



Universidade Federal de Alagoas
Centro de Tecnologia
Coordenação do Curso de Engenharia Civil
Cidade Universitária – Campus A. C. Simões
Tabuleiro do Martins – CEP 57072-970 – Maceió – Alagoas



YURI HENRIQUE MEDEIROS SILVA

*LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS
CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUÇÕES AFETADAS POR
MOVIMENTOS DE TERRA NO BAIRRO DO PINHEIRO, MUTANGE,
BEBEDOURO, BOM PARTO E ADJACÊNCIAS*

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Maceió/AL, Outubro de 2021

YURI HENRIQUE MEDEIROS SILVA

***LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS
CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUÇÕES AFETADAS POR
MOVIMENTOS DE TERRA NO BAIRRO DO PINHEIRO, MUTANGE,
BEBEDOURO, BOM PARTO E ADJACÊNCIAS***

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Dra. Karoline Alves de Melo
Moraes

Co-orientadora: Prof. Dra. Luciana Correia
Laurindo Martins Vieira

Colegiado do Curso de Engenharia Civil - CCEC
Centro de Tecnologia - CTEC
Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Maceió, 01 de outubro de 2021

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

- S5861 Silva, Yuri Henrique Medeiros.
Levantamento de manifestações patológicas características de construções afetadas por movimentos de terra no Bairro Pinheiro, Mutange, Bebedouro, Bom Parto e adjacências / Yuri Henrique Medeiros Silva. – 2022.
88 f. : il. color.
- Orientadora: Karoline Alves de Melo Moraes.
Coorientadora: Luciana Correia Laurindo Martins Vieira.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil)
– Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2021.
- Bibliografia: f. 61-62.
Apêndices: f. 63-88.
1. Interferência antrópica. 2. Manifestações patológicas. 3. Subsistência do solo. I. Título.

CDU: 624.13

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Luís Henrique Medeiros de Souza e Telma Maria da Silva Medeiros, por todo o amor, carinho e aprendizado concedido ao longo dos anos, além do apoio essencial para a realização deste trabalho.

À todos os familiares que contribuíram de alguma forma para a minha formação pessoal e profissional.

Aos amigos, de dentro e fora do curso que estiveram comigo principalmente nos momentos mais difíceis, por todo o apoio e acolhimento em diversas situações.

Ao Centro Acadêmico de Engenharia Civil (CAEC) e à Empresa Júnior de Arquitetura e Engenharia Civil (EJEC) da Universidade Federal de Alagoas, pelas incríveis experiências como membro e pelo grande aprendizado.

À Prof. Dra. Karoline Alves de Melo Moraes e à Prof. Dra. Luciana Correia Laurindo Martins Vieira pela orientação, confiança e grande apoio durante o desenvolvimento deste trabalho e também ao longo da graduação.

À Prof. Dra. Viviane Carrilho Leão Ramos, ao Prof. Me. Luiz Carlos Lima Vêras e aos técnicos Marco Antônio de Oliveira Wanderley e José Basílio da Silva Júnior do Laboratório de Geotecnia da Universidade Federal de Alagoas pelo apoio durante as atividades de monitoria.

Aos profissionais da Defesa Civil Estadual de Alagoas e do setor de Engenharia da SEDUC (SUETI) pelo apoio e prestatividade para o acesso às escolas para realização das vistorias e elaboração deste trabalho.

Também agradeço a todos os técnicos e professores não mencionados anteriormente pela grande contribuição em minha trajetória antes e durante a graduação.

RESUMO

MEDEIROS, Y. H. **Levantamento de manifestações patológicas características de construções afetadas por movimentos de terra no bairro do Pinheiro, Mutange, Bebedouro, Bom Parto e adjacências.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021.

O fenômeno geológico de natureza antrópica devido à mineração de sal gema afetou vários bairros na cidade de Maceió, criando uma região de subsidência e comprometendo, conseqüentemente, diversas edificações. Por conta disso, várias construções tiveram que ser abandonadas devido ao risco avaliado. Para caracterizar tais manifestações patológicas, o presente trabalho avaliou duas edificações educacionais interditadas por conta deste problema. Foram realizadas vistorias para identificar, quantificar e qualificar as fissuras constatadas, de modo a obter informações acerca de sua configuração. A partir desses dados, foi elaborado também um mapa de fissuras, que auxiliou na compreensão do estado das edificações e na caracterização das feições encontradas. As manifestações patológicas encontradas foram, predominantemente, fissuras localizadas no piso nos sentidos N-S, NNW-SSE e NNE-SSW. Conforme as características observadas, interpretou-se a existência de esforços aplicados aos elementos que estão de acordo com a mecânica da subsidência, evidenciando o possível efeito desse fenômeno nas edificações analisadas.

Palavras-chave: *Fenômeno geológico; subsidência; manifestações patológicas*

ABSTRACT

MEDEIROS, Y. H. **Survey of pathological manifestations characteristic of buildings affected by earth movements in the neighborhood of Pinheiro, Mutange, Bebedouro, Bom Parto and surroundings.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021.

The geological phenomenon of an anthropic nature due to rock salt mining affected several neighborhoods in the city of Maceió, creating a subsidence region and consequently compromising many buildings. Because of this, several ones had to be abandoned due to the assessed risk. In order to characterize such pathological manifestations, the present work evaluated two educational buildings restricted from use because of this problem. Surveys were carried out to identify, quantify and qualify the fissures found, in order to obtain information about their configuration. From these data, a fissure map was also drawn up, which helped with the understanding of the state of those buildings and with the characterization of the features found. The pathological manifestations found were predominantly fissures located on the floor in the N–S, NNW–SSE and NNE–SSW directions. According to the observed characteristics, the existence of tensions applied to the elements that are in accordance with the subsidence mechanics was interpreted, showing the possible effect of this phenomenon in the analyzed buildings.

Palavras-chave: *Geological phenomenon; subsidence; pathological manifestations*

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
1.1.	Considerações iniciais	11
1.2.	Objetivo	12
1.3.	Justificativa	12
1.4.	Delimitação do trabalho	13
2.	O “CASO PINHEIRO”	14
3.	PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES	23
4.	METODOLOGIA	32
4.1.	Apresentação do objeto de trabalho	32
4.1.1.	Levantamento de documentos e informações	33
4.1.2.	Setorização	35
4.2.	Execução das vistorias	37
4.2.1.	Critérios de vistoria	39
4.2.2.	Roteiro de inspeção	40
4.2.3.	Ferramentas utilizadas	41
4.3.	Registro fotográfico e mapeamento de fissuras	42
4.4.	Análise das manifestações e diagnóstico das edificações	43
5.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	44
5.1.	Planilha de dados	44
5.2.	Mapa de fissuras	48
6.	ANÁLISE DOS RESULTADOS E DIAGNÓSTICO	49
6.1.	O Estado das edificações	49
6.2.	Análise das fissuras conforme o fenômeno de subsidência	51
7.	CONCLUSÃO	60
	REFERÊNCIAS	61
	APÊNDICE A – Dados de campo	63
	APÊNDICE B – Registro fotográfico das fissuras	68
	APÊNDICE C – Mapeamento de fissuras	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Caracterização do problema através da interferometria	15
Figura 2 - Esquema ilustrativo do processo de subsidência e danos causados na superfície do terreno	15
Figura 3 – Evolução da subsidência entre os anos 2016 a 2018 (à esquerda) e 2018 a 2019 (à direita)	16
Figura 4 – Interpretação da existência de zonas de falhamento através de ensaios geofísicos	17
Figura 5 – Esquema ilustrativo da dinâmica da subsidência na região	18
Figura 6 – Dados sobre a subsidência acumulada e deslocamento horizontal (setas)	19
Figura 7 – Características das trincas que retratam a área de alta instabilidade no terreno	20
Figura 8 – Características das trincas que retratam a área de média instabilidade no terreno	21
Figura 9 – Características das trincas que retratam a área de baixa instabilidade no terreno	21
Figura 10 - Desempenho das edificações providas de atividades de manutenção	25
Figura 11 – Teoria de evolução dos custos conforme fase de intervenção	25
Figura 12 – Fluxograma das etapas de projeto e execução e possíveis causas de problemas	29
Figura 13 – Configuração típica de trincas inclinadas em direção ao pilar que sofreu maior recalque	30
Figura 14 – Configurações típicas de trincas de recalque de fundação em paredes internas	30
Figura 15 – Localização das edificações dentro do mais recente mapa de risco (2020)	32
Figura 16 – Setorização da EE José Correia da Silva Titara	35
Figura 17 – Setorização da EE José Correia da Silva Titara	36
Figura 18 – Visualização das edificações conforme planta de situação (sem escala)	36
Figura 19 – Visualização da setorização conforme planta de situação (sem escala)	37
Figura 20 – Fissura no muro da EE Professor José Vitorino da Rocha	39
Figura 21 – Ferramentas utilizadas em campo para coleta de valores de interesse	41
Figura 22 – Exemplo de registro fotográfico de fissura: (a) localização da fissura no ambiente, (b) configuração da fissura na superfície	42
Figura 23 – Distribuição das leituras de abertura das fissuras	46
Figura 24 – Distribuição das leituras de desnível das fissuras	46

Figura 25 – Histograma de configuração das fissuras	47
Figura 26 – Relação das ocorrências de configuração com o total de fissuras	47
Figura 27 – Exemplos de ocorrências representadas no mapa de fissuras (EE Professor José Vitorino da Rocha, setor E, sem escala)	48
Figura 28 – Manchas e fissuras no muro da EE Professor José Vitorino da Rocha	50
Figura 29 – Manchas e fissuras em parede externa da EE José Correia da Silva Titara	50
Figura 30 – Visualização da fissura V11	51
Figura 31 – Visualização das fissuras T9, V2 e V9	52
Figura 32 – Visualização da fissura T23	53
Figura 33 – Manifestações patológicas nas fachadas das edificações	54
Figura 34 – Orientação aproximada de fissuras no setor B (sem escala)	55
Figura 35 – Orientação aproximada de fissuras nos setores E e F (sem escala)	56
Figura 36 – Principais setores afetados (sem escala)	57
Figura 37 – Esquematização dos esforços que geram as fissuras	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Vida útil de projeto (VUP) para os subsistemas da NBR 15575 (ABNT, 2013)	23
Quadro 2 – Vida útil de projeto (VUP) mínima para diferentes normas nacionais e internacionais	24
Quadro 3 – Anamnese de informações das escolas	34
Quadro 4 – Data de execução das vistorias	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação de fissuras conforme abertura	28
Tabela 2 – Distribuição das fissuras constatadas por edificação	44
Tabela 3 – Distribuição das fissuras constatadas por setor	45

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANM – Agência Nacional de Mineração

CEPA – Centro Educacional de Pesquisas Aplicadas

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

EE – Escola Estadual

GPS – Sistema de Posicionamento Global

IGDF – Investigação Geológica e Geofísica para Diagnóstico das Fissuras

NBR – Norma Brasileira

SEDUC – Secretaria de Estado da Educação

SUETI – Superintendência de Engenharia e Tecnologia da Informação

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

UFAL – Universidade Federal de Alagoas

VU – Vida Útil

VUP – Vida Útil de Projeto

1. INTRODUÇÃO

1.1. Comentários iniciais

O desenvolvimento socioeconômico do Brasil, nas últimas décadas, como país emergente, pode ser muito bem relacionado à expansão dos centros urbanos e de suas edificações, o que evidencia a importância da construção civil para este crescimento. Contudo, esta rápida evolução, traduzida em alta demanda para o setor, não foi bem acompanhada de políticas federativas adequadas, comprometendo a qualidade de muitas construções, que não conferem as devidas condições para seus usuários, principalmente tratando-se do uso residencial (MARICATO, 2006).

Tendo como exemplo o desempenho de edificações habitacionais, diversos fatores e requisitos devem ser atendidos para que a construção possua as condições necessárias para prover aos usuários o devido conforto e segurança, como indica a NBR 15575 (ABNT, 2013).

A utilização de uma edificação é uma atividade dinâmica, assim como sua exposição permanente a agentes degradantes (ABNT, 2020). Isso evidencia a necessidade de sistemas de verificação e manutenção para tais condicionantes que prejudicam sua qualidade e desempenho.

A NBR 5674 (ABNT, 2012) identifica a importância de vistorias e serviços de manutenção periódicos como medidas preventivas. Esta análise de patologia das construções desenvolve um estudo para conceber o diagnóstico que explicita os atuais problemas e suas possíveis causas, de modo a viabilizar a tomada de decisão relacionada ao processo de terapia. Normalmente, os danos nas construções podem ser oriundos de falhas de projeto, execução ou utilização, havendo ainda a possibilidade de ocorrência de fenômenos imprevistos. Compreendido entre estes, estão os de origem geológica, como abalos sísmicos ou movimentos de terra.

Nesse contexto, a partir de 2018 levantou-se a suspeita de uma preocupante instabilidade geológica que levou ao aparecimento de manifestações patológicas semelhantes e de considerável magnitude percebidas em múltiplas edificações e vias nos bairros do Pinheiro, Mutange, Bebedouro, Bom Parto e adjacências, na cidade de Maceió. Popularmente tratado como “o caso Pinheiro” em referência ao principal bairro afetado, as respostas mais definitivas acerca do problema foram divulgadas através da conclusão dos estudos conduzidos pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, órgão responsável pelo Serviço Geológico do Brasil, que indicou as atividades de mineração de sal-gema conduzidas

na cidade como uma das principais condicionantes para o caso, que deve ser tratado, portanto, como um crime ambiental (CPRM, 2019).

1.2. Objetivo

Caracterizar as manifestações patológicas presentes em construções escolares na região afetada para auxiliar na compreensão dos danos e impactos que o fenômeno geológico na cidade de Maceió – AL provoca nas edificações.

1.3. Justificativa

As consequências do crime ambiental que atinge os bairros da cidade de Maceió provoca enorme comoção local e, até mesmo, visibilidade nacional. Antes de uma visualização mais precisa do problema e de fato uma conclusão definitiva acerca de suas causas, tais bairros foram colocados em estado de emergência: muitas edificações tiveram que ser evacuadas devido ao risco avaliado perante muitas incertezas, uma situação de calamidade pública, de acordo com o Decreto Municipal nº 8699 (Prefeitura de Maceió, 2019).

Logo, trata-se de um problema extremamente particular e complexo devido aos diversos fatores incidentes (CPRM, 2019), o que condiciona sua gravidade e justifica a necessidade de um aparato técnico sofisticado para que sejam geradas respostas que possam subsidiar as devidas tomadas de decisão.

Devido à amplitude e singularidade do problema, que continua em expansão e vem provocando danos em novas edificações (CPRM, 2020), não foram divulgadas investigações e estudos muito detalhados voltados para a observação dos defeitos aparentes nas edificações compreendidas na área – os estudos foram conduzidos com um maior foco em desvendar e entender a natureza global do problema, para a aplicação de políticas públicas efetivas. Como indica Thomaz (1989), a falta de registro e divulgação dos dados relacionados à patologia das construções retarda o desenvolvimento de melhores técnicas de projeto e execução, além de contribuir para a reprodução de erros já cometidos no passado.

Tendo em vista que o solo é um material natural heterogêneo e complexo, cujos modelos de comportamento partem de hipóteses simplificadoras e geralmente não seguem sistemas teóricos rigorosos (PINTO, 2006), é vantajosa a caracterização das manifestações patológicas recorrentes deste problema para auxiliar a análise das edificações que podem estar afetadas ou até mesmo comprometidas, de modo a esclarecer como se comportam

perante essas condições. Isso contribui para uma tomada de decisão mais ágil e concisa, minimizando as incertezas envolvidas e conferindo melhor avaliação de risco.

1.4. Delimitação do trabalho

Este trabalho será delimitado pela análise e inspeção de duas edificações institucionais localizadas na cidade de Maceió – AL, bem como pelas informações disponíveis acerca do histórico e dos documentos cedidos pelo departamento de Engenharia da Secretaria do Estado da Educação (SEDUC/SUETI).

Serão contempladas e avaliadas manifestações patológicas configuradas e relacionadas unicamente aos espaços em que o trabalho será realizado, com um maior foco no estudo das fissuras e configurações típicas de problemas de ordem geotécnica.

Não serão realizados ensaios e métodos destrutivos que possam causar danos e comprometer as construções.

2. O “CASO PINHEIRO”

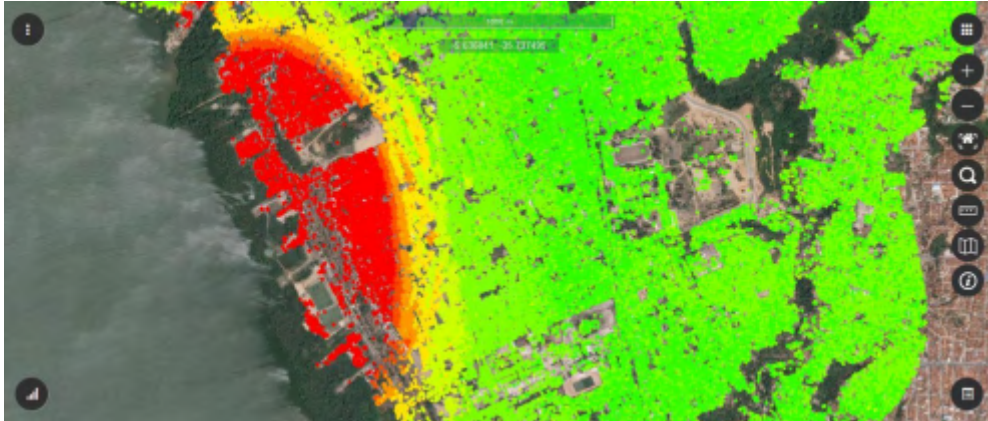
De acordo com o acompanhamento cronológico da Prefeitura de Maceió (2018), acerca das ações nos bairros do Pinheiro, Mutange, Bebedouro e Bom Parto, o problema chegou a conhecimento público a partir do surgimento de uma fissura de aproximadamente 280 metros de extensão em fevereiro de 2018, após um intenso período chuvoso. No mês seguinte também foi sentido um tremor de terra que seria avaliado como de baixa magnitude através da escala Richter, porém sentido e relatado pela população local por ocorrer em baixa profundidade.

