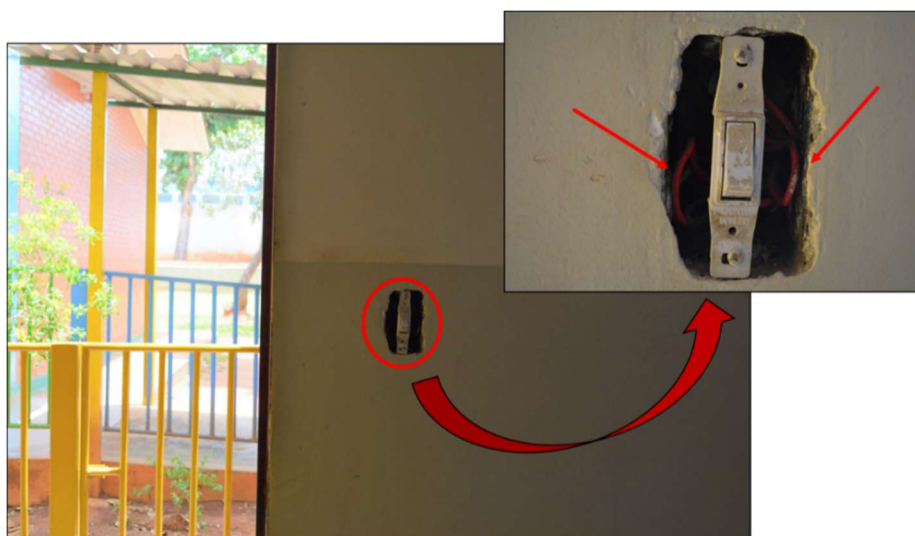
Foram identificadas manifestações patológicas em revestimentos, tal como deslocamento e deterioração de juntas. Os deslocamentos ocorreram junto ao bebedouro da edificação, vinculando assim sua provável causa a problemas relacionados com umidade, conforme aponta a Figura 54.

Figura 54 - Deslocamento de revestimento nas proximidades do bebedouro. Fonte: Autor próprio (2020).



Apesar das anomalias pertinentes às instalações prediais não fazerem parte do escopo do trabalho, se faz necessário chamar a atenção para o destaque apresentado na Figura 55. Sendo caracterizado como desconformidade normativa, a imagem apresenta um interruptor sem a placa (espelho) de proteção, expondo o condutor elétrico e colocando em alto risco quem faz uso do interruptor, considerando principalmente a faixa etária dos alunos.

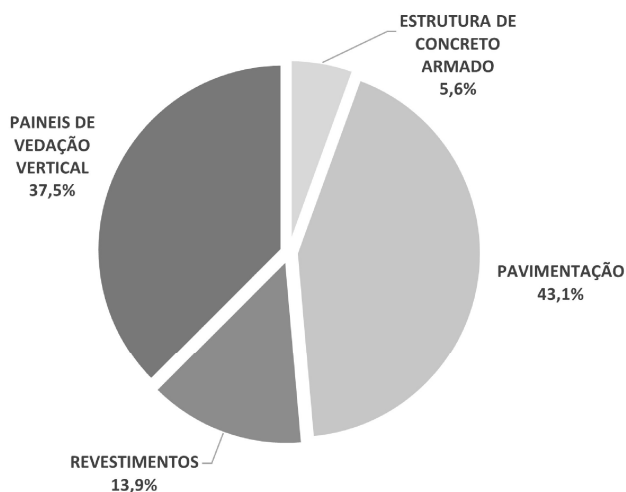
Figura 55 - Interruptor sem placa (espelho), expondo os condutores elétricos, em desconformidade com as normas vigentes de instalações elétricas. Autor próprio (2020).



4.4 Escola D

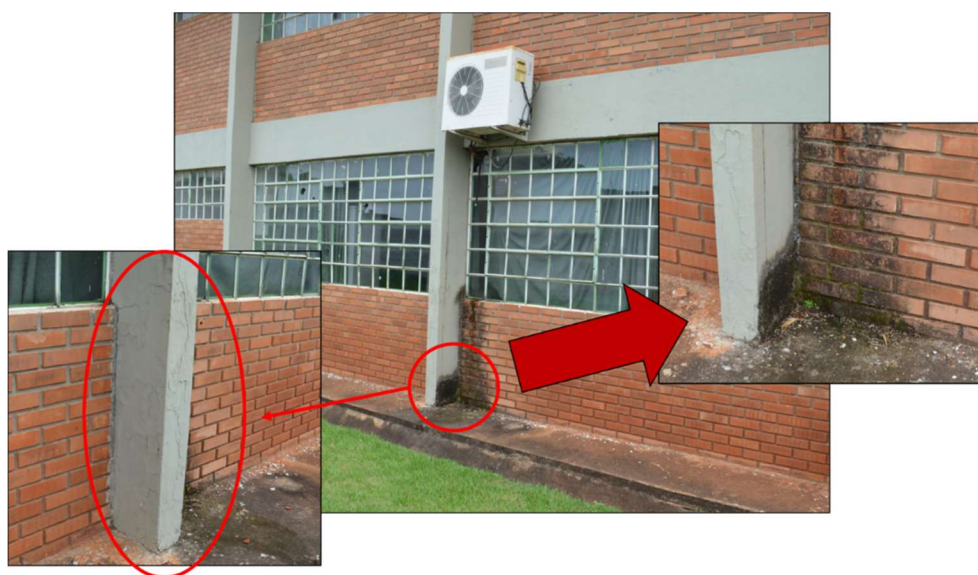
Conforme a Figura 56 abaixo, a escola D apresentou manifestações patológicas em quatro sistemas distintos: pavimentação, painéis de vedação vertical, revestimentos e estrutura de concreto armado, sendo os dois primeiros os mais expressivos.

Figura 56 - Incidência de manifestações patológicas dos principais sistemas construtivos da Escola D. Fonte: Autor próprio (2020).



A escola D foi a que apresentou a menor incidência de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado. Dentre as poucas observadas se destacam duas: bolor e rachaduras. A Figura 57 abaixo mostra bolor na parte inferior do pilar e deslocamento da pintura, podendo ter como provável causa a elevada umidade advinda da falta de instalação apropriada para o dreno do ar-condicionado.

