

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

FELIPE ROMERO DA MATA

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO CMEI
VERA LÚCIA COLLODEL KARAM EM CAMPO MOURÃO**

CAMPO MOURÃO

2023

FELIPE ROMERO DA MATA

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO CMEI
VERA LÚCIA COLLODEL KARAM EM CAMPO MOURÃO**

**CASE STUDY: ANALYSIS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN CMEI
VERA LÚCIA COLLODEL KARAM IN CAMPO MOURÃO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Douglas Fukunaga Surco.
Coorientador(a): Thelma Pretel Brandão Vecchi

CAMPO MOURÃO

2023



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

FELIPE ROMERO DA MATA

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO CMEI
VERA LÚCIA COLLODEL KARAM EM CAMPO MOURÃO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Douglas Fukunaga Surco.
Coorientador(a): Thelma Pretel Brandão Vecchi

01 de junho de 2023

Douglas Fukunaga Surco
Doutor em Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Paula Cristina de Souza
Doutora em Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Sérgio Roberto Oberhauser Quintanilha Braga
Mestre em Segurança aos Incêndios Urbanos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO

2023

AGRADECIMENTOS

Não existem palavras ou gestos suficientes para agradecer aos meus pais por todo amor, incentivo e sacrifícios que fizeram por mim. Não me refiro apenas ao longo da graduação, mas desde que vim ao mundo. Vocês são sinônimos de amor. Este trabalho e o que ele representa são fruto do nosso esforço em conjunto, sem vocês, eu não seria capaz de chegar tão longe.

Meu irmão é outra pessoa a quem devo muito, por me apoiar e servir de inspiração desde a minha infância. A ele, minha sincera gratidão por me incentivar de formas que nem imagina.

Não posso deixar de mencionar minhas amigas, em especial aquelas que costumo chamar de irmãs. Vocês são responsáveis por boa parte da alegria na minha vida, sempre trazendo consigo leveza, risadas e dividindo comigo o peso dos problemas que, “vira e mexe”, surgem por aí. Obrigado por fazerem parte da minha vida e por me motivarem nos momentos difíceis.

Ao meu orientador e à minha coorientadora meus agradecimentos pelo suporte necessário e pelo tempo disponibilizado para me ajudar com este trabalho.

O Programa de Educação Tutorial (PET) e o tutor do período em que participei do programa também merecem meu muito obrigado. É graças a ambos que sinto uma tremenda vontade de dar sempre o meu melhor, seja qual for a situação.

A UTFPR, seus professores e servidores pelo ensino de qualidade, oportunidades, suporte e empenho em fazer com que eu chegasse até aqui, assim como aos colegas de turma que compartilharam comigo os desafios e as alegrias da graduação, a minha gratidão se estende também a todos vocês.

Aos que não foram especificados até aqui, peço que não se chateiem. Sou grato a vocês, especialmente a quem está ao meu lado em todos os momentos, me dando força, carinho e amor, espero continuarmos dividindo nossa história a partir de agora.

Obrigado a todos por fazerem parte da minha história e por me ajudarem a alcançar este importante marco em minha vida.

O ontem é história, o amanhã é um
mistério, mas o hoje é uma dádiva.
É por isso que se chama presente.
(KUNG FU PANDA, 2008).

RESUMO

O seguinte estudo de caso foi realizado no Centro Municipal de Educação Infantil Vera Lucia Collodel Karam, na cidade de Campo Mourão. A escolha deste local se deu por ser uma edificação pública de grande importância para a comunidade, uma vez que atende mais de 150 crianças de oito bairros. Além disso, embora nova, a edificação apresenta problemas patológicos relevantes, como trincas, infiltrações e desgaste excessivo de alguns elementos. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi registrar as manifestações patológicas presentes e, por meio da revisão bibliográfica, identificar as causas e as melhores soluções para cada caso. Constatou-se que a maior parte dos problemas observados tem sua origem na etapa de elaboração dos projetos, que não apresentam nível de detalhamento satisfatório ou não preveem todos os elementos necessários. Isso exalta a importância de uma atenção redobrada durante a fase de planejamento de uma edificação.

Palavras-chave: CMEI; fissura; patologia das construções; reparo.

ABSTRACT

This case study was conducted at the Centro Municipal de Educação Infantil Vera Lucia Collodel Karam in the city of Campo Mourão. The selection of this location was due to it being a public building of great importance to the community, serving more than 150 children from eight neighborhoods. Additionally, despite being a new building, it presents relevant pathological problems such as cracks, infiltrations, and excessive wear of some elements. Thus, the aim of this work was to record the present pathological manifestations and, through a bibliographic review, identify the causes and best solutions for each case. It was observed that the majority of the problems observed originate from the design stage, which does not present a satisfactory level of detail or does not provide all necessary elements. This highlights the importance of paying extra attention during the planning phase of a building.

Keywords: CMEI; fissure; building pathology; rapair.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Revestimento externo fissurado	20
Figura 2 - Representação de uma pilha de corrosão em um mesmo metal	23
Figura 3 - Procedimento para utilização do esclerômetro	37
Figura 4 – Localização do CMEI Vera Lucia Kolodell Karam	39
Figura 5 – Manchas na laje	40
Figura 6 – Mais manchas na laje	41
Figura 7 – Descascamento da laje	41
Figura 8 – Locais de infiltração	42
Figura 9 – Detalhe calha de concreto	43
Figura 10 – Calha de concreto existente	43
Figura 11 – Detritos na laje	44
Figura 12 – Tubulação encoberta	44
Figura 13 – Instalação da manta asfáltica	46
Figura 14 – Impermeabilização descolando no ginásio na UTFPR	47
Figura 15 – Manchas na borda da laje	47
Figura 16 - Detalhe platibanda	48
Figura 17 – Friso no reboco e sobra de revestimento	49
Figura 18 – Moldura de EPS revestida e fixada na extremidade do beiral	50
Figura 19 – Pingadeira metálica	51
Figura 20 – Fissuras na parte superior e inferior da janela	52
Figura 21 – Fissuras em janelas	52
Figura 22 – Memorial verga e contraverga	54
Figura 23 – Detalhamento da verga no projeto	54
Figura 24 – Construção de verga e contraverga	56
Figura 25 – Construção da verga e contraverga menos destrutiva	57
Figura 26 – Parede manchada e fissurada	58
Figura 27 – Zoom na parede afetada	59
Figura 28 – Compilado de manchas e fissuras	59
Figura 29 – Mapeamento da Patologia 4	60
Figura 30 – Manchas escuras	61
Figura 31 – Parede protegida por beiral	62
Figura 32 – Solários em planta	62
Figura 33 – Fachada com solários	63
Figura 34 – Trinca no muro do solário	63
Figura 35 – Revestimento danificado pela trinca	64
Figura 36 – Detalhe do muro	65
Figura 37 – Junta de dilatação feita com EPS	66
Figura 38 – Detalhamento correto do muro	66
Figura 39 – Trinca na laje	67
Figura 40 – Dimensão da trinca	67
Figura 41 – Detalhamento de laje maciça	68
Figura 42 - Trincas com 12 cm de distância	69
Figura 43 – Trincas com 30 cm de distância	69
Figura 44 – Trincas com 42 cm de distância	70
Figura 45 – Trincas com 54 cm de distância	70
Figura 46 – Trinca com 99 cm	71

Figura 47 – Trinca com 125 cm de distância.....	71
Figura 48 – Aço sobre as fissuras	72
Figura 49 – Pacômetro indicando aço onde não há trincas.....	73
Figura 50 – Detalhe de laje pré-fabricada.....	74
Figura 51 – Palco com arquibancada circular.....	75
Figura 52 – Trinca no palco.....	76
Figura 53 – Projeto da escola.....	77
Figura 54 – Grampos na fissura.....	77
Figura 55 – Dimensões do grampo.....	78
Figura 56 – Vidros quebrados nas esquadrias	79
Figura 57 – Corte com esquadria.....	80
Figura 58 – Portas deterioradas.....	81
Figura 59 – Porta de Alumínio.....	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classes de agressividade ambiental	17
Quadro 2 - Correspondência entre agressividade e qualidade do concreto	18
Quadro 3 - Correspondência entre CAA e cobrimento nominal	20
Quadro 4 – Características das movimentações térmicas	26
Quadro 5 – Características das movimentações higroscópicas	27
Quadro 6 – Características das patologias oriundas de sobrecarga	29
Quadro 7 – Características das patologias por deformação da estrutura	31
Quadro 8 – Característica das patologias por recalque de fundação	32
Quadro 9 – Valores de pH indicados pelos reagentes	36
Quadro 10 – Dimensionamento de vergas e contravergas	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
a/c	Água/cimento
CAA	Classe de Agressividade Ambiental
CO ₂	Gás Carbônico
CMEI	Centro Municipal de Educação Infantil
NBR	Norma Brasileira
UR	Umidade Relativa
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	Objetivo geral	13
2.2	Objetivos específicos.....	13
3	JUSTIFICATIVA.....	14
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
4.1	Patologias no processo da elaboração do projeto	16
4.2	Patologias do processo executivo	17
4.2.1	Composição do concreto.....	17
4.2.2	Cura do concreto.....	18
4.2.3	Cobrimento do concreto	20
4.2.4	Compactação do concreto.....	21
4.3	Falta de manutenção e mau uso	21
4.4	Diagnóstico e inspeção	22
4.5	Principais patologias	22
4.5.1	Corrosão de armaduras.....	22
4.5.2	Desagregação do Concreto.....	24
4.5.3	Eflorescência.....	24
4.5.4	Manchas de Umidade e Bolor	24
4.5.5	Fissuras, Trincas Rachaduras	25
<u>4.5.5.1</u>	<u>Fissuras causadas por movimentações térmicas</u>	<u>25</u>
<u>4.5.5.2</u>	<u>Fissuras causadas por movimentações higroscópicas</u>	<u>27</u>
<u>4.5.5.3</u>	<u>Fissuras causadas pela atuação de sobrecargas</u>	<u>28</u>
<u>4.5.5.4</u>	<u>Fissuras causadas por deformidade excessiva da estrutura</u>	<u>31</u>
<u>4.5.5.5</u>	<u>Fissuras causadas por recalques de fundação.....</u>	<u>32</u>
<u>4.5.5.6</u>	<u>Fissuras causadas por alterações químicas dos materiais</u>	<u>34</u>
4.6	Recuperação das estruturas	34
4.6.1	Ensaio de profundidade de carbonatação	35
4.6.2	Ensaio de presença de cloretos por aspensão de nitrato de prata	36
4.6.3	Ensaio de dureza superficial com esclerômetro de reflexão	36
5	METODOLOGIA	38
6	ESTUDO DE CASO	39

6.1	Informações da escola	39
6.1.1	Localização das patologias e visitas realizadas	39
6.2	Problemas patológicos, causas e opções de recuperação	40
6.2.1	Patologia 1	40
<u>6.2.1.1</u>	<u>Causa da patologia 1</u>	<u>42</u>
<u>6.2.1.2</u>	<u>Recuperação da patologia 1</u>	<u>45</u>
6.2.2	Patologia 2	47
<u>6.2.2.1</u>	<u>Causa da patologia 2</u>	<u>48</u>
<u>6.2.2.2</u>	<u>Recuperação da patologia 2</u>	<u>48</u>
6.2.3	Patologia 3	51
<u>6.2.3.1</u>	<u>Causa da patologia 3</u>	<u>53</u>
<u>6.2.3.2</u>	<u>Recuperação da patologia 3</u>	<u>55</u>
6.2.4	Patologia 4	58
<u>6.2.4.1</u>	<u>Causa da patologia 4</u>	<u>60</u>
<u>6.2.4.2</u>	<u>Recuperação da patologia 4</u>	<u>61</u>
6.2.5	Patologia 5	62
<u>6.2.5.1</u>	<u>Causa da patologia 5</u>	<u>64</u>
<u>6.2.5.2</u>	<u>Recuperação da patologia 5</u>	<u>65</u>
6.2.6	Patologia 6	67
<u>6.2.6.1</u>	<u>Causa da patologia 6</u>	<u>68</u>
<u>6.2.6.2</u>	<u>Recuperação da patologia 6</u>	<u>75</u>
6.2.7	Patologia 7	75
<u>6.2.7.1</u>	<u>Causa da patologia 7</u>	<u>76</u>
<u>6.2.7.2</u>	<u>Recuperação da patologia 7</u>	<u>77</u>
6.2.8	Patologia 8	78
<u>6.2.8.1</u>	<u>Causa da patologia 8</u>	<u>79</u>
<u>6.2.8.2</u>	<u>Recuperação da patologia 8</u>	<u>80</u>
6.2.9	Patologia 9	81
<u>6.2.9.1</u>	<u>Causa da patologia 9</u>	<u>81</u>
<u>6.2.9.2</u>	<u>Recuperação da patologia 9</u>	<u>82</u>
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
	REFERÊNCIAS	84

1 INTRODUÇÃO

O Tribunal de Contas da União (2014) afirma que se pode compreender como obra pública qualquer empreendimento que envolva a reforma, construção, fabricação, recuperação ou ampliação de um patrimônio público. Esse ato pode ser realizado diretamente, quando o órgão ou entidade da Administração executa a obra por seus próprios meios, ou indiretamente, quando um ente privado é selecionado por meio de licitação para terceirizar a execução do objeto. A Administração Pública busca, muitas vezes, terceirizar a execução de projetos como a construção de escolas, hospitais e redes de distribuição de água e esgoto, visto que tal método se mostra mais eficiente e reduz custos com manutenção e equipe. Entretanto, é notório que o sucesso na realização de obras públicas não é uma ocorrência frequente e falhas na relação entre a Administração Pública e o ente privado contratado para a execução do projeto são recorrentes (SANTOS *et al.*, 2021).

As obras públicas, assim como outras atividades do governo, devem atender os interesses da sociedade, bem como os demais princípios da administração pública: legalidade, isonomia, eficiência e economicidade. Motta (2005) explica que esse tipo de obra deve ser planejado, acompanhado e fiscalizado para garantir que sua execução atenda aos padrões adequados de custo, qualidade e efetividade.

No entanto, problemas podem surgir e devem ser observados. Segundo Helene (1992), a patologia na engenharia estuda os sintomas, mecanismos, causas e origens das deficiências nas construções. Lindenmayr (2009) aponta que muitas patologias em obras públicas são causadas por erros de detalhamento e concepção no projeto, pois muitas empresas subestimam a importância do projeto básico além da fase de licitação. No Brasil, tais problemas são comuns e levam a uma baixa durabilidade e até mesmo colocam em risco a população que utiliza o serviço.

E é visando a solução desse problema que a auditoria de qualidade de obras públicas é de fundamental importância. Desta forma, é possível responsabilizar civilmente os construtores, evitando a contratação de novos serviços para recuperação das obras danificadas. Por esse motivo, o objetivo desse trabalho é analisar as patologias encontradas na edificação municipal escolhida, apontar suas causas e as soluções disponíveis.

2 OBJETIVOS

A seguir, serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho.

2.1 Objetivo geral

Se apresenta como objetivo geral deste trabalho, o ato de identificar e analisar as patologias existentes no CMEI Vera Lucia Colodell Karam de Campo Mourão-PR, descobrir suas possíveis causas e propor soluções de recuperação.

2.2 Objetivos específicos

A partir do conhecimento adquirido nas pesquisas bibliográficas, será encontrada a melhor solução para os problemas que forem relatados, levando em consideração as limitações de reparo do empreendimento em análise.

Sendo assim, apresentam-se os seguintes objetivos específicos:

- Verificar visualmente e com o possível auxílio de ferramentas o estado construtivo de toda a edificação.
- Levantar os problemas patológicos presentes.
- Realizar levantamento fotográfico dos problemas encontrados.
- Analisar os possíveis fatos que levaram ao surgimento das patologias.
- Propor soluções para a recuperação da edificação.

3 JUSTIFICATIVA

A segurança das crianças deve ser uma prioridade e, para isso, é necessário garantir que a escola esteja em boas condições estruturais. De acordo com o Ministério da Economia, um ambiente seguro é fundamental para o bem-estar e a saúde das crianças, e a identificação de problemas construtivos pode ajudar a prevenir acidentes e garantir um ambiente seguro a todas elas (Brasil, 2021).

Além disso, é importante destacar que um ambiente de ensino inseguro e inapropriado pode afetar negativamente o rendimento escolar das crianças. De acordo com uma revisão sistemática publicada no *Journal of Educational Psychology*, a qualidade do ambiente de ensino tem um impacto significativo na aprendizagem das crianças e um ambiente de ensino inseguro e inapropriado pode afetar negativamente a sua capacidade de concentração e aprendizado (WIRTH *et al.*, 2023).

A escola é uma instituição responsável por cuidar das crianças em seu ambiente de ensino e, portanto, é importante garantir que a edificação esteja em boas condições para cumprir essa responsabilidade. De acordo com o Conselho Nacional de Educação (Brasil, 2019), a escola deve garantir um ambiente de ensino seguro, confortável e adequado para a aprendizagem. Assim, uma avaliação de problemas construtivos é uma forma de garantir que a escola esteja cumprindo essa responsabilidade.

Ademais, identificar problemas construtivos pode ser uma oportunidade para melhorar a infraestrutura da escola. De acordo com Bezerra, Gomes e Lima (2022), a realização de uma avaliação periódica da estrutura da edificação é uma forma de identificar possíveis problemas e tomar medidas para realizar sua melhoria.

Por fim, é importante destacar que a realização de um estudo sobre problemas construtivos pode ajudar a garantir que o ambiente atenda aos padrões de qualidade exigidos pelo sistema educacional. As escolas são submetidas a uma avaliação periódica e a identificação de problemas construtivos pode ser uma oportunidade para corrigir questões antes da avaliação, evitando possíveis penalizações ou sanções. Além disso, o estudo pode fornecer informações valiosas para o planejamento de reformas e melhorias na estrutura da escola, ajudando a garantir que ela esteja sempre atualizada e atendendo às necessidades da comunidade escolar.

Em resumo, a realização de um estudo sobre problemas construtivos em uma escola de educação infantil é de grande importância, uma vez que ao verificar e avaliar

as condições da instituição, ajuda a garantir a segurança das crianças, promove um ambiente de ensino adequado e confortável, contribui para o planejamento de reformas e melhorias e assegura que a escola atenda aos padrões de qualidade exigidos pelo sistema educacional.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As manifestações patológicas que surgem a partir de problemas cotidianos se apresentam como um dos maiores incômodos para uma edificação ao longo de sua vida útil. Tais manifestações estão relacionadas ao clima, ao tempo de vida da construção, aos materiais e técnicas construtivas adotadas, assim como também ao nível de controle de qualidade presente nas construções (PARISI JONOV *et al.*, 2013).

O processo genérico de uma construção pode ser separado nas seguintes etapas: concepção (planejamento, projeto e materiais), execução e utilização. A origem das manifestações patológicas pode estar relacionada a erros ocorridos durante uma ou mais destas etapas (OLIVEIRA, 2013).

Sendo assim, é importante identificar em qual delas se originou a manifestação patológica, posto que uma vez definida a origem, se torna possível identificar, por exemplo, os responsáveis judiciais pelo cometimento da falha.

4.1 Patologias no processo da elaboração do projeto

São inúmeros os erros prováveis de ocorrer ao longo do período de elaboração do projeto. Eles podem ser originados durante a análise preliminar, elaborações do anteprojeto, ou mesmo durante o projeto executivo. Falhas de elaboração de projeto culminam em um encarecimento de todo o processo construtivo, além dos incômodos relacionados com o uso da obra (GONÇALVES, 2015).

De acordo com a ABNT NBR 7212:2021, é imprescindível a especificação dos elementos do concreto armado de modo que atenda as normas técnicas. Também é importante atentar ao controle tecnológico dos materiais de concreto, preliminarmente ao fornecimento, de modo que atendam aos requisitos mínimos da obra, como maior eficiência e outras características em função das condições ambientais e de execução das obras.

Sendo assim, é importante realizar um controle adequado da aquisição dos elementos do concreto, visando à compatibilização com as exigências especificadas, para que o concreto não seja descartado.

4.2 Patologias do processo executivo

O processo executivo de uma estrutura de concreto pode ser resumido nos seguintes procedimentos: execução de fôrmas, armações, concretagem, cura, entre outras etapas menores; e erros durante estas etapas podem levar a danos no desempenho da estrutura de concreto. Muitas vezes os problemas no processo construtivo acarretam no aparecimento de manifestações patológicas, aumentando o custo global da construção (RIPPER; SOUZA, 2009). Por isso, é de suma importância o conhecimento das características dos materiais encontrados.

4.2.1 Composição do concreto

Segundo a NBR 6118:2014, diferentes lugares possuem diferentes agressividades do meio ambiente, isso não está relacionado com ações mecânicas, variações no volume que ocorrem devido a temperatura ou retração hidráulica, ou seja, está relacionada única e exclusivamente com as ações físicas e químicas atuantes na estrutura de concreto. E por esse motivo a norma apresenta quadros que expressam os graus de agressividades ambientais (CAA) que variam com a exposição ao meio ambiente.

O projetista deve levar em conta a classe de agressividade ambiental (CAA) que é classificada de acordo com o Quadro 1, pois na mesma norma é possível encontrar informações que definirão a qualidade do concreto através da sua relação água/cimento (a/c) e da sua classe de resistência, conforme descritas no Quadro 2.

Quadro 1 - Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: ABNT (2004, p. 16)

Quadro 2 - Correspondência entre agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS					
1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.					
2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.					
3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

Fonte: ABNT (2004, p. 18)

Isto posto, quando tal premissa não é respeitada, o concreto estará sujeito a uma deterioração acelerada, diminuindo assim sua vida útil.

4.2.2 Cura do concreto

No cimento ocorrem reações químicas que conferem a este material características de pega e endurecimento. Segundo Mehta e Monteiro (2014) essa reação ocorre em duas fases sequenciais:

- Dissolução - precipitação, com a dissolução de compostos anidros em constituintes iônicos → formação de hidratos na solução, devido a pouca solubilidade → precipitação de cristais.
- Topoquímico ou hidratação em estado sólido do cimento, as reações ocorrem diretamente no local, ou seja, na superfície dos componentes do cimento anidro, sem entrarem em solução.