A partir dos estudos preliminares desenvolvidos por técnicos da Universidade Federal de Alagoas e Universidade Federal do Rio Grande do Norte, recomendou-se a execução por parte do Serviço Geológico do Brasil de um projeto de Investigação Geológica e Geofísica para Diagnóstico das Fissuras (IGDF) nos locais afetados.

Embora a comoção acerca do caso tenha iniciado a partir desses acontecimentos, há registros prévios de manifestações semelhantes. De acordo com relatos do Engenheiro e Prof. Msc. Abel Galindo, fissuras com configurações características foram percebidas ainda em 2010 nos prédios do conjunto Jardim das Acácias, localizado no bairro do Pinheiro. Entretanto, na época não foi possível identificar com clareza a origem de tais ocorrências ou relacionar a um grave problema de natureza geotécnica.

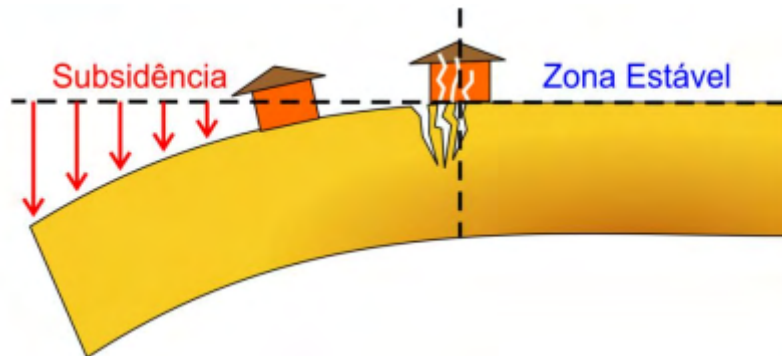
A partir do relatório de apresentação dos resultados da IGDF realizada pela CPRM (2019), indicou-se a existência de uma zona de subsidência na região lagunar da cidade de Maceió, envolvendo os bairros afetados pelo fenômeno como demonstrado na região em vermelho na Figura 1 – que condiciona uma movimentação do solo como ilustrado pela Figura 2.

Figura 1 – Caracterização do problema através da interferometria



Fonte: CPRM, 2019.

Figura 2 - Esquema ilustrativo do processo de subsidência e danos causados na superfície do terreno

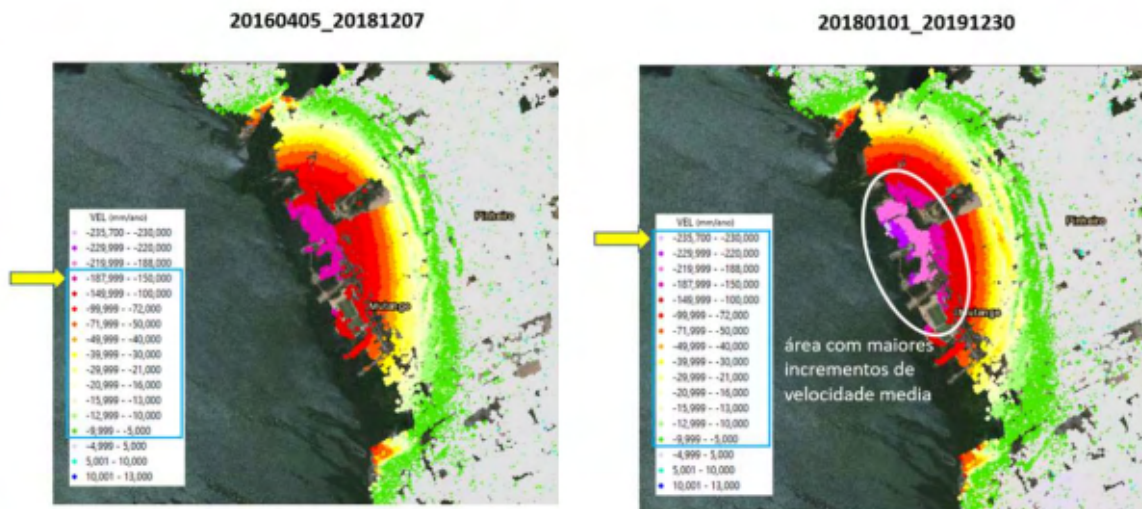


Fonte: CPRM, 2019.

Logo, observa-se a região crítica em amarelo na Figura 1, que corresponde a uma transição da zona estável (em verde) para a subsidência (em vermelho), na qual é sugestiva a ocorrência de fissuras e quebramentos nas camadas superficiais do terreno e, portanto, nas edificações. Concluiu-se, através disso, que este fenômeno de subsidência é a causa primária das manifestações patológicas detectadas em comum ao longo dos bairros em questão.

Através do informe técnico 01 publicado pela CPRM (2020) acerca do acompanhamento do problema, foi visualizada por meio de interferometria a intensificação da região de subsidência (Figura 3). Assim, foi interpretada a desestabilização de áreas que antes estavam indicadas como zona estável. Através da realização de vistorias nessas regiões, confirmou-se o comprometimento de novas edificações que apresentaram as manifestações patológicas recorrentes, caracterizando, portanto, a expansão das zonas de risco.

Figura 3 – Evolução da subsidência entre os anos 2016 a 2018 (à esquerda) e 2018 a 2019 (à direita)



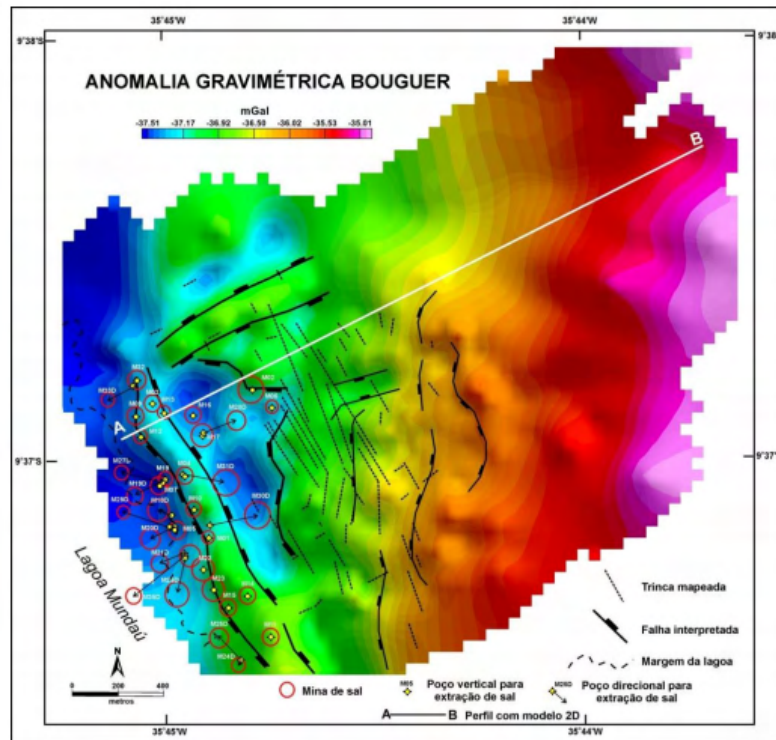
Fonte: CPRM, 2020.

Embora a região de subsidência seja apontada como causa das fissuras e quebramentos percebidos na superfície, o relatório síntese da CPRM (2019) considerou quatro hipóteses que poderiam ter originado ou contribuído para este fenômeno:

- Características geotécnicas do solo da região e forma de ocupação dos bairros;
- Presença de vazios (cavidades, cavernas) no solo e subsolo da região, decorrentes de causas naturais ou de ações antrópicas;
- Presença de feições estruturais ativas na região (como falhas e fraturas);
- Extração de água subterrânea.

Por meio dos levantamentos geofísicos, apresentados na Figura 4, foi interpretada a presença de uma zona de falhamento (linhas pretas). Observa-se que os poços de extração de sal-gema estão localizados muito próximos ou até mesmo ultrapassando as regiões de falha em sentido perpendicular, sugerindo que a atividade de mineração pode ter tornado essas falhas ativas e, portanto, provocado as movimentações. Correlacionada tal perspectiva com os dados dos sonares de alguns desses respectivos poços, providos pela empresa responsável pela mineração, foram indicadas condições atípicas, principalmente naqueles que já se encontravam desativados.

Figura 4 – Interpretação da existência de zonas de falhamento através de ensaios geofísicos



Fonte: CPRM, 2019.

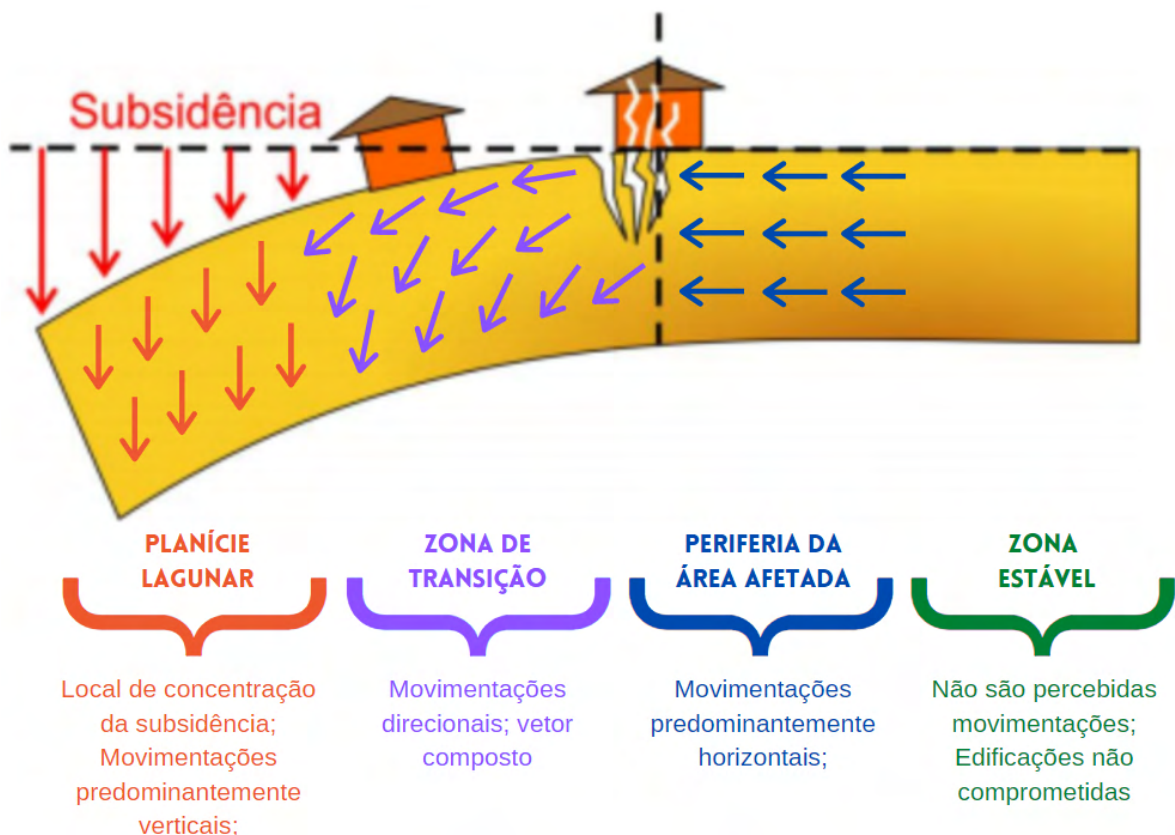
Portanto, a conclusão da CPRM (2019) responsabilizou as atividades de mineração de sal-gema como condicionante primário para o fenômeno de subsidência, através da movimentação das camadas de sal.

A negligência e falta de fiscalização na execução das minas desde sua instalação caracterizaram tais práticas de extração: de acordo com relatos do Prof. Abel Galindo Marques, revisões feitas pela ANM (Agência Nacional de Mineração) nos relatórios e documentos de acompanhamento constataram que diversos indicadores de segurança não estavam sendo devidamente seguidos. Adicionalmente, havia a falta de avaliação de importantes dados como o grau de integridade das rochas. Isso resultou em diversas minas despressurizadas, permitindo o escoamento da halita e consequente movimentação do solo.

A geomorfologia da cidade de Maceió é caracterizada pela formação barreiras, de modo que sua paisagem possui duas formas físicas específicas: a planície marinho-lagunar e o planalto sedimentar do tabuleiro (OLIVEIRA, 2004). A presença desses tabuleiros costeiros no litoral brasileiro cria zonas com altas declividades: as encostas (taludes naturais), presentes em diversos bairros da capital alagoana.

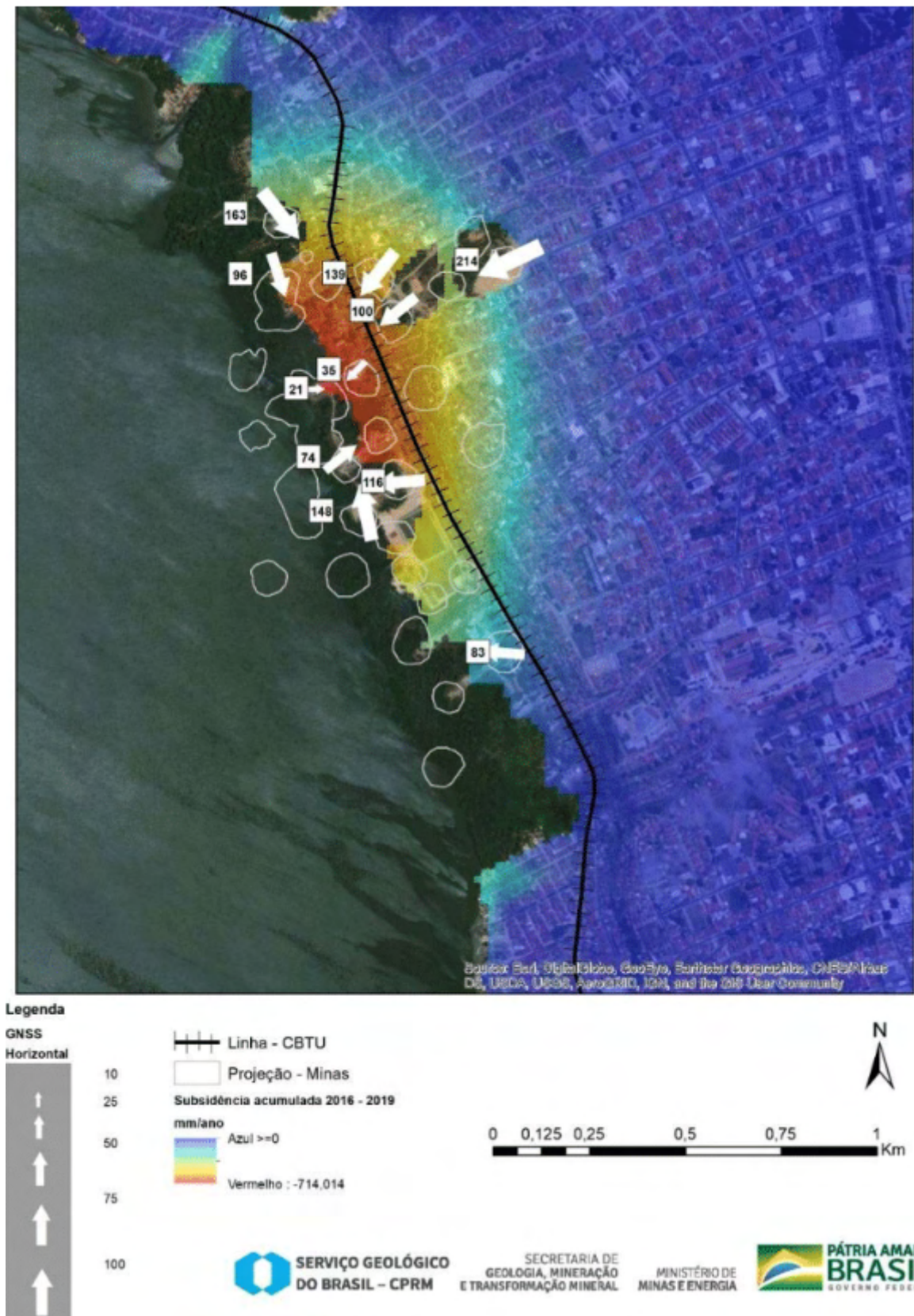
A zona afetada pelo problema que abrange os bairros do Pinheiro, Mutange, Bebedouro e Bom Parto se encontra em uma faixa entre a planície lagunar da Laguna Mundaú e o planalto do tabuleiro, de modo que a subsidência ocorre provocando movimentações complexas no terreno nesta região. Como esquematizado na Figura 5, o vetor de deslocamento do solo na superfície tem uma componente predominantemente vertical (similar a um afundamento em única direção) quando próximo ao epicentro na beira da laguna, adquirindo uma componente horizontal à medida que se distancia: nas bordas desse semicírculo, como em regiões mais afastadas no planalto do tabuleiro, a movimentação se torna predominantemente horizontal, até que não haja o efeito da subsidência (zona estável). Entre esses extremos há uma zona de transição, cujo recalque é essencialmente composto. É possível visualizar na Figura 6 as constatações feitas pela CPRM acerca dos deslocamentos horizontais, evidenciando a complexidade desses movimentos, que se direcionam para a área em que a subsidência é mais intensa (em vermelho). A Figura 6 indica também, através dos círculos brancos, que as minas se encontram bem próximas umas das outras e estão concentradas nas áreas de grande movimentação.