Figura 57 – Bolor na parte inferior do pilar e deslocamento da camada de tinta. Fonte: Autor próprio (2020).



A Figura 58, a seguir destaca rachadura próxima à parte inferior de um pilar de extremidade do bloco de salas de aula, estruturado em dois pavimentos.

Figura 58 - Rachadura na parte inferior do pilar de extremidade. Fonte: Autor próprio (2020).



Quanto a pavimentação, as manifestações patológicas detectadas foram aberturas (fissuras, trincas e rachadura) e deslocamentos e manchas correlacionadas à presença de umidade, conforme visualização indicada na Figura 59 abaixo.

Figura 59 - Rachadura, mancha de bolor e deterioração física do pavimento do pátio. Fonte: Autor próprio (2020).



Nos painéis de vedação vertical (paredes) as manifestações patológicas predominantes foram fissuras e rachaduras iniciadas a partir das extremidades das esquadrias e deslocamento da camada de tinta das paredes. A Figura 60 mostra uma rachadura que se inicia a partir da extremidade (canto) da abertura (vão) de janela, demonstrando possível ausência de contraverga.

Figura 60 - Rachadura na extremidade da esquadria. Fonte: Autor próprio (2020).



Deslocamentos da camada de tinta, localizados na região próxima ao rodapé de parede internas, foram localizados em praticamente todas as salas de aula da escola em questão, e suas causas podem estar relacionadas a possíveis falhas pertinentes à execução dos serviços de pintura e repinturas. A Figura 61 mostra um caso de deslocamento da camada de tinta, na parte inferior e pelo lado interno de uma parede localizada em sala de aula.

Figura 61 – Deslocamento da camada de tinta no roda-pé das salas de aula. Fonte: Autor próprio (2020).



O acabamento em tetos da edificação escolar foi feito com gesso corrido. Foram identificadas manifestações patológicas correlacionadas à infiltração oriunda da laje e deslocamentos de camadas do sistema de pinturas e revestimento argamassado, devido provavelmente a falha de execução. Estas anomalias encontradas podem ter origens em procedimentos inadequados quanto à execução dos serviços pertinentes. A Figura 62 registra um caso de deslocamentos, tanto das camadas correlacionadas ao sistema de pintura quanto ao revestimento argamassado (reboco de teto).

Figura 62 - Deslocamento da camada de gesso corrido e tinta de laje externa. Fonte: Autor próprio (2020).



Os deslocamentos de materiais cerâmicos, aplicados como acabamentos, foram consideravelmente identificados. Os casos de maior ocorrência referem-se à perda de aderência das peças cerâmicas, pertinentes aos rodapés localizados no interior das salas de aula do pavimento térreo. As causas podem estar substancialmente correlacionadas à umidade constante e excessiva localizada na parte inferior (baixa) das paredes, proveniente de deficiências do sistema de impermeabilização das vigas Baldrames, conforme ilustra a Figura 63 abaixo.

Figura 63 – Deslocamento de revestimento cerâmico do rodapé das salas de aula. Fonte: Autor próprio (2020).



Assim como apresentado na escola anterior, nesta também se faz necessário chamar a atenção para a desconformidade normativa exibida na Figura 64, a qual mostra um condutor elétrico suspenso entre dois blocos a uma altura de aproximadamente 1,40m em relação ao chão, facilitando assim que usuários do prédio (escola) possam se acidentar gravemente.

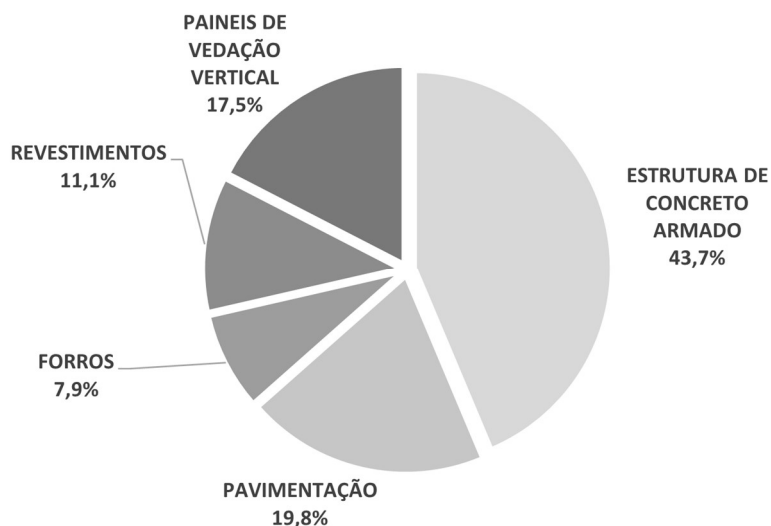
Figura 64 - Condutor elétrico exposto a 1,40m de altura, em desconformidade com as normas vigentes de instalações elétricas. Fonte: Autor próprio (2020).



4.5 Escola E

Conforme a Figura 65 abaixo, a escola E apresentou manifestações patológicas em cinco sistemas distintos: estrutura de concreto armado, pavimentação (pisos), painéis de vedação vertical (paredes), tetos/forros e revestimentos, sendo o primeiro o mais expressivo.

Figura 65 - Incidência de manifestações patológicas nos principais sistemas construtivos da Escola E. Fonte: Autor próprio (2020).



As principais manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado foram as aberturas (fissuras, trincas e rachaduras). Outras anomalias verificadas referem-se à presença localizada de umidade, ninhos de concretagem e armaduras expostas. Um exemplo de armadura exposta em elemento estrutural de concreto pode ser visto na Figura 66.

Figura 66 - Pilar de canto do reservatório superior com armadura exposta. Fonte: Autor próprio (2020).



A Figura 67 abaixo destaca região da laje da guarita da escola com manchas devido a infiltração e fissuras.