A velocidade de hidratação depende de alguns fatores, como a composição do cimento, sua espessura, da ação de aditivos e das condições extrínsecas de exposição, tais como temperatura e umidade relativa.

Em condições normais de temperatura, em torno de 23°C e umidade relativa UR > 98%, aos 28 dias, o grau de hidratação do cimento pode ser de 65% a 75%, alcançando os 100% somente aos 50 anos de idade ou mais. E em casos de relações a/c muito baixas, em torno de 0,4, ou concretos mantidos em ambientes muito secos, nunca será alcançada a hidratação completa (HELENE; ANDRADE, 2017).

Dessa forma, é possível intitular por cura o conjunto de operações ou procedimentos adotados para proteger a superfície dos elementos estruturais (contra

temperaturas muito altas ou muito baixas, impactos, desgastes prematuros, dessecação prematura) e, principalmente, evitar que a água usada no amassamento e destinada à hidratação do cimento evapore precocemente ao ambiente pelas regiões superficiais do concreto (POSITIERI; HELENE, 2008).

A água é elemento constituinte do processo de pega e endurecimento, por conta disso não poderá ser perdida; uma vez que isso ocorra, serão gerados vazios e criarão esforços de retração hidráulica. Isto posto, quando uma mistura corretamente dosada é seguida de cura úmida, durante os primeiros estágios de endurecimento será conferido ao concreto as melhores condições para se tornar um material de baixa permeabilidade, de baixa absorção de água, de alta resistência à carbonatação e à difusão de íons, e com resistência mecânica e durabilidade adequada, podendo em alguns casos até serem utilizados como cascos de navios (FERNANDES; BITTENCOURT; HELENE, 2008).

Tendo tudo isso em vista, pode-se dizer que a cura tem como objetivo:

- Impedir a rápida perda de água necessária na hidratação;
- Controlar a temperatura do concreto durante período de tempo suficiente, até que alcance o nível de resistência desejado;
- Eventualmente, em casos especiais, fornecer um suplemento adicional de água para as reações de hidratação.

Durante a hidratação do concreto, são gerados produtos que reagem com o gás carbônico (CO₂) da atmosfera, este processo é chamado de carbonatação. Tal fenômeno ocorre quando o dióxido de carbono penetra nos poros do concreto através de difusão e reage com o hidróxido de cálcio no interior do concreto. Isso irá resultar na formação do carbonato de cálcio, que afeta diretamente o pH do concreto, reduzindo-o, fazendo com que ele chegue a valores inferiores a 9 e à consequente perda da película passivadora que protege as armaduras. Com a perda dessa proteção, as armaduras estarão sujeitas à ocorrência de oxidação, caso haja a presença de oxigênio e água. E é por esse motivo que este processo tem que ser o mais retardado possível, o que pode ser feito utilizando, por exemplo, cobrimento adequado.

Não somente o concreto passa pela cura, ela também é importante de ser considerada na etapa de emboço. Quando não realizada corretamente, movimentos de retração se iniciam no revestimento em suas primeiras idades, acarretando assim no surgimento de tensões internas de tração, que se aliviam através da abertura de fissuras, exemplificado pela Figura 1.

Figura 1 – Revestimento externo fissurado



Fonte: Sahade (2005, p. 15)

4.2.3 Cobrimento do concreto

O critério de cobrimento de uma peça estrutural é preconizado pela NBR 6118:2014 e pode ser consultado de forma simplificada através do Quadro 3, que relaciona o cobrimento com as condições de exposição da estrutura ou de suas partes (CAA).

Quadro 3 - Correspondência entre CAA e cobrimento nominal

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

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

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

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

Fonte: ABNT (2004, p. 19)

É possível notar que o cobrimento aumenta à medida que a CAA também aumenta. Tal fator remete diretamente a diminuição da porosidade dos concretos à medida que piora a CAA. E é por isso que quando tal postulado não é respeitado podem ocorrer danos a estrutura.

4.2.4 Compactação do concreto

O objetivo desse procedimento é obrigar o concreto a preencher os vazios formados durante a operação de lançamento, eliminando as locas e retirando o ar aprisionado. Pode ser feito de forma manual, que é o modo mais simples e antigo e consiste em espalhar o concreto na forma mediante golpes na massa com uma haste (vergalhão), ou por apiloamento da superfície com soquetes. O adensamento mecânico usualmente é feito através de vibradores de imersão e apresenta várias vantagens sobre o adensamento manual, como: aumento da compacidade, aumento da resistência, maior homogeneidade, economia de cimento e mão-de-obra, diminuição da retração, redução da permeabilidade e aumento da durabilidade. Durante este processo devem ser tomadas as precauções necessárias para que não se formem ninhos ou haja segregação dos materiais (BARCELOS; BIAZETTO; FILHO, 2011).

4.3 Falta de manutenção e mau uso

Para que sejam respeitadas as atividades de uso e carregamentos previstos em projetos para a estrutura, é necessário a elaboração de um programa de manutenção que seja eficaz. Dado que é notório que o desempenho da estrutura de concreto armado tende a diminuir ao longo de sua vida útil (SILVA; CABRAL, 2014).

Por esse motivo, de acordo com a NBR 5674:2012 é importante o estabelecimento de um conjunto de atividades que devem ser desempenhadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional de uma edificação (ABNT, 2012).

Os motivos que levam a uma falta de manutenção ou mesmo uma manutenção inadequada, podem ser destacados como falta de conhecimento técnico, incompetência, descaso e dificuldades financeiras (ARIVABENE, 2015). Quando não são identificadas e tratadas as patologias presentes em uma edificação, estas tendem a se agravar, uma vez que são evolutivas e sofrem tendência de agravamento ao

longo do tempo. Por isso que se busca corrigi-las o quanto antes, de modo que esse processo seja mais facilitado e menos oneroso (OLIVEIRA, 2013).

4.4 Diagnóstico e inspeção

Para identificar com qualidade as manifestações patológicas e suas causas é necessário fazer uma análise cautelosa, posto que uma falha no diagnóstico irá impossibilitar a tomada de uma ação correta para resolver o problema. Para que as manutenções cumpram efetivamente seu dever de reabilitar uma construção é necessário inspecionar, avaliar e diagnosticar as manifestações patológicas de modo sistemático e periódico (GONÇALVES, 2015).

Primeiro se faz uma coleta de dados “*in loco*” e depois de analisá-los, é possível identificar os mecanismos que deram origem ao surgimento das manifestações patológicas na edificação, ou seja, diagnosticar o problema (TUTIKIAN; PACHECO, 2012). Diagnosticar uma estrutura é identificar e discriminar os mecanismos, origens e causas responsáveis pela manifestação patológica encontrada.

4.5 Principais patologias

Nos seguintes tópicos serão explanadas as principais características de cada manifestação patológica que podem estar presentes nas edificações.

4.5.1 Corrosão de armaduras

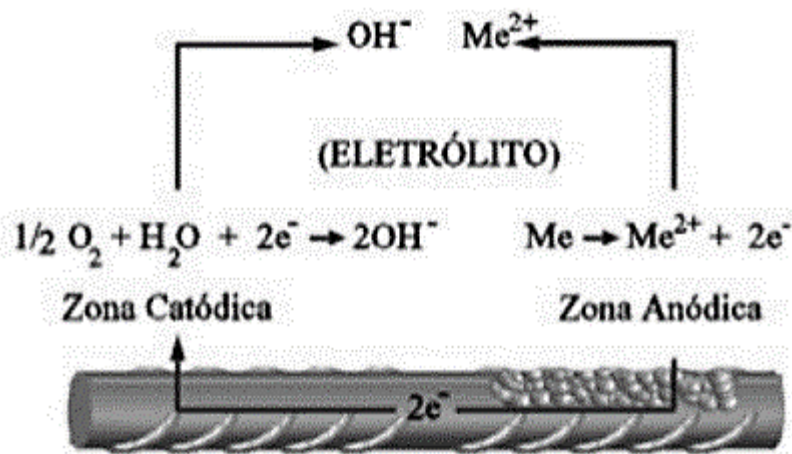
Conforme Gentil (2012), a corrosão pode ser definida como um processo de deterioração de materiais, em especial metais, causado pela ação química ou eletroquímica do meio ambiente, independentemente da existência ou não de esforços mecânicos. Quando o aço é exposto ao ambiente, tende a retornar ao seu estado inicial, o minério, liberando parte da energia absorvida na forma de calor, em um processo conhecido como reação exotérmica de corrosão.

O concreto é um importante agente que oferece ao aço uma dupla proteção. Em primeiro lugar uma proteção física, pois separa o aço do contato direto com o meio externo e, em segundo, uma proteção química, conferida pelo elevado pH do concreto, o qual promove a formação de uma película passivadora que envolve o aço.

A solução aquosa presente nos poros do concreto apresenta elevada alcalinidade que confere estabilidade a esta película. O elevado pH da solução dos poros do concreto se deve, principalmente, aos hidróxidos de sódio (NaOH) e de potássio (KOH), conferindo pHs da ordem de 13 a 14 na fase líquida do concreto (FIGUEIREDO; MEIRA, 2013).

A corrosão que ocorre nas barras de aço, na grande maioria das vezes é de natureza eletroquímica, ou seja, ocorre a formação de uma pilha eletroquímica de corrosão, em que há a presença de um ânodo, o qual se caracteriza pela passagem do material do estado metálico para o estado iônico (oxidação); um cátodo, onde são consumidos os elétrons gerados na região anódica (redução); uma diferença de potencial entre ambos, sendo o ânodo de potencial mais eletronegativo; uma ligação metálica entre o ânodo e o cátodo, que pode ser caracterizada pelo mesmo material metálico; e uma ligação externa caracterizada pela condução iônica através do eletrólito. A Figura 2 representa esse fenômeno e expõem as reações parciais que se processam nas regiões anódica e catódica, características de um meio alcalino como o concreto.

Figura 2 - Representação de uma pilha de corrosão em um mesmo metal



Fonte: Adaptado de Figueiredo; Meira (2013, p. 5)

A corrosão do aço irá gerar um aumento do seu volume, o que, por sua vez, irá gerar um aumento das tensões na estrutura, o que pode fazer com que surjam fissuras próximas a armadura corroída.

4.5.2 Desagregação do Concreto

Em alguns casos pode ocorrer um ataque químico que gera expansão do concreto, devido a componentes presentes na mistura ou devido à baixa resistência do mesmo; nesses casos há uma redução da massa, que pode ser denominada de desagregação do concreto. Esta manifestação patológica se caracteriza por deixar os agregados soltos, sendo facilmente removidos (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

De maneira geral, a desagregação é caracterizada pela alteração da tonalidade do concreto, acompanhada pela ocorrência de fissuras que se desenvolvem em múltiplas direções, evoluindo rapidamente devido à expansão da pasta de cimento. Conforme Scheidegger e Calenzani (2019), a desagregação pode ser ocasionada por diversos fatores, tais como fissuração, ataques biológicos, movimentação das formas, ataques químicos, reação álcali-agregado, fenômeno de calcinação e presença de substâncias orgânicas.

4.5.3 Eflorescência

As eflorescências são uma forma de manifestação patológica que resulta na formação de depósitos salinos na estrutura, apresentando-se sob a forma de manchas esbranquiçadas, frequentemente observadas em paredes, em decorrência da presença de água proveniente de infiltrações ou intempéries, também podendo se apresentar com a cor castanha ou de ferrugem. Esses sais possuem uma elevada capacidade de agressão, como corrosão da armadura e deterioração da estrutura, podendo provocar danos significativos e alteração na aparência visual. De acordo com Santos, Silva e Nascimento (2017), três fatores estão intimamente relacionados ao aparecimento de eflorescências: a quantidade de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes, a presença de umidade ou água e a pressão hidrostática, que favorece a migração da solução para a superfície. É importante ressaltar que essa patologia surge apenas na presença simultânea desses três fatores, sendo que a ausência de pelo menos um deles é suficiente para prevenir a ocorrência das eflorescências na estrutura.

4.5.4 Manchas de Umidade e Bolor

As manchas de umidade podem ter diversas origens, tais como infiltrações nos telhados, vazamentos na rede pluvial, vazamentos em lajes de cobertura e

terraços, etc. Por outro lado, o bolor é o aparecimento de fungos resultante do aumento da umidade. Os fungos podem surgir em qualquer tipo de material, sejam eles cerâmicos, vidro, argamassa, dentre outros. São micro vegetais e se alimentam de materiais orgânicos.

4.5.5 Fissuras, Trincas Rachaduras

Fissura é o termo usado para se referir ao seccionamento na superfície ou em toda seção transversal de um determinado elemento, com abertura capilar e é provocada por tensões normais ou tangenciais (ABNT, 2013). As fissuras são anomalias patológicas que tendem a atrair a atenção do público leigo, devido à sua aparência não estética e à percepção de insegurança que podem causar, em razão do risco potencial de acidentes. Elas podem interferir na estética, funcionalidade, durabilidade e características estruturais da obra. E são diversos os motivos que podem favorecer seu surgimento em uma edificação, como será abordado nas próximas seções.

Existe uma certa ambiguidade semântica entre os termos "fissura", "trinca" e "rachadura". Para elucidar tal confusão, Gonçalves (2015) explica que as trincas são assemelhadas às fissuras em termos de tratamento, contudo, se diferem no que concerne à dimensão, apresentando aberturas que ultrapassam 0,5mm. Em contrapartida, as rachaduras demonstram abertura acentuada e profunda, excedendo 1mm, denotando, dessa maneira, um alto risco para a integridade da estrutura.

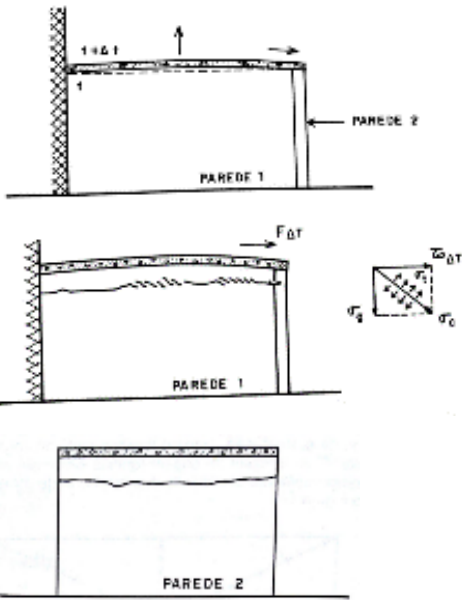
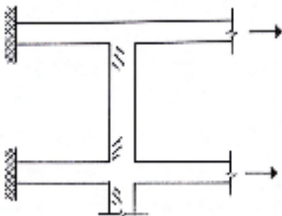

4.5.5.1 Fissuras causadas por movimentações térmicas

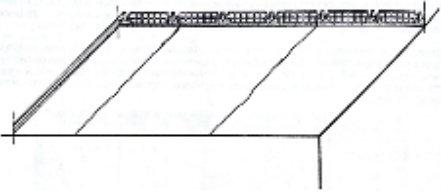
Ao longo do dia há uma variação da temperatura ambiente e todas as superfícies estão sujeitas a estas mudanças, uma vez que trocam calor com o ambiente em que estão inseridas. Essas mudanças resultam em uma variação das dimensões dos materiais através do processo de dilatação ou contração. Porém, como os movimentos de dilatação e contração são restringidos pelos diversos vínculos usados para ligar as estruturas, surgem tensões internas, que por sua vez, poderão provocar o aparecimento de fissuras.

As propriedades físicas dos materiais que afetam a magnitude e a variação da temperatura são diversas e incluem o calor específico, a massa específica aparente, o coeficiente de condutividade térmica, a absorvância da superfície à

radiação, que é principalmente determinada pela cor da superfície, e a emitância da superfície, que envolve a emissão de radiação solar absorvida, bem como a rugosidade da superfície. Esta definição, proposta por Thomaz (1989), destaca a importância dessas propriedades físicas na compreensão dos fenômenos térmicos em materiais. Isso tudo colabora para a existência de diversos tipos de patologias causadas por movimentações térmicas, algumas estão descritas no Quadro 4.

Quadro 4 – Características das movimentações térmicas

Patologia - caracterização	Causas e origens
 <p>Fonte: Thomaz (1989, p. 24)</p>	<p>A dilatação das lajes e o abaulamento resultante do gradiente de temperatura ao longo de sua altura geram tensões de tração e cisalhamento nas paredes das edificações, o que pode ocasionar a formação de trincas predominantemente nas paredes, apresentando as configurações ilustradas ao lado.</p>
 <p>Fonte: Thomaz (1989, p. 26)</p>	<p>Esse tipo de fissura ocorre em estruturas mal projetadas, ou sem juntas de dilatação, o que permite que movimentações térmicas nas vigas gerem fissuras inclinadas nos pilares.</p>
 <p>Fonte: Thomaz (1989, p. 26)</p>	<p>A movimentação térmica nas estruturas de concreto armado se difere da dilação da alvenaria, gerando trincas de cisalhamento entre os materiais.</p>

 <p>Fonte: Thomaz (1989, p. 30)</p>	<p>Em lajes mistas compostas por vigotas pré-moldadas de concreto e componentes cerâmicos vazados, é comum observar fissuras longitudinais nas regiões onde ocorre o encontro entre a vigota e o componente cerâmico. Este fenômeno é atribuído às dilatações diferenciadas entre os materiais constituintes da laje mista.</p>
--	---

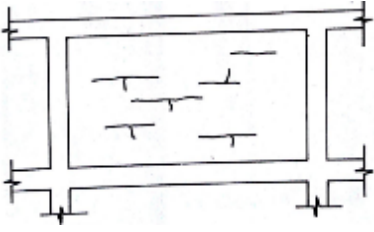
Fonte: Autoria própria (2023)

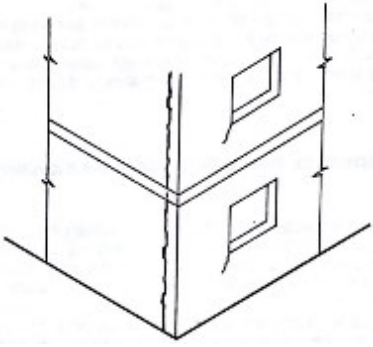


4.5.5.2 Fissuras causadas por movimentações higroscópicas

Estas fissuras são causadas pelo crescimento e contração das estruturas devido à absorção e liberação de umidade. De acordo com Thomaz (1989), o comportamento higroscópico do concreto é influenciado por muitos fatores, incluindo a composição química do cimento, a umidade ambiente e a temperatura. Devido a esses fatores, as estruturas de concreto podem sofrer variações significativas de tamanho e forma, resultando em fissuras.

As fissuras causadas por movimentações higroscópicas podem assumir diferentes formas e padrões, dependendo do tipo de material e das condições ambientais. Algumas fissuras podem ser finas e superficiais, enquanto outras podem ser profundas e se estender por toda a espessura do material. Além disso, elas podem se apresentar em padrões de linhas retas ou curvas, ou em forma de rede, como está representado no Quadro 5.

Quadro 5 – Características das movimentações higroscópicas

Patologia - caracterização	Causas e origens
 <p>Fonte: Thomaz (1989, p. 37)</p>	<p>São trincas horizontais na alvenaria provenientes da expansão dos blocos cerâmicos.</p>

 <p>Fonte: Thomaz (1989, p. 38)</p>	<p>A absorção de umidade pelos tijolos pode resultar na expansão destes, ocasionando fissuras verticais na alvenaria localizada nos cantos do edifício. Além disso, as aberturas presentes nas paredes também podem apresentar fissuras como consequência deste processo.</p>
 <p>Fonte: Thomaz (1989, p. 42)</p>	<p>A execução inadequada ou a ausência de impermeabilização nos alicerces pode ocasionar o surgimento de trincas horizontais na base da parede. Tal fenômeno é decorrente da absorção de umidade pela parede, a qual, ao dilatar-se, contrai-se posteriormente quando seca.</p>
 <p>Fonte: Thomaz (1989, p. 43)</p>	<p>O fluxo de água interceptado pela pingadeira da janela se concentra nas extremidades desta, onde escorre lateralmente e, como consequência, pode causar fissuras na argamassa adjacente.</p>

Fonte: Autoria própria (2023)

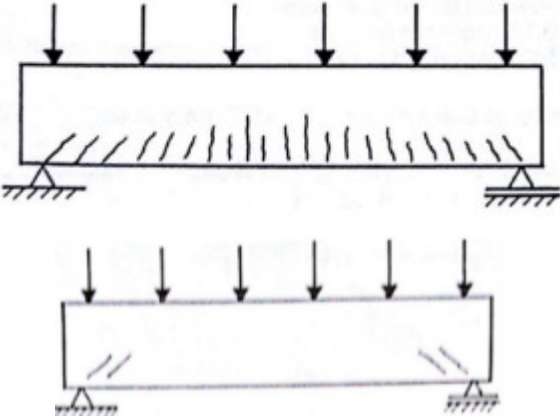
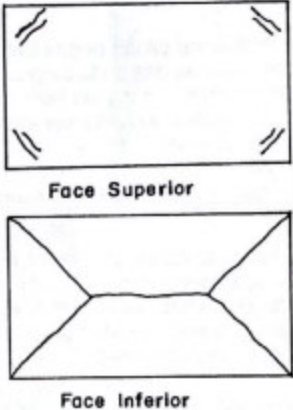
4.5.5.3 Fissuras causadas pela atuação de sobrecargas

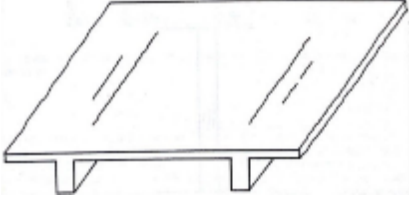
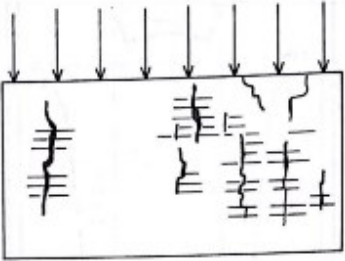
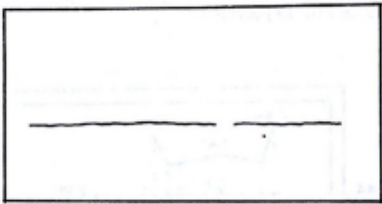
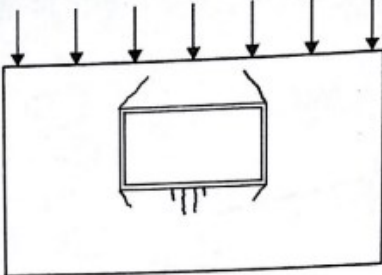
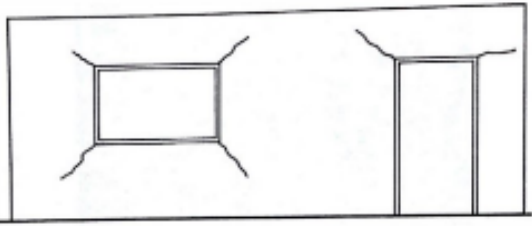
Problemas causados por sobrecarga podem ser provenientes de um mal dimensionamento da estrutura, erro na execução ou má utilização da edificação, ou seja, quando ela não é utilizada para o fim que foi projetada. Também vale ressaltar

que não necessariamente o elemento precisa ser estrutural para sofrer avarias por este motivo (RIPPER; SOUZA, 2009).