Figura 5 – Esquema ilustrativo da dinâmica da subsidência na região



Fonte: Adaptado de CPRM, 2019.

Figura 6 – Dados sobre a subsidência acumulada e deslocamento horizontal (setas)



Fonte: CPRM, 2020.

Conforme a realização de vistorias e elaboração do mapa de feições da região, evidencia-se que as manifestações na superfície estão caracterizadas por trincas no terreno, nas paredes e nos muros das construções (CPRM, 2019). A partir dessas observações, foram classificadas tais ocorrências a depender da intensidade de suas feições, para a avaliação dos riscos e como subsídio para planos de contingência (Figuras 7, 8 e 9).

Figura 7 – Características das trincas que retratam a área de alta instabilidade no terreno



Fonte: CPRM, 2019.

Figura 8 – Características das trincas que retratam a área de média instabilidade no terreno



Fonte: CPRM, 2019.

Figura 9 – Características das trincas que retratam a área de baixa instabilidade no terreno



Fonte: CPRM, 2019.

Vale ressaltar também que tais fissuras encontram-se, em sua maioria, dispostas no sentido N-S (norte – sul), de modo a acompanhar as falhas interpretadas por meio de ensaios geofísicos (ver Figura 4, item 2). Logo, é possível apontar a alta possibilidade de que tais manifestações patológicas observadas nas construções sejam consequências da subsidência, visto que há diversos indicativos de que tais problemas são gerados pelas movimentações do terreno – cuja dinâmica foi investigada e caracterizada de modo a estar de acordo com essa hipótese.

3. PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES

A partir da premissa de que as edificações possuem um determinado “prazo de validade”, traduz-se o conceito de vida útil, visto que os materiais e sistemas compreendidos têm uma capacidade finita de reter suas características relacionadas ao desempenho esperado, cuja degradação natural ao longo do tempo pode ser acelerada através de agentes específicos, como intempéries, sobrecargas ou até mesmo deficiências de projeto e execução (POSSAN; DEMOLINER, 2013).

A vida útil mínima de projeto esperada pelas construções e seus subsistemas é explícita através da NBR 15575 (ABNT, 2013), colocada em comparação com outras normas técnicas vigentes nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1 – Vida útil de projeto (VUP) para os subsistemas da NBR 15575 (ABNT, 2013)

Sistema	VUP (em anos)	
	Mínima (M)	Superior (S)
Estrutura	≥ 50	≥ 75
Pisos internos	≥ 13	≥ 20
Vedação vertical externa	≥ 40	≥ 60
Vedação vertical interna	≥ 20	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥ 30
Hidrossanitário	≥ 20	≥ 30

Fonte: POSSAN; DEMOLINER, 2013.

Quadro 2 – Vida útil de projeto (VUP) mínima para diferentes normas nacionais e internacionais

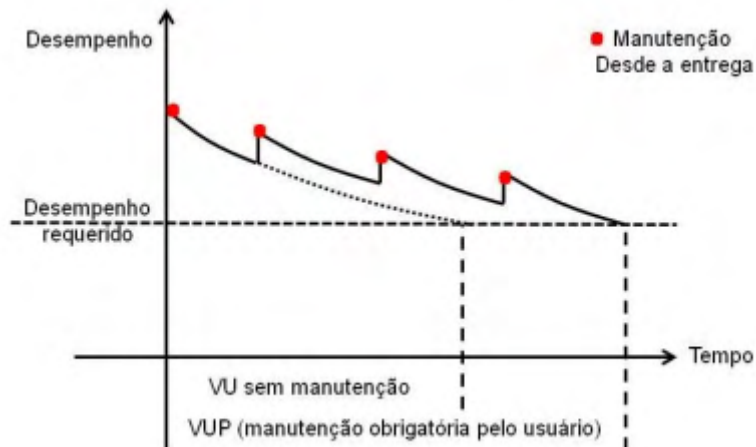
Tipo de Estrutura	Vida útil de projeto (VUP) mínima				
	BS 7543 (1992)	ISO 2394 (1998)	Fib 34 (2006) e EN 206-1 (2007)	NBR 15575 (2013)	Fib 53 (2010)
Temporárias	≥ 10 anos	1 a 5 anos	≥ 10 anos	-	-
Partes estruturais substituíveis (ex: apoios)	≥ 10 anos	≥ 25 anos	10 a 25 anos	13 a 20 anos	25 a 30 anos
Estruturas para agricultura e semelhantes	-	-	15 a 30 anos	-	-
Estruturas <i>offshore</i>	-	-	-	-	≥ 35 anos
Edifícios industriais e reformas	≥ 30 anos	-	-	-	-
Edifícios e outras estruturas comuns	-	≥ 50 anos	≥ 50 anos	50 anos	≥ 50 anos
Edifícios novos e reformas de edifícios públicos	≥ 60 anos	-	-	-	-
Edifícios monumentais, pontes e outras estruturas de Engenharia Civil	≥ 120 anos	≥ 100 anos	≥ 100 anos	-	≥ 100 anos
Edifícios monumentais	-	-	-	-	≥ 200 anos

Fonte: POSSAN; DEMOLINER, 2013.

Para que as edificações mantenham sua vida útil, as normas NBR 5674 (ABNT, 2012) e NBR 14037 (ABNT, 2011) recorrem à necessidade de elaboração de um plano de manutenção eficiente, de modo que continuem a atender às solicitações dos usuários.

Através da Figura 10, evidencia-se a importância dessas ações: uma edificação que possui devida periodicidade e planejamento de manutenções irá dispor de maior vida útil quando comparada a uma desprovida do mesmo (PACHECO, 2017).

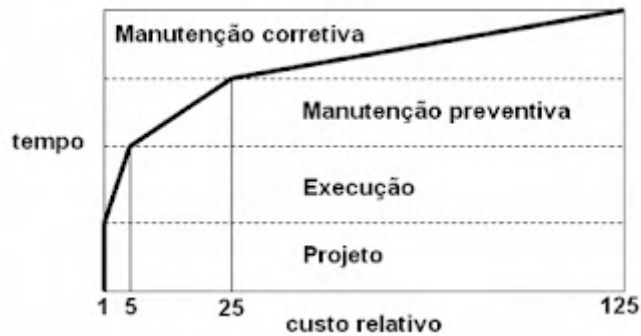
Figura 10 - Desempenho das edificações providas de atividades de manutenção



Fonte: ABNT, 2013.

É possível também visualizar a importância da prevenção e correção de falhas em tempo e estágio hábeis, através da teoria de evolução dos custos (Figura 11) que indica a evolução exponencial do gasto necessário para corrigir falhas e defeitos relacionados à construção civil (SITTER, 1984 *apud* HELENE, 1997).

Figura 11 – Teoria de evolução dos custos conforme fase de intervenção



Fonte: SITTER, 1984 *apud* HELENE, 1997.

Um dos principais serviços no âmbito da patologia das construções é a inspeção predial. Definida pela NBR 16747 (ABNT, 2020), consiste na investigação de defeitos presentes na edificação utilizando como base e referência suas condições de uso, operação, manutenção e funcionalidade de forma sistêmica e predominantemente sensorial, por meio das vistorias, que permitem a compreensão esquemática através do registro das falhas, anomalias e manifestações patológicas identificadas. A partir desse exemplo, tais estudos podem incluir as seguintes etapas:

- Levantamento de dados e documentação;
- Análise dos dados e documentação solicitados e disponibilizados;
- Anamnese para identificação de características construtivas da edificação;
- Vistoria da edificação de forma sistêmica, considerando a complexidade das instalações existentes;
- Classificação das irregularidades constatadas;
- Recomendação das ações de intervenção necessárias, considerando o desempenho esperado, as falhas encontradas e suas respectivas origens;
- Organização das prioridades, em patamares de urgência, tendo em conta as recomendações apresentadas pelo inspetor predial;
- Avaliação da manutenção, conforme NBR 5674 (ABNT, 2012);
- Avaliação do uso;
- Redação e emissão do laudo técnico de inspeção.

Segundo Pacheco (2017), a periodicidade de execução desses serviços pode ser extremamente variável: depende principalmente da legislação vigente para cada edificação, perante suas devidas particularidades, que indica a regularidade necessária de apresentação de um laudo técnico de inspeção. Espera-se que edificações mais antigas sejam observadas com maior rigor e frequência, pois quanto mais próximo do fim de sua vida útil, mais estão propícias ao aparecimento de manifestações patológicas e, portanto, à necessidade de intervenções para manter seus sistemas em um nível aceitável de desempenho.

Além disso, um estudo de patologia das construções pode também ser utilizado para resolver problemas específicos, não necessariamente requerendo um levantamento global de manifestações em toda a edificação – como normalmente se caracteriza a inspeção predial. A NBR 16747 (ABNT, 2020) considera também o emprego de métodos de análise e investigação específicos, a depender da natureza, abrangência e urgência da situação, caso seja necessário para um diagnóstico preciso, como por exemplo, o teste de esclerometria.

Durante a análise de uma edificação por meio de vistorias, os principais indicativos de falhas e desconformidades relacionadas ao seu desempenho são comumente visíveis como manifestações patológicas. Em comparação com a medicina, as manifestações patológicas seriam os sintomas que um determinado paciente apresenta para o médico durante sua observação, que irá sugerir o diagnóstico de uma determinada doença ou condição atípica do organismo, para que, então, possa ser conduzido ao devido tratamento (THOMAZ, 1989).

De acordo com a NBR 16747 (ABNT, 2020), as falhas caracterizam-se pelas perdas de desempenho de um elemento, subsistema ou sistema construtivo decorrente do uso, operação ou manutenção. Já as anomalias detectadas através das manifestações patológicas podem ser caracterizadas pela perda de desempenho de um elemento, subsistema ou sistema construtivo causadas de maneira:

- Endógena ou construtiva: quando a perda de desempenho decorre das etapas de projeto e/ou execução;
- Exógena: quando a perda de desempenho relaciona-se a fatores externos à edificação, provocados por terceiros;
- Funcional: quando a perda de desempenho relaciona-se ao envelhecimento natural e conseqüente término da vida útil.

Os agentes de degradação – que causam a perda de desempenho – normalmente apresentam manifestações externas características, apresentando-se de forma simples, porém com um diagnóstico e estratégia de reparo igualmente simples ou altamente complexa, o que indica a necessidade de uma análise cuidadosa (LICHTENSTEIN, 1985 *apud* CAVALCANTE, 2013). Tal estudo pode ser bem auxiliado por uma revisão de casos recorrentes, levando em consideração as particularidades do objeto em questão (características construtivas e de entorno) assim como as manifestações apresentadas (configurações semelhantes).

De acordo com Thomaz (1989), as trincas, não somente por serem uma das mais frequentes manifestações patológicas em construções, são particularmente importantes devido a três aspectos fundamentais: o aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura, o comprometimento do desempenho da obra em serviço e o constrangimento psicológico que a fissuração exerce sobre os usuários.

A terminologia para fissura, trinca, rachadura, fenda e brecha pode ser utilizada como classificação para este determinado grupo de manifestações patológicas, que possui configuração semelhante, mas difere com base em sua magnitude, medida principalmente a partir de sua abertura (OLIVEIRA, 2012). Contudo, refere-se popularmente a tais ocorrências como “fissuras”, “trincas” ou em casos visivelmente mais graves “rachaduras”, principalmente quando não há dados que convençionem uma nomenclatura específica.

Tabela 1 – Classificação de fissuras conforme abertura

ANOMALIAS	ABERTURAS (mm)
FISSURA	Até 0,5
TRINCA	De 0,5 a 1,5
RACHADURA	De 1,5 a 5,0
FENDA	De 5,0 a 10,0
BRECHA	Acima de 10,0

Fonte: OLIVEIRA, 2012.

A observação das características das fissuras – tais quais sua configuração, elementos na qual está exposta, profundidade e ocorrência em conjunto com outras manifestações – é de extrema importância para discernir o seu agente causador. Levando em consideração que as fissuras são provocadas por tensões oriundas da atuação de sobrecargas ou de movimentação de materiais (THOMAZ, 1989), os seguintes fenômenos podem ser relacionados:

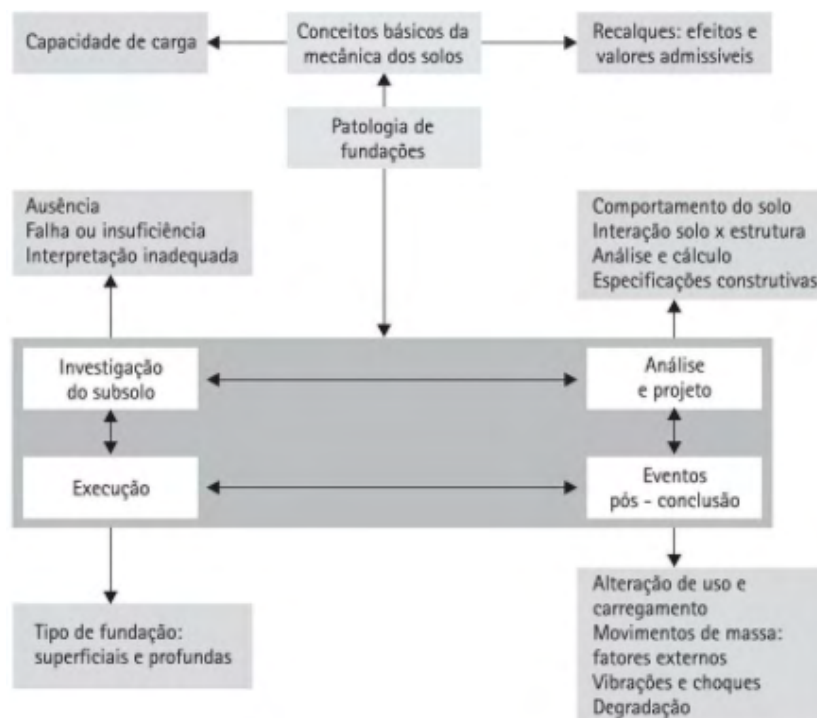
- Movimentações provocadas por variações térmicas e de umidade;
- Atuação de sobrecargas ou concentração de tensões;
- Deformabilidade excessiva das estruturas;
- Recalques diferenciais de fundação;
- Retração de produtos à base de ligantes hidráulicos (como o concreto);
- Alterações químicas de materiais de construção.

Thomaz (1989) também ressalta o aparecimento de fissuras provenientes de má utilização da edificação, falha de manutenção, acidentes originados por diversos fatores (como incêndios, explosões ou impactos de veículos), vibrações transmitidas pela ação do vento ou pelo solo, solicitações cíclicas e degradações sofridas pelos materiais e componentes devido ao envelhecimento natural.

Dentre os diversos problemas que afetam as edificações, as movimentações do solo estão entre as mais perigosas. Por se tratar de partículas soltas, entremeadas por vazios (ar e água), não raramente compostos de matéria orgânica, em maior ou menor proporção, os solos sempre se deformam sob efeito de cargas externas: quando esta deformação é diferenciada ao longo das fundações e do plano da edificação, conceitua-se o recalque diferencial. A partir deste, tensões de grande intensidade são introduzidas na estrutura, o que pode resultar no aparecimento de fissuras (THOMAZ, 1989).

Milititsky, Consoli e Schnaid (2008) esquematizam (Figura 12) a patologia de fundações através das diversas considerações e conceitos envolvidos na interação solo-fundação, aplicados tanto para a concepção do projeto de fundação quanto para a sua execução, tendo em vista os diferentes tipos de fundação existentes e as particularidades únicas a cada terreno.

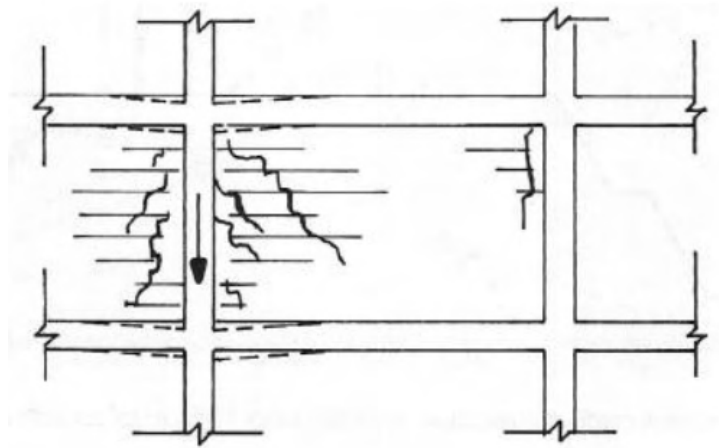
Figura 12 – Fluxograma das etapas de projeto e execução e possíveis causas de problemas



Fonte: MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2008.