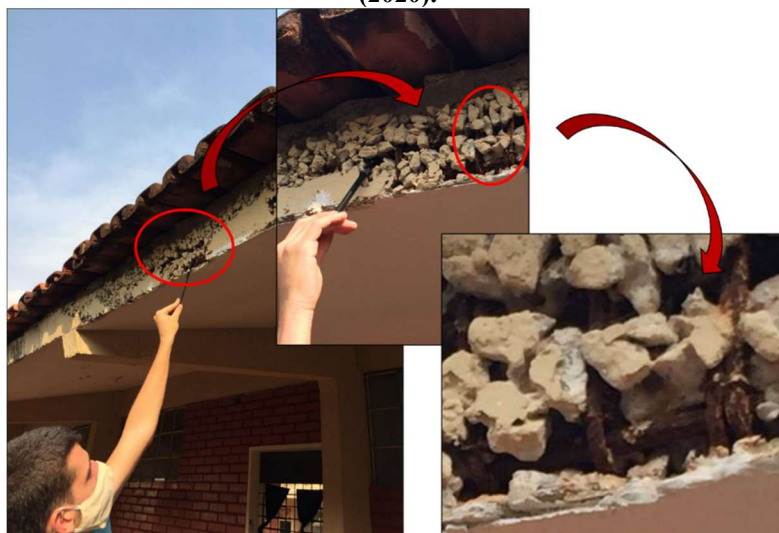
Figura 67 - Laje com infiltração e fissuras. Fonte: Autor próprio (2020).



Foram identificadas diversas lajes com problemas de ninho de concretagem, o que caracteriza inadequação em procedimentos de execução dos serviços correlatos à concretagem, na época da construção da edificação, bem erros de dosagem (preparo) do concreto, no que se

refere à consistência não ideal da mistura no momento de lançamento e adensamento do concreto no estado fresco, no interior (dentro) das fôrmas. A Figura 68 mostra grandes vazios no concreto de uma laje, visíveis a partir de suas superfícies, o que caracteriza a presença de “ninhos” de concretagem, em situação de exposição das armaduras de aço.

Figura 68 - Laje com ninhos de concretagem e com exposição das armaduras de aço. Fonte: Autor próprio (2020).



Quanto à pavimentação, as manifestações patológicas detectadas foram também as aberturas e deslocamentos, assim como mostra a Figura 69.

Figura 69 - Fissura em pavimento de concreto. Fonte: Autor próprio (2020).



Nos painéis de vedação vertical as manifestações patológicas predominantes foram as trincas nas interfaces entre as paredes e os elementos estruturais de concreto armado,

provavelmente ocasionadas por falta ou deficiências de projetos quanto ao detalhamento e especificações de materiais e serviços pertinentes e adequados para se evitar tais problemas. Também as fissuras, trincas e rachaduras com origens nas extremidades (cantos) das aberturas (vãos) das esquadrias (portas e janelas) foram anomalias facilmente encontradas, possivelmente por falta de vergas e contravergas adequadamente executadas. Conforme Figura 70.

**Figura 70 - Rachadura originada a partir do canto inferior da abertura (vão) de uma esquadria (janela).
Fonte: Autor próprio (2020).**



O acabamento superficial em tetos desta edificação escolar também foi feito utilizando gesso corrido. Foram identificadas manifestações patológicas por causa de infiltração de água oriunda da laje, o que ocasionou o deslocamento das camadas de acabamento (gesso e pintura). A Figura 71 permite visualizar os deslocamentos das camadas de acabamento (gesso e pintura) de teto, por conta da presença de umidade.

Figura 71 - Deslocamento de gesso corrido de laje externa. Fonte: Autor próprio (2020).



Foram identificadas algumas manifestações patológicas em revestimentos de paredes, tais como deslocamentos de peças de revestimento (acabamento) e deterioração de juntas. Ambos os problemas citados ocorreram junto ao bebedouro da edificação, podendo assim ser a causa de problemas decorrentes da presença de umidade, conforme denota a Figura 72.

Figura 72 – Deterioração de junta do revestimento em bebedouro. Fonte: Autor próprio (2020).

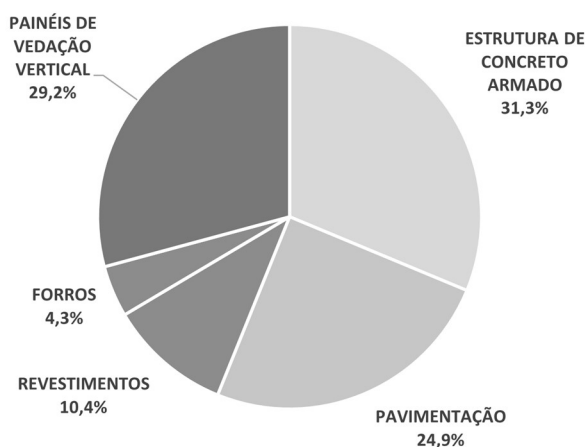


4.6 QUANTIFICAÇÕES DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NAS ESCOLAS INSPECIONADAS

Considerando que o estudo sistematizado de manifestações patológicas é o primeiro passo para prevenir essas ocorrências, supõe-se que a ausência de manutenção predial, falhas de projeto e de execução exerceram papel determinante na incidência de manifestações patológicas em quatro, das cinco escolas inspecionadas. Espera-se que com o presente documento autoridades competentes se certifiquem do estado físico dos prédios escolares e que tracem soluções para os problemas apresentados.

Observou-se um total de 531 ocorrências de manifestações patológicas nas cinco escolas visitadas. Os sistemas construtivos analisados foram as estruturas de concreto armado, pavimentações (pisos), painéis de vedação vertical (paredes), tetos/forros e revestimentos. A Figura 73 apresenta a quantificação percentual categorizada das principais manifestações patológicas construtivas, levantadas em escolas públicas da rede municipal de Goiânia-GO.

Figura 73 - Incidência de manifestações patológicas nos principais sistemas construtivos das escolas públicas estudadas e pertencentes à rede municipal de Goiânia-GO. Fonte: Autor próprio (2020).