Em função disso, durante o projeto é importante seguir as normas brasileiras que fixam os valores de cargas permanentes e acidentais, que devem ser considerados para o cálculo estrutural. Como exemplo disso, pode ser citada a NBR 6120:2019 que fixa as condições exigíveis para determinação dos valores das cargas que devem ser consideradas no projeto de estrutura de edificações, qualquer que seja sua classe e destino. Quando ocorrem, essas fissuras podem ter as características descritas no Quadro 6.

Quadro 6 – Características das patologias oriundas de sobrecarga

Patologia - caracterização	Causas e origens
 <p data-bbox="352 1384 708 1417">Fonte: Thomaz (1989, p. 51)</p>	<p data-bbox="847 880 1430 1518">A aplicação de sobrecargas não previstas no projeto estrutural e o uso de armaduras com dimensionamento inadequado podem resultar em fissuras que se desenvolvem perpendicularmente aos esforços de tração gerados pela carga. No meio do vão, essas fissuras se apresentam na forma vertical, e ao se aproximarem dos apoios, assumem uma inclinação que pode chegar a 45° em relação à horizontal.</p>
 <p data-bbox="352 1968 708 2002">Fonte: Thomaz (1989, p. 55)</p>	<p data-bbox="847 1543 1430 1906">Em lajes maciças simplesmente apoiadas, especialmente em casos com grandes vãos, é comum o aparecimento de fissuras inclinadas nas regiões dos cantos. Esse fenômeno ocorre devido à atuação de momentos volventes nas proximidades dessas áreas.</p>

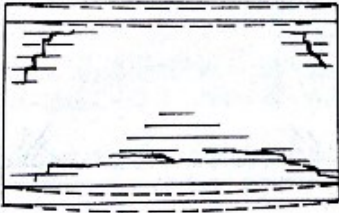
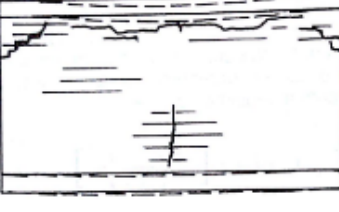

 <p>Fonte: Thomaz (1989, p. 55)</p>	<p>Quando a armadura negativa é insuficiente ou inexistente entre lajes surgem trincas na face superior contornando seu apoio.</p>
 <p>Fonte: Thomaz (1989, p. 64)</p>	<p>Essa é uma fissuração típica em alvenaria causada por sobrecarga vertical que gera esforços de compressão ou flexão local dos componentes.</p>
 <p>Fonte: Thomaz (1989, p. 64)</p>	<p>Essa é outra fissura típica na alvenaria causada por sobrecargas verticais.</p>
 <p>Fonte: Thomaz (1989, p. 66)</p>	<p>A análise teórica de fissuração em torno de uma abertura em uma parede submetida a uma sobrecarga vertical distribuída indica que as fissuras tendem a se concentrar nos vértices da abertura e na região abaixo do peitoril.</p>
 <p>Fonte: Thomaz (1989, p. 66)</p>	<p>A fissuração real que se desenvolve nos cantos das aberturas é causada por diversos fatores, tais como dimensões da abertura, da parede, rigidez das vergas e contravergas, entre outros. Esses fatores atuam em conjunto para gerar tensões e deformações na estrutura, que acabam resultando na formação de fissuras nas regiões próximas aos cantos das aberturas.</p>

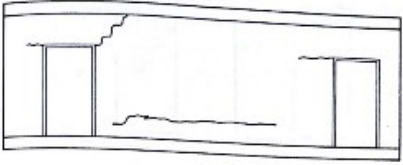
4.5.5.4 Fissuras causadas por deformidade excessiva da estrutura

De acordo com Thomaz (1989), devido a evolução tecnológica do concreto armado, onde cada vez mais são utilizados aços de grande limite de elasticidade, não é comum observar problemas provenientes de deformações causadas por solicitações de compressão (pilares), cisalhamento ou torção, porém são frequentes os problemas de compressão de caixilhos, empoçamento de água em vigas-calha ou lajes de cobertura, além de destacamento de pisos cerâmicos e ocorrência de trincas em paredes.

A deformação de vigas e lajes é natural e se deve ao próprio peso da estrutura, além, é claro, da ação de cargas permanentes e acidentais. Existe um limite de flecha admitido para cada componente estrutural sem que seja gerado transtorno ao usuário da edificação, ou sem que comprometa sua estética. Tais flechas, entretanto, podem ser incompatíveis com a capacidade de deformação de paredes ou outros componentes que integram os edifícios. A NBR 6118:2014 estipula as máximas flechas admitidas em cada componente estrutural. Quando ocorrem, estas patologias se assemelham as expostas no Quadro 7.

Quadro 7 – Características das patologias por deformação da estrutura

Patologia - caracterização	Causas e origens
 <p data-bbox="352 1518 708 1552">Fonte: Thomaz (1989, p. 75)</p>	Fissuração causada quando o apoio se deforma mais que o componente superior.
 <p data-bbox="352 1792 708 1825">Fonte: Thomaz (1989, p. 76)</p>	Fissuração causada quando o apoio se deforma menos que o componente superior.
 <p data-bbox="352 2038 708 2072">Fonte: Thomaz (1989, p. 76)</p>	Fissuração causada quando o apoio se deforma na mesma intensidade que o componente superior.

 <p>Fonte: Thomaz (1989, p. 77)</p>	<p>Trincas em parede com aberturas causadas pela deformação dos componentes estruturais.</p>
--	--

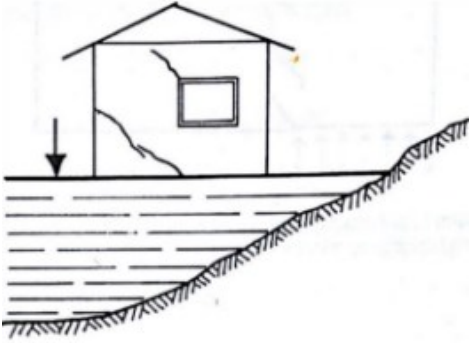
Fonte: Autoria própria (2023)

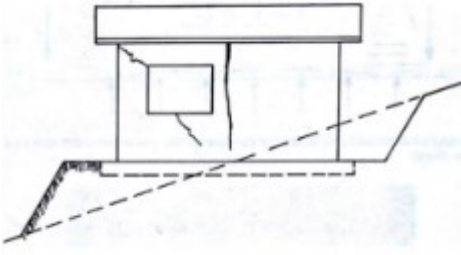
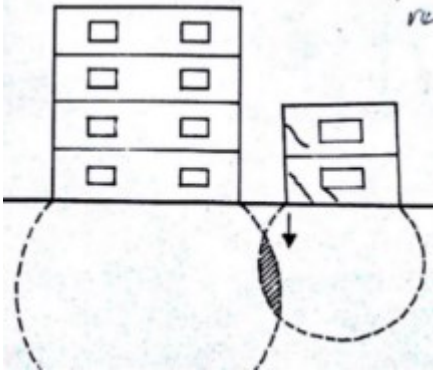
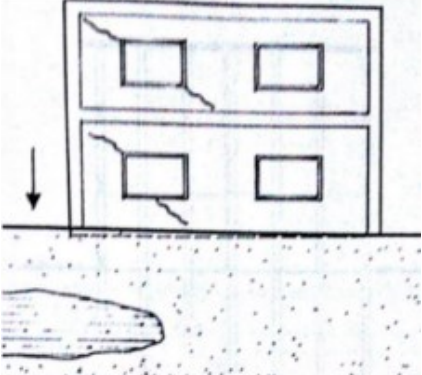
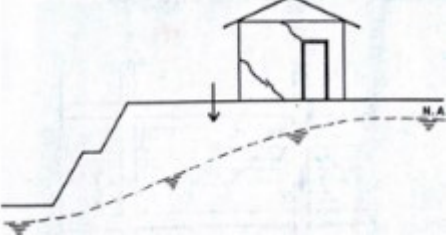
4.5.5.5 Fissuras causadas por recalques de fundação

Durante a construção e após a conclusão de uma edificação, podem ocorrer deslocamentos verticais lentos devido ao ajuste entre o carregamento aplicado e o solo. No entanto, em projetos mal elaborados, com erros nos cálculos das fundações, como diferenças significativas na relação carga/área de fundação. Em fundações superficiais, podem ocorrer recalques diferenciais entre os apoios. Isso pode resultar na abertura de trincas nas paredes e na estrutura da edificação (RIPPER; SOUZA, 2009).

Thomaz (1989) afirma que o recalque diferencial é a principal causa do surgimento de rachaduras e trincas nas edificações, sendo um problema de difícil contorno. Por isso é importante fazer uma boa investigação das características e condições do terreno que irá receber a fundação, esta é a melhor opção para evitar esse tipo de situação. Esse problema é identificado quando as trincas seguem as configurações expostas no Quadro 8.

Quadro 8 – Característica das patologias por recalque de fundação

Patologia - caracterização	Causas e origens
 <p>Fonte: Thomaz (1989, p. 96)</p>	<p>A fissuração típica decorrente de consolidação diferenciada do aterro é caracterizada pela formação de fissuras inclinadas, que surgem em pilares que foram submetidos a recalques decorrentes da má compactação do aterro. Para identificar qual pilar foi afetado pelo recalque, é necessário traçar uma reta perpendicular à fissura inclinada, a qual apontará para o pilar recalcado.</p>

 <p>Fonte: Thomaz (1989, p. 96)</p>	<p>Exemplo de seção onde há corte e aterro. Neste caso ocorreu trincas de cisalhamento nas paredes e na extremidade das esquadrias. O pilar sobre o aterro sofre recalque devido a má compactação do solo.</p>
 <p>Fonte: Thomaz (1989, p. 96)</p>	<p>O bulbo de tensões do edifício maior interfere no edifício menor, gerando recalque sob este.</p>
 <p>Fonte: Thomaz (198, p. 97)</p>	<p>Recalque causado por falta de homogeneidade no solo.</p>
 <p>Fonte: Thomaz (1989, p. 97)</p>	<p>Recalque diferenciado causado por rebaixamento do lençol freático.</p>

Fonte: Autoria própria (2023)

4.5.5.6 Fissuras causadas por alterações químicas dos materiais

Os materiais utilizados na construção civil devem ser quimicamente estáveis ao longo do tempo, porém devido à falta de qualidade no processo de fabricação é comum a presença de sais solúveis ou reativos na mistura. Dessa forma, de acordo com Duarte (1998), na presença de água esses sais sofrem reações expansivas, o que leva a fissuração do revestimento.

Independente da presença de meios extremamente agressivos, como águas poluídas, maresia e ambientes industriais, os materiais de construção podem sofrer alterações químicas indesejáveis, que levam a fissuração (THOMAZ, 1989).

4.6 Recuperação das estruturas

Existem diversos métodos ou sistemas de reparo empregados para realizar a recuperação de uma dada estrutura e eles são escolhidos em função da gravidade e do tipo de manifestação patológica. Critérios para a escolha do método ideal levam em conta fatores econômicos, possibilidade de acesso ao local e condicionantes técnicos que variam caso a caso (THOMAZ, 1989).

De acordo com Saliba (2008) a recuperação para estruturas de concreto armado que sofreram com corrosão de armadura deve ser feita por mão-de-obra especializada e pode ser dividida nas 5 etapas apresentadas a seguir:

- 1) Avaliar e eliminar a causa do dano antes do início de execução do reparo;
- 2) Optar por um material de qualidade, considerando a compatibilidade das características físico-químicas do projeto de origem;
- 3) Em busca do melhor desempenho para o material supracitado, deve-se observar e definir o método de aplicação mais adequado;
- 4) Executar a preparação da região que irá receber o reparo, livrando-o de todos os resíduos que possam dificultar a coesão com o novo material (óleos, graxas, concreto solto). Saturar o substrato com água, caso os materiais sejam de base mineral;
- 5) Execução da recuperação – aplicação do material - de forma cuidadosa, permitindo uma cura eficiente, resultando em um reparo com excelente vida útil, podendo se tornar até mais eficaz do que a original.

O tratamento de peças fissuradas envolve identificar a causa e o tipo de fissura. O tratamento varia de acordo com a atividade da fissura e a necessidade de reforços estruturais. Em casos de fissuras superficiais, pode-se usar nata de cimento Portland com aditivo expensor. O objetivo é criar uma barreira contra líquidos e gases prejudiciais. Para fissuras ativas, é feita uma vedação com material elástico, enquanto fissuras passivas são tratadas com injeção de resina epóxi para fechá-las e restaurar a integridade da peça (RIPPER; SOUZA, 2009).

Tendo isso em vista, nota-se que ao se identificar uma patologia, antes de tomar qualquer atitude, é fundamental a realização de uma profunda avaliação das causas, para que o reparo seja mais preciso e eficiente.

4.6.1 Ensaio de profundidade de carbonatação

O uso da fenolftaleína ou timolftaleína como indicadores de pH é considerado o método mais razoável para encontrar áreas carbonatadas, embora existam outros métodos, como análise térmica diferencial, difração de Raio - X, termografia e observação microscópica (LAPA, 2008).

O ensaio tem carácter semi-destrutivo, uma vez que é executado um furo ou “abertura” cuja extensão deverá ser superior ao recobrimento das armaduras. Inclusive, segundo Amorim (2010), deve-se haver uma atenção especial ao coletar a amostra para análise, pois esta não deve ser serrada ou molhada, a amostra ideal é obtida por quebra. A limpeza da zona de ensaio é outro ponto fundamental, visto que tem o objetivo de tentar remover as poeiras e o concreto solto.

Após a preparação da área do ensaio, com a ajuda de um borrifador, a superfície deve ser umedecida com a solução de fenolftaleína. Na sequência, deve ser observada a coloração do concreto local, isso é o que indica o nível de carbonatação. De acordo com Silva (1995), as regiões mais alcalinas apresentam cor violeta ou cor azul, quando é usado fenolftaleína ou timolftaleína, respectivamente. Ambas soluções permanecem incolores quando aplicadas em áreas menos alcalina, conforme ilustrado no Quadro 9.

Quadro 9 – Valores de pH indicados pelos reagentes

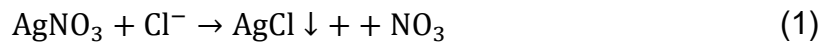
		Valores de pH													
Timolftaleína															
Fenolftaleína															
		≤14	≤13	≤12	≤11	≤10	≤9	≤8	≤7	≤6	≤5	≤4	≤3	≤2	≤1

Fonte: Granato (2002, p. 121)

4.6.2 Ensaio de presença de cloretos por aspensão de nitrato de prata

Dentro do concreto é possível encontrar cloretos de duas formas, podendo estar livres ou combinados com o Aluminato Tricálcio (C3A) e com o Ferro Aluminato Tetracálcio (C4AFe) hidratados. É devido à presença de cloretos livres que ocorre a despassivação e corrosão das armaduras, que por sua vez formam pites de corrosão que reduzem a seção transversal da barra de aço de forma pontual (FRANÇA, 2011).

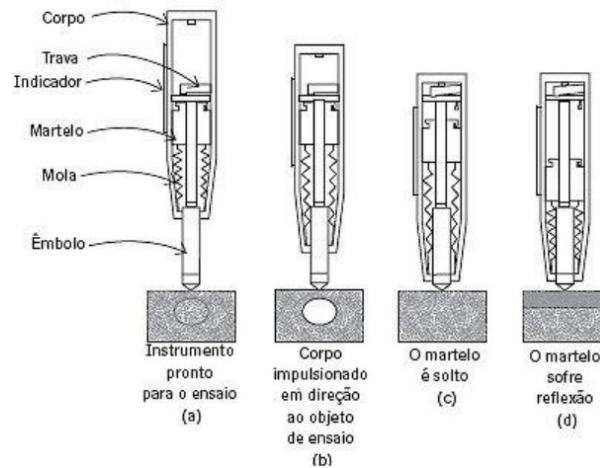
Nesse sentido, o objetivo do ensaio de cloretos por aspensão de nitrato de prata é identificar a existência dos íons cloreto no concreto, que entraram através de absorção e difusão. Quando a solução de nitrato de prata entra em contato com a superfície exposta, acontece uma reação fotoquímica; caso haja presença de cloretos livres, a reação ocorre de acordo com a Equação 1, de modo a formar um precipitado branco de cloreto de prata. Caso não existam cloretos ou eles não estejam combinados, há formação de um precipitado marrom, o óxido de prata.



4.6.3 Ensaio de dureza superficial com esclerômetro de reflexão

Este método de medição consiste na leitura do deslocamento do conjunto martelo/mola presente no equipamento que se desloca devido a energia cinética liberada após sofrer o impacto com a superfície do concreto (MALHOTRA; CARINO, 2003). O esclerômetro de reflexão de Schmidt é o instrumento utilizado para a avaliação da dureza superficial do concreto com base neste princípio. O procedimento para utilização do esclerômetro e, conseqüentemente, realização do ensaio é apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Procedimento para utilização do esclerômetro



Fonte: Mehta e Monteiro (2014, p. 389)

O esclerômetro é um equipamento leve, simples de operar e barato. Com esse instrumento é possível avaliar a uniformidade da resistência mecânica do concreto in loco, através de correlações feitas com o ábaco disponibilizado pelo fabricante para o equipamento, resultando em danos praticamente nulos à superfície do material (EVANGELISTA, 2002). Os valores obtidos nem sempre serão precisos, já que poderão sofrer interferência de condições de contorno, como a uniformidade da superfície, a umidade, a carbonatação superficial e a rigidez do elemento-estrutural (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Por essa razão, para se ter um resultado mais confiável, é necessário seguir todos os procedimentos descritos pela NBR 7584:2012 que descreve o método de ensaio.

5 METODOLOGIA

O presente estudo foi conduzido seguindo um conjunto de etapas específicas. Inicialmente, foi realizada uma revisão teórica sobre manifestações patológicas a fim de fornecer uma base para a elaboração do estudo de caso proposto através da análise de livros, artigos e outras fontes de informação confiáveis.

A segunda etapa concentrou-se na procura de edificações públicas localizadas no município de Campo Mourão. Ao todo foram realizadas seis visitas, sendo três em Centros Municipais de Educação Infantil na região do Lar Paraná, duas em instituições de ensino superior e uma em um mercado municipal. Essas visitas tiveram o objetivo de identificar um local que apresentasse patologias múltiplas, possuísse projetos e fosse de livre acesso. Tais visitas permitiram a realização de registros fotográficos utilizados neste estudo, bem como proporcionaram a oportunidade de diálogos com os funcionários para a obtenção de informações sobre o cotidiano do local.

Na terceira etapa foi realizado o reconhecimento das patologias a tratar, com a coleta de registros fotográficos e depoimentos dos funcionários.

Na quarta etapa levantou-se as possíveis causas sobre as origens das patologias e novas visitas à escola foram realizadas para corroborar as hipóteses de surgimento de patologias, utilizando as ferramentas: pacômetro, fissurômetro e trena.

Por fim, tendo sido identificadas as causas das manifestações patológicas observadas e relatadas, foram propostas soluções práticas para cada problema identificado.

Nesse contexto, é possível enquadrar essa pesquisa como qualitativa, uma vez que a interpretação das informações coletadas e a atribuição de soluções são básicas no processo deste tipo de pesquisa. Além disso, se classifica também como uma pesquisa teórica, uma vez que situações usuais e pertinentes de patologias de movimentação estrutural foram investigadas na bibliografia disponível e comparadas aos dados coletados na edificação em estudo.

6 ESTUDO DE CASO

Uma vez que os dados foram coletados ao longo das visitas realizadas, foi possível realizar uma análise mais profunda em relação as patologias observadas no CMEI para propor opções de reparo dos problemas patológicos.

6.1 Informações da escola

O CMEI Vera Lucia Colodell Karam fica situado na Rua Lemos de Prado, 1046, Jardim Lar Paraná, CEP: 87302-215, como pode ser observado na Figura 4. A instituição foi inaugurada em 2015, atende 196 crianças de zero a três anos (maternal I e II), de famílias dos bairros Vila Cândida, Indianópolis, Pio XII, Lar Paraná, Damasco, Fernando, Ipê e Mendes (Campo Mourão, 2022).



Fonte: MAPS. Apple Inc., 2023. Print de tela adaptado para fins acadêmicos.