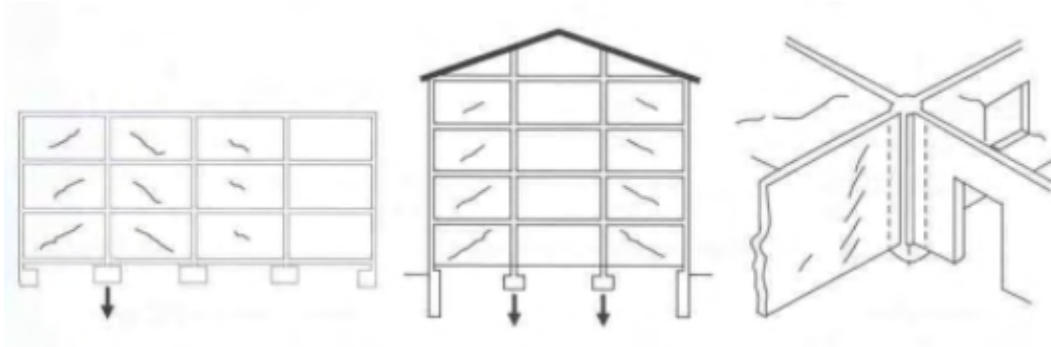
Como as fundações normalmente estão vinculadas a elementos na superestrutura, os efeitos dos recalques diferenciais comumente são visíveis por meio de fissuras inclinadas em ângulo de aproximadamente 45° em direção aos pilares que sofrem maior recalque (ORTIZ, 1984 *apud* MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2008), de acordo com a Figura 13. Outras fissuras típicas de recalque de fundação, observadas em paredes internas da edificação, podem ser visualizadas na Figura 14.

Figura 13 – Configuração típica de trincas inclinadas em direção ao pilar que sofreu maior recalque



Fonte: THOMAZ, 1989.

Figura 14 – Configurações típicas de trincas de recalque de fundação em paredes internas



Fonte: ORTIZ, 1983 *apud* MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2008.

De modo semelhante, fissuras verticais e horizontais também podem ser geradas a depender da natureza do esforço provocado pela movimentação, que pode indicar flexão, torção e cisalhamento dos elementos da edificação. Observar a configuração dessas fissuras é imprescindível para determinar de que modo o recalque ocorre e, a partir disso, investigar as possíveis causas (THOMAZ, 1989).

Podem ser diversas as causas para ocorrência de recalques além dos admissíveis, especialmente recalques diferenciais. Conforme relata Thomaz (1989), tais condicionantes recorrentes em edificações podem tanto afetar diretamente o desempenho estrutural das fundações quanto alterar as condições para as quais foram previstas. Tais casos podem estar compreendidos entre:

- Fundações com erros de dimensionamento ou falhas construtivas em geral;
- Fundações contínuas solicitadas por carregamentos desbalanceados;

- Fundações assentadas em regiões de corte e/ou aterro;
- Interferências no bulbo de tensões;
- Falta de homogeneidade do solo (que pode também sugerir possível deficiência de investigação geotécnica);
- Rebaixamento de lençol freático e movimentações de águas subterrâneas;
- Emprego de diferentes sistemas de fundação em uma mesma construção;
- Contração do solo devido à retirada de água por vegetação próxima;
- Problemas atípicos como afundamentos localizados (ocorrência de dolinas).

4. METODOLOGIA

4.1 Apresentação do objeto de trabalho

O presente trabalho utiliza como objeto de estudo duas edificações educacionais localizadas no Centro Educacional de Pesquisa Aplicada (CEPA), compreendidas, através do mais recente mapa de risco divulgado (Figura 15), dentre as zonas indicadas como de Criticidade 00: área de fraturamento intenso, processos erosivos e manifestações patológicas estruturais já identificadas (PREFEITURA MUNICIPAL DE MACEIÓ, 2020).

Figura 15 – Localização das edificações dentro do mais recente mapa de risco (2020)



Fonte: Adaptada de PREFEITURA MUNICIPAL DE MACEIÓ, 2020.

Em destaque as seguintes edificações identificadas pela respectiva instituição de ensino em funcionamento logo antes de sua interdição:

- A – EE Professor José Vitorino da Rocha: trata-se de uma edificação institucional constituída de 12 salas de aula, divididas em um único bloco de pavimento térreo e superior, constituindo 11.113,91 m² de área do terreno, 1.867,10 m² de área construída e 2.013,90 m² de área de cobertura;
- B – EE José Correia da Silva Titara: trata-se de uma edificação institucional constituída de 15 salas de aula e setores administrativos, divididos em um único bloco

contendo um pátio central, dois pátios laterais, dois corredores laterais e dois corredores anexos. Possui pavimento térreo e superior. Totaliza 11.113,91 m² de área do terreno, 6.742,43 m² de área construída e 3.783,66 m² de área de coberta.

Para as finalidades de acesso às edificações, disponibilização dos projetos, informação e histórico das mesmas, estabeleceu-se contato com o Departamento de Engenharia da Secretaria de Estado da Educação (SEDUC), cuja sede está localizada no mesmo complexo.

Esses objetos de estudo foram escolhidos perante a oportunidade de acesso e a certeza de que seriam encontradas manifestações patológicas referentes ao fenômeno geológico, pois já haviam sido previamente avaliados pela Defesa Civil de Maceió e, conseqüentemente, interditados.

4.1.1. Levantamento de documentos e informações

Uma das etapas necessárias para a avaliação e caracterização do objeto de estudo consiste na síntese de informações e dados prévios importantes. Para tal, foram realizadas entrevistas com responsáveis ou usuários das edificações em questão, de modo a obter uma perspectiva dos seguintes fatores:

- Idade aproximada das edificações;
- Histórico da construção (reformas, alterações, aparecimento de outras manifestações);
- Projetos, laudos e outros documentos relacionados às edificações;
- Condições de uso e manutenção;
- Características estruturais (tipo de estrutura, tipo de fundação);
- Condições do ambiente e do entorno (construções vizinhas, rede elétrica, de água e saneamento, vegetação).

Inicialmente, observa-se que ambas as edificações são classificadas como institucionais de gestão pública e foram construídas em um mesmo terreno. Por estarem inseridas em um complexo educacional, as construções próximas também são outras escolas e prédios administrativos da Secretaria do Estado da Educação (SEDUC). Considera-se que as edificações possuíam controle de uso e manutenção regulares conforme a administração e gestão da SEDUC. Vale ressaltar também que a EE José Correia da Silva Titara é de 3 a 4 vezes maior em área construída que a EE Professor José Vitorino da Rocha (Quadro 3).

Quadro 3 – Anamnese de informações das escolas

EE José Correia da Silva Titara	
Ano de Construção	1869
Idade da Edificação	150 anos
Última Reforma (Projeto)	2011
Interdição	2019 (Parcial), 2021 (Total)
Estrutura	Concreto Armado
Fundação	Não Informado/Identificado
Área Construída	6.742,43 m ²
EE Professor José Vitorino da Rocha	
Ano de Construção	1950 a 1970
Idade da Edificação	50 a 70 anos
Última Reforma (Projeto)	2006
Interdição	2019 (Total)
Estrutura	Concreto Armado
Fundação	Não Informado/Identificado
Área Construída	1.867,10 m ²

Fonte: Autor, 2021

Através das informações coletadas por anamnese (Quadro 3) também é identificado que as edificações foram construídas em diferentes momentos no Século XX, sendo o prédio da EE José Correia da Silva Titara o mais antigo dentro do complexo, construído antes mesmo de sua instalação. Embora esta edificação já possua mais de 150 anos, ela também sofreu inúmeras reformas e ampliações ao longo desse tempo, estendendo sua vida útil e renovando seus subsistemas periodicamente.

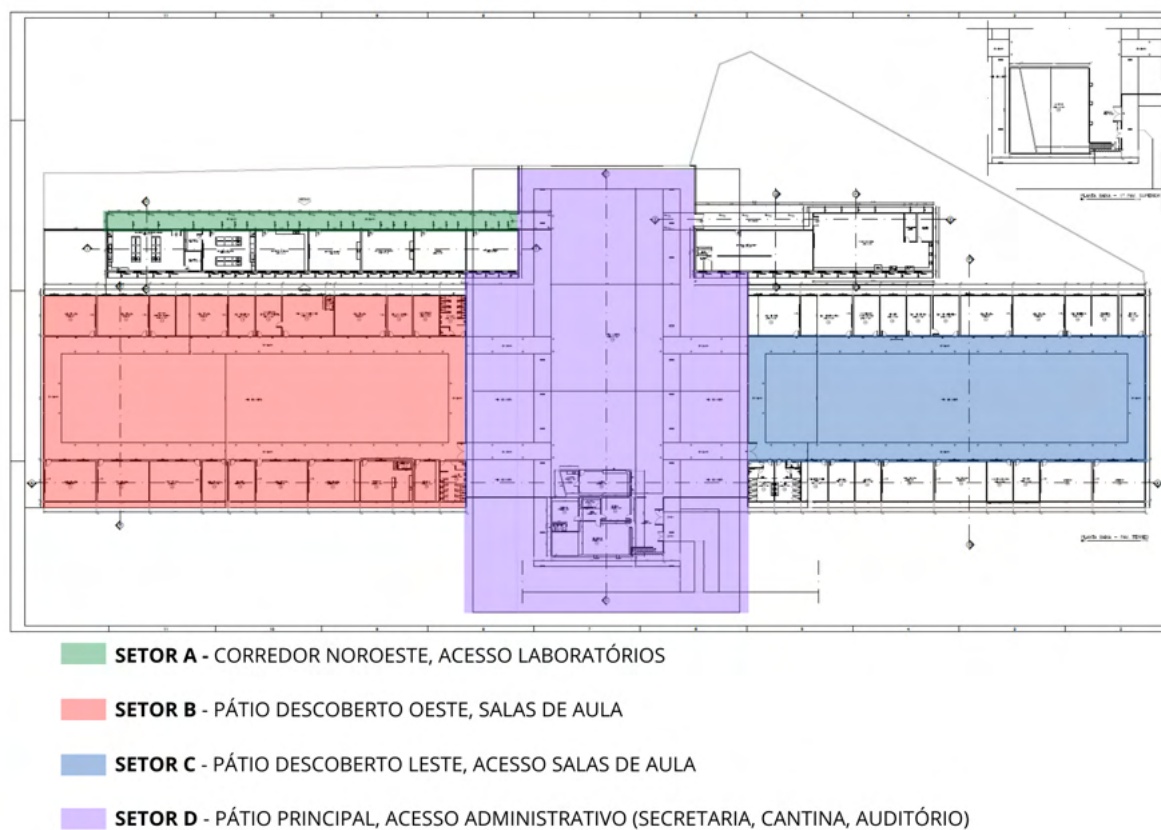
Foram disponibilizados também pela SEDUC os projetos arquitetônicos das escolas, cuja versão mais recente data da época da última reforma planejada e executada em cada uma. Desde então, permaneceram em uso, sem grandes queixas de problemas que poderiam inviabilizar suas atividades, até suas respectivas interdições pela constatação de diversas fissuras de considerável magnitude e correlação com o fenômeno geológico. A interdição foi inicialmente declarada como total para a EE Professor José Vitorino da Rocha, porém parcial

para a EE José Correia da Silva Titara: o setor C da edificação continuou temporariamente em funcionamento por alguns funcionários administrativos da SEDUC, até sua interdição total.

4.1.2. Setorização

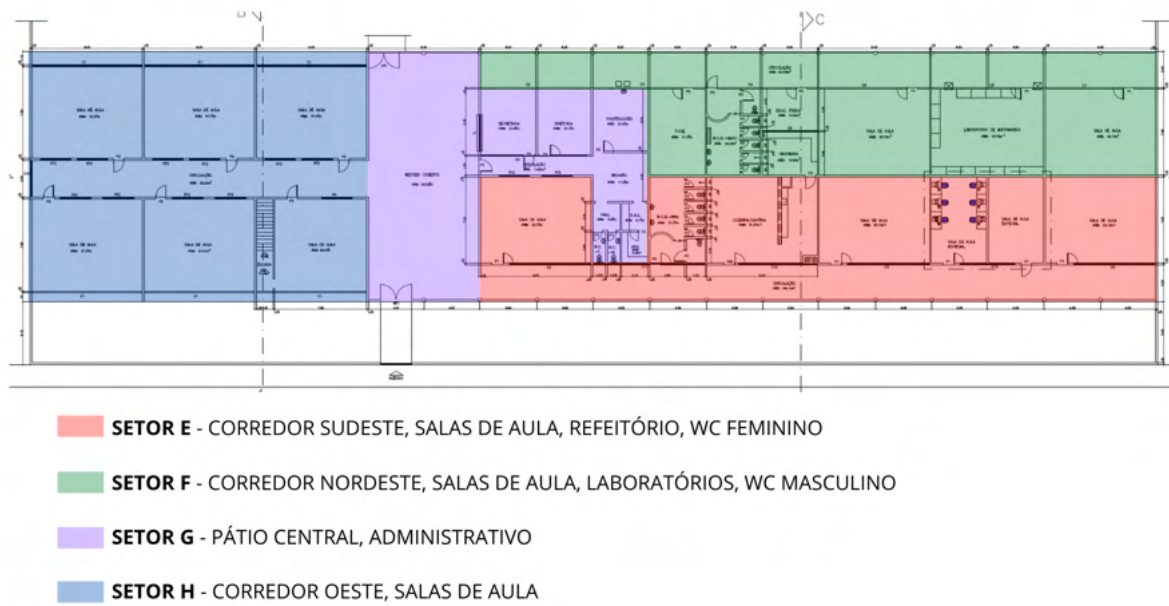
A partir da planta baixa arquitetônica disponibilizada para cada escola, foi realizada uma setorização conforme as Figuras 16 e 17, para auxiliar na organização do roteiro de inspeção e dos dados em geral, visando melhor terminologia para compreensão e localização das fissuras.

Figura 16 – Setorização da EE José Correia da Silva Titara



Fonte: Autor, 2021.

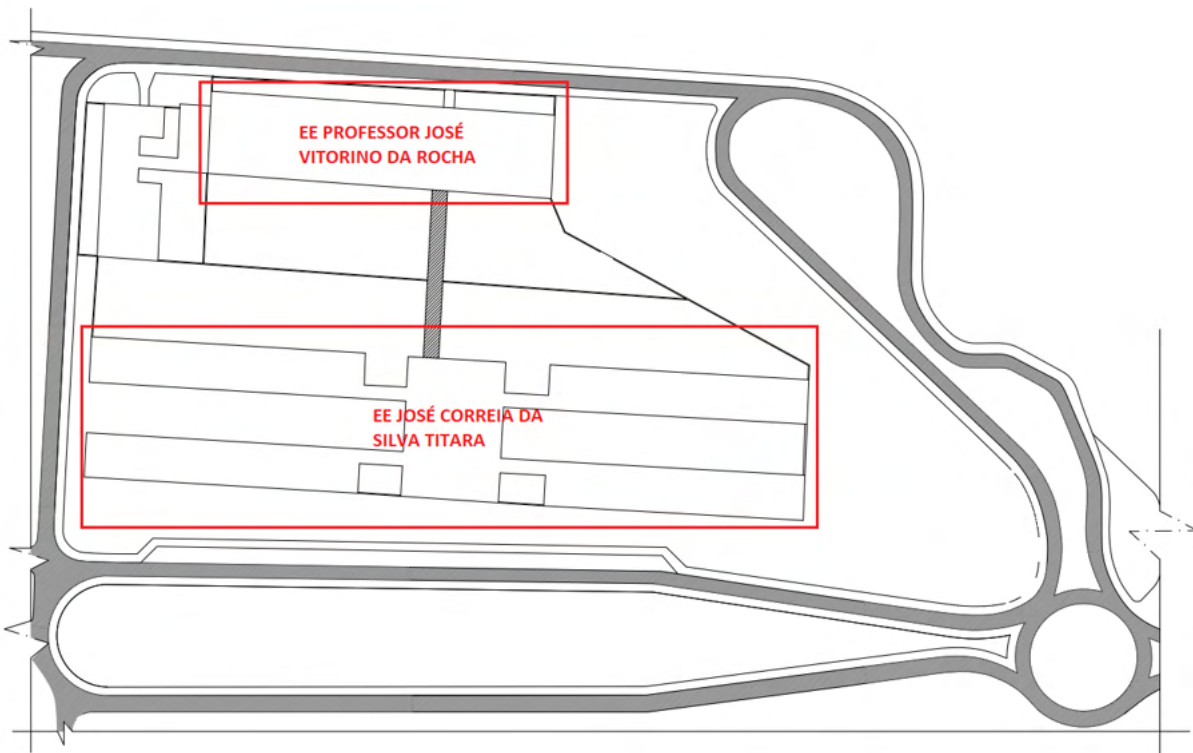
Figura 17 – Setorização da EE Professor José Vitorino da Rocha



Fonte: Autor, 2021.