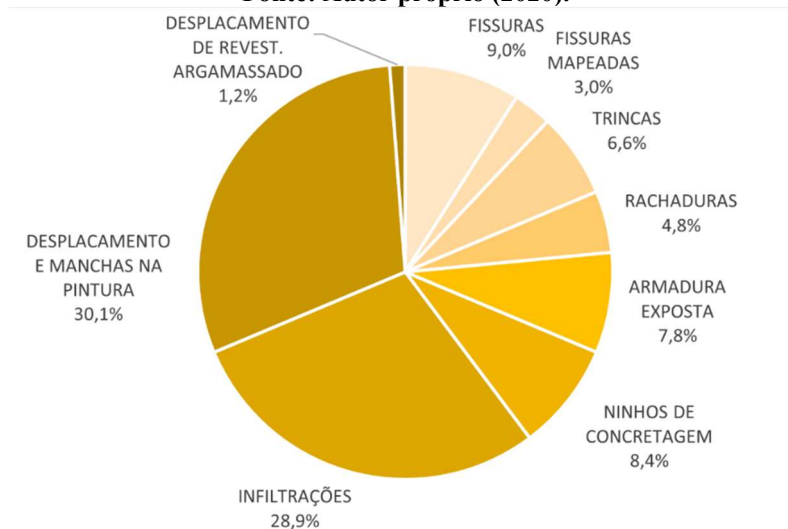


A seguir, apresenta-se, separadamente, as principais manifestações patológicas observadas e as correspondentes taxas percentuais de incidência, em função dos sistemas construtivos analisados.

4.6.1 ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

A maior ocorrência de manifestações patológicas correspondeu aos elementos construtivos pertinentes à estrutura de concreto armado, com 31,3% de taxa percentual de incidência de anomalias. As anomalias verificadas nas estruturas de concreto armada foram as aberturas superficiais (fissuras, trincas e rachaduras), deslocamentos e manchas diversos(as), ninhos de concretagem e exposição de armaduras de aço. A Figura 74 apresenta os resultados pertinentes.

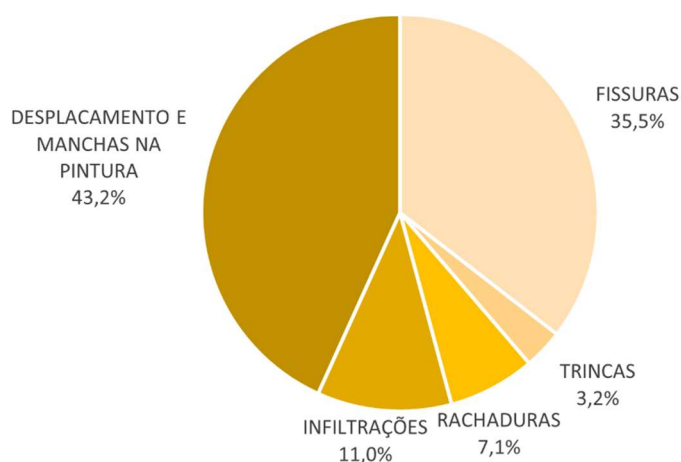
Figura 74 – Principais manifestações patológicas identificadas nas estruturas de concreto armado. Fonte: Autor próprio (2020).



4.6.2 PAINÉIS DE VEDAÇÃO VERTICAL

A incidência de manifestações patológicas no item painéis de vedação vertical correspondeu a 29,2% do total observado. Os principais problemas construtivos observados foram deslocamento e manchas na pintura, aberturas (fissuras, trincas e rachaduras) e anomalias relacionadas com infiltrações de água/umidade, conforme totalizações percentuais apresentadas na Figura 75.

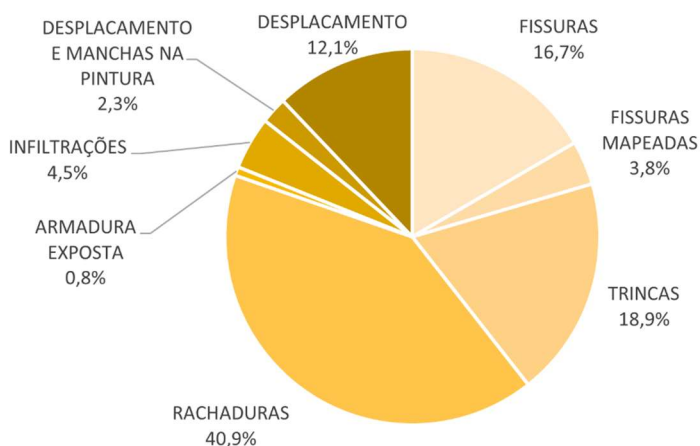
Figura 75 – Principais manifestações patológicas identificadas em painéis de vedação vertical. Fonte: Autor próprio (2020).



4.6.3 PAVIMENTAÇÃO

As manifestações patológicas decorrentes de problemas em pavimentação (pisos) tiveram um índice de 24,9% em relação ao todo observado. A Figura 76 apresenta os resultados de incidência percentual das anomalias encontradas, em função do sistema construtivo avaliado (pavimentação / pisos).

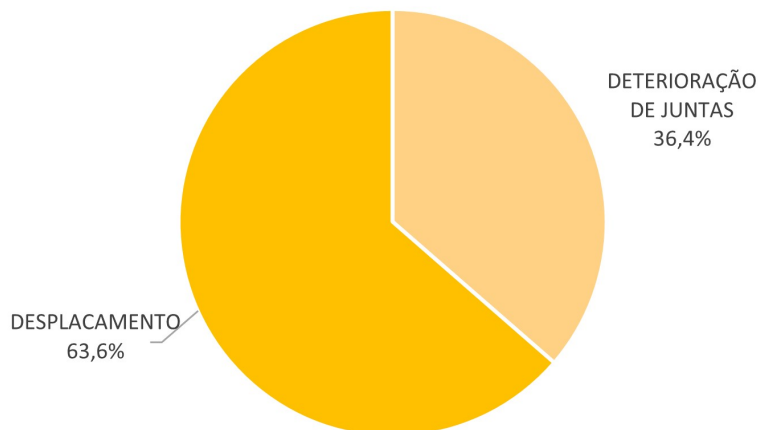
Figura 76 - Principais manifestações patológicas identificadas em pavimentação. Fonte: Autor próprio (2020).



4.6.4 REVESTIMENTOS

No que se refere aos revestimentos, as únicas manifestações patológicas identificadas foram os deslocamento e a deterioração das juntas, conforme mostra a Figura 77.