6.1.1 Localização das patologias e visitas realizadas

O presente estudo buscou abordar a maior parte das patologias observadas na edificação que possui aproximadamente 1000 (mil) metros quadrados de acordo com o memorial descritivo que pode ser encontrado no site do FNDE. Para isso, foram realizadas visitas, sendo a primeira em setembro e a segunda em novembro de 2022, já ao longo de 2023 foram realizadas em torno de mais quatro visitas. As primeiras visitas tiveram o objetivo de conhecer as instalações da escola e identificar patologias, as demais visitas foram necessárias para confirmar ou descartar hipóteses levantadas

acerca das origens das manifestações patológicas observadas através de medições e verificações complementares.

6.2 Problemas patológicos, causas e opções de recuperação

Nas próximas seções deste trabalho serão apresentadas todas as patologias que foram observadas, juntamente com suas causas e possíveis opções de recuperação. É importante destacar que cada patologia pode ter uma origem distinta e demandar soluções específicas. Por isso, a compreensão de cada uma das patologias encontradas é fundamental para que as medidas corretas sejam tomadas a fim de garantir um ambiente escolar seguro e saudável.

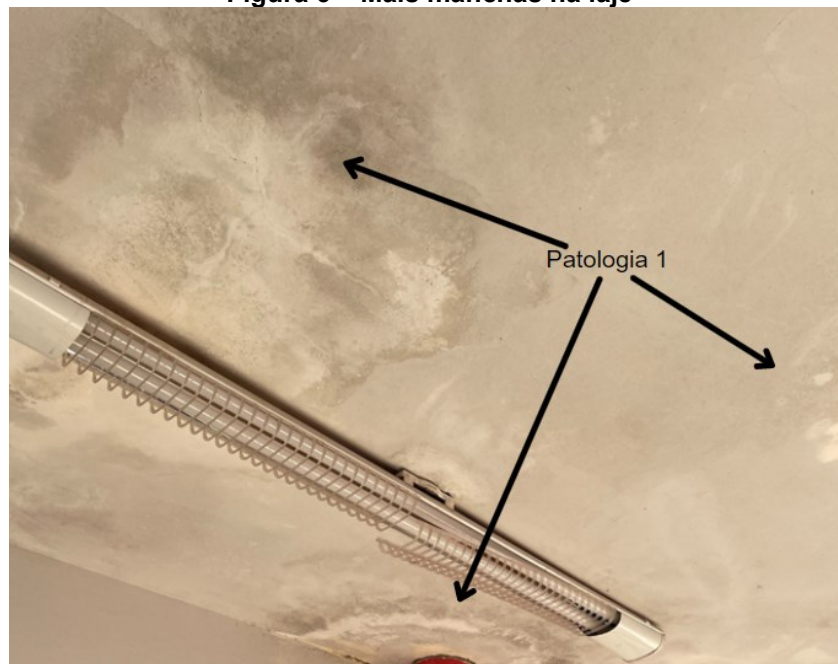
6.2.1 Patologia 1

O primeiro problema abordado diz respeito a manchas na parte inferior da laje correspondente ao beiral da edificação, como as observadas na Figura 5.



Fonte: Autoria própria (2022)

A Figura 6 representa outra região do beiral com o mesmo tipo de problema.

Figura 6 – Mais manchas na laje

Fonte: Autoria própria (2023)

As manchas observadas configuram manifestações características de um problema de infiltração de águas pluviais na estrutura da laje. Tais anomalias podem ser identificadas em diversos pontos da edificação, com especial ênfase no exemplo ilustrado na Figura 7, onde se constata o descascamento do acabamento da laje. É importante salientar que esta figura apresenta, adicionalmente, outra forma de patologia, relacionada às manchas próximas ao final da laje, que serão abordadas em um tópico subsequente deste estudo.

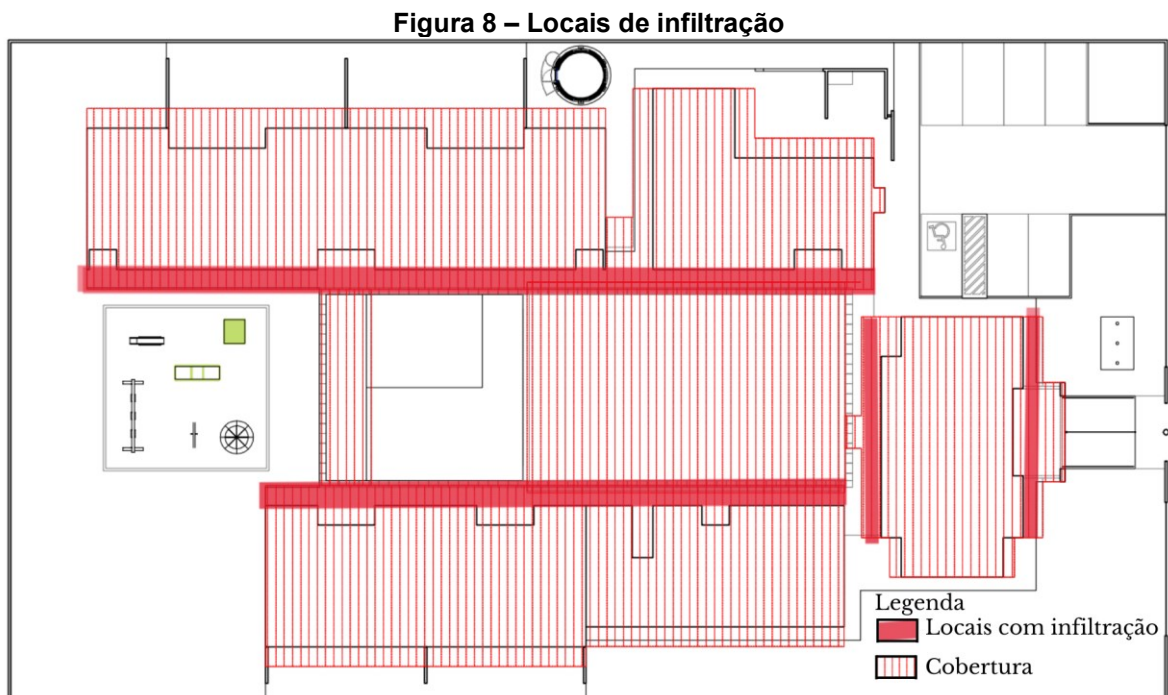
Figura 7 – Descascamento da laje

Fonte: Autoria própria (2022)

Os pontos escuros observados nas infiltrações são ocasionados pela presença de fungos, conhecidos popularmente como mofo ou bolor. A presença destes micro-organismos podem ser prejudiciais à saúde, além de afetar negativamente a estética da superfície afetada.

6.2.1.1 Causa da patologia 1

As infiltrações foram mapeadas e destacadas em vermelho na Figura 8.

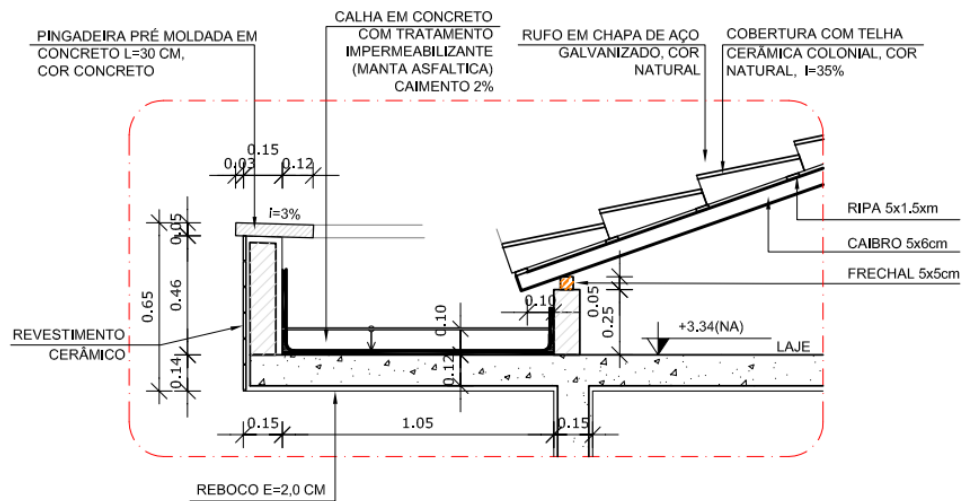


Fonte: Adaptado de FNDE (2012)

Durante a análise do projeto de cobertura, constatou-se que as infiltrações se manifestaram especificamente na fração inferior da laje que corresponde a uma calha de concreto. Em virtude desse fato, recorreu-se aos projetos arquitetônicos para examinar o detalhamento da referida calha, a fim de averiguar se este estava em conformidade com as normas pertinentes. Adicionalmente, foi conferido se o projeto foi fielmente observado durante a etapa de construção.

O projeto arquitetônico dispõe do detalhamento referente à área em questão, o qual pode ser visualizado na Figura 9. A partir da análise deste documento, já é possível identificar algumas inconformidades, tais como a ausência de qualquer tipo de proteção mecânica sobre a manta asfáltica, bem como a inexistência de grampos ou adesivos para fixação da manta na posição vertical.

Figura 9 – Detalhe calha de concreto



Fonte: FNDE (2012)

Após efetuada a análise do projeto, procedeu-se à verificação da existência de eventuais discrepâncias entre o mesmo e a edificação em questão. A partir dessa avaliação, constatou-se que o referido projeto não foi fielmente seguido, uma vez que, conforme se pode observar na Figura 10, a calha de concreto não apresenta a camada de impermeabilização com manta asfáltica, nem apresenta declividade de 2%, ambos previstos em projeto.

Figura 10 – Calha de concreto existente



Fonte: Autoria própria (2022)

Um outro problema constatado na calha pode ser visualizado na Figura 11, na qual se evidencia a presença de um acúmulo de detritos sobre a laje, o que acarreta obstrução do livre escoamento da água.

Figura 11 – Detritos na laje



Fonte: Autoria própria (2022)

Tal condição compromete o funcionamento adequado da tubulação destinada à drenagem da água da laje, conforme ilustrado na Figura 12. Nesta imagem constata-se a completa ocultação da tubulação por camadas de lodo seco.

Figura 12 – Tubulação encoberta



Fonte: Autoria própria (2022)

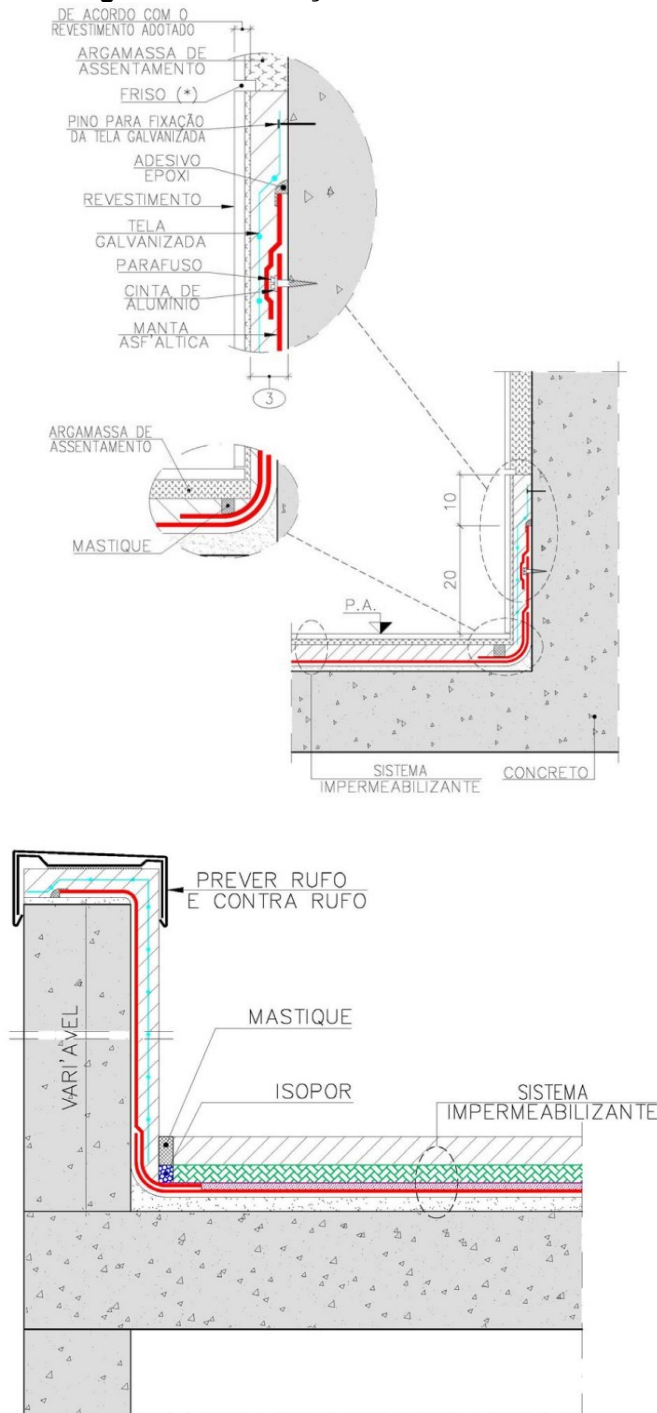
6.2.1.2 Recuperação da patologia 1

A solução recomendada para esse caso é fazer a correta instalação da manta asfáltica que deve ser realizada, seguindo as etapas abaixo descritas:

- 1) Remoção da regularização existente: deve-se remover a regularização da superfície da laje com o auxílio de martelo, espátula e talhadeira, chegando até a camada de concreto.
- 2) Nivelamento da superfície: primeiro faz-se o chapisco da superfície com aditivo colante e após 48h a laje pode ser nivelada utilizando argamassa com traço de 1:2,5 (cimento: areia), respeitando o caimento previsto em projeto de 2%. Após isso é necessário esperar o tempo de cura (pelo menos 48 horas).
- 3) Preparação da manta asfáltica: a manta deve ser desenrolada e deixada em posição horizontal por pelo menos 24 horas antes da aplicação. Além disso, deve-se verificar se não há rasgos ou danos na manta.
- 4) Aplicação do primer: aplicar o primer fornecido pelo fabricante com consumo aproximado de 0,5 litro/m².
- 5) Aquecimento da manta asfáltica: a manta deve ser aquecida com maçarico de propano, a fim de amolecer o asfalto e melhorar sua aderência à superfície.
- 6) Aplicação da manta asfáltica: a manta deve ser aplicada com uma sobreposição de, no mínimo, 10 cm entre as emendas. É recomendado que a aplicação respeite as camadas descritas pelos fabricantes.
- 7) Proteção mecânica: feita para evitar abrasão, perfuração ou até ressecamento prematuro da impermeabilização, deve ser realizar a aplicação de uma argamassa com traço 1:3 (cimento: areia) e espessura de pelo menos 3 cm.

De modo a elucidar melhor a ideia proposta, pode-se observar a Figura 13 que representa o que seria a correta instalação da manta asfáltica sobre a calha de concreto na escola.

Figura 13 – Instalação da manta asfáltica



Fonte: Soma (2009, p.50)

A utilização de pinos de fixação ou o embutimento da manta sobre a pingadeira em conjunto com adesivos à base de epóxi é uma estratégia empregada para prolongar a vida útil da impermeabilização. No exemplo ilustrado da Figura 14 é possível notar que, após 10 anos, a manta de impermeabilização do Ginásio da UTFPR está apresentando descolamento em sua porção vertical. Essa situação é

causada pela incidência de raios UV, que degrada a superfície e o adesivo. Nesse sentido, é possível afirmar que, caso houvesse sido feita a fixação mecânica conforme descrito anteriormente, essa ocorrência não estaria acontecendo.

Figura 14 – Impermeabilização descolando no ginásio na UTFPR

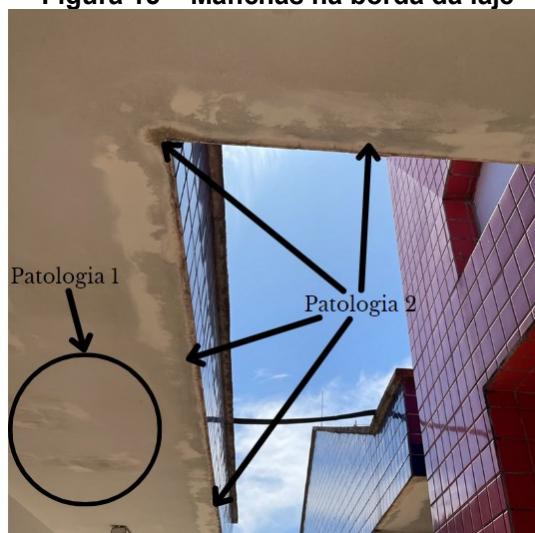


Fonte: Autoria própria (2023)

6.2.2 Patologia 2

Ainda no beiral da edificação pode ser observado outro tipo de patologia diretamente ligada a umidade, são as manchas próximas ao final da marquise que contorna a edificação, como pode ser observado na Figura 15.

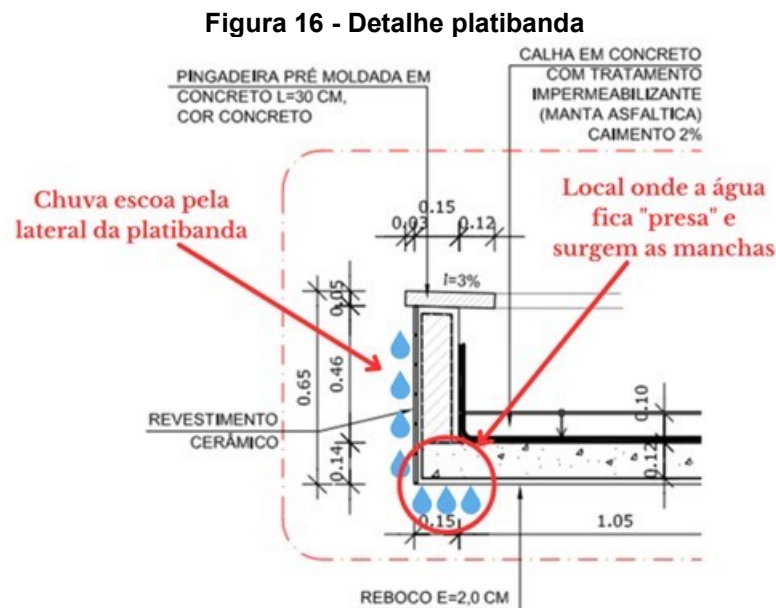
Figura 15 – Manchas na borda da laje



Fonte: Autoria Própria (2022)

6.2.2.1 Causa da patologia 2

Para compreender a origem do problema, o projeto arquitetônico (Figura 16) foi cuidadosamente revisado e verificou-se que a pingadeira de concreto foi dimensionada com uma saliência de 3 cm para fora e uma projeção de 12 cm para dentro do edifício, apresentando uma inclinação interna de 3%. Até esse ponto, todas as especificações parecem estar de acordo com as normas. Entretanto, ao examinar a extremidade da laje, percebeu-se que não foi providenciada uma forma de escoamento adequado para a água que escoar pela platibanda devido às chuvas com ventos laterais, o que acaba por fazer com que a umidade se acumule na superfície da laje, resultando nas manchas observadas.

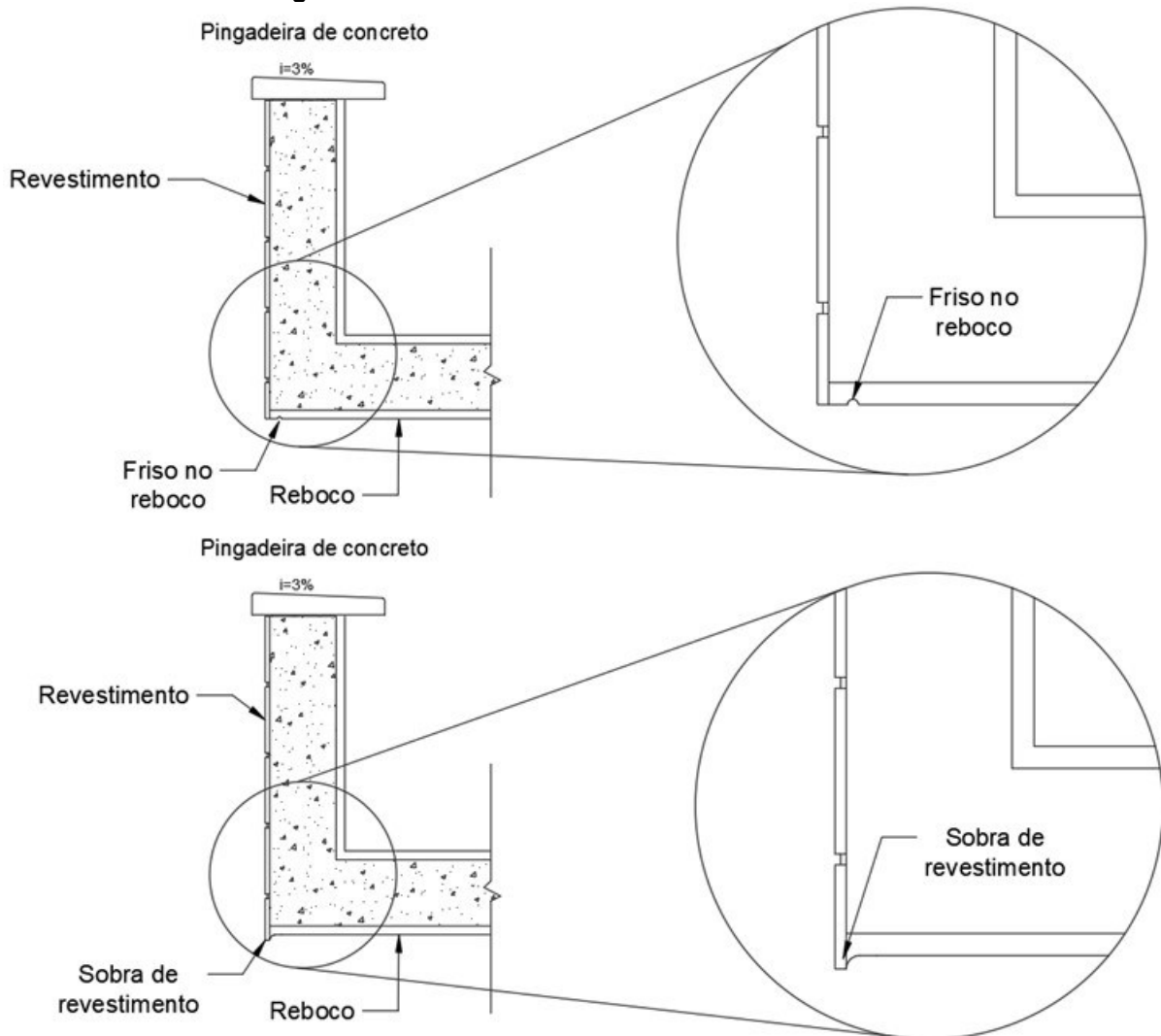


Fonte: Adaptado de FNDE (2012)

6.2.2.2 Recuperação da patologia 2

Existem técnicas que poderiam ter sido utilizadas ainda na etapa da construção do CMEI para evitar que a água causasse esse tipo de patologia. Como fazer um friso no reboco próximo ao final da laje, este friso funcionaria como pingadeira, ou ainda, deixar a última fileira de revestimento com uma "sobra" de aproximadamente 2 cm para que a água escoasse por ela (Figura 17).