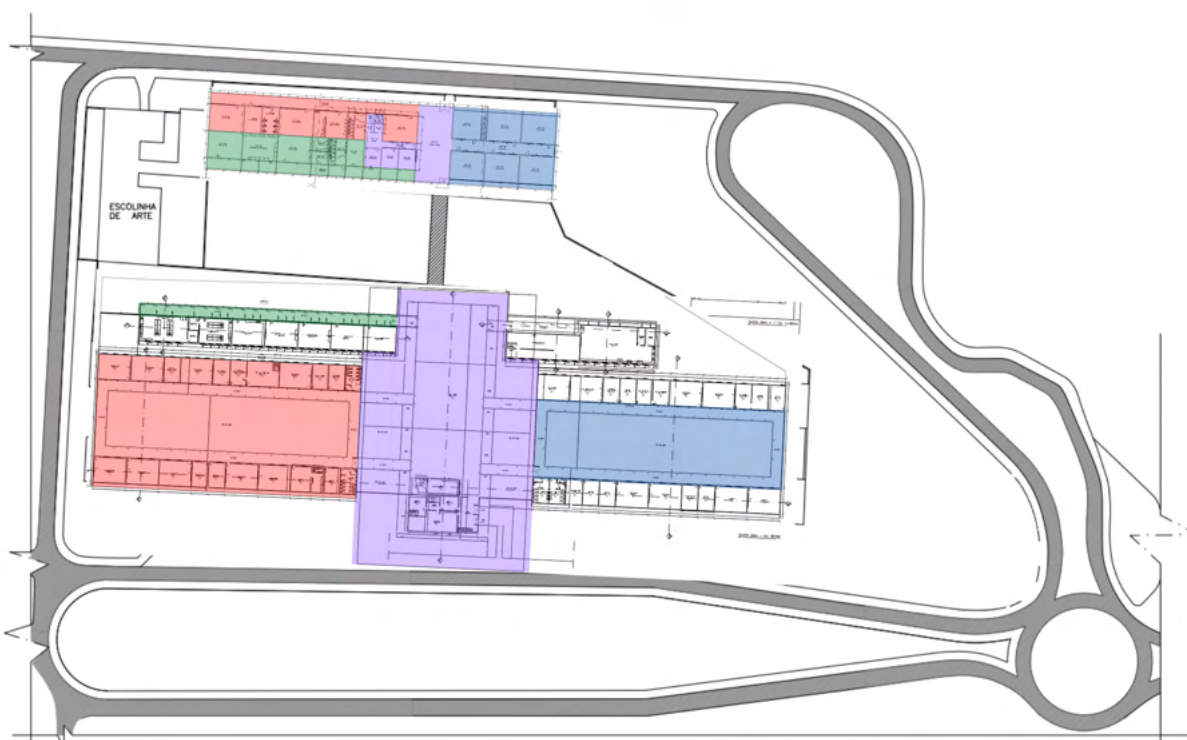
As figuras 18 e 19 ilustram, respectivamente, a locação das edificações e de seus setores conforme a planta de situação fornecida.

Figura 18 – Visualização das edificações conforme planta de situação (sem escala)



Fonte: Autor, 2021.

Figura 19 – Visualização da setorização conforme planta de situação (sem escala)



Fonte: Autor, 2021.

4.2. Execução das vistorias

Esta etapa consiste na visita aos locais supracitados para a realização das avaliações necessárias. Pretendeu-se através disso, obter o registro fotográfico das manifestações patológicas presentes, assim como a identificação e esquematização necessária para o desenvolvimento da análise e do diagnóstico.

É imprescindível o exame cuidadoso da edificação, que vem a depender da sensibilidade do técnico e, eventualmente, de verificações expeditas com o emprego de equipamentos específicos pertinentes para cada caso. Para a execução da vistoria, definição dos instrumentos utilizados e demais práticas adotadas tanto para esta etapa de levantamento quanto para a subsequente análise e elaboração do diagnóstico, foram considerados os seguintes fatores (BRE, 1978 *apud* THOMAZ, 1989):

- a. incidência, configuração, comprimento, abertura e localização da trinca;
- b. idade aproximada da trinca, do edifício e época em que foi construído;
- c. se a mesma aprofunda-se por toda a espessura do componente trincado;

- d. se trinca semelhante aparece em componente paralelo ou perpendicular àquele em exame;
- e. se trinca semelhante aparece em pavimentos contíguos;
- f. se trinca semelhante aparece em edifício vizinho;
- g. se o aparecimento da trinca é intermitente ou se sua abertura varia sazonalmente;
- h. se a trinca já foi reparada anteriormente;
- i. se ocorreu alguma modificação profunda nas cercanias da obra;
- j. se no entorno da trinca aparecem outras manifestações patológicas, como umidade, descolamentos, manchas de ferrugem e de bolor, eflorescências, etc;
- l. se nas proximidades da trinca existem tubulações ou eletrodutos embutidos;
- m. se existem na obra caixilhos comprimidos;
- n. se as trincas manifestam-se preferencialmente em alguma das fachadas da obra;
- o. se existem deslocamentos relativos (para fora ou para dentro) na superfície do componente trincado;
- p. se a abertura da trinca é constante ou se ocorre estreitamento numa dada direção;
- q. se a trinca é acompanhada por escamações indicativas de cisalhamento;
- r. se está ocorrendo condensação ou penetração de água de chuva para o interior do edifício;
- s. se o edifício está sendo corretamente utilizado.

Tendo em vista o caráter essencial da realização das vistorias para o levantamento de subsídios, foram realizadas duas visitas às edificações previamente indicadas e descritas como instrumento deste trabalho. Conforme indica o Quadro 4, as vistorias foram realizadas em um intervalo de 6 meses entre si, de modo que fosse possível, na segunda visita, constatar variações nas fissuras observadas no momento anterior. Entretanto, diversos setores das edificações puderam ser observados e registrados somente durante uma única visita, pois estavam indisponíveis para acesso durante a execução da outra. Além disso, a segunda visita também contou com o uso de equipamentos com melhor precisão para execução das leituras.

Quadro 4 – Data de execução das vistorias

VISTORIA	DATA	SETORES OBSERVADOS
1ª Visita	12 de janeiro de 2021	A, E, F, G e H
2ª Visita	14 de julho de 2021	B, C, D, E, F e G

Fonte: Autor, 2021.

4.2.1. Critérios de vistoria

Partindo do pressuposto de que as manifestações patológicas características decorrentes do processo de subsidência (ou de movimentações do sistema solo-fundação em geral) são majoritariamente fissuras, foi delimitado o foco no registro, caracterização e observação dessas manifestações em específico.

De modo semelhante, trincas que puderam ser imediatamente interpretadas durante as vistorias como unicamente decorrentes de outros agentes, como trincas superficiais devido à ação da umidade, que certamente não são provocadas ou agravadas por movimentações do sistema solo-fundação, foram descartadas do estudo e não serão analisadas tendo em vista o escopo deste trabalho.

Além disso, vale ressaltar que o aparecimento das fissuras pode estar atrelado a diversos fatores que contribuem para sua configuração. Utiliza-se como exemplo, na Figura 20, uma rachadura presente no muro da EE Professor José Vitorino da Rocha, que possivelmente foi provocada pela combinação das movimentações do solo e do crescimento das raízes de árvores adjacentes ao elemento, gerando esforços de tração.

Figura 20 – Fissura no muro da EE Professor José Vitorino da Rocha



Fonte: Autor, 2021.

Acerca dos ambientes avaliados (ver setorização, item 4.1.2, Figuras 16 e 17), foram observadas apenas regiões acessíveis nas edificações. O acesso e circulação em certas regiões não incluídas nos setores delimitados foi inviabilizado por conta do acúmulo de materiais, entulho ou vegetação, portas trancadas sem possuir a chave ou até mesmo pela permissão de acesso negada devido à presença de itens de patrimônio das escolas ou da SEDUC, como carteiras, mesas e computadores que ainda estavam no local.

Por fim, vale ressaltar que foi acordado pelo não uso de métodos destrutivos para a coleta de insumos para a análise das edificações, visando conservá-las ao máximo durante a execução das vistorias.

4.2.2. Roteiro de inspeção

Durante a execução das vistorias, era inicialmente definido qual setor seria avaliado em cada instância. Considerando tais indicadores e critérios citados anteriormente, adotou-se um roteiro de inspeção para a avaliação e coleta de dados *in loco*, descrito a seguir:

- a. definido o setor a ser observado, os ambientes foram vistoriados, observando cautelosamente os elementos construtivos presentes e seu estado, buscando a ocorrência de fissuras a serem registradas;
- b. ao ser encontrada uma fissura, procedeu-se à sua identificação com um código, realizando uma marcação visível no local. Em seguida, foram realizadas as leituras de abertura da fissura e de desvio de plano na superfície, caso fosse visível e mensurável, utilizando as ferramentas melhor aplicáveis para cada caso. Também foi indicada a configuração da fissura conforme a superfície em que está visivelmente inserida. Conjuntos de fissuras muito próximas entre si, agrupadas ou que sugerem certa continuidade nos mesmos elementos foram consideradas como uma única ocorrência;
- c. após a aferição dos dados de interesse, foi realizado o registro fotográfico da fissura, de modo a ser mostrado, principalmente, a marcação feita para identificá-la e sua configuração no local;
- d. tendo em vista a necessidade de mapeamento das fissuras, foi indicada em planta, através de um croqui, a localização aproximada da fissura;
- e. depois disso, repetiu-se o registro conforme os itens anteriores para todas as fissuras constatadas no determinado setor. Não havendo mais fissuras ou ambientes para observar e registrar, foi definido o setor seguinte para avaliação;

- f. as informações coletadas acerca das fissuras foram inseridas diretamente na ficha de visita elaborada especificamente para este roteiro, que também foi utilizada como planilha de dados para este trabalho (ver apêndice A).

4.2.3. Ferramentas utilizadas

Para a obtenção dos dados necessários, foram utilizadas as seguintes ferramentas durante a execução das vistorias:

- a. um celular com câmera fotográfica de 12 megapixels para o registro das imagens, bússola e sistema de posicionamento global (GPS) para georreferenciamento;
- b. trena com precisão em mm para aferição de valores de interesse;
- c. régua escolar com precisão em mm para aferição de valores de interesse;
- d. fissurômetro com precisão de até 0,05mm para aferição de valores de interesse;

Como a medição dos valores de interesse, como a abertura das fissuras, se mostrou extremamente variável de modo a inviabilizar a medida através de uma determinada ferramenta por conta de sua ordem de grandeza, foram adotados três instrumentos diferentes: a trena, a régua e o fissurômetro (Figura 21). A prioridade é utilizar o fissurômetro para realizar a medida de abertura das fissuras, por possuir melhor precisão. No entanto, para aberturas maiores que 1,5 mm, foi necessário aferir com régua ou trena.

Figura 21 – Ferramentas utilizadas em campo para coleta de valores de interesse



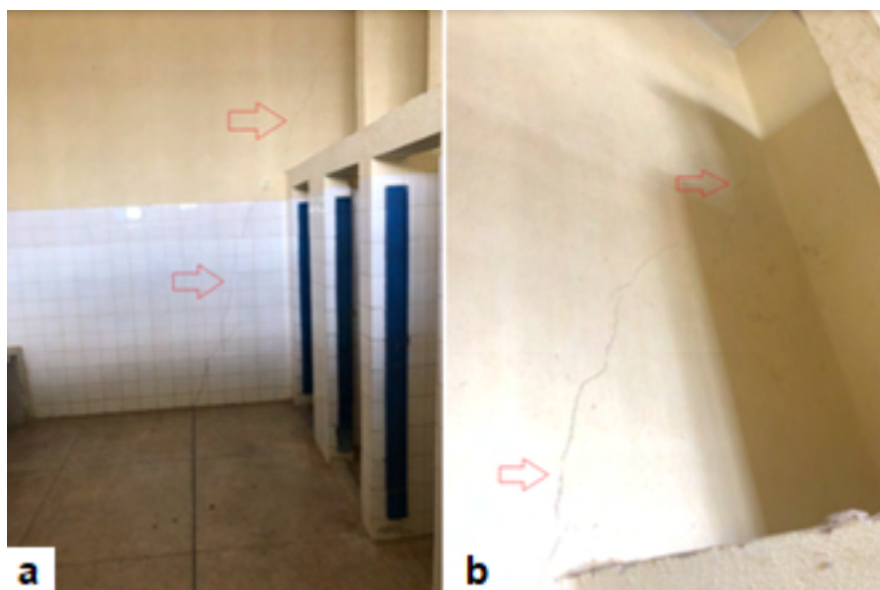
Fonte: Autor, 2021.

4.3. Registro fotográfico e mapeamento de fissuras

O procedimento de investigação e determinação das características apresentadas pelas manifestações patológicas é fortemente relacionado à pesquisa de casos semelhantes e consulta aos parâmetros pertinentes da literatura, buscando indicativos técnicos razoáveis para definir precisamente as anomalias e falhas presentes na edificação. Com esse objetivo, evidencia-se a necessidade do registro fotográfico: além de aferições em campo de indicadores que ajudem a caracterizar o problema, é essencial possuir o registro visual no local, para melhor entender o contexto em que determinada manifestação está inserida. Logo, além das aferições indicadas através da ficha apresentada como roteiro de inspeção, cada uma das fissuras avaliadas também foi devidamente registrada por uma série de fotos. Na Figura 22 é possível identificar a disposição de uma dessas fissuras.

Figura 22 – Exemplo de registro fotográfico de fissura:

(a) localização da fissura no ambiente, (b) configuração da fissura na superfície



Fonte: Autor, 2021

Como também procura-se identificar padrões, repetições e semelhanças entre as fissuras, outro instrumento utilizado para melhorar esta análise é o mapa de fissuras – conforme a planta baixa arquitetônica disponibilizada para cada escola. Esta análise das fissuras em planta tende a ser necessária para melhor simular sua localização e configuração, possibilitando a indicação de pontos ou eixos com maior ocorrência ou magnitude, além de proporcionar uma visão geral do estado da edificação.

4.4. Análise das manifestações e diagnóstico das edificações

Como indicado através dos procedimentos metodológicos anteriores, a observação das manifestações patológicas possui foco nas fissuras, por serem as ocorrências que podem decorrer de movimentações do solo e de fundação. Portanto, o desenvolvimento da análise e do diagnóstico utiliza como base os dados de interesse coletados durante as vistorias, o registro fotográfico das fissuras e seu mapeamento em planta baixa.

Na elaboração do mapa de fissuras, foram utilizados como base os projetos arquitetônicos disponibilizados, assim como as referências obtidas através de bússola ou sistema de posicionamento global (GPS), para identificar o norte do projeto e, portanto, a orientação aproximada das fissuras.

Vale ressaltar também a importância da revisão bibliográfica para utilizar como referência casos semelhantes, de modo a traçar um comparativo. Adicionalmente, devido ao caráter particular referente ao crime ambiental, também são considerados estudos, relatórios e informes técnicos especializados desenvolvidos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), pela Prefeitura Municipal de Maceió e por outros órgãos competentes para compreender de que forma este fenômeno age para o aparecimento dessas manifestações patológicas.

5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

5.1. Dados de campo

A partir da realização das duas vistorias nas escolas, foram coletados dados referentes às fissuras constatadas. No total, foram observadas 35 fissuras distribuídas entre as duas edificações e seus setores, como indicado nas Tabelas 2 e 3. A planilha completa com os dados de campo está disponível no apêndice A, contendo nela os seguintes parâmetros:

- Índice para a fissura em código para facilitar sua identificação. Adotou-se uma simples nomenclatura que indica em qual edificação está localizada (“T” para a EE José Correia da Silva Titara e “V” para a EE Professor José Vitorino da Rocha) e sua ordenação conforme foram sendo encontradas durante a vistoria;
- Leituras de abertura da fissura em cada vistoria. Um dos principais parâmetros que indica a magnitude da fissura.
- Leituras de desvio no plano. Indica se a fissura está acompanhada de algum deslocamento considerável do elemento em relação ao plano em que está inserido.
- Configuração da fissura para a(s) superfície(s) ou elemento(s) em que está inserida.
- Localização da fissura conforme planta da edificação, utilizando como referência os ambientes e a setorização (ver item 4.1.2)

Adicionalmente, também foram inseridas no apêndice B (Quadro B.1) as imagens referentes ao registro fotográfico das fissuras, que também foi realizado durante as visitas. Tais figuras estão dispostas em formato de álbum, para que seja possível visualizar o estado real das manifestações e dos elementos afetados.

Tabela 2 – Distribuição das fissuras constatadas por edificação

EDIFICAÇÃO	Nº DE FISSURAS CONSTATADAS
EE José Correia da Silva Titara	24
EE Professor José Vitorino da Rocha	11
Total	35

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 7 – Distribuição das fissuras constatadas por setor

SETOR	Nº DE FISSURAS CONSTATADAS
A	6
B	14
C	4
D	0
E	7
F	3
G	1
H	0
Total	35

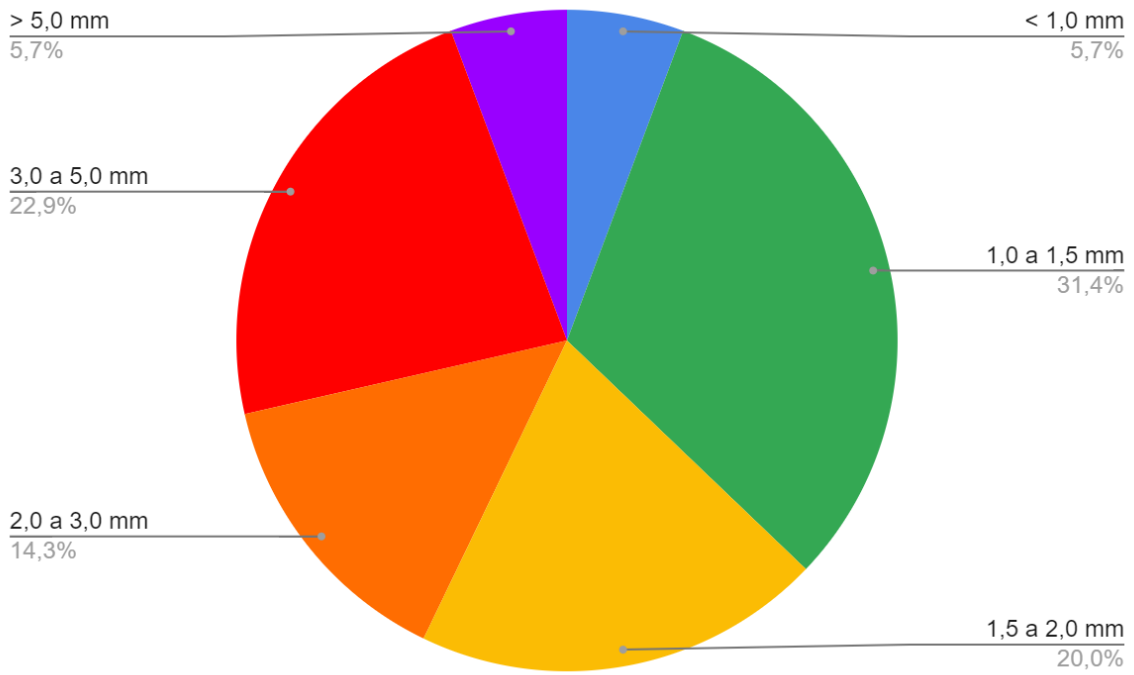
Fonte: Autor, 2021.