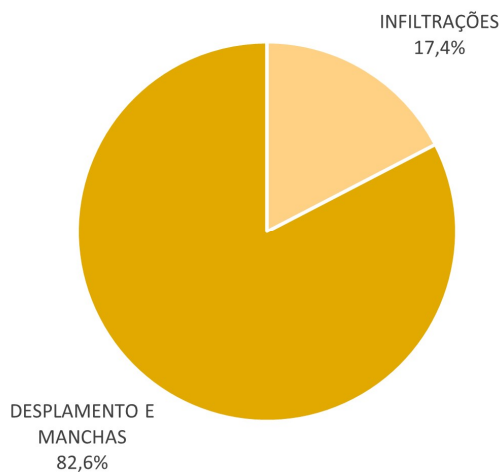
Figura 77 – Principais manifestações patológicas identificadas em revestimentos. Fonte: Autor próprio (2020).



4.6.5 TETOS/FORROS

O sistema de forros apresentou somente 4,3% de incidência de manifestações patológicas em relação ao total. As duas anomalias observadas foram as infiltrações e o deslocamento e manchas. de da as principais manifestações patológicas identificadas foram as infiltrações, conforme ilustra a Figura 78 a seguir.

Figura 78 - Principais manifestações patológicas identificadas em tetos/forros. Fonte: Autor próprio (2020).



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÃO

O objetivo principal deste estudo foi identificar as principais manifestações patológicas em cinco escolas públicas do município de Goiânia. As considerações apresentadas adiante devem ser analisadas considerando que os levantamentos realizados não tiveram tratamento estatístico, visto que as técnicas utilizadas objetivaram somente a apresentação quantitativa e categorizada dos resultados obtidos.

Todas as escolas visitadas apresentaram manifestações patológicas em alguns dos itens analisados ou, no caso das escolas C e E, em todos. Dentre estes sistemas construtivos analisados e avaliados, os que apresentaram maior incidência de manifestações patológicas foram as estruturas de concreto armado, os painéis de vedação vertical e a pavimentação (pisos), correspondendo juntos a 85,4% do total de problemas construtivos identificados.

Nos três sistemas construtivos supracitados, as anomalias com maiores taxas de incidência foram as aberturas (fissuras, fissura mapeada, trincas e rachaduras), os deslocamentos, problemas em pinturas e umidade localizada por infiltrações de água.

As manifestações patológicas correlacionadas à exposição de armaduras de aço, em elementos estruturais de concreto armado, ocorreram em três das cinco escolas estudadas.

No que se refere aos painéis verticais de vedação, praticamente todas as aberturas superficiais identificadas ocorreram nas interfaces alvenaria/estrutura e nas extremidades das alvenarias, além de deslocamentos da camada de tinta que atingiram, na maior parte dos casos, a região inferior dos painéis (paredes).

Quanto às pavimentações (pisos), a maioria das escolas apresentaram anomalias em quantidades expressivas, no que se referem às trincas e rachaduras.

As manifestações patológicas identificadas nos revestimentos e forros corresponderam a somente 14,6% do total dos problemas identificados. Os tetos com acabamento superficial de gesso corrido apresentaram bom estado de conservação, em todas as escolas. Porém, os tetos pertinentes às áreas de circulação externa, em marquises, apresentaram problemas com deslocamentos das camadas de acabamento (gesso e pintura), em função da presença de umidade, assim como os tetos que correspondem ao fundo de reservatórios de água também apresentaram os mesmos problemas supracitados.

Foi notória a relação entre idade da construção e a quantidade de problemas construtivos observados, visto que as escolas A e B, construídas no ano de 2009 e 2015, respectivamente,

foram as que menos apresentaram manifestações patológicas dentre as estudadas em relação às demais escolas. Apesar de alguns casos de maior seriedade e que devem ser analisados em suas minúcia por profissionais competentes, como as armaduras expostas mostradas no tópico anterior, não foi identificado risco estrutural aparente em nenhuma das edificações e nem foram identificados riscos à saúde dos estudantes, no que se refere às anomalias causadas pela presença localizada de umidade.

Por fim, é necessário um breve, mas importante, comentário acerca das desconformidades normativas encontradas nas instalações elétricas das edificações escolares. A exposição dos condutores elétricos devido à falta de proteção foi observada em todas as escolas inspecionadas e, caso fossem computadas junto às anomalias encontradas, corresponderiam a 7,7% do índice total. Devido a possibilidade de ocorrer choques fatais pelos usuários que frequentam as escolas visitadas, faz-se necessário o mais breve possível que readaptações, conforme normas de instalações elétricas, sejam feitas objetivando principalmente a segurança dos usuários.

5.2 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se a elaboração de pesquisa nos mesmos moldes desta, porém incluindo as instalações prediais, em especial as instalações hidráulicas e elétricas, a partir de espaço amostral de edificações escolares com maior proximidade em relação ao ano de construção das edificações, com aplicação de métodos estatísticos para o tratamento dos dados coletados em campo e classificação das manifestações patológicas quanto ao grau de risco, conforme preconizações da Norma de Inspeção Predial Nacional, elaborada pelo IBAPE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, J. C. **Tensões originadas pela retração em elementos de concreto com deformação restringida considerando-se o efeito da fluência**. São Paulo, 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica da Escola Politécnica de São Paulo.

ANDRADE, J. J. DE OLIVEIRA. **Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco**. Porto Alegre, 1997. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ANTONIAZZI, J. P. **Patologia da construção: abordagem e diagnóstico**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Universidade Federal de Santa Maria. 2010.

ARAÚJO, Leticia Santos Machado de. **AValiação Durante Operação dos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários em Edifícios Escolares**. Campinas, 2004. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14037 – **Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações**. Rio de Janeiro. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 - Partes 1-6: Desempenho de Edifícios Habitacionais**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9575 - **Impermeabilização – Seleção e projeto**. Rio de Janeiro, 2010.

BARBALHO, R. O. S. **Avaliação sobre o estudo de sacos nas construções habitacionais da cidade de Mossoró/RN – Patologia no revestimento**. 2011. 60f. Monografia (Bacharel em Ciência da tecnologia). Universidade Rural do Semi-Árido. Mossoró. 2011.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. Rio de Janeiro, Editora LTC, V. 1 e 2. 2001.