Figura 17 – Friso no reboco e sobra de revestimento



Fonte: Autoria Própria (2023)

Porém, como estas técnicas não foram utilizadas, é necessário realizar a correção do problema. Dentre as possibilidades, vale destacar a fixação de pingadeiras no local, que podem ser feitas utilizando diversos materiais, como:

- Placas cimentícias cortadas com serra mármore, coladas com argamassa ACIII e, em alguns casos, parafusadas.
- Molduras feitas de EPS revestidas com argamassa, fixadas da mesma forma (exemplo representado na Figura 18).
- Cantoneiras metálicas fixadas com parafusos.

Figura 18 – Moldura de EPS revestida e fixada na extremidade do beiral

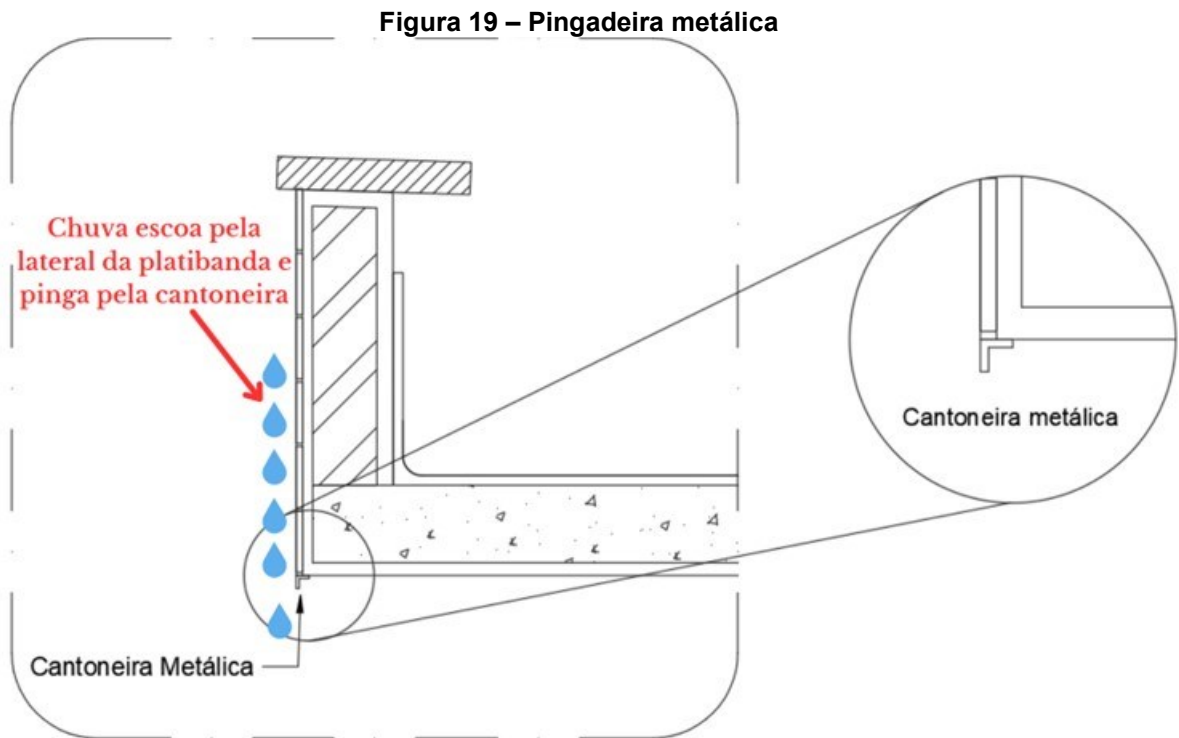


Fonte: Autoria própria (2023)

Para elucidar melhor uma das ideias propostas, segue o passo a passo no caso da escolha de fixar as cantoneiras metálicas:

- 1) Escolha da cantoneira: recomenda-se o uso de cantoneiras de alumínio com dimensões de pelo menos 25 x 25 mm, ou 1 (uma) polegada.
- 2) Certifique-se de que a superfície onde a cantoneira será fixada esteja limpa e livre de poeira, gordura ou qualquer outra substância que possa interferir na aderência do adesivo.
- 3) Posicione a cantoneira no local desejado e faça as marcações na laje para indicar onde serão feitos os furos para os parafusos.
- 4) Com a ajuda de uma furadeira, faça os furos nas marcações feitas anteriormente.
- 5) Insira as buchas e os parafusos pelos furos feitos na laje e na cantoneira. Certifique-se de que os parafusos estejam bem apertados, mas sem excesso de força para evitar danificar a cantoneira.
- 6) Caso queira uma fixação mais resistente, é possível aplicar um adesivo PU (poliuretano) na cantoneira antes de fixá-la na laje. Este é um adesivo utilizado em aplicações onde é necessária uma colagem forte e durável, resistente a intempéries, choques e vibrações.

Após a fixação, a cantoneira estará pronta para funcionar como uma pingadeira, escoando a água adequadamente e evitando manchas. Um esquema que expõe a ideia proposta está representado na Figura 19.



Fonte: Autoria própria (2023)

Vale ressaltar que o uso de cantoneiras metálicas pode afetar a arquitetura da escola, portanto este fato deve ser levado em consideração na escolha da solução para o problema existente.

6.2.3 Patologia 3

Durante a análise das esquadrias da edificação escolar, constatou-se a presença de fissuras ao redor de algumas das janelas. Conforme ilustrado na Figura 20, é possível observar a ocorrência de fissuras, tanto no canto superior como no canto inferior da referida abertura.

Figura 20 – Fissuras na parte superior e inferior da janela



Fonte: Autoria Própria (2023)

A Figura 21 apresenta mais casos onde ocorrem esse tipo de patologia.

Figura 21 – Fissuras em janelas



Fonte: Autoria Própria (2023)

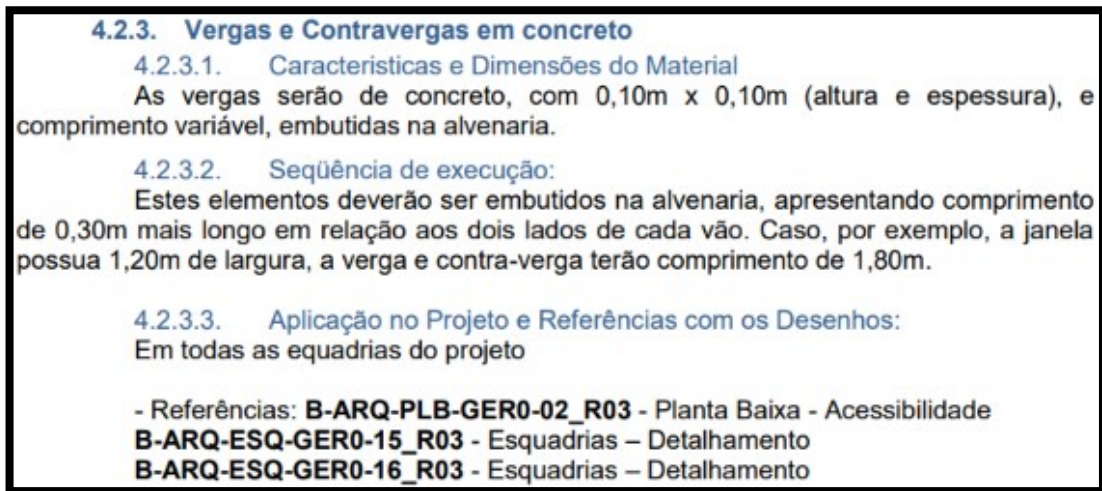
6.2.3.1 Causa da patologia 3

A ocorrência de fissuras nas quinas das esquadrias de uma edificação é um fenômeno frequente que, muitas vezes, encontra sua raiz na ausência de elementos estruturais, como a verga e a contraverga. Tais componentes são responsáveis por redistribuir as cargas que incidem sobre as aberturas, oriundas da laje ou parede superior, de maneira a permitir que as paredes laterais dessas aberturas fiquem mais livres para acomodar as cargas horizontais e verticais, sem sofrer deformações excessivas. É, portanto, crucial garantir a presença desses elementos na construção ou reforma de uma edificação, a fim de evitar patologias estruturais e outras consequências danosas à sua integridade e segurança.

Na ausência dos elementos estruturais mencionados, a alvenaria acima das aberturas apresenta uma tendência a concentrar tensões em pontos específicos, levando, por vezes, a deformações e fissuras, principalmente nos cantos das esquadrias. Ademais, a falta da proteção proporcionada pela verga e contraverga deixa as aberturas mais expostas à infiltração de água e outros agentes agressivos, agravando ainda mais o problema. Nesse contexto, torna-se crucial que a presença desses elementos seja minuciosamente verificada e garantida durante a construção ou reforma de uma edificação, a fim de prevenir a ocorrência de patologias estruturais que possam ameaçar a sua segurança e integridade.

Diante dessa situação, procedeu-se à consulta do projeto e memorial descritivo da edificação, visando compreender se havia a previsão dos elementos estruturais discutidos. Conforme observado na Figura 22, extraída do memorial descritivo da escola, constatou-se que as dimensões da verga foram devidamente especificadas, porém, no que se refere à contraverga, mencionou-se apenas o seu comprimento. Ademais, chamou-se atenção para o fato de que nenhum tipo de armadura para os elementos foi mencionado no documento em questão.

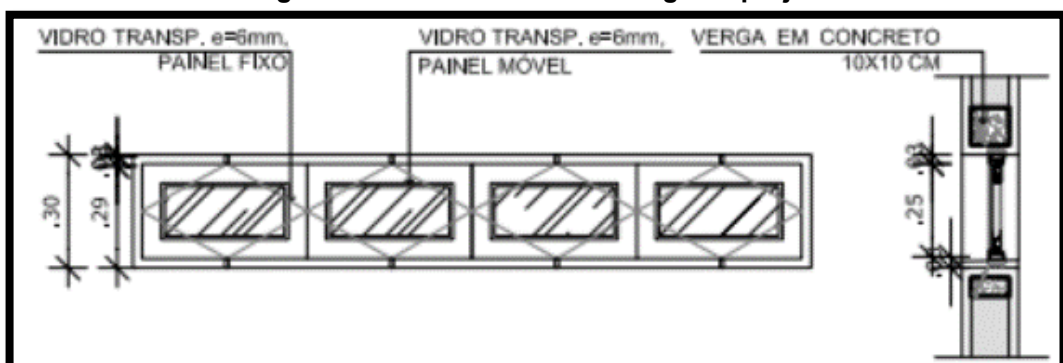
Figura 22 – Memorial verga e contraverga



Fonte: FNDE (2012)

Durante a análise do projeto (Figura 23), constatou-se que, mais uma vez, apenas as dimensões da verga foram claramente definidas, sendo estas de 10x10 cm, enquanto nenhuma informação foi fornecida em relação à contraverga. É importante salientar, ainda, que não foram especificadas armaduras para nenhum dos elementos em questão. É válido ressaltar que o uso de concreto armado é fundamental, uma vez que tanto a verga quanto a contraverga estão sujeitas a esforços de flexão e cisalhamento, que geram tensões de tração na porção inferior do concreto. Essas tensões podem comprometer a integridade e segurança da estrutura caso não sejam levadas em consideração durante o projeto.

Figura 23 – Detalhamento da verga no projeto



Fonte: FNDE (2012)

Diante de todo o exposto, é razoável supor que as trincas que surgiram nas quinas das esquadrias são oriundas de um mal dimensionamento ou não execução dos elementos verga e contraverga.

6.2.3.2 Recuperação da patologia 3

O processo de reparação de fissuras causadas pela ausência de vergas e contravergas envolve a instalação desses componentes estruturais para suportar adequadamente a carga acima da abertura. Isso pode exigir a remoção da seção danificada e a instalação de novas vergas e contravergas, seguidos do reparo da alvenaria ou reboco rachado. Este processo pode ser feito de forma mais invasiva, com a total remoção da esquadria, seguindo os seguintes passos:

- 1) Remoção da esquadria: é necessário remover a esquadria existente, isso pode ser feito quebrando a alvenaria ao redor dela com o auxílio de um martelo e cinzel.
- 2) Remoção da verga antiga: após retirar a janela é necessário retirar também a verga e contraverga, se elas existirem.
- 3) Remoção da alvenaria acima da janela: este passo é necessário para que não ocorra o desmoronamento da alvenaria acima da abertura.
- 4) Disposição das ferragens para execução da verga e contraverga, de acordo com o Quadro 10.

Quadro 10 – Dimensionamento de vergas e contravergas

Contraverga			
Vão (cm)	Menor que 100	100 a 200	Maior que 200
Transpasse	50 cm	50 cm	80 cm
Diâmetro armação	2Ø5mm	2Ø6,3mm	2Ø8mm
Verga			
Vão (cm)	Menor que 100	100 a 200	Maior que 200
Transpasse	50 cm	50 cm	80 cm
Diâmetro armação	2Ø5mm	2Ø6,3mm	2Ø8 mm
Observação: Para vãos maiores que 2,40 m a verga ou contraverga deve ser calculada e detalhada como viga (NBR 8545:1984).			

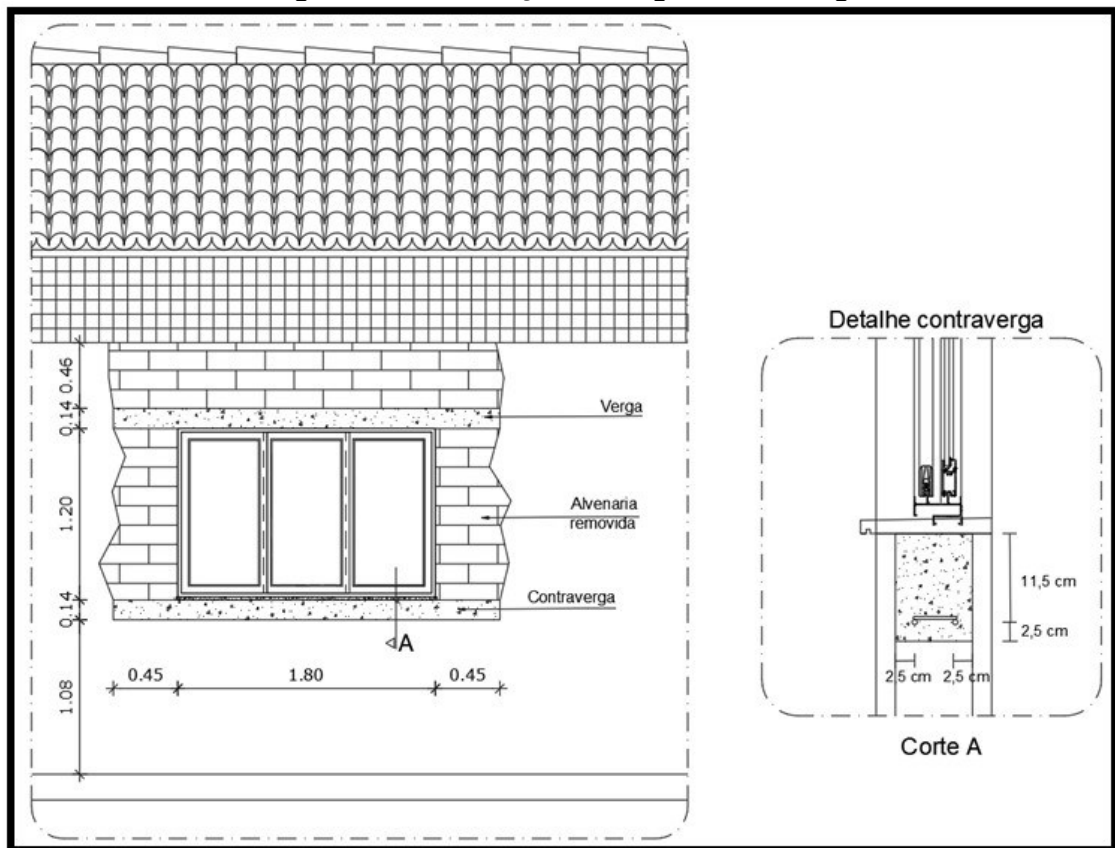
Fonte: Autoria própria (2023)

- 5) Concretagem: com o auxílio de formas é possível realizar a concretagem da verga e contraverga e respeitar o período de cura.

- 6) Reparação da alvenaria: depois que o concreto estiver seco, basta reparar a alvenaria que foi removida anteriormente e chapiscar toda a superfície utilizando argamassa 1:3 (cimento: areia). Para o emboço, utiliza-se uma argamassa com traço de 1:3:1 (cimento: areia: cal).
- 7) Pintura ou revestimento da parede: Depois que a argamassa estiver completamente seca, pinte ou revista a parede de acordo com a preferência.

A Figura 24 representa de maneira mais detalhada a proposta apresentada.

Figura 24 – Construção de verga e contraverga



Fonte: Autoria própria (2023)

Devido à natureza altamente destrutiva do método apresentado, pode ser adotado um método que cause menos transtorno e é dividido em duas etapas, onde a segunda etapa é realizada da mesma forma que a primeira, seguindo os seguintes passos:

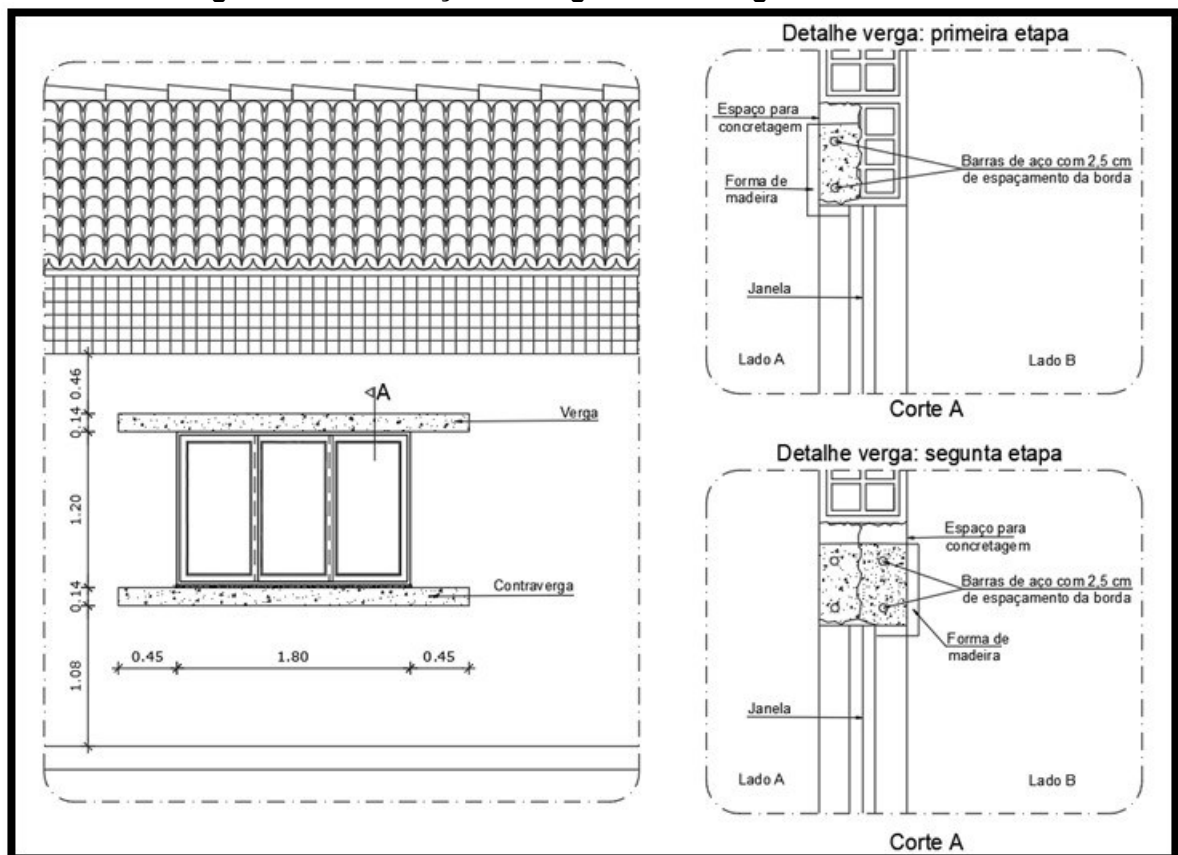
- 1) Com o auxílio de um martelo e cinzel, crie uma abertura em um dos lados da parede no lugar em que se deseja inserir a verga ou contraverga.