Observa-se, portanto, que a escola com maior quantidade de fissuras constatadas é a EE José Correia da Silva Titara, que também possui maior área. Além disso, percebe-se uma concentração de ocorrências nos setores A, B e E.

Acerca da magnitude, pode-se avaliar através das figuras 23 e 24 a distribuição em intervalos para as leituras de abertura e desnível – considerando, preferencialmente, os dados da visita mais recente (14/07), realizada com o auxílio de equipamentos com maior precisão.

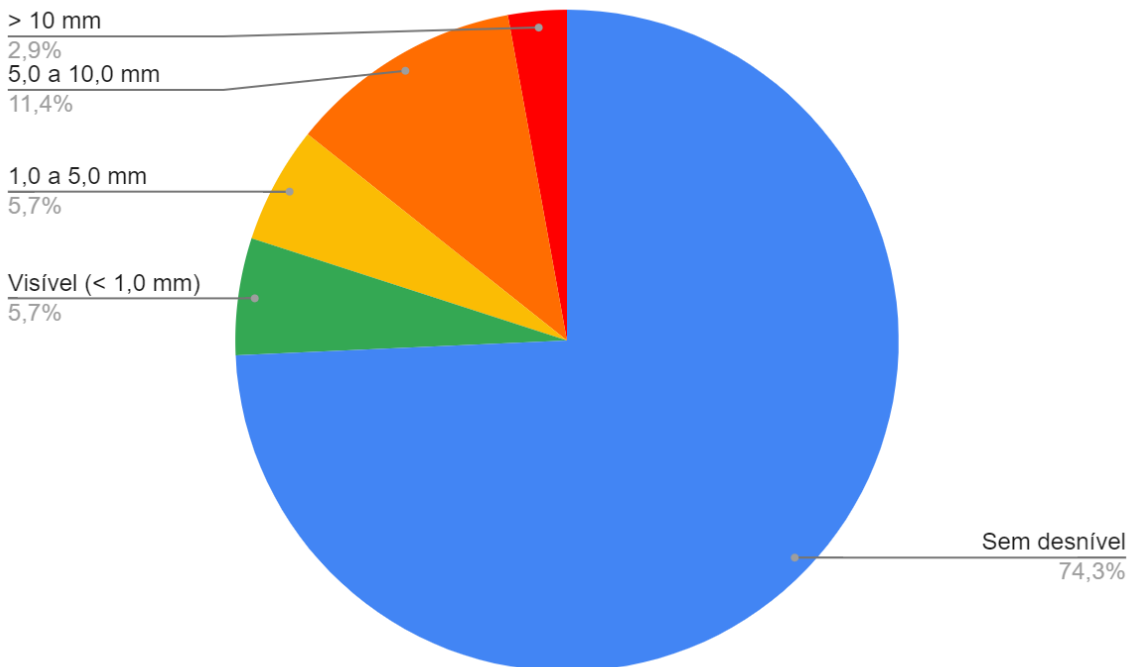
Dessa forma, considera-se que a maioria das fissuras – aproximadamente 75% – não possui desnível algum, estando restritas ao(s) plano(s) em que estão inseridas. No entanto, é possível identificar que as aberturas estão bem distribuídas entre leituras que variam de 1,0 a 5,0 mm – aproximadamente 90% dos valores das aberturas das fissuras constatadas estão inclusos nesse intervalo.

Figura 23 – Distribuição das leituras de abertura das fissuras



Fonte: Autor, 2021.

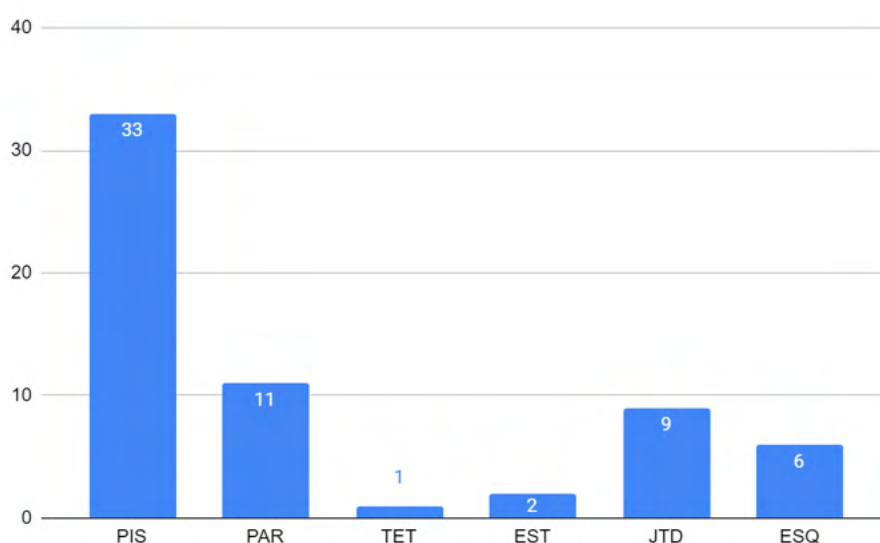
Figura 24 – Distribuição das leituras de desnível das fissuras



Fonte: Autor, 2021.

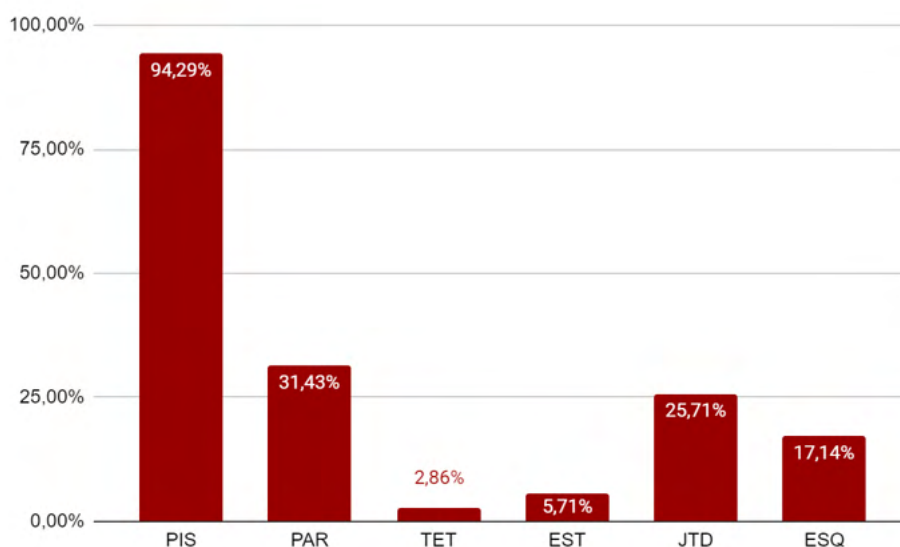
Por fim, a distribuição de configurações das fissuras pode ser visualizada através do histograma na figura 25. Vale ressaltar que esse histograma considera que uma mesma fissura pode estar contínua em diversos elementos, como a fissura V2, que se estende tanto no piso quanto na parede (ver apêndice B, figuras B.49 e B.50). Portanto, a figura 26 relaciona a quantidade de ocorrências com o valor total de fissuras, para avaliar a parcela das fissuras que está configurada em cada tipologia. Dessa forma, imediatamente entende-se que quase todas as fissuras – cerca de 95% – estão compreendidas pelo menos no piso do pavimento térreo das edificações.

Figura 25 – Histograma de configuração das fissuras



Fonte: Autor, 2021.

Figura 26 – Relação das ocorrências de configuração com o total de fissuras

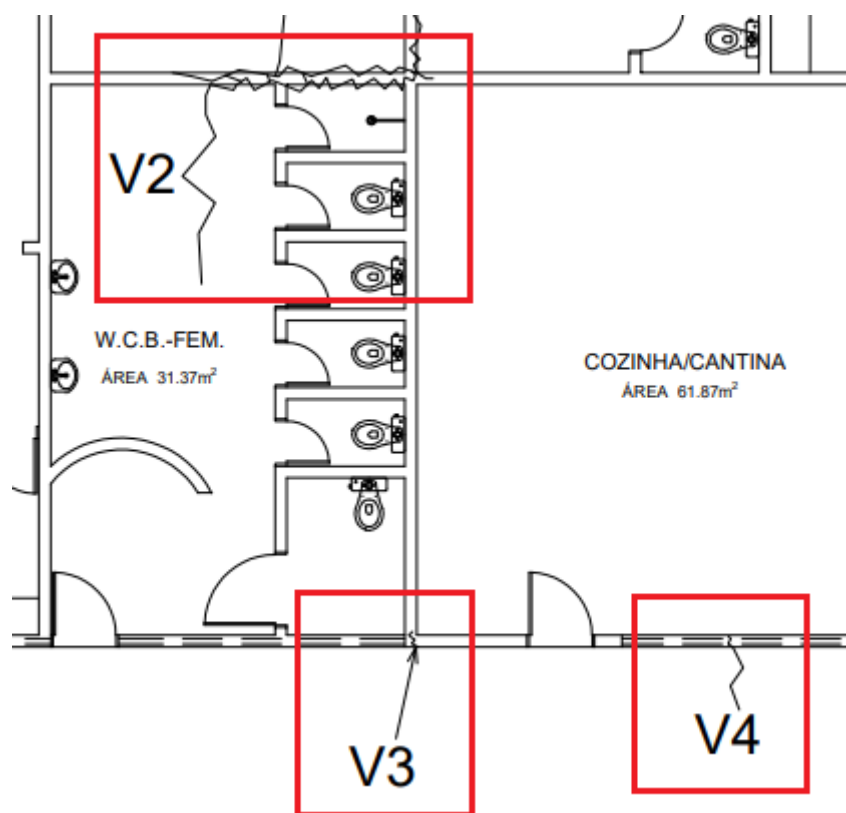


Fonte: Autor, 2021.

5.2. Mapa de fissuras

O mapa de fissuras, utilizado como ferramenta complementar para compreender a distribuição em planta das fissuras e sua concentração em determinadas regiões das edificações, foi elaborado através de um croqui de campo com representações aproximadas da localização, extensão e direção das fissuras, de modo a resumir tais características cujo detalhamento mais preciso não foi possível. Como foi constatado que a maior parte das ocorrências está inserida no piso do pavimento térreo, foi utilizado como referência as plantas arquitetônicas destes pavimentos em cada edificação, fornecidas durante a etapa de anamnese de dados. Dessa forma, cada uma das fissuras foi devidamente representada (Figura 27). O mapeamento de fissuras completo pode ser conferido no apêndice C.

Figura 27 – Exemplos de ocorrências representadas no mapa de fissuras (EE Professor José Vitorino da Rocha, setor E, sem escala)



Fonte: Autor, 2021.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DIAGNÓSTICO

6.1. O Estado das edificações

Ambas as escolas estudadas, durante a época de realização deste trabalho, já se encontravam fora de uso. As primeiras manifestações patológicas constatadas datam do início de 2019 e por volta desta época, a partir de vistorias realizadas pela Defesa Civil da cidade de Maceió e pela CPRM, decidiu-se realocar as atividades educacionais das escolas devido ao risco estipulado.

Observa-se, a partir da anamnese, que ambas as edificações estudadas são originalmente muito antigas. Porém, não há informações suficientes acerca dos seus ciclos de uso, reformas e manutenção: considera-se que devem ter sido realizadas várias intervenções em seus sistemas ao longo dos anos, de modo a estender ou renovar sua vida útil. É possível também que muitos de seus elementos tenham sido totalmente trocados ou até mesmo reconstruídos. Portanto, para fins de análise de patologia deste trabalho, utiliza-se como referência a data de elaboração dos projetos mais recentes disponibilizados pela SEDUC, que coincide com as últimas reformas realizadas em cada escola.

A EE Professor José Vitorino da Rocha foi a primeira a ser interditada, estando há aproximadamente dois anos sem qualquer uso, cuidado ou manutenção – além do armazenamento de alguns materiais. Logo, foram observadas diversas manifestações patológicas decorrentes da falta de limpeza e manutenção regulares. Tendo em vista que a última grande reforma realizada na escola data de 2006, é esperado também que muitos de seus sistemas já tenham atingido ou ultrapassado sua vida útil, o que favorece o aparecimento ou intensificação de certas ocorrências.

Já a EE José Correia da Silva Titara foi interditada posteriormente, estando com alguns setores ainda em atividade durante a realização da primeira vistoria (12 de janeiro de 2021). Por conta disso e por ter sido reformada mais recentemente, essa edificação aparenta estar mais bem preservada em comparação com a outra escola avaliada. No entanto, também é visível que algumas das manifestações patológicas observadas podem ter sido agravadas por conta da falta de manutenção ou do encerramento da vida útil de seus sistemas.

As figuras 28 e 29 retratam manifestações patológicas certamente decorrentes da incidência de chuva nos elementos. Embora sejam ocorrências desconsideradas para o escopo

deste trabalho, são importantes para compreender o estado atual das edificações e caracterizar outros possíveis problemas.

Figura 28 – Manchas e fissuras no muro da EE Professor José Vitorino da Rocha



Fonte: Autor, 2021.

Figura 29 – Manchas e fissuras em parede externa da EE José Correia da Silva Titara



Fonte: Autor, 2021.

6.2. Análise das fissuras conforme o fenômeno de subsidência

Como constatado através dos dados de campo e do registro fotográfico (apêndices A e B), as diversas ocorrências nas escolas possuem configuração e magnitude muito atípicas para serem unicamente decorrentes de agentes comuns, como falhas durante a execução ou a ação da umidade. Grande parte dessas fissuras possui abertura maior que 1,5 mm, inviabilizando até mesmo sua leitura através do fissurômetro utilizado durante as vistorias.

A fissura V11, que possui abertura de aproximadamente 7,0 mm, ilustra o caso: percebe-se que, além de abertura e desnível consideráveis, possui também grande extensão. A presença de acabamentos recentes que acompanham a fissura no piso de modo a “escondê-la” se caracteriza também como um indício importante: pode-se afirmar que o elemento em questão ainda estava a ser solicitado, de modo que essa manifestação patológica se tornou recorrente.

Figura 30 – Visualização da fissura V11



Fonte: Autor, 2021.

Essas feições no piso caracterizam quase todas as fissuras constatadas. No entanto, também foram observadas algumas configurações nas paredes. Vale ressaltar que a maior parte das ocorrências nas paredes estão acompanhadas de feições equivalentes ou contínuas também no piso, como é o caso das fissuras T9, V2 e V9, ilustradas na figura 31.

Figura 31 – Visualização das fissuras T9, V2 e V9



Fonte: Autor, 2021.

A fissura T23 também pode ser destacada por conta de sua configuração atípica em relação às demais (Figura 32). Além de estar configurada na laje de cobertura (teto) e na viga que a sustenta, possui também um grande desnível em relação ao seu plano. Observa-se que esta ocorrência acompanha uma descontinuidade – como muitas outras fissuras tendem a acompanhar pontos de fragilidade – onde há uma junta, de modo que tal elemento pode ter sido executado com falhas ou excepcionalmente solicitado, de modo que sua condição foi agravada por outros agentes, como as movimentações decorrentes da subsidência e a ação da umidade, por exemplo.

Figura 32 – Visualização da fissura T23



Fonte: Autor, 2021.

Vale ressaltar que a maioria das fissuras cujos valores de interesse foram coletados está localizada em ambientes internos da edificação. Também foram constatadas diversas manifestações patológicas nas fachadas das escolas. Entretanto, por possuírem configurações que podem facilmente remeter a diversas outros agentes, tais ocorrências não foram detalhadas neste trabalho. A figura 33 ilustra alguns desses casos, em que as fissuras são acompanhadas de manchas de bolor, marcas de fluxo d'água, inchamentos do revestimento, expansão de raízes, formigueiros e outros fatores.