CABREDO, L. V. **Patología de la Construcción o una "Obra en Três Actos"**. 3º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, PATORREB2009. Porto, FEUP. 2009.

CÁNOVAS, M. F. **Patologia e terapia do concreto armado**. Tradução e adaptação de: Maria Celeste Marcondes et al., coordenação técnica L. A. Falcão Bauer. São Paulo: Editora PINI, 1988.

CÓIAS, V. **Inspeções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios**. Lisboa, IST PRESS. 2006.

COMO COMBATER O MOFO DO PROJETO DA OBRA AOS CUIDADOS NO DIA A DIA. WEG – Blog Tomadas & Interruptores. 2018. Disponível em: <<https://www.weg.net/tomadas/blog/>>. Acesso em: 15 de maio de 2020.

CONDENSAÇÃO – UM GRAVE PROBLEMA EM AMBIENTES REFRIGERADOS E CÂMARAS FRIGORÍFICAS. CACE Engenharia - Tecnologia e serviço em spray de poliuretano e poliurea. 2014. Disponível em: <<https://www.caceengenharia.com/>>. Acesso em: 15 de maio de 2020.

CORSINI, R. **Trinca ou fissura?**. São Paulo: Técnica. 160, p., jul. de 2010. Disponível em: . Acesso em 29 abril. 2020.

CORROSÃO DE ARMADURA: O QUE CAUSA E COMO AMENIZAR ESSE DANO?. Tecnosil. 2017. Disponível em: < <https://www.tecnosilbr.com.br/corrosao-de-armadura-o-que-causa-e-como-amenizar-esse-dano/>>. Acesso em: 17 de novembro de 2020.

DELIBERADOR, M. S. **O processo de projeto de arquitetura escolar no Estado de arquitetura escolar no Estado de arquitetura escolar no Estado de São Paulo: caracterização e possibilidades de intervenção.** Mestrado (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

DUARTE, R. B. **Fissuras em alvenarias: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação.** Porto Alegre, 1998 (Boletim técnico, 25).

FERREIRA, J. A. DE A. **TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO DE PATOLOGIAS EM EDIFÍCIOS.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2010.

FIESS, J. R. F.; OLIVEIRA, L. A.; BIANCHI, A. C.; THOMAZ, E. **Causas da ocorrência de manifestações patológicas em conjuntos habitacionais do Estado de São Paulo.** In: I Conferência Latino-americana de Construção Sustentável – X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo: 2004

FRANCO, V. N. C.; NIEDERMEYER, F. M. **Manifestações Patológicas Geradas por Recalque de Fundações.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 07. Ano 02, Vol. 01. pp 194-214, Outubro de 2017. ISSN:2448-0959

FRANÇA, A. A. V. et al. **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil.** TÉCNICA, set. 2011. Disponível em: <<http://www.phd.eng.br/>>. Acesso em: 20 de abril de 2020.

FREIRE, A. **Patologia nas Edificações Públicas do Estado do Paraná: Estudo de Caso da Unidade Escolar Padrão 023 da Superintendência de Desenvolvimento Escolar – SUDE.**

In: Especialização em Construção de Obras Públicas, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

GARCÍA-ALONSO, M. C.; ESCUDERO, M. L.; MIRANDA, J. M.; VEGA, M. I.; CAPILLA, F.; CORREIA, M. J.; SALTA, M.; BENNANI, A.; GONZÁLEZ, J.A. **Corrosion behaviour of new stainless steels reinforcing bars embedded in concrete**. Cement and Concrete Research, 37, p.1463– 1471, 2007.

GOIÂNIA. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2020. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Goi%C3%A2nia&oldid=59904587>>. Acesso em: 29 nov. 2020.

GONÇALVES, T. C. D. **Salt crystallization in plastered or rendered walls**. Thesis carried out at the Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) for the purpose of obtaining a PhD degree in Civil Engineering at the Universidade Técnica de Lisboa. 2007.

GRANDE, J. E. **Resistência dos Materiais I**. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiânia, 2017. Notas de aula.

GRANDISKI, P. **Perícias Judiciais**. São Paulo: CREA-SP/IBAPE-SP, 1995. 1 v. 111 p.

HASPARYK, N. P. **Investigação de concretos afetados pela reação álcali agregado e caracterização avançada do gel exsudado**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

HELENE, P. R. L. **Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo, Red Rehabilitar, 2003.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção das estruturas de concreto**. 2ª ed., 3ª reimpressão (jan. 96). São Paulo: Editora PINI, 1992.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso no dia 22/10/2020

Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia. **NORMA DE INSPEÇÃO PREDIAL NACIONAL**, 2012.

Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo – IBAPE/SP. **NORMA DE INSPEÇÃO PREDIAL**, 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **General Principles on the Design of Structures for Durability**. ISO 13823. Geneva: ISO/TC, 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **Performance standards in building — Principles for their preparation and factors to be considered.** ISO 6241. Geneva: ISO/TC, 1984.

KLEIN, D. L. **Apostila do Curso de Patologia das Construções.** Porto Alegre, 1999 - 10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparação das estruturas de concreto armado.** 2008. 56f. Monografia (Construção civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções.** Boletim técnico n. 06. São Paulo: USP, 1986.

LIMA, J. M.; PACHA, J. R. S. **Patologias das estruturas de concreto armado com ênfase à execução.** Centro Tecnológico da Universidade Federal do Pará. Belém, 2000.

MACHADO, M. DOS S. **Estudo das patologias em edificações na região da Grande Vitória segundo uma abordagem sistêmica.** Vitória, 2003. 304 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo.

MAGALHÃES, M. M. **FISSURAS EM ALVENARIAS: CONFIGURAÇÕES TÍPICAS E LEVANTAMENTO DE INDICENCIAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.** Porto Alegre, 2006. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

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

MEDEIROS, A. **Estudo do comportamento à fadiga em compressão do concreto com fibras.** 2012. Tese (Título de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro Científico da PUC-Rio) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2012.

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

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

MIZUMOTO, C. **Investigação da Reação Álcali-Agregado (RAA) em Testemunhos de Concreto e Agregados Constituintes.** Ilha Solteira, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira.