Entretanto deve-se ter precaução para que a abertura seja realizada somente até metade da espessura da parede

- 2) Faça uma forma utilizando tábuas de madeira de modo que seja possível encaixá-la no local onde se deseja executar os elementos estruturais. É necessário deixar um espaço sobrando para que seja possível fazer a concretagem posteriormente.
- 3) Posicione duas barras de aço dimensionadas de acordo com o Quadro 10, uma sobre a outra e respeitando um espaçamento de pelo menos 2,5 cm do local onde ficará a forma.
- 4) Encaixe a forma no local e faça a concretagem.
- 5) Aguarde o tempo de cura necessário, concluindo a primeira etapa, e repita o procedimento do outro lado da parede, de modo a concluir a segunda etapa.

A Figura 25 tenta representar de maneira mais visual a ideia proposta.

Figura 25 – Construção da verga e contraverga menos destrutiva



Fonte: Autoria própria (2023)

6.2.4 Patologia 4

Em determinadas paredes da instituição escolar, foi possível constatar a presença de manchas escuras sobre a camada de pintura, além de fissuras que, embora apresentem dimensões capilares, se expandem por uma extensa superfície. A Figura 26 ilustra de forma adequada esta constatação.

Figura 26 – Parede manchada e fissurada



Fonte: Autoria própria (2023)

Com o objetivo de obter uma análise mais minuciosa das anomalias, vale observar a Figura 27 , a qual apresenta uma imagem aproximada da parede previamente apresentada.

Figura 27 – Zoom na parede afetada



Fonte: Aatoria própria (2023)

Com o propósito de proporcionar uma exposição mais completa da situação, adiciona-se à presente análise a Figura 28, a qual engloba outros exemplos dos problemas previamente mencionados.

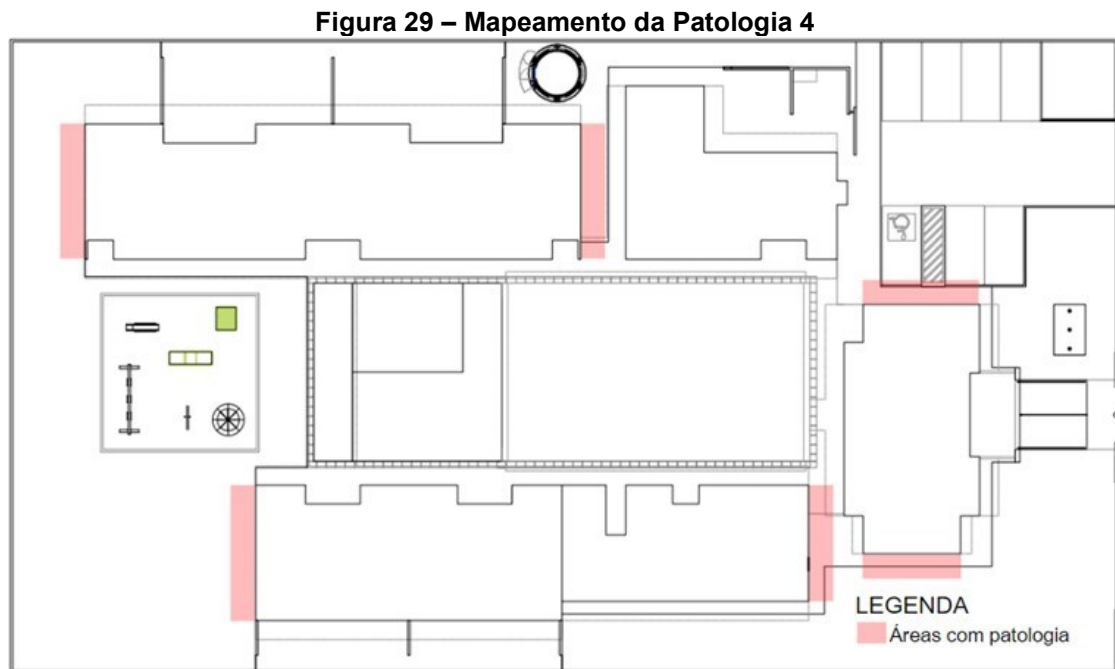
Figura 28 – Compilado de manchas e fissuras



Fonte: Aatoria própria (2023)

6.2.4.1 Causa da patologia 4

Como ficou constatado, essa questão pode ser verificada em várias paredes do estabelecimento escolar, o que motivou a realização de um levantamento completo a fim de mapear a presença da referida patologia. Os pontos afetados foram destacados com cor vermelha na Figura 29.



Fonte: Autoria própria (2023)

A partir desta investigação, torna-se evidente que as manchas e fissuras encontram-se concentradas na superfície exterior da estrutura, em áreas desprotegidas. Tal constatação sugere que as patologias em questão possam estar relacionadas com intempéries climáticas. Vale observar que este tipo de patologia é esperado e pode ser facilmente contornado com uma manutenção periódica da pintura.

Ademais, é pertinente destacar que determinadas áreas da parede manifestaram manchas mais intensas, conforme ilustrado na Figura 30. Tal ocorrência se deve ao fato de a água pluvial escoar através das junções das pingadeiras em concreto, dispostas no topo da edificação. A água da chuva mancha as paredes devido à presença de impurezas em sua composição, como poeira, poluição, minerais, entre outros. Quando a água da chuva escorre pelas paredes, ela dissolve essas impurezas e as carrega consigo, deixando marcas visíveis na superfície da parede.

Figura 30 – Manchas escuras



Fonte: Autoria própria (2023)

6.2.4.2 Recuperação da patologia 4

Para reparar as paredes que apresentem as fissuras descritas previamente, siga os passos abaixo:

- 1) Diminuir as causas: nas juntas das pingadeiras de concreto recomenda-se aplicar um rejunte elástico ou veda calha, de modo a deixar a superfície mais uniforme e evitar que a água escoe pelas frestas.
- 2) Pintura: como as fissuras são capilares, basta uma repintura para resolver o problema.

É recomendável que, em construções futuras, seja executado beiral protegendo todas as paredes externas, uma vez que tal recurso pode auxiliar na

proteção das mesmas contra intempéries climáticas, evitando patologias como a apresentada. Um exemplo de parede protegida por beiral é observado na Figura 31.

Figura 31 – Parede protegida por beiral

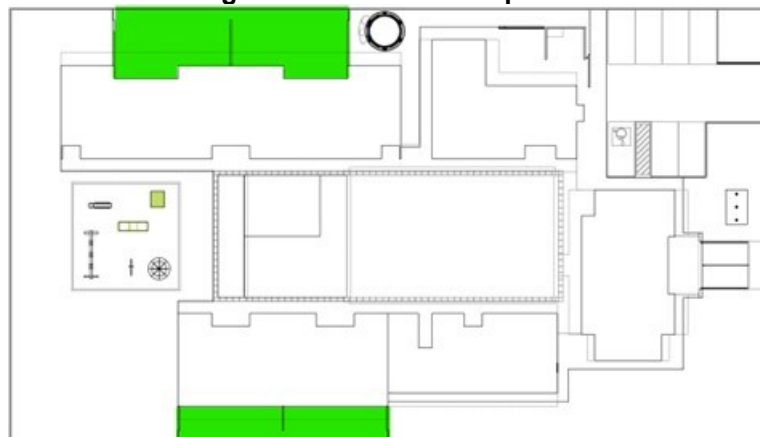


Fonte: Autoria própria (2023)

6.2.5 Patologia 5

A escola apresenta, ao lado das salas de aula, áreas que são chamadas de solários. Estes espaços têm como objetivo proporcionar um ambiente externo protegido e adequado para as crianças brincarem e realizarem atividades ao ar livre. Eles ficam anexos as salas de aula, de modo a possibilitar seu fácil acesso, o muro entre os solários é feito de cobogós e se liga ao perímetro geral da edificação escolar, conforme é possível observar na Figura 32, que diz respeito ao projeto e apresenta as zonas dos solários destacadas em verde.

Figura 32 – Solários em planta



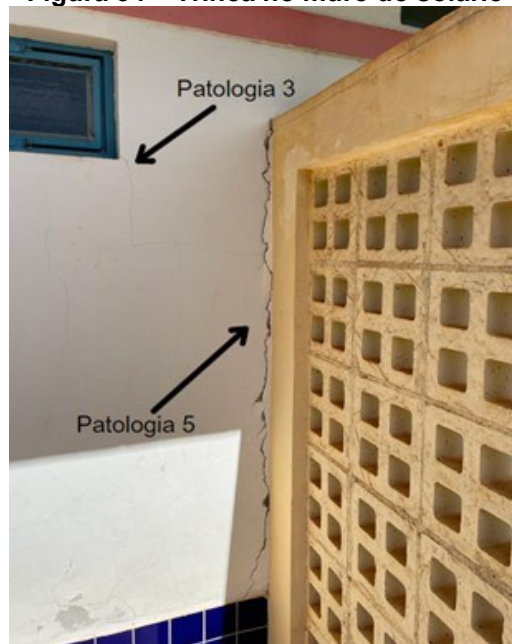
Fonte: Autoria própria (2023)

Para expor com mais clareza a área em questão, a Figura 33 apresenta uma parte da fachada da edificação, onde é possível ver o muro do solário (a esquerda), que é constituído por cobogós na cor amarela.



Verificou-se a presença de fendas com dimensões relevantes nas conexões entre estes muros e as paredes da escola. A Figura 34 apresenta uma destas fendas.

Figura 34 – Trinca no muro do solário



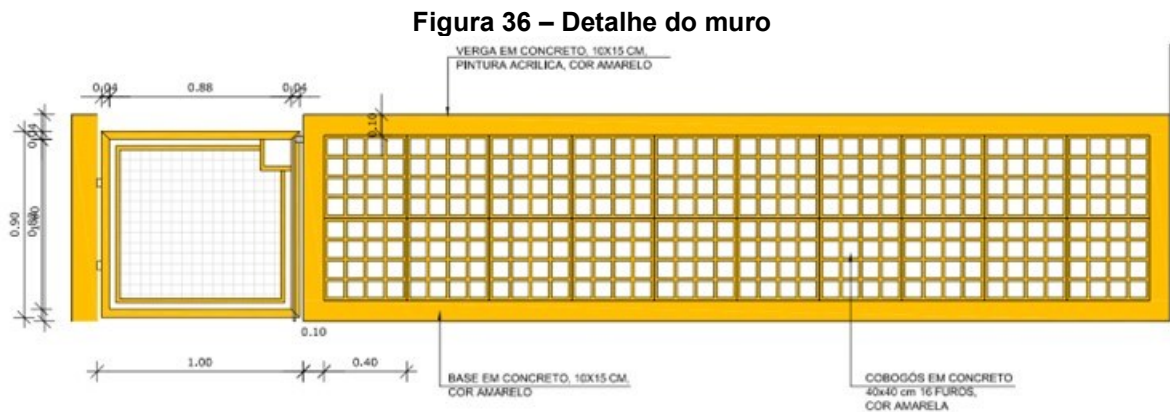
Enquanto na Figura 35 é possível notar que a fissura se estendeu a ponto de danificar o revestimento da parede.

Figura 35 – Revestimento danificado pela trinca

Fonte: Autoria própria (2023)

6.2.5.1 Causa da patologia 5

As fissuras observadas apresentam uma configuração relativamente linear e encontram-se localizadas no encontro de dois componentes distintos da escola, a parede e o muro. Essa configuração é indicativa de uma típica fissura ocasionada pela ausência de junta de dilatação na conexão entre o muro e a edificação principal, um problema corriqueiro no contexto construtivo brasileiro. As juntas de dilatação são espaços vazios deliberadamente introduzidos entre os materiais de construção, tais como o concreto ou a alvenaria, com a finalidade de permitir que estes componentes possam expandir ou contrair em resposta às flutuações ambientais de temperatura e umidade. Este é um artifício da engenharia que deve ser especificado na etapa de projeto, por esse motivo consultou-se as pranchas técnicas para verificar se no detalhamento do muro constava o emprego da junta de dilatação, mas não foram encontrados indícios de que este elemento foi verificado, como pode ser observado na Figura 36.



Quando não há junta de dilatação entre um muro e uma casa, por exemplo, a expansão e a contração desses materiais podem causar tensões e deformações na estrutura, levando ao aparecimento de fissuras no sentido perpendicular aos esforços gerados. Essas fissuras podem se tornar cada vez mais largas e profundas com o tempo, comprometendo a estabilidade da edificação e podendo causar infiltrações e outros problemas.

Dessa forma, é plausível supor que a parede da escola e os muros dos solários tiveram seu emboço executado ao mesmo tempo, não sendo feita uma correta junta de dilatação entre as partes. Desta forma as tensões, que são geradas pelos motivos já explicados, levaram ao surgimento das patologias observadas.

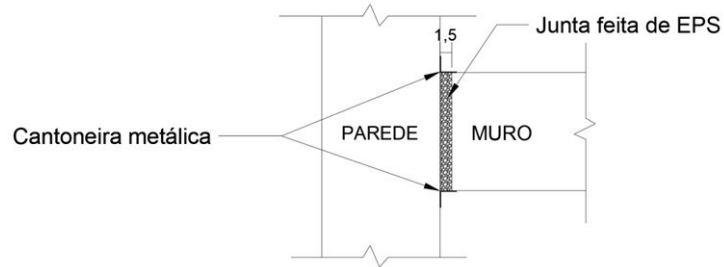
6.2.5.2 Recuperação da patologia 5

A junta deveria ter sido criada ainda na execução dos muros, respeitando as seguintes etapas:

- 1) Primeiro deveria ter sido feita e emboçada a parede da escola, para só então executar o muro de cobogós.
- 2) Entre a parede e o pilar do muro deve ser inserida uma chapa de EPS de pelo menos 10 mm, de modo que, após a concretagem do muro não haja ligação entre este e a parede.
- 3) Para dar acabamento pode-se usar cantoneiras ou algum tipo de selante elástico a base de poliuretano.

Este exemplo está representado em planta na Figura 37.

Figura 37 – Junta de dilatação feita com EPS



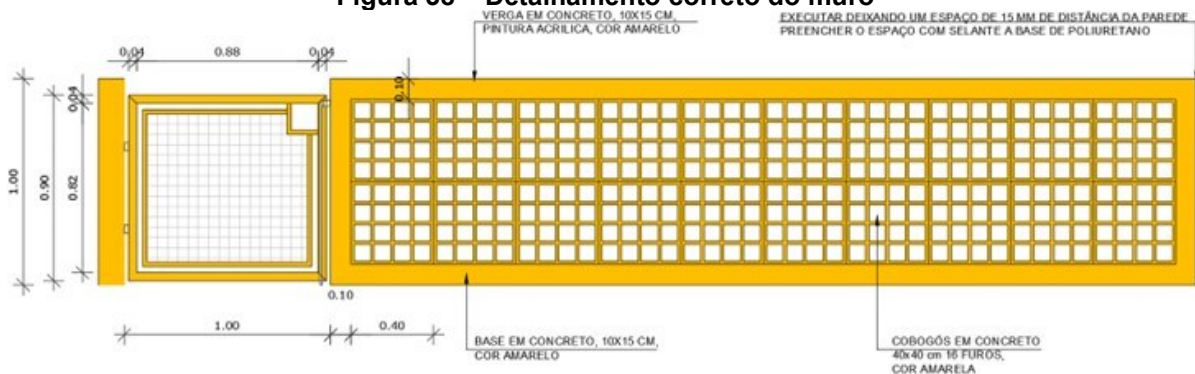
Fonte: Autoria própria (2023)

Porém, como isso não foi feito, faz-se necessário tomar atitudes para contornar o problema gerado. Recomenda-se que isso seja feito por meio da criação da junta de dilatação, permitindo que a estrutura trabalhe adequadamente. Para isso, é possível seguir os seguintes passos:

- 1) Abrir a fissura: com um martelo e cinzel remova o emboço do muro, abrindo espaço entre os elementos, mas sem danificar a parede do edifício.
- 2) Emboçar parede do edifício no prumo
- 3) Colocar um isopor
- 4) Fazer acabamento do muro
- 5) Aplique o selante: o material mais comum para criação de juntas de dilatação é o selante à base de poliuretano. Esse material é flexível e pode se adaptar às variações da estrutura. Aplique o selante no espaço aberto com uma pistola de aplicação, cuidando para não deixar bolhas de ar.

Um exemplo de detalhamento que poderia ter sido feito no projeto prevendo a junta está representado na Figura 38.

Figura 38 – Detalhamento correto do muro

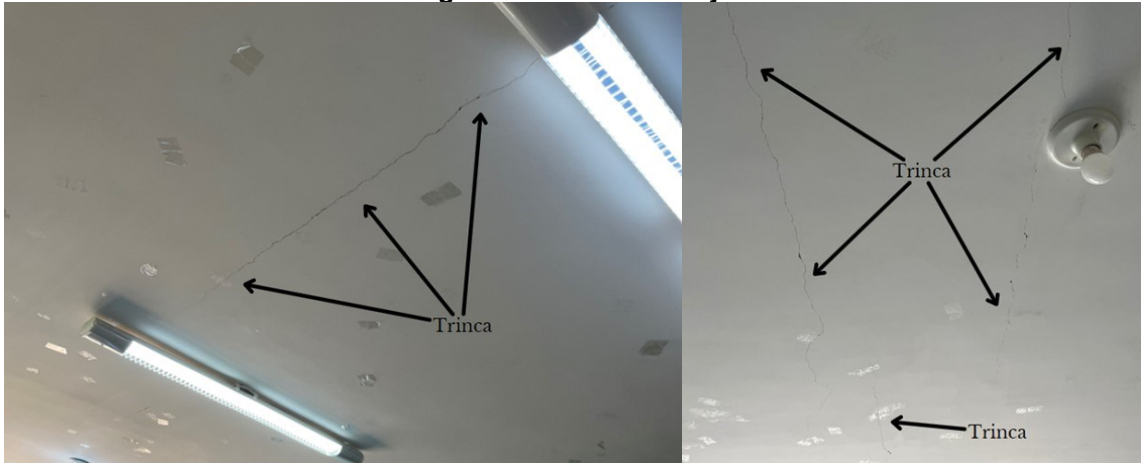


Fonte: Autoria própria (2023)

6.2.6 Patologia 6

Foram identificadas trincas retilíneas e paralelas entre si na parte inferior das lajes na maior parte das salas de aula. Essas trincas estão presentes em todas as salas da construção e alguns exemplos podem ser visualizados na Figura 39.

Figura 39 – Trinca na laje



Fonte: Autoria própria (2023)

No decorrer das análises, algumas trincas foram mensuradas por meio de um instrumento de medição de fissuras, conforme descrito na Figura 40. Observou-se que as dimensões das fissuras podem atingir valores na ordem de 1,8 mm.

Figura 40 – Dimensão da trinca

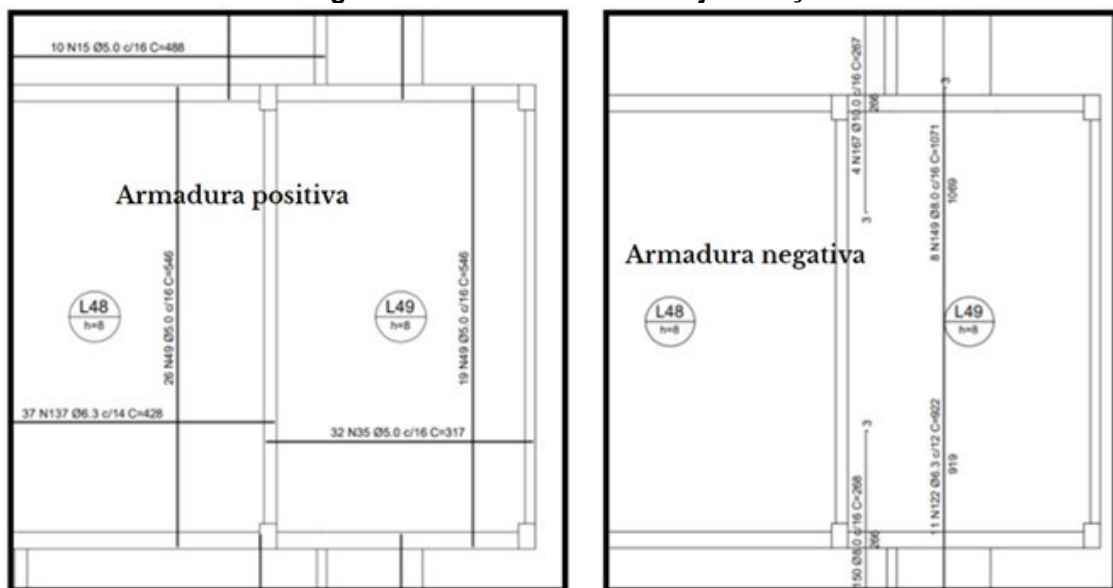


Fonte: Autoria própria (2023)

6.2.6.1 Causa da patologia 6

Inicialmente, buscou-se identificar a causa do problema observado por meio da análise do projeto estrutural da escola, com o intuito de avaliar sua conformidade com as normas vigentes. Constatou-se que todas as lajes da edificação foram projetadas como sendo do tipo maciças, conforme ilustrado na Figura 41, que apresenta o detalhamento da armadura positiva (lado esquerdo) e negativa (lado direito) de uma parte das lajes. Este tipo de laje é constituído por uma única camada contínua de concreto armado, sem vazios ou espaços internos. Sua execução envolve o uso de formas que delimitam a espessura e o formato da laje, e após a instalação da armadura, é preenchida com concreto moldado in loco.