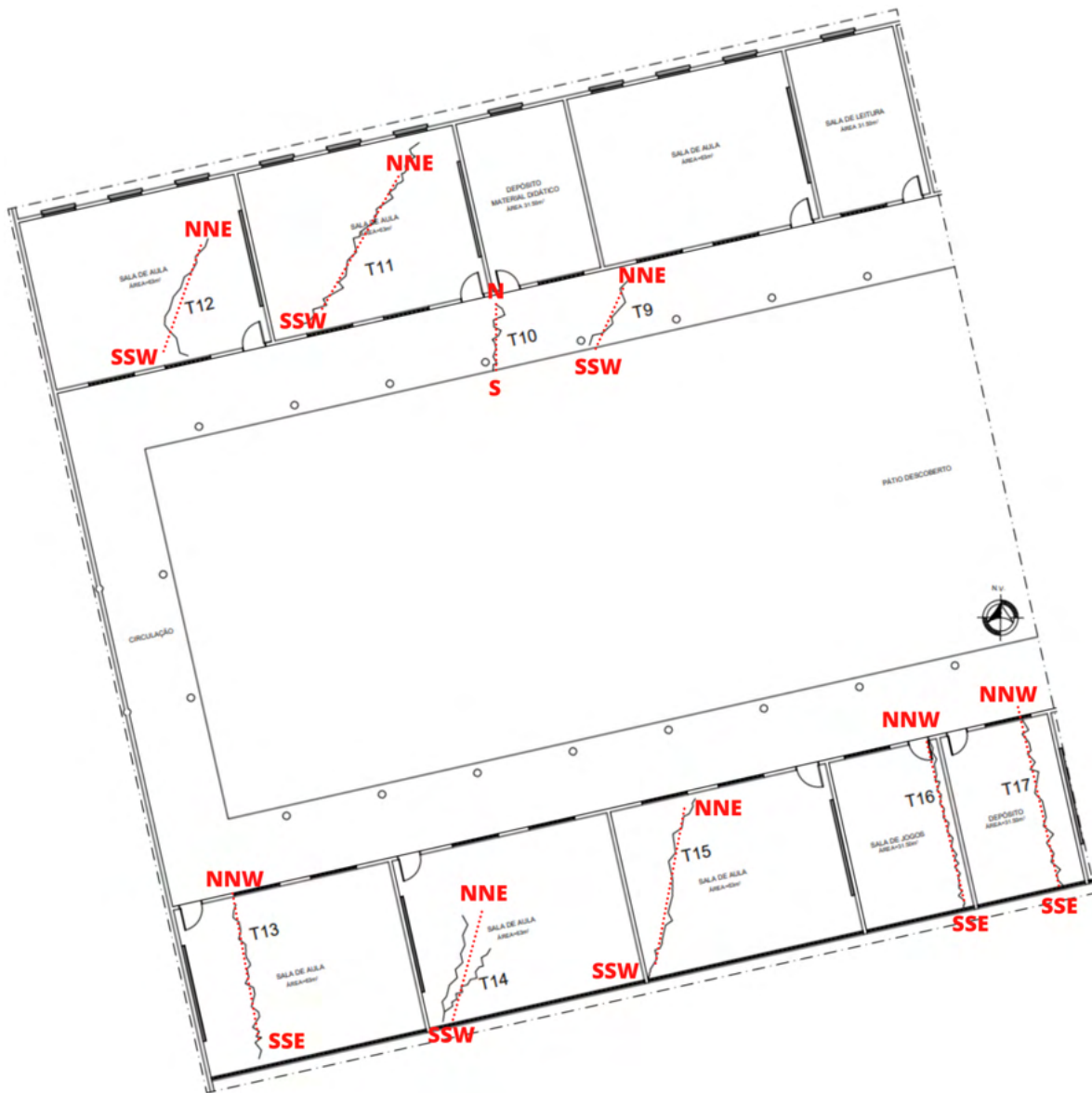
Figura 33 – Manifestações patológicas nas fachadas das edificações



Fonte: Autor, 2021.

Observando a configuração das fissuras mapeadas em planta, por estarem majoritariamente localizadas no piso, é perceptível que quase todas seguem o alinhamento N-S (norte – sul), NNW–SSE (norte noroeste – sul sudeste) ou NNE–SSW (norte nordeste – sul sudoeste). Tais direções de ocorrência das fissuras nas escolas são compatíveis com as orientações características constatadas pela CPRM em diversos locais da região afetada pela subsidência. As figuras 34 e 35 retratam a orientação aproximada das fissuras conforme o mapeamento.

Figura 34 – Orientação aproximada de fissuras no setor B (sem escala)



Fonte: Autor, 2021.

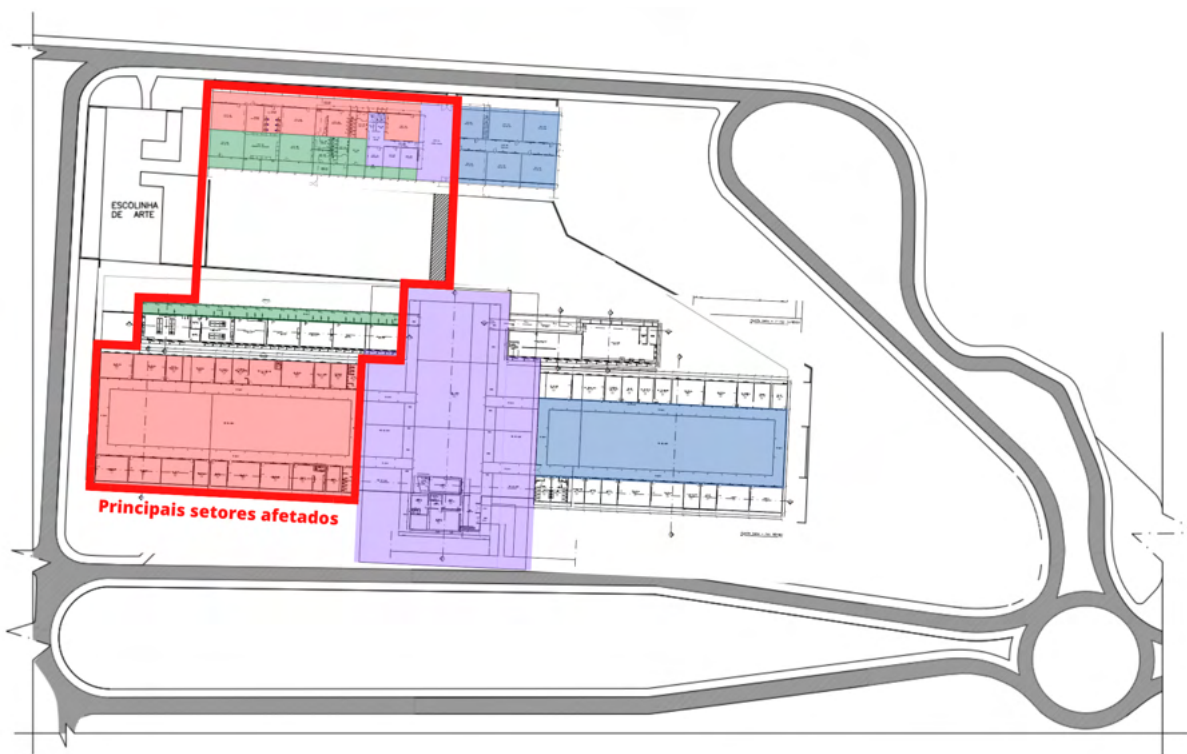
Figura 35 – Orientação aproximada de fissuras nos setores E e F (sem escala)



Fonte: Autor, 2021.

Percebe-se também que os setores em que as fissuras se concentram possuem certo alinhamento em comum com a orientação das fissuras, sugerindo uma continuidade de uma edificação para a outra (Figura 36).

Figura 36 – Principais setores afetados (sem escala)



Fonte: Autor, 2021.

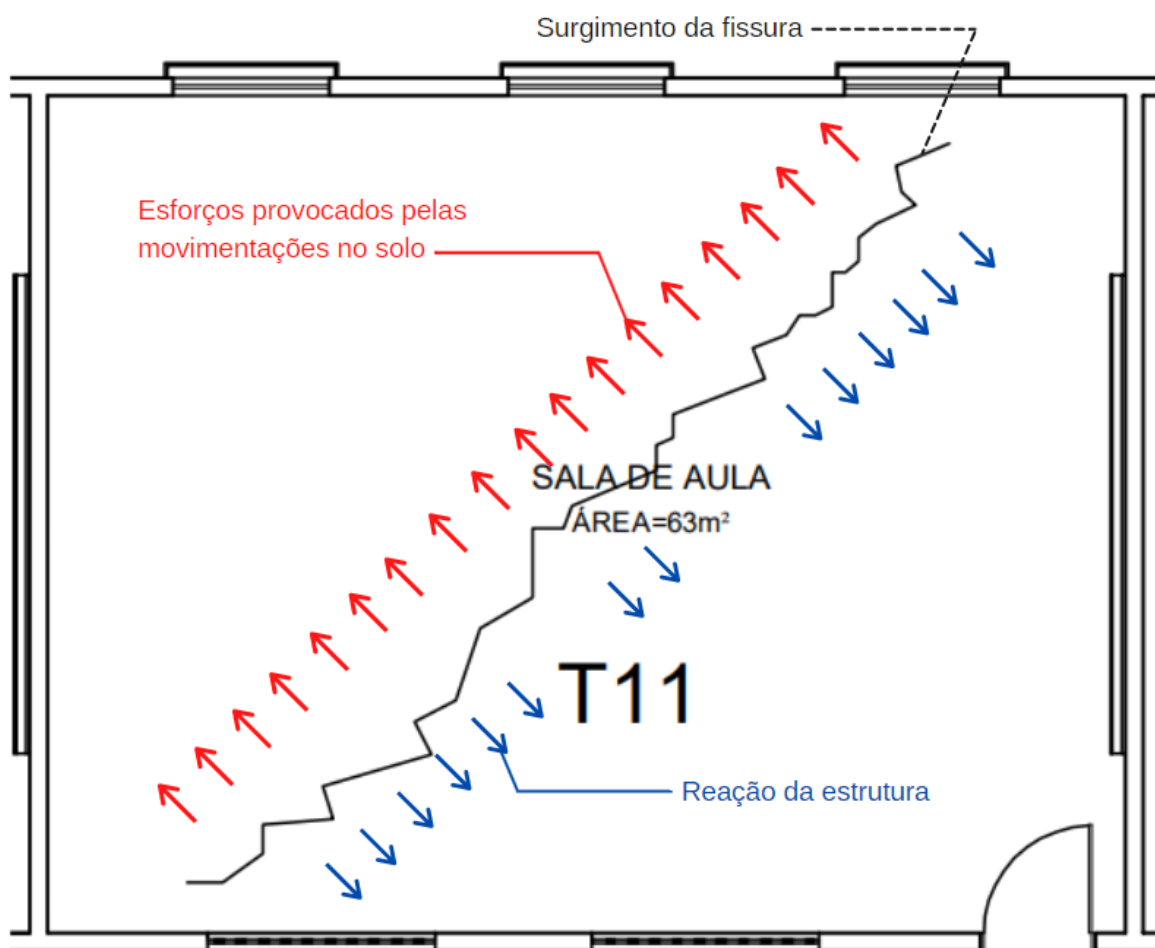
Tendo em vista a mecânica da subsidência e as movimentações nas quais as edificações podem estar sujeitas, é possível relacionar a ocorrência dessas manifestações patológicas com o efeito do deslocamento do solo nas edificações. Entretanto, vale ressaltar que a falta de informações acerca da disposição da estrutura e das fundações de cada escola limita esta análise.

Partindo do pressuposto de que as fissuras características são, de fato, resultantes da movimentação do solo decorrente da subsidência, interpreta-se que ambas as escolas estão localizadas próximas à zona estável no planalto do tabuleiro maceioense, estando sujeitas, portanto, à ação de um vetor de deslocamento no solo cuja componente horizontal é predominante.

Como as edificações estudadas se localizam à sudeste do ponto focal da subsidência na planície lagunar da Laguna Mundaú, onde os deslocamentos são mais intensos e verticais (conforme Figuras 5 e 6, item 2), considera-se que tais movimentos, em planta, são constituídos por vetores orientados aproximadamente de sudeste a noroeste, de modo que a maioria das fissuras deve aparecer no sentido perpendicular (nordeste – sudoeste).

Dessa forma, as fissuras predominantemente presentes no piso serão resultantes de um esforço de tração em seus elementos constituintes: o terreno se movimenta de modo que a estrutura associada tenta acompanhar, gerando esforços para os quais esses componentes não foram previstos para suportar. A figura 37 ilustra esta hipótese, representando uma possível dinâmica nas edificações que resulta no aparecimento dessas manifestações patológicas.

Figura 37 – Esquemática dos esforços que geram as fissuras



Fonte: Autor, 2021.

Levando em conta a complexidade desses movimentos no solo e em como eles se traduzem na superfície, é esperado que ocorram certas variações nas características das manifestações patológicas analisadas, como a distribuição das leituras de abertura e a ocasional presença de desníveis e diferentes configurações (fissuras nas paredes, acompanhando esquadrias e juntas; fissuras com outras orientações).

Um parâmetro importante para esta análise seria identificar se as fissuras constatadas ainda permanecem ativas, ou seja, perceber variações nas leituras realizadas em diferentes

momentos. Embora tenham sido realizadas duas vistorias com o intuito de avaliar tais diferenças, não foi possível obter resultados satisfatórios para concluir acerca da evolução de tais fissuras neste intervalo de 6 meses. Devido ao acesso limitado às escolas e o tempo disponível para a realização das vistorias – por conta da situação pandêmica – várias fissuras não obtiveram uma segunda leitura. Adicionalmente, a segunda visita contou com melhores instrumentos e práticas para aferição, o que dificulta a comparação entre esses valores.

Outra peculiaridade observada neste estudo é que apenas estas edificações, entre as diversas escolas presentes no conjunto educacional em que estão inseridas, apresentaram tais manifestações patológicas características – até a elaboração deste trabalho. Isso pode ter ocorrido por diversos fatores, como:

- Localização das escolas analisadas neste trabalho, que se encontram geograficamente mais próximas à planície lagunar em relação às demais dentro do complexo educacional;
- Idade das edificações, pois ambas as escolas são referidas como as mais antigas dentro do complexo;
- Presença de grandes formigueiros no terreno em que ambas foram construídas;
- Possíveis erros construtivos, falhas de projeto ou execução ou falta de manutenção que favoreceram o desenvolvimento das manifestações.

7. CONCLUSÃO

Tendo em vista o objetivo de estabelecer as características das manifestações patológicas nas edificações avaliadas, foi possível obter um resultado satisfatório. Foram coletados diversos dados referentes às ocorrências que permitiram sua análise conforme o escopo delimitado. A partir disso, a construção do diagnóstico pontuou aspectos cruciais para o entendimento do fenômeno de subsidência que afeta os bairros do Pinheiro, Mutange, Bebedouro, Bom Parto e continua a avançar para suas adjacências. Além disso, foi estabelecida uma correlação entre os resultados obtidos através desse trabalho e os relatórios e informes técnicos oficiais emitidos pela CPRM durante seu estudo dirigido ao problema. Foi constatado que as fissuras características estão principalmente presentes no piso, com abertura e desnível no plano variáveis. Tais ocorrências normalmente seguem uma orientação específica de modo a acompanhar a dinâmica de subsidência.

O “caso Pinheiro” se trata de uma tragédia em área urbana de dimensões sem precedentes no país e que ainda está em curso, afetando milhares de famílias na capital alagoana. Pode-se afirmar, com base nas análises desenvolvidas, que a magnitude tanto das manifestações avaliadas quanto das consequências do crime ambiental são de fato preocupantes: devido à natureza complexa do solo, é perceptível o risco associado às suas movimentações, que podem facilmente comprometer edificações. Percebe-se também que este caso é extremamente particular, não havendo muitos registros ou referências na literatura sobre acontecimentos semelhantes: o que dificulta também a condução de estudos relacionados e evidencia a importância do desenvolvimento de novos trabalhos para melhor qualificar este fenômeno.

Recomendações para trabalhos futuros:

- Avaliar outras construções afetadas em diferentes locais e zonas, de modo a constatar a presença de manifestações semelhantes;
- Investigar os mecanismos que contribuem para a complicação do crime ambiental;
- Acompanhar a evolução do processo de subsidência e seus efeitos nas edificações;
- Consultar novos relatórios e estudos técnicos especializados desenvolvidos para melhor caracterizar o problema;
- Elaborar propostas de solução urbanística para a região afetada, que se encontra quase completamente abandonada.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14037**: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Desempenho de edificações habitacionais – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16747**: Inspeção predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. Rio de Janeiro, 2020.
- CAVALCANTE, R. B. **Estudo de manifestações patológicas em construções no campus A. C. Simões**. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2013.
- HELENE, P. R. L. **Vida útil das estruturas de concreto**. v. 1 p. 1-30. Congresso Ibero-Americano de Patologia das Construções. Porto Alegre: 1997. Congresso de Controle de Qualidade. Porto Alegre: 1997. *In*: Anais, Porto Alegre: UFRGS, 1997.
- MARICATO, E. **O Ministério das Cidades e a política nacional de desenvolvimento urbano**. Políticas sociais – acompanhamento e análise, nº 12, IPEA, Brasília, fev. 2006, p. 211-220.
- MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. **Patologia das Fundações**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 207 p.
- OLIVEIRA, A. M. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização, Curso de Especialização em Gestão de Avaliações e Perícias, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
- OLIVEIRA, M. do R. **Itinerário geo-histórico das paisagens e dos lugares de Maceió**. In: ARAUJO, Lindemberg Medeiros (org). Geografia: Espaço, Tempo e Planejamento. Edufal, Maceió, 2004.
- PACHECO, L. S. **Contribuição ao estudo de sistemas de inspeção e conservação predial: levantamento de boas práticas e identificação de padrões de deterioração com base na análise de dados de laudos de inspeção**. Tese de Doutorado em Engenharia, Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- PINTO, C. de S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 367 p.