MOHAMAD, G. CONSTRUÇÕES EM ALVENARIA ESTRUTURAL: MATERIAIS, PROJETO E DESEMPENHO. São Paulo: Bluncher. 2015.

MOTA, J. M. F., et. al. **Corrosão de Armadura em Estruturas de Concreto Armado devido ao Ataque de Íons Cloreto.** Anais 54, IBRACON. 2012.

NACIMENTO, M. L. M. **APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO HIGROTÉRMICA NA INVESTIGAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DE FACHADAS DE EDIFÍCIOS.** Brasília. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília – UNB.

NAIR, P.; FIELDING, R. **The language of school design. Design patterns for the 21st century school.** Índia: National Clearinghouse for Educational Facilities. 2005.

OKAMOTO, P. S. **OS IMPACTOS DA NORMA BRASILEIRA DE DESEMPENHO SOBRE O PROCESSO DE PROJETO DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS.** Dissertação (Mestrado em Construção Civil), Universidade de São Paulo, 2015.

POSSAN, E. & DEMOLINER, C. A. **Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral.** Revista CREA. (2013).

PIANCASTELLI, E. M. **Patologia e terapia das estruturas - Origem das enfermidades.** Departamento de Engenharia de Materiais e Construção – Escola de Engenharia, UFMG. Minas Gerais, 2005.

POZZOBON, F. P. **PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E ESTUDOS DE CASOS.** 2018.

PRINCIPAIS PROBLEMAS CAUSADOS PELA UMIDADE NA ALVENARIA. IBDA – Fórum da construção. 2015. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/>>. Acesso em: 16 de maio de 2020.

RETRACAO – REDUÇÃO DE EFEITO E COMPENSAÇÃO. Cimento Itambé. 2010. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/retracao-reducao-de-efeito-e-compensacao/>>. Acesso em: 15 de maio de 2020.

RODRIGUES, J. E. **METODOLOGIA DA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS - Revestimento Exterior.** Porto, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.

SAHADE, R. F. **Avaliação de Sistemas de Recuperação de Trincas em Alvenarias de Vedação.** São Paulo, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto de Pesquisa do Estado de São Paulo – IPT

SILVA, A. F. **Manifestações patológicas em fachadas com revestimentos argamassados. Estudo de caso em edifícios em Florianópolis.** Florianópolis, 2007. 177 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

SILVA, K. B. de A. **Das patologias em edificações na cidade de Campina Grande e da necessidade de legislação preventiva eficaz.** Campina Grande, 2010. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande.

SILVA, M. G.; COSTA, M. P. **Projetos e perdas na construção civil.** 2010.

SILVEIRA, A. A. **A UTILIZAÇÃO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ COM VISTAS A DURABILIDADE DE CONCRETOS: ESTUDO DO ATAQUE POR SULFATOS.** Porto Alegre, 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SANTOS, M. R. G., **Deterioração das estruturas de concreto armado – estudo de caso.** 2012. 122f. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.

SOUZA, M. F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações.** 2008. 64f. Monografia (Especialista em construção civil) Minas Gerais, 2008, Universidade Federal de Minas Gerais.

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

, M. K. **Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações.** 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

THOMAZ, E. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção.** Coedição IPT/EPUSP/Editora Pini. São Paulo, 2001.

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

TRINDADE, D. S. **PATOLOGIA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.** Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria. 2015.

VERÇOZA, E. J.; **Patologias das edificações.** Porto alegre: SAGRA, 1991.

VIEIRA, G. L. **Estudo do processo de corrosão sob a ação de íons cloreto em concretos obtidos a partir de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** Porto

Alegre, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

APÊNDICES

APÊNDICE A – FICHA DE QUANTITATIVO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA ESCOLA A

| FICHA DE QUANTITATIVO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|-----------|----------|----------|------------------|----------|-----------|
| ESCOLA MUNICIPAL: MARIA NOSIDIA PALMEIRAS DAS NEVES | | | | | | DATA: 09/11/2020 | | |
| | PAREDE INT. | PAREDE EXT. | EST. CA | REVEST. | FORRO | PAV. | LAJE | TOTAL |
| FISSURA | 2 | | 4 | | | 6 | | 12 |
| FISSURA MAPEADA | | | 1 | | | | | 1 |
| TRINCAS | 1 | | 2 | | | 5 | | 8 |
| RACHADURAS | | | 1 | | | 4 | | 5 |
| ARMADURA EXPOSTA | | | 1 | | | | | 1 |
| NINHO DE CONCR. | | | 4 | | | | | 4 |
| INFILTRAÇÕES | | 1 | 1 | | | | | 2 |
| DESCASC. E MANCHAS NA PINT. | | | 2 | | | | | 2 |
| EFLORESCÊNCIA | | | | | | | | 0 |
| DESPLAC. REV ARG. | | | | | | | | 0 |
| DETERIORAÇÃO DE JUNTAS | | | | | | | | 0 |
| TOTAL | 3 | 1 | 16 | 0 | 0 | 15 | 0 | 35 |

APÊNDICE B – FICHA DE QUANTITATIVO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA ESCOLA B

| FICHA DE QUANTITATIVO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|-----------|----------|----------|------------------|----------|-----------|
| ESCOLA MUNICIPAL: SOLAR VILLE | | | | | | DATA: 09/11/2020 | | |
| | PAREDE INT. | PAREDE EXT. | EST. CA | REVEST. | FORRO | PAV. | LAJE | TOTAL |
| FISSURA | 34 | 1 | 2 | | | 3 | | 40 |
| FISSURA MAPEADA | | | | | | | | 0 |
| TRINCAS | | | | | | | | 0 |
| RACHADURAS | | | 1 | | | 3 | | 4 |
| ARMADURA EXPOSTA | | | | | | | | 0 |
| NINHO DE CONCR. | | | 1 | | | | | 1 |
| INFILTRAÇÕES | | | | | | | 5 | 5 |
| DESCASC. E MANCHAS NA PINT. | 13 | | 20 | | 5 | | | 38 |
| EFLORESCÊNCIA | | | | | | | | 0 |
| DESPLAC. REV ARG. | | | 1 | | | | | 1 |
| DETERIORAÇÃO DE JUNTAS | | | | | | | | |
| TOTAL | 47 | 1 | 25 | 0 | 5 | 6 | 5 | 89 |