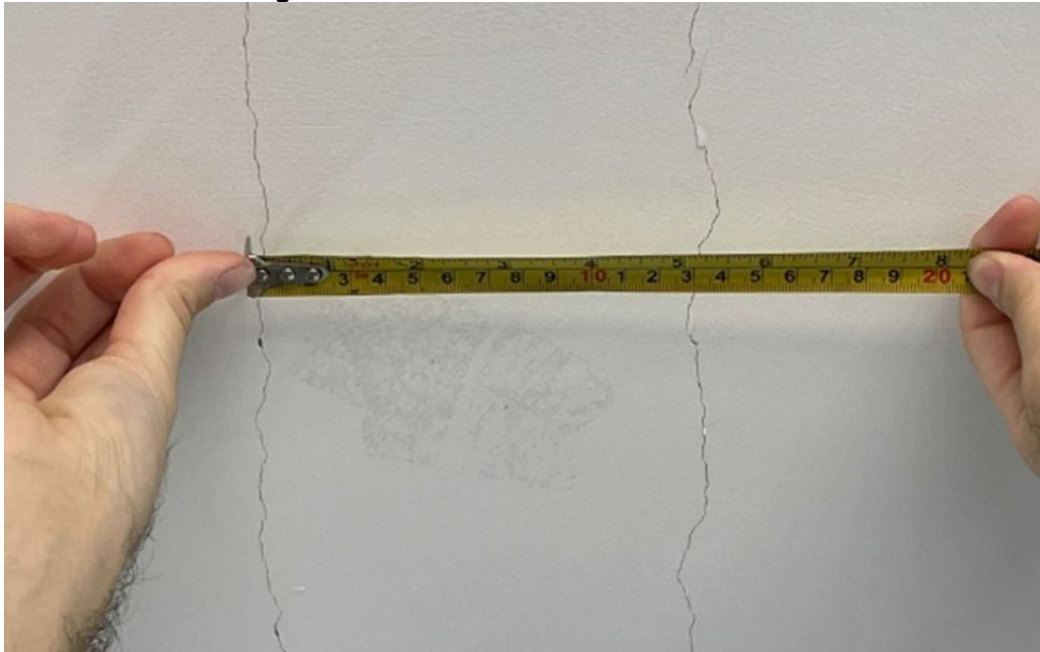
Figura 41 – Detalhamento de laje maciça



Fonte: FNDE (2012)

Após esta primeira análise do projeto, partiu-se para uma análise mais detalhada das fissuras. Para isso foi medida a distância entre as trincas, na tentativa de encontrar um padrão entre elas. Ao longo das análises foi possível notar que a menor distância entre as fissuras segue um padrão, repetindo as medidas de 12 (largura exata de uma vigota), 30, 42, 54, 99, 125 cm. A Figura 42 diz respeito a duas trincas com 12 cm de distância entre si.

Figura 42 - Trincas com 12 cm de distância



Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 43 mostra duas fissuras com 30 cm de distância entre elas.

Figura 43 – Trincas com 30 cm de distância



Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 44 representa trincas com 42 cm de distância.

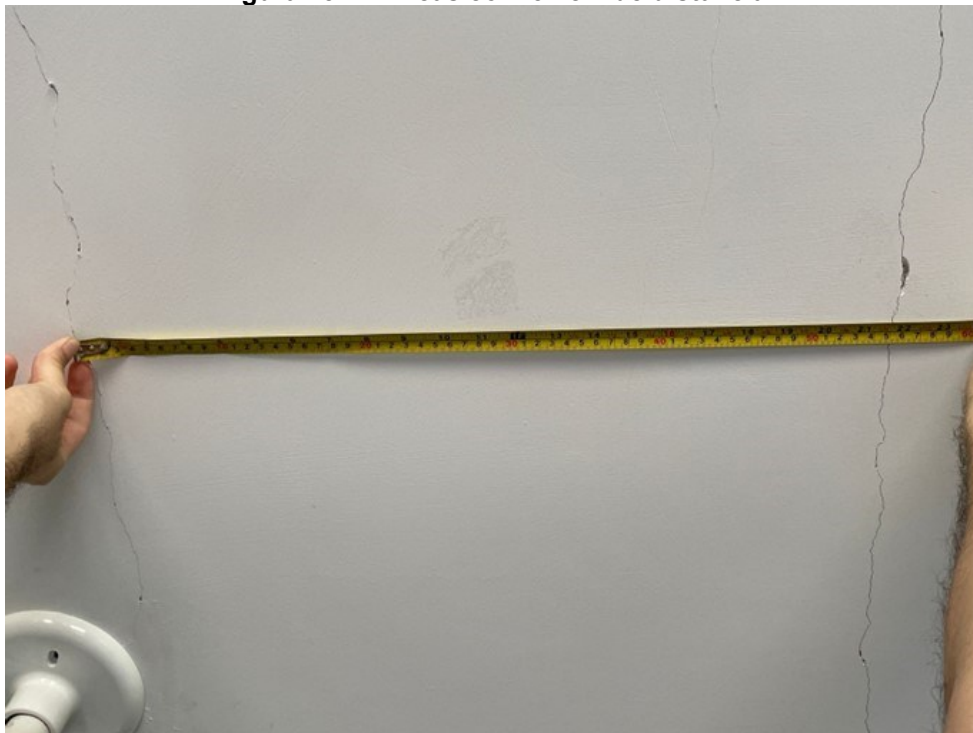
Figura 44 – Trincas com 42 cm de distância



Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 45 exibe trincas com 54 cm de distância.

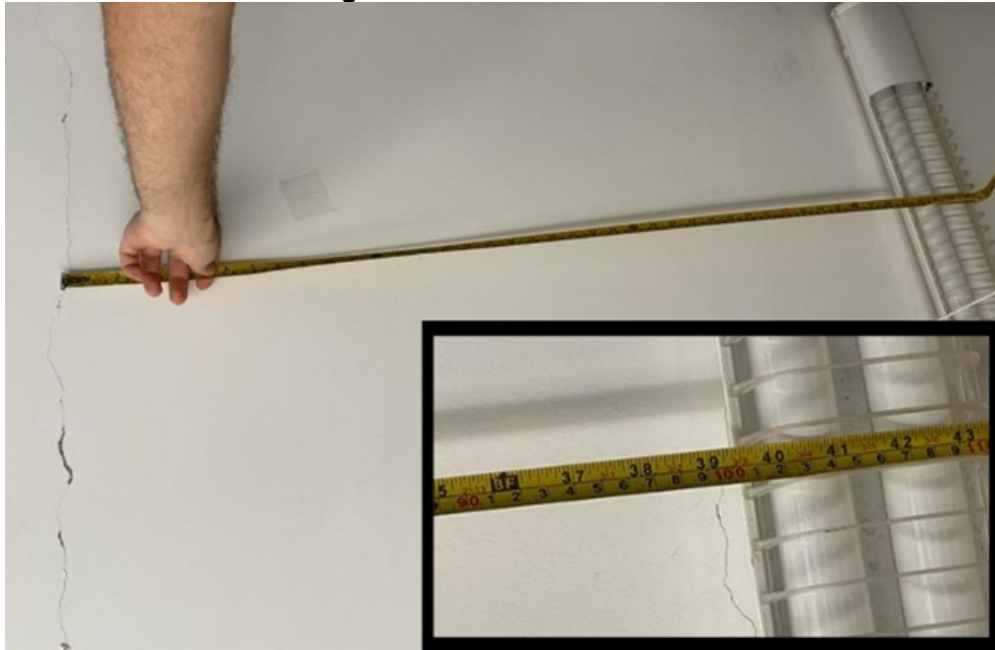
Figura 45 – Trincas com 54 cm de distância



Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 46 retrata trincas com 99 cm de distância.

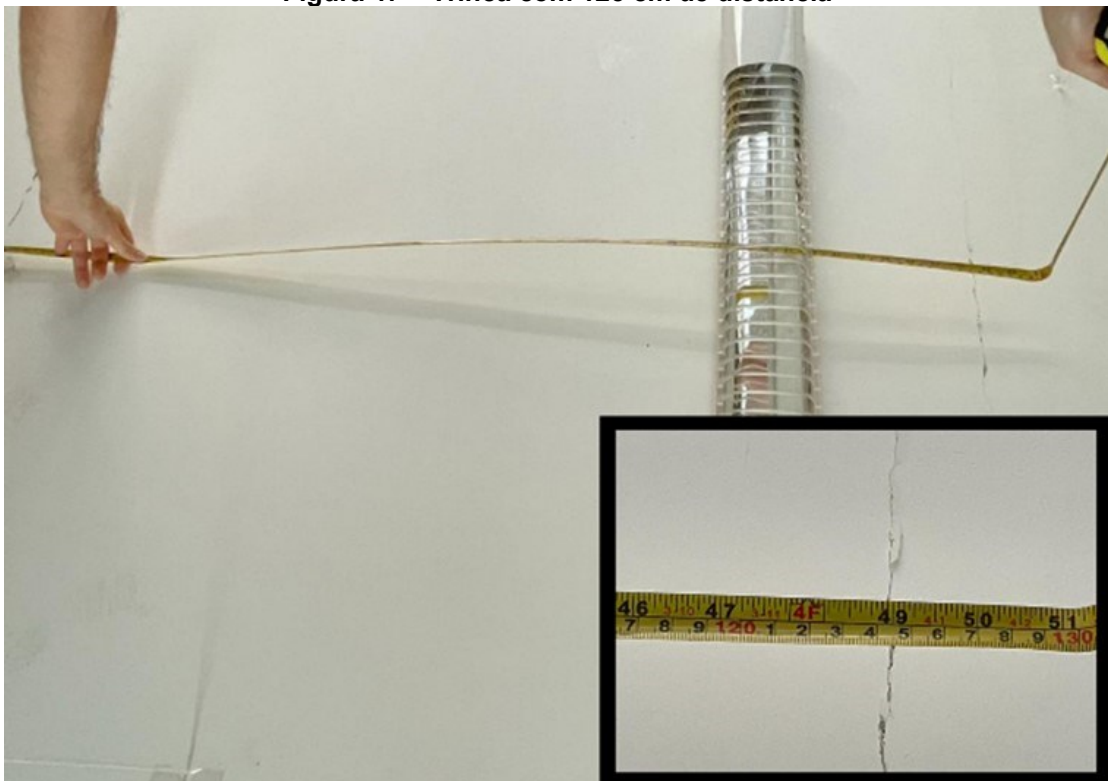
Figura 46 – Trinca com 99 cm



Fonte: Autoria própria (2023)

E por fim, a Figura 47 apresenta trincas com 54 cm de distância.

Figura 47 – Trinca com 125 cm de distância



Fonte: Autoria própria (2023)

Após a realização da coleta de dados apresentados, pôde-se observar que as fissuras apresentam um comportamento que destoa daquele esperado em lajes

maciças, sendo mais característico das lajes mistas. Tal padrão de fissuração assemelha-se de forma significativa ao que é descrito no Quadro 4, em que a fissuração ocorre no encontro entre o concreto pré-moldado das vigotas e o elemento cerâmico em razão de variações térmicas e de umidade.

Entretanto, para se afirmar com maior segurança que o projeto não foi seguido durante sua execução, fez-se necessário obter mais evidências. Para tal, foi utilizado um pacômetro de modo a identificar onde estaria o aço dentro da laje. Só assim poderia se falar com certeza qual laje foi executada. A investigação foi feita da seguinte forma:

- 1) O pacômetro foi posicionado abaixo de uma das trincas para identificar se havia aço naquela região. Conforme a Figura 48 ficou evidente a existência de aço na direção das trincas, bem como com um leve deslocamento em um dos lados.

Figura 48 – Aço sobre as fissuras



Fonte: Autoria própria (2023)

- 2) Após isso, verificou-se com qual distância seriam identificados novos pontos com barras de aço, mesmo que não apresentassem fissuras. Com esta análise percebeu-se que novas barras de aço foram identificadas a cada, aproximadamente, 30 cm. Veja um exemplo disso na Figura 49.

Figura 49 – Pacômetro indicando aço onde não há trincas



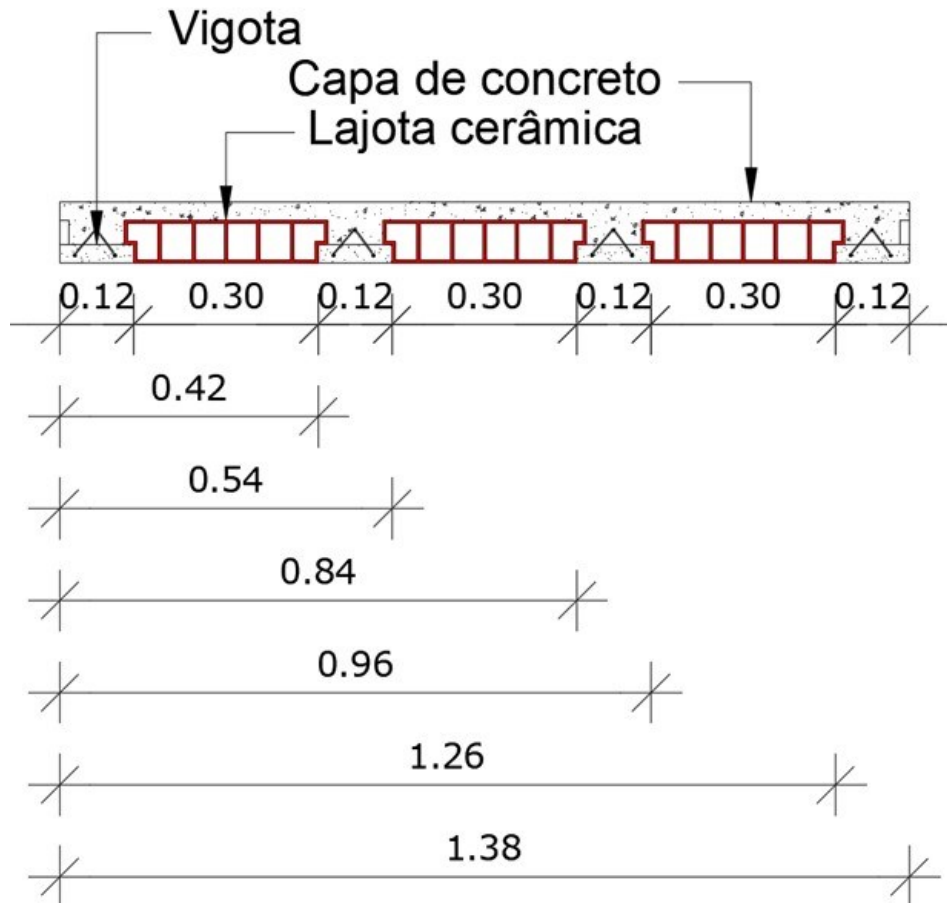
Fonte: Autoria própria (2023)

- 3) Para finalizar os testes, o pacômetro foi posicionado no espaço entre as barras de aço encontradas e foi posteriormente deslocado no mesmo sentido das fissuras, de modo a tentar localizar alguma outra barra de aço no sentido perpendicular as fissuras. Porém, nenhuma barra foi encontrada.

Com isso, pode-se concluir que a laje presente na estrutura da escola não é a laje maciça prevista no projeto. Se trata, portanto, de uma laje mista composta por vigotas e lajotas cerâmicas.

Diante dos dados levantados foram efetuadas comparações entre as distâncias encontradas entre as fissuras e as distâncias entre os pontos de união das vigotas com os blocos cerâmicos em uma laje mista convencional, composta por vigotas com largura de 12 cm e lajotas cerâmicas com 30 cm de largura. Com essa comparação, foi observado um padrão interessante, o qual pode ser observado na Figura 50.

Figura 50 – Detalhe de laje pré-fabricada



Fonte: Autoria própria (2023)

Foi possível observar que as distâncias entre as uniões dos materiais na laje se alinham com as distâncias entre as fissuras identificadas, apresentando um desvio máximo de 3 cm. Tal desvio pode ser justificado pelo fato de que as fissuras não formam linhas perfeitamente retas e, ademais, pode haver ocorrido imprecisão durante o processo de mensuração. Diante dos fatos apresentados, é razoável supor que a laje não foi executada como laje maciça, conforme consta em projeto, ao invés disso foi observada uma laje mista.

De maneira complementar foi verificado se a superfície apresentava abaulamento (flecha) e percebeu-se que a laje não apresenta tal fenômeno, portanto é possível afirmar que as fissuras foram causadas por dilatação térmica que, por sua vez, podem ter origem na construção do CMEI. Provavelmente, o emboço da laje foi executado antes da construção do madeiramento do telhado, deixando a laje exposta a dilatações causadas por incidência solar e variações de umidade.

6.2.6.2 Recuperação da patologia 6

Como, neste caso, as fissuras são superficiais e não representam riscos à segurança de pessoas ou à estabilidade da edificação, pode-se optar por realizar um processo de reparo superficial da laje. Para isso, deve-se abrir as fissuras até um tamanho de aproximadamente 0,5 cm e aplicar um selante PU ou argamassa elástica preenchendo as fissuras. Depois da secagem do material, basta realizar a pintura novamente. Levando em consideração que a laje está protegida pela cobertura, é possível inferir que esta correção será duradoura.

6.2.7 Patologia 7

Entre o *playground* e o pátio coberto há uma região desocupada que foi transformada em um ambiente de interação social, composto por um palco e uma estrutura de assentos circular, ambos feitos de concreto. Essa localidade foi representada e identificada na Figura 51.

Figura 51 – Palco com arquibancada circular



Fonte: Autoria própria (2023)

No entanto, é perceptível na lateral adjacente à superfície do palco uma fenda de dimensão considerável, que se estende de um extremo ao outro de maneira bastante regular. Este caso está melhor representado na Figura 52.

Figura 52 – Trinca no palco

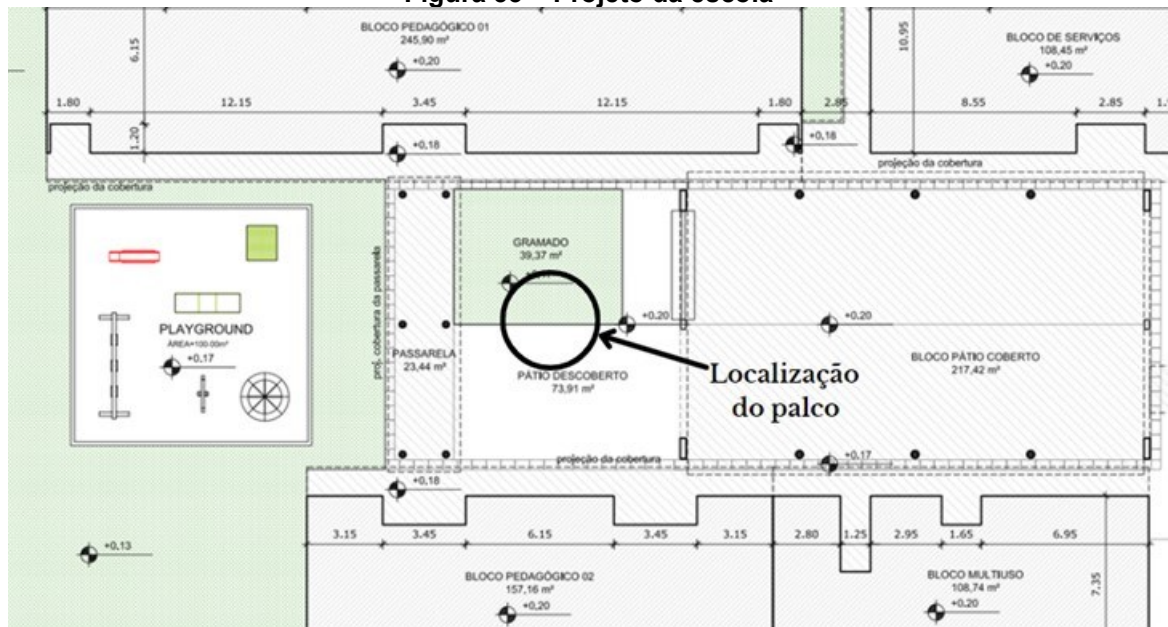
Fonte: Autoria própria (2023)

6.2.7.1 Causa da patologia 7

Pelo fato da patologia se localizar sob uma superfície exposta ao tempo, é possível inferir que os ciclos de umedecimento e secagem de argamassas de revestimento, em conjunto com as variações térmicas, induzem a formação de microfissuras iniciais nesta argamassa, as quais se intensificam gradualmente em decorrência das infiltrações crescentes de água, resultando em fissuras cada vez maiores.

Uma maneira de evitar esse problema seria com a utilização de telas metálicas ou grampos ao longo da extremidade do palco, de modo a reforçar a estrutura como um todo. Com o intuito de verificar se essas medidas foram consideradas durante a fase de projeto, consultou-se a documentação pertinente, conforme exposto na Figura 53. Assim, observou-se que o projeto disponível no site do FNDE não prevê a instalação do palco e das arquibancadas e não foi possível obter outro projeto mais atualizado em contato com a prefeitura. O projeto disponível apresenta, no lugar do palco, uma área de gramado e um pátio descoberto.

Figura 53 – Projeto da escola

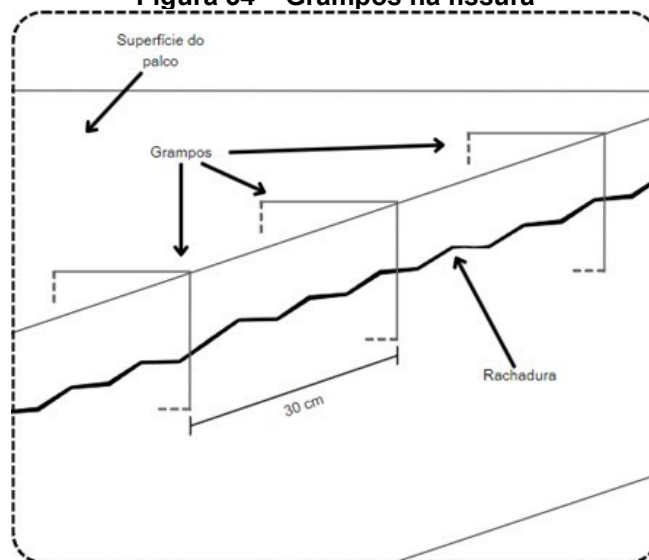


Fonte: FNDE (2012)

6.2.7.2 Recuperação da patologia 7

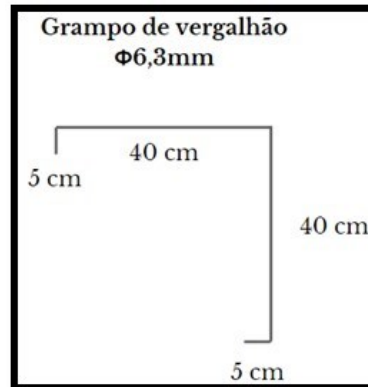
Para contornar esta patologia, podem ser tomadas algumas atitudes, dentre elas, o grampeamento da fissura horizontal encontrada no palco, respeitando uma distância de aproximadamente 30 cm entre os grampos. O Grampeamento deve ser feito conforme Figura 54.