APÊNDICE C – FICHA DE QUANTITATIVO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA ESCOLA C

| FICHA DE QUANTITATIVO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|-----------|-----------|----------|------------------|-----------|------------|
| ESCOLA MUNICIPAL: PROFESSORA LEONÍSIA NAVES DE ALMEIDA | | | | | | DATA: 09/11/2020 | | |
| | PAREDE INT. | PAREDE EXT. | EST. CA | REVEST. | FORRO | PAV. | LAJE | TOTAL |
| FISSURA | 4 | | 1 | | | 4 | | 9 |
| FISSURA MAPEADA | | | | | | 4 | | 4 |
| TRINCAS | 2 | 2 | | | | 3 | | 7 |
| RACHADURAS | 1 | 1 | 3 | | | 9 | | 14 |
| ARMADURA EXPOSTA | | | 5 | | | | 1 | 6 |
| NINHO DE CONCR. | | | | | | | | 0 |
| INFILTRAÇÕES | 1 | 4 | 12 | | | | 21 | 38 |
| DESCASC. E MANCHAS NA PINT. | | 12 | 10 | | 8 | | 4 | 34 |
| EFLORESCÊNCIA | | | | | | | | 0 |
| DESPLAC. REV ARG. | | | | 13 | | 4 | | 17 |
| DETERIORAÇÃO DE JUNTAS | | | | 8 | | | | 8 |
| TOTAL | 8 | 19 | 31 | 21 | 8 | 24 | 26 | 137 |

APÊNDICE D – FICHA DE QUANTITATIVO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA ESCOLA D

| FICHA DE QUANTITATIVO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|----------|-----------|----------|------------------|----------|------------|
| ESCOLA MUNICIPAL: NOSSA SENHORA APARECIDA | | | | | | DATA: 09/11/2020 | | |
| | PAREDE INT. | PAREDE EXT. | EST. CA | REVEST. | FORRO | PAV. | LAJE | TOTAL |
| FISSURA | 9 | 2 | 1 | | | | | 12 |
| FISSURA MAPEADA | | | | | | | | 0 |
| TRINCAS | | | 1 | | | 12 | | 13 |
| RACHADURAS | 6 | 3 | 3 | | | 38 | | 50 |
| ARMADURA EXPOSTA | | | | | | | | 0 |
| NINHO DE CONCR. | | | | | | | | 0 |
| INFILTRAÇÕES | | 11 | | | | 6 | 2 | 19 |
| DESCASC. E MANCHAS NA PINT. | 23 | | 1 | | | 3 | | 27 |
| EFLORESCÊNCIA | | | | | | | | 0 |
| DESPLAC. REV ARG. | | | | 17 | | 3 | | 20 |
| DETERIORAÇÃO DE JUNTAS | | | | 3 | | | | 3 |
| TOTAL | 38 | 16 | 6 | 20 | 0 | 62 | 2 | 144 |

APÊNDICE E – FICHA DE QUANTITATIVO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA ESCOLA E

| FICHA DE QUANTITATIVO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|------------------|-----------|------------|
| ESCOLA MUNICIPAL: MARIA CLARA MACHADO | | | | | | DATA: 08/10/2020 | | |
| | PAREDE INT. | PAREDE EXT. | EST. CA | REVEST. | FORRO | PAV. | LAJE | TOTAL |
| FISSURA | 3 | | 6 | | | 9 | 1 | 19 |
| FISSURA MAPEADA | | | | | | 1 | 4 | 5 |
| TRINCAS | | | 8 | | | 5 | | 13 |
| RACHADURAS | | | | | | | | 0 |
| ARMADURA EXPOSTA | | | 5 | | | 1 | 1 | 7 |
| NINHO DE CONCR. | | | 1 | | | | 8 | 9 |
| INFILTRAÇÕES | | | | | 4 | | 7 | 11 |
| DESCASC. E MANCHAS NA PINT. | 4 | 15 | 12 | | 6 | | 1 | 38 |
| EFLORESCÊNCIA | | | | | | | | 0 |
| DESPLAC. REV ARG. | | | | 5 | | 9 | 1 | 15 |
| DETERIORAÇÃO DE JUNTAS | | | | 9 | | | | 9 |
| TOTAL | 7 | 15 | 32 | 14 | 10 | 25 | 23 | 126 |

APÊNDICE F – FICHA DE QUANTITATIVO GLOBAL DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

| FICHA DE QUANTITATIVO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|------------|-----------|-----------|------------------|-----------|------------|
| ESCOLA MUNICIPAL: QUANTITATIVO GLOBAL | | | | | | DATA: 09/11/2020 | | |
| | PAREDE INT. | PAREDE EXT. | EST. CA | REVEST. | FORRO | PAV. | LAJE | TOTAL |
| FISSURAS | 52 | 3 | 14 | | | 22 | 1 | 92 |
| FISSURA MAPEADA | | | 1 | | | 5 | 4 | 10 |
| TRINCAS | 3 | 2 | 11 | | | 25 | | 41 |
| RACHADURAS | 7 | 4 | 8 | | | 54 | | 73 |
| ARMADURA EXPOSTA | | | 11 | | | 1 | 2 | 14 |
| NINHO DE CONCR. | | | 6 | | | | 8 | 14 |
| INFILTRAÇÕES | 1 | 16 | 13 | | 4 | 6 | 35 | 75 |
| DESCASC. E MANCHAS NA PINT. | 40 | 27 | 45 | | 19 | 3 | 5 | 139 |
| EFLORESCÊNCIA | | | | | | | | 0 |
| DESPLAC. REV ARG. | | | 1 | 35 | | 16 | 1 | 53 |
| DETERIORAÇÃO DE JUNTAS | | | | 20 | | | | 20 |
| ABERTURAS (TOTAL) | 62 | 9 | 34 | | | 106 | 5 | 216 |
| TOTAL | 103 | 52 | 110 | 55 | 23 | 132 | 56 | 531 |