Figura 54 – Grampos na fissura



Fonte: Autoria própria (2023)

Na Figura 55 pode ser observado o detalhamento do grampo.

Figura 55 – Dimensões do grampo

Fonte: Autoria própria (2023)

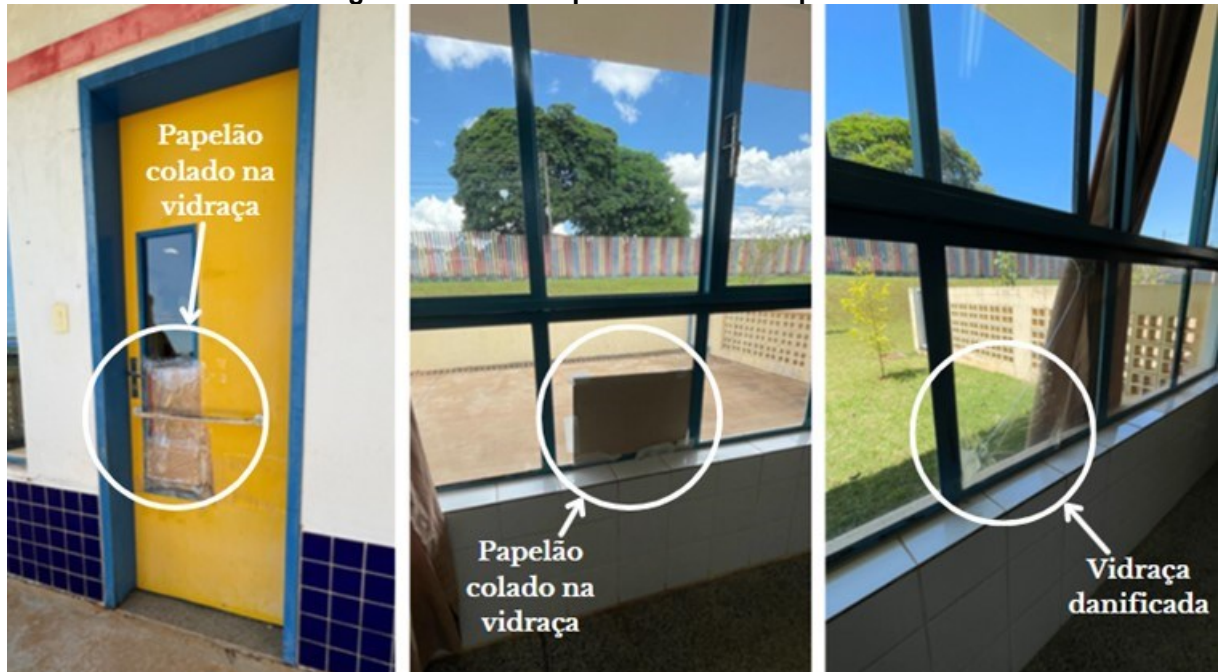
O grampeamento das fissuras encontradas pode ser feito seguindo os seguintes procedimentos:

- 1) Fazer a limpeza da superfície para eliminar o pó e material solto;
- 2) Com uma broca e furadeira, fazer furos de pelo menos 5 cm para ancoragem dos grampos;
- 3) Colocar os grampos nos furos preenchidos com adesivo estrutural conforme a Figura 54 em toda a extensão da fissura;
- 4) Cobrir os grampos com argamassa 1:3 (cimento:areia);
- 5) Passar massa acrílica para correção e nivelamento com a parede;
- 6) Finalizar aplicando a pintura com rolo e tinta desejada.

6.2.8 Patologia 8

Durante a realização da inspeção na escola, constatou-se que diversas janelas apresentavam vidros quebrados, assim como algumas portas também. A Figura 56 traz alguns exemplos do caso mencionado, onde na tentativa de amenizar o risco, foram colados pedaços de papelão ou fita adesiva nas vidraças danificadas para evitar o contato dos usuários da edificação com a superfície cortante. A presença desses danos pode comprometer a segurança e o conforto dos usuários do ambiente, além de representar um risco potencial à integridade física.

Figura 56 – Vidros quebrados nas esquadrias

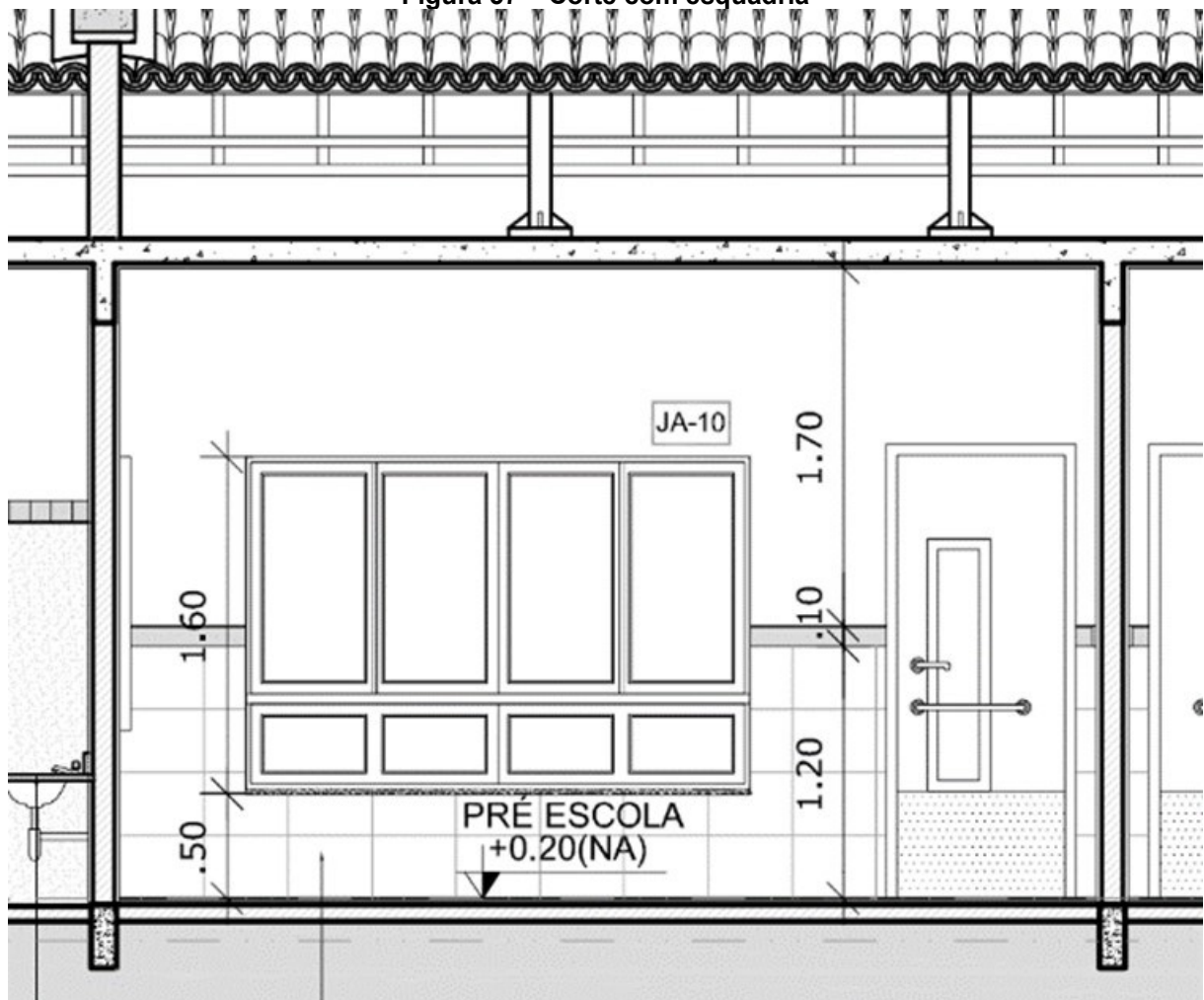


Fonte: Autoria própria (2023)

6.2.8.1 Causa da patologia 8

Com o objetivo de compreender as origens do problema, foram realizadas conversas com os colaboradores da instituição de ensino, os quais indicaram que os danos nos vidros foram provocados pelos próprios estudantes, especialmente aqueles de faixa etária mais jovem, que, em decorrência da sua inexperiência e imaturidade, frequentemente colidem ou arremessam objetos contra as superfícies de vidro. Essa informação sugere que é necessário implementar medidas que visem à proteção e segurança das instalações, especialmente para assegurar a integridade física dos alunos e demais usuários do ambiente escolar. Um ponto que favoreceu o acontecimento do problema em questão é o fato das janelas possuírem peitoril baixo, 50 cm, conforme conta em projeto (Figura 57).

Figura 57 – Corte com esquadria



Fonte: FNDE (2012)

6.2.8.2 Recuperação da patologia 8

Existem algumas estratégias que podem ser adotadas para minimizar a possibilidade de crianças colidirem com vidraças em janelas em questão. Dentre as opções estão:

- Substituição da janela existente por uma com peitoril maior, normalmente acima de 1 metro.
- Utilizar vidro laminado na porção inferior da janela. Este vidro é produzido através da união de duas ou mais camadas de vidro com uma camada intermediária de material plástico, geralmente polivinil butiral (PVB). Em caso de quebra do vidro, a camada intermediária de PVB mantém os fragmentos de vidro unidos, evitando que se soltem e causem ferimentos.

Cada opção deve ser avaliada em relação às necessidades específicas da escola e às possibilidades técnicas e financeiras disponíveis, levando-se em conta o objetivo de garantir a segurança das crianças e minimizar o risco de acidentes envolvendo as vidraças das janelas.

6.2.9 Patologia 9

Ainda durante a vistoria foi constatado que algumas das portas que dão acesso à área externa do estabelecimento escolar encontravam-se em estado avançado de deterioração, apresentando sinais de apodrecimento (Figura 58).

Figura 58 – Portas deterioradas



Fonte: Autoria própria (2023)

6.2.9.1 Causa da patologia 9

Dentre as causas que podem ter levado a deterioração das portas, destacam-se a exposição frequente a chuvas e outros elementos climáticos, a falta de manutenção adequada e a utilização de materiais não apropriadas para exposição as condições climáticas. No caso específico do CMEI, a exposição às chuvas e a exposição frequente a luz solar direta são as principais causas do apodrecimento das portas.

Este é um problema que tem origem já no projeto arquitetônico, pois se trata de uma especificação de portas inadequadas para locais expostos ao tempo e umidade. Nesse caso, portas convencionais de madeira acabaram sendo utilizadas

por questões estéticas ou de orçamento, mesmo sabendo que não são a melhor opção. Nesses ambientes, as portas deveriam ser de materiais mais resistentes, como alumínio, PVC ou vidro temperado. No entanto, em escolas, por exemplo, o uso de vidro temperado pode ser inviável, devido à possibilidade de quebra causada por crianças.

6.2.9.2 Recuperação da patologia 9

Diante do problema apresentado, a solução mais adequada é a substituição das portas danificadas por portas mais resistentes, preferencialmente de alumínio ou PVC (Figura 59). Esses materiais são mais resistentes a intempéries e não sofrem os mesmos danos que a madeira quando expostos ao tempo e umidade. Além disso, é importante que em futuras construções, as portas sejam posicionadas em locais que possuam uma cobertura satisfatória, a fim de reduzir a exposição das mesmas à chuva e ao sol, o que pode prolongar a vida útil e manter a integridade dos materiais utilizados. Dessa forma, é possível garantir uma maior durabilidade e segurança às edificações, além de prevenir possíveis danos ou acidentes.

Figura 59 – Porta de Alumínio



Fonte: Autoria própria (2023)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização de um diagnóstico preciso e minucioso dos problemas apresentados, foi possível identificar as causas das patologias e os agentes responsáveis pelo seu surgimento. Neste sentido, foi possível notar que tais problemas podem ser atribuídos a fatores previsíveis durante a fase de concepção do projeto, tais como variações térmicas, umidade excessiva, qualidade dos detalhes construtivos e consideração do comportamento das crianças. Destaca-se, portanto, a importância de se considerar todos os aspectos relevantes durante a fase de projeto, a fim de garantir a qualidade e durabilidade da construção.

As edificações, ao longo de sua vida útil, estão suscetíveis a manifestações patológicas que podem afetar sua estética, funcionalidade e até mesmo sua estrutura. Tais elementos podem tornar a edificação mais vulnerável e os agravamentos dos sintomas podem tornar a reparação inviável, tornando o componente danificado obsoleto. É importante realizar um estudo minucioso na fase do planejamento e na elaboração dos projetos, para evitar patologias crônicas.

As opções de reparo de patologias devem prevalecer aquelas soluções técnicas viáveis com o objetivo de erradicar o problema e evitar que ele retorne. Medidas complementares de proteção são necessárias para preservar a estrutura e reduzir a necessidade de reparos futuros, que possam causar perturbações aos usuários e trabalhadores. Com base nessas informações, foram selecionadas e sugeridas as soluções técnicas mais adequadas para cada caso.

REFERÊNCIAS

AMORIM, A. A. **Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado Aparentes**. 2010. Dissertação (Especialização em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

ARIVABENE, A. C. Patologias em estruturas de concreto armado: Estudo de caso. **Revista Especialize On-line IPOG**, Goiânia, v. 1, n. 10, p. 1–22, dez. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-2**: Edificações habitacionais — desempenho - parte 2: requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5674**: Manutenção de edificações – Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6120**: Ações para o cálculo de estruturas de edificações - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7212**: Concreto dosado em central - Preparo, fornecimento e controle. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7584**: Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão — Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8545**: Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

BARCELOS, M. M.; BIAZETTO, B.; FILHO, L. C. P. S. Avaliação experimental da variabilidade causada pelo emprego de diferentes métodos de adensamento de concreto em corpos de prova cilíndricos. *In*: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, XXIII, 3 a 7 out. 2011. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. **Anais[...]** Porto Alegre: UFRGS, 2011. p. 215. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/48417>. Acesso em: 27 abr. 2023.

BEZERRA, E.; GOMES, D.; LIMA, R. **Identificação de grau de risco em patologias prediais e priorização de suas ações reparadoras através da matriz GUT**: Estudo em um prédio comercial e um prédio residencial na cidade de Mossoró/RN. Artigo Científico. 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/25153>. Acesso em: 27 abr. 2023.

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria Especial de Previdência e Trabalho. **Cartilha de Segurança e Saúde nas Escolas**. Brasília, Distrito Federal: MPT, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/canpat>

2/canpat-2021/cartilha-de-seguranca-e-saude-nas-escolas.pdf. Acesso em: 25 outubro de 2022.

CAMPO MOURÃO. **CMEI Vera Karam passará por ampliação e pintura.**

Publicado 11 nov. 2022. Disponível em:

<https://campomourao.atende.net/cidadao/noticia/cmei-vera-karam-passara-por-ampliacao-e-pintura>. Acesso em: 06 mar. 2023.

DUARTE, R. B. Boletim Técnico: **Fissuras em Alvenarias**: Causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação. Porto Alegre: CIENTEC – Fundação de Ciência e Tecnologia, 1998.

EVANGELISTA, A. C. J. **Avaliação da Resistência do Concreto Usando Diferentes Ensaios Não Destrutivos**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002.

FERNANDES, J.; BITTENCOURT, T.N., HELENE, P. **A Review of the Application of Concrete to Offshore Structures**. Chapter 25. *In*: Fifth ACI/CANMET International Conference on High-Performance Concrete Structures and Materials. ACI SP-253. Farmington Hills, Michigan: American Concrete Institute, ISBN 978-0-87031-277-9, p. 393-408, 2008.

FIGUEIREDO, E. J P., MEIRA, G. R. Boletim Técnico: **Corrosão das armaduras de concreto**. Boletín n. 6, Associação Latinoamericana de Controle da qualidade, Patologia e Recuperação da Construção. ALCONPAT Internacional, Mérida, México. 2013.

FRANÇA, C. B. **Avaliação de cloretos pelo método de aspersão de solução de nitrato de prata**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2011. Disponível em: <http://tede2.unicap.br:8080/handle/tede/55>. Acesso em: 27 abr. 2023.

FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO (FNDE). **Projeto Tipo B**. Disponível em: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/proinfancia/projetos-arquiteticos-para-construcao/projeto-tipo-b>. 2012. Acesso em: 27 abr. 2023.

GENTIL, V. **Corrosão**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. 2015. Projeto de Graduação (Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014879.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2023.

GRANATO, J. E. **Patologia das Construções**. São Paulo: Pini, 2002

HELENE, P.; ANDRADE, T. **Concreto de Cimento Portland**. *In*: ISAIA, Geraldo C. (Org.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais**. 3. ed. rev. e atual. São Paulo: Ibracon, 2017. v. II, p. 970-1005. ISBN 978-85-98576-27-5.

HELENE, P. R. D. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1992.

KUNG fu panda. Direção: Mark Osborne e John Stevenson. Roteiro: Jonathan Aibel, Glenn Berger. Califórnia: Dreamworks Animation, 2008. 1 disco blu-ray (92 min).

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparação das estruturas de concreto armado**. 2008. Monografia (Construção civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/patologia-e-rec-de-estrutura/patologia-e-recuperacao-de-estrutura-monografia>. Acesso em: 24 de outubro de 2022.

LINDENMAYR, L. **Auditoria de Qualidade em Obras Públicas**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Joinville, Santa Catarina, 2009. Disponível em: <http://docplayer.com.br/5152846-Luciano-lindenmayr-auditoria-de-qualidade-em-obras-publicas-joinville-sc.html>. Acesso em 12 de outubro de 2022.

MALHOTRA. V. M.; CARINO. N. J. **Handbook of Nondestructive Testing of Concrete**. 2. ed. Boca Ranton, CRC Press, 2003.

MAPS. Apple Inc. Mapas. 2023. Aplicativo de mapa eletrônico. Disponível em: <https://www.apple.com/br/maps/>. Acesso em: 01 abr. 2023.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedade e Materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014. 751 p. ISBN 978-85-98576-21-3.

Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Conselho Pleno. **Resolução CNE/CP nº 2**, de 20 de dezembro de 2019. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/dezembro-2019-pdf/135951-rcp002-19/file>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2023.

MOTTA, C. A. P. Qualidade em obras públicas em função da interpretação e práticas dos fundamentos da Lei 8.666 e da legislação correlata. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS*, 10., 2005, Recife. **Anais [...]** Recife: TCE-RE, 2005. P. 1-16.

OLIVEIRA, D. F. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11422/9971>. Acesso em: 13 set. 2022.

PARISI JONOV, C. M.; *et al.* **Avaliação de danos às edificações causados por inundações e obtenção dos custos de recuperação**. Ambiente construído, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 75-94, jan./mar. 2013.

POSITIERI, M.; HELENE, P. Physico-mechanical Properties and Durability of Structural Colored Concrete. *In: Fifth ACI/CANMET International Conference on High-Performance Concrete Structures and Materials*. 5., 2008, Farmington Hills. **Anais [...]**, Farmington Hills: American Concrete Institute, 2008. p. 183-200.

RIPPER, T., SOUZA, V. C. M. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Editora Pini, 2009.

SAHADE, R. F. **Avaliação de sistemas de recuperação de fissuras em alvenaria de vedação**. 2005. Dissertação (Mestrado em Habitação) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2005.

SALIBA, C. C. S. Junior. **Técnicas de Recuperação de Estruturas de Concreto Armado sob Efeito da Corrosão das Armaduras**. Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica na Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2008.

SANTOS, C. R. B.; SILVA, D. L.; NASCIMENTO, I. M. S. Incidência de manifestações patológicas em edificações residenciais na Região Metropolitana do Recife (RMR). **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, Recife, v. 2, n. 3, p. 76-83, 2017.

SANTOS, F. A. S.; *et al.* Análise dos problemas e conflitos nas obras públicas em Sergipe a partir da teoria da agência. **Revista Gestão e Organizações**, Guarabira, v. 6, n. 1, p. 82-102, jan./mar. 2021. ISSN 2526-2289. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/rgo/article/view/4768>. Acesso em: 19 nov. 2022.

SCHEIDEGGER, G. M.; CALENZANI, C. L. Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 5, n. 3, p. 68-92, mar. 2019. ISSN 2448-0959.

SILVA, L. K.; CABRAL, A. E. B. Levantamento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no estado do Ceará. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, XV, 12 a 14 nov. 2014, Maceió, Alagoas, Brasil. **Anais[...]** Maceió, Alagoas, 2014.

SILVA, P. F. A. **Durabilidade das estruturas de concreto aparente em atmosfera urbana**. São Paulo: Pini, 1995. 152 p. ISBN 85-7266-043- 7.

SOMA, L. G. **Estudo do processo de impermeabilização de edifícios residenciais**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2009.

THOMAZ, E. **Trincas de edifícios: Causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Editora Pini, 1989. ISBN: 850-900-047-6.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO - TCU. **Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras de Edificações Públicas**. 4. ed. Secretaria-Geral de Controle Externo, Secretaria de Fiscalização de Obras de Infraestrutura Urbana. Brasília, 2014.

TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. Boletim Técnico: **Inspeção, diagnóstico e prognóstico na construção civil**. Boletim n. 1. ALCONPAT *Internacional*, Mérida, México, 2012.

WIRTH, A.; *et al.* *New directions in the conceptualization and operationalization of the home learning environment.* **Journal of Educational Psychology**, v. 115, n. 1, p. 160-172, jan. 2023. DOI: 10.1037/edu0000749.