POSSAN, E.; DEMOLINER, C. A. **Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral**. Revista técnico-científica do CREA-PR, Curitiba, 1. ed., out. 2013. 14 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MACEIÓ. **Ações nos bairros Bebedouro, Mutange e Pinheiro: Cronologia**. Disponível em:

<<http://www.maceio.al.gov.br/defesacivil/defesa-civil-no-bairro-pinheiro/>>. Acesso em 13 jan. 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MACEIÓ. **Decreto nº 8699/2019, de 25 de março de 2019**. Declara estado de calamidade pública nas áreas do município de Maceió afetadas por subsidências e colapsos. Diário Oficial Eletrônico do Município de Maceió: Maceió, AL, ano 22, n. 5682, p. 2, 26 mar. 2019.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Estudos sobre a instabilidade do terreno nos bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro, Maceió (AL): volume I, relatório síntese dos resultados n. 1**. Maceió, abr. 2019. Disponível em:

<<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/21133>>. Acesso em: 12 jan. 2021.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Estudos sobre a instabilidade do terreno nos bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro, Maceió (AL): volume II-A – relatórios técnicos: mapa de feições de instabilidade do terreno**. Rio de Janeiro, mai. 2019.

Disponível em: <<https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/21134>>. Acesso em: 12 jan. 2021.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Informe técnico 01: monitoramento da instabilidade do terreno nos bairros Pinheiro, Mutange, Bebedouro e Bom Parto**.

Brasília, mar. 2020. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/21734>>. Acesso em: 13 jan. 2021.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Informe técnico 02: sobre as ações da CPRM no monitoramento da instabilidade do terreno nos bairros Pinheiro, Mutange, Bebedouro e Bom Parto**. Brasília, abr. 2020. Disponível em:

<<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/21733>>. Acesso em: 13 jan. 2021.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 1. ed. São Paulo: Coedição IPT/EPUSP/Editora Pini, 1989. 194 p.

THOMAZ, E. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. 1. ed. São Paulo: Editora Pini, 2001. 451 p.

APÊNDICE A - Dados de campo

Tabela A.1 - Planilha de dados de campo

Índice	Configuração					Superfície Visível												Localização									
	Abertura	Desnível	Abertura	Desnível	PIS	PRD	TET	EST	JTD	ESQ	Revestimento						Núcleo						Setor	Referência (Planta)			
	12/01	12/01	14/07	14/07							ARG	CER	GRA	FRR	ALV	PIL	VIG	LAJ									
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)																							
T1	1	-	-	-	X																				A	Corredor	
T2	2 a 3	-	-	-	X																					A	Corredor
T3	1 a 2	-	-	-	X																					A	Corredor
T4	1 a 2	-	-	-	X																					A	Corredor
T5	1	-	-	-	X																					A	Corredor

T6	1 a 2	-	-	-	X	X	X	X	X	A	Corredor
T7	-	-	6	Visível	X	X	X	X	X	B	Corredor e Sala de Aula
T8	-	-	2,0 a 3,0	-	X	X	X	X	X	B	Corredor e Sala de Aula
T9	-	-	1,0 a 1,5	-	X				X	B	Corredor
T10	-	-	1	-	X				X	B	Corredor
T11	-	-	2,0 a 3,0	-	X				X	B	Sala de Aula
T12	-	-	1,5 a 2,0	-	X				X	B	Sala de Aula
T13	-	-	1,0 a 1,5	-	X				X	B	Sala de Aula
T14	-	-	1	-	X				X	B	Sala de Aula

T15	-	-	1,5	-	X										B	Sala de Aula
T16	-	-	1,0 a 1,5	-	X		X		X						B	Sala
T17	-	-	1,0 a 1,5	-	X				X						B	Sala
T18	-	-	1,5 a 2,0	-	X				X						B	Sala de Aula
T19	-	-	1,5	-	X	X	X	X	X	X					B	Corredor e Sala de Aula
T20	-	-	1	-	X				X						B	Sala de Aula
T21	-	-	5	8	X				X						C	Corredor
T22	-	-	3	7	X				X						C	Corredor
T23	-	-	1,0 a 1,5	30			X	X	X			X	X		C	Corredor

T24	-	-	4	5	X											C	Corredor	
V1	1	-	0,7 a 1,5	-	X				X								E	Corredor
V2	3	-	4	4	X	X			X	X	X	X	X				E	WC Feminino
V3	< 1	-	0,3	-		X		X	X		X	X				X	E	Corredor (Próx. Refeitório)
V4	< 1	-	0,8	-	X	X					X	X					E	Corredor (Próx. Refeitório)
V5	1	-	2	Visível	X											X	E	Corredor e Sala 07
V6	2	-	2	-	X	X			X		X	X	X				E	Corredor e Sala de Aula Especial
V7	3 a 4	-	5	-	X											X	E	Corredor e Sala 08
V8	3	10	3	5	X	X			X	X	X	X					F	Corredor e S.O.E

V9	2 a 3	-	3	-	X	X		X	X	X	X	X		F	Corredor e WC Masculino
V10	1 a 2	-	4	-	X	X	X	X		X	X	X	X	F	Corredor (Próx. Sala 09)
V11	15	-	7	2	X							X		G	Pátio Principal

LEGENDA

PIS - Piso **PRD** - Parede **TET** - Teto **EST** - Estrutura **JTD** - Junta de Dilatação **ESQ** - Esquadria







ARG - Argamassa **CER** - Cerâmica **GRA** - Granilite **FRR** - Forro

ALV - Alvenaria **PIL** - Pilar Estrutural **VIG** - Viga Estrutural **LAJ** - Laje Estrutural

Fonte: Autor, 2021.

APÊNDICE B – Registro fotográfico das fissuras

Quadro B.1 – Álbum de registro fotográfico das fissuras

Figura B.1 – Fissura T1 (12/01/2021)	Figura B.3 – Fissura T2 (12/01/2021)	Figura B.5 – Fissura T3 (12/01/2021)
		
Figura B.2 – Fissura T1 (12/01/2021)	Figura B.4 – Fissura T2 (12/01/2021)	Figura B.6 – Fissura T3 (12/01/2021)
		




<p>Figura B.7 – Fissura T4 (12/01/2021)</p>	<p>Figura B.9 – Fissura T5 (12/01/2021)</p>	<p>Figura B.11 – Fissura T6 (12/01/2021)</p>
		
<p>Figura B.8 – Fissura T4 (12/01/2021)</p>	<p>Figura B.10 – Fissura T5 (12/01/2021)</p>	<p>Figura B.12 – Fissura T6 (12/01/2021)</p>
		

Figura B.13 – Fissura T7 (14/07/2021)



Figura B.15 – Fissura T8 (14/07/2021)



Figura B.17 – Fissura T9 (14/07/2021)



Figura B.14 – Fissura T7 (14/07/2021)



Figura B.16 – Fissura T8 (14/07/2021)



Figura B.18 – Fissura T9 (14/07/2021)



Figura B.19 – Fissura T10 (14/07/2021)



Figura B.21 – Fissura T11 (14/07/2021)



Figura B.23 – Fissura T12 (14/07/2021)



Figura B.20 – Fissura T10 (14/07/2021)



Figura B.22 – Fissura T11 (14/07/2021)



Figura B.24 – Fissura T12 (14/07/2021)



Figura B.25 – Fissura T13 (14/07/2021)



Figura B.26 – Fissura T13 (14/07/2021)









Figura B.27 – Fissura T14 (14/07/2021)



Figura B.28 – Fissura T15 (14/07/2021)



<p>Figura B.29 – Fissura T16 (14/07/2021)</p>	<p>Figura B.31 – Fissura T17 (14/07/2021)</p>	<p>Figura B.33 – Fissura T18 (14/07/2021)</p>
 <p>A close-up photograph of a concrete floor. A vertical crack runs down the center. The crack is labeled 'T16' in white chalk. The floor is light-colored with some darker spots.</p>	 <p>A close-up photograph of a concrete floor. A vertical crack runs down the center. The crack is labeled 'T17' in white chalk. The floor is light-colored with some darker spots.</p>	 <p>A close-up photograph of a concrete floor. A vertical crack runs down the center. The crack is labeled 'T18' in white chalk. The floor is light-colored with some darker spots.</p>
<p>Figura B.30 – Fissura T16 (14/07/2021)</p>	<p>Figura B.32 – Fissura T17 (14/07/2021)</p>	<p>Figura B.34 – Fissura T18 (14/07/2021)</p>
 <p>A photograph showing a concrete floor crack labeled 'T16' in white chalk. The crack is located near a wall with light-colored tiles. A black metal chair leg is visible in the background.</p>	 <p>A photograph showing a concrete floor crack labeled 'T17' in white chalk. The crack is located near a black metal chair. A piece of cardboard is on the floor nearby.</p>	 <p>A photograph showing a concrete floor crack labeled 'T18' in white chalk. The crack is located in an open area of the floor.</p>


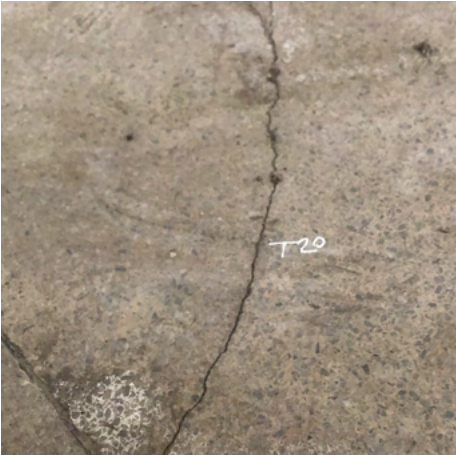




<p>Figura B.35 – Fissura T19 (14/07/2021)</p>	<p>Figura B.37 – Fissura T20 (14/07/2021)</p>	<p>Figura B.39 – Fissura T21 (14/07/2021)</p>
		
<p>Figura B.36 – Fissura T19 (14/07/2021)</p>	<p>Figura B.38 – Fissura T20 (14/07/2021)</p>	<p>Figura B.40 – Fissura T21 (14/07/2021)</p>
		

Figura B.41 – Fissura T22 (14/07/2021)



Figura B.43 – Fissura T23 (14/07/2021)



Figura B.45 – Fissura T24 (14/07/2021)



Figura B.42 – Fissura T22 (14/07/2021)



Figura B.44 – Fissura T23 (14/07/2021)



Figura B.46 – Fissura T24 (14/07/2021)



Figura B.47 – Fissura V1 (14/07/2021)



Figura B.49 – Fissura V2 (14/07/2021)



Figura B.51 – Fissura V3 (14/07/2021)



Figura B.48 – Fissura V1 (14/07/2021)



Figura B.50 – Fissura V2 (14/07/2021)



Figura B.52 – Fissura V3 (14/07/2021)



Figura B.53 – Fissura V4 (14/07/2021)



Figura B.55 – Fissura V5 (14/07/2021)



Figura B.57 – Fissura V6 (14/07/2021)



Figura B.54 – Fissura V4 (14/07/2021)

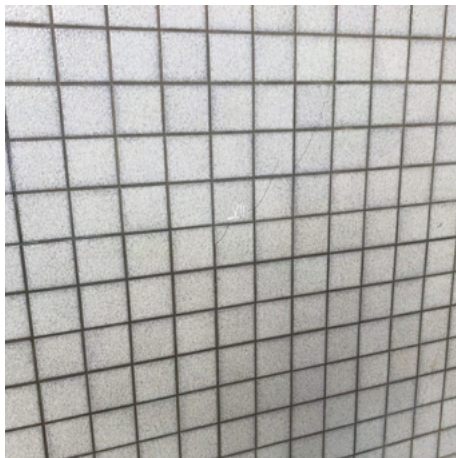


Figura B.56 – Fissura V5 (14/07/2021)



Figura B.58 – Fissura V6 (14/07/2021)



Figura B.59 – Fissura V7 (14/07/2021)



Figura B.61 – Fissura V8 (14/07/2021)



Figura B.63 – Fissura V9 (14/07/2021)



Figura B.60 – Fissura V7 (14/07/2021)



Figura B.62 – Fissura V8 (14/07/2021)



Figura B.64 – Fissura V9 (14/07/2021)



Figura B.65 – Fissura V10 (14/07/2021)



Figura B.67 – Fissura V11 (12/01/2021)



Figura B.66 – Fissura V10 (14/07/2021)



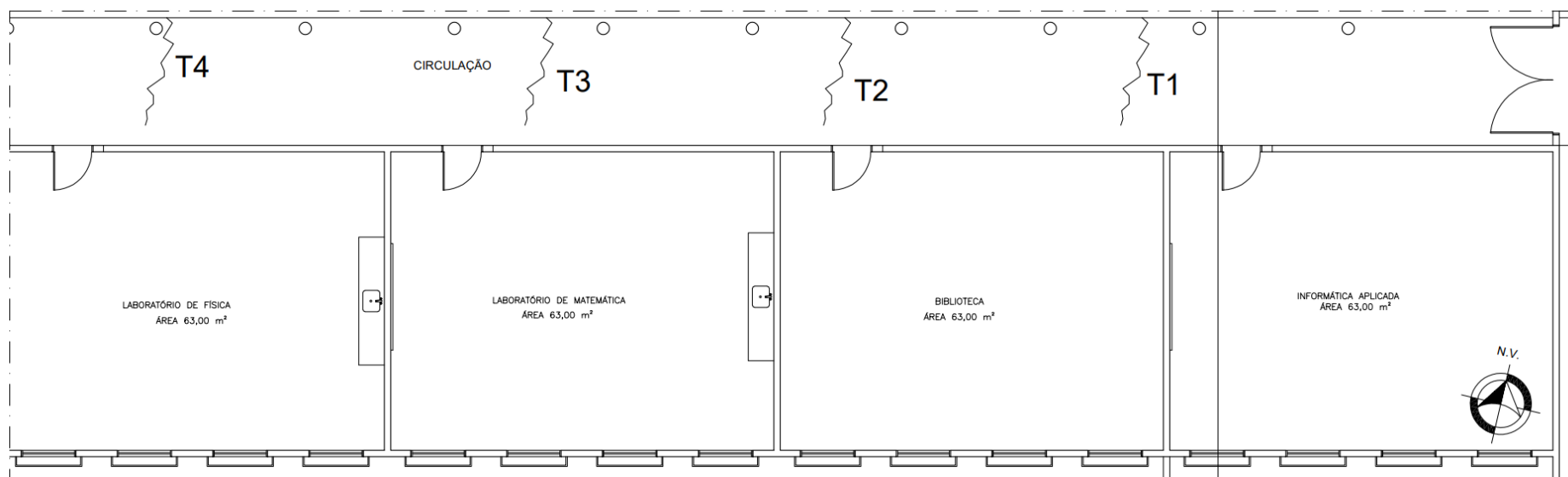
Figura B.68 – Fissura V11 (12/01/2021)



Fonte: Autor, 2021.

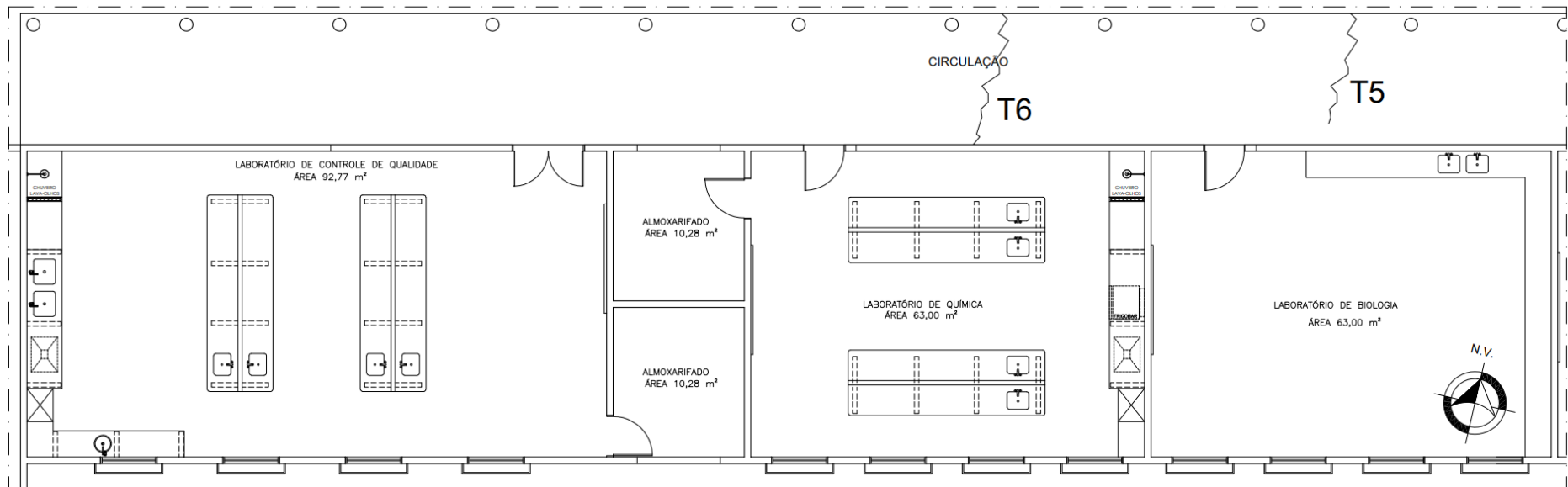
APÊNDICE C – Mapeamento de fissuras

Figura C.1 – Mapeamento de fissuras: EE José Correia da Silva Titara, setor A, fissuras T1 a T4 (sem escala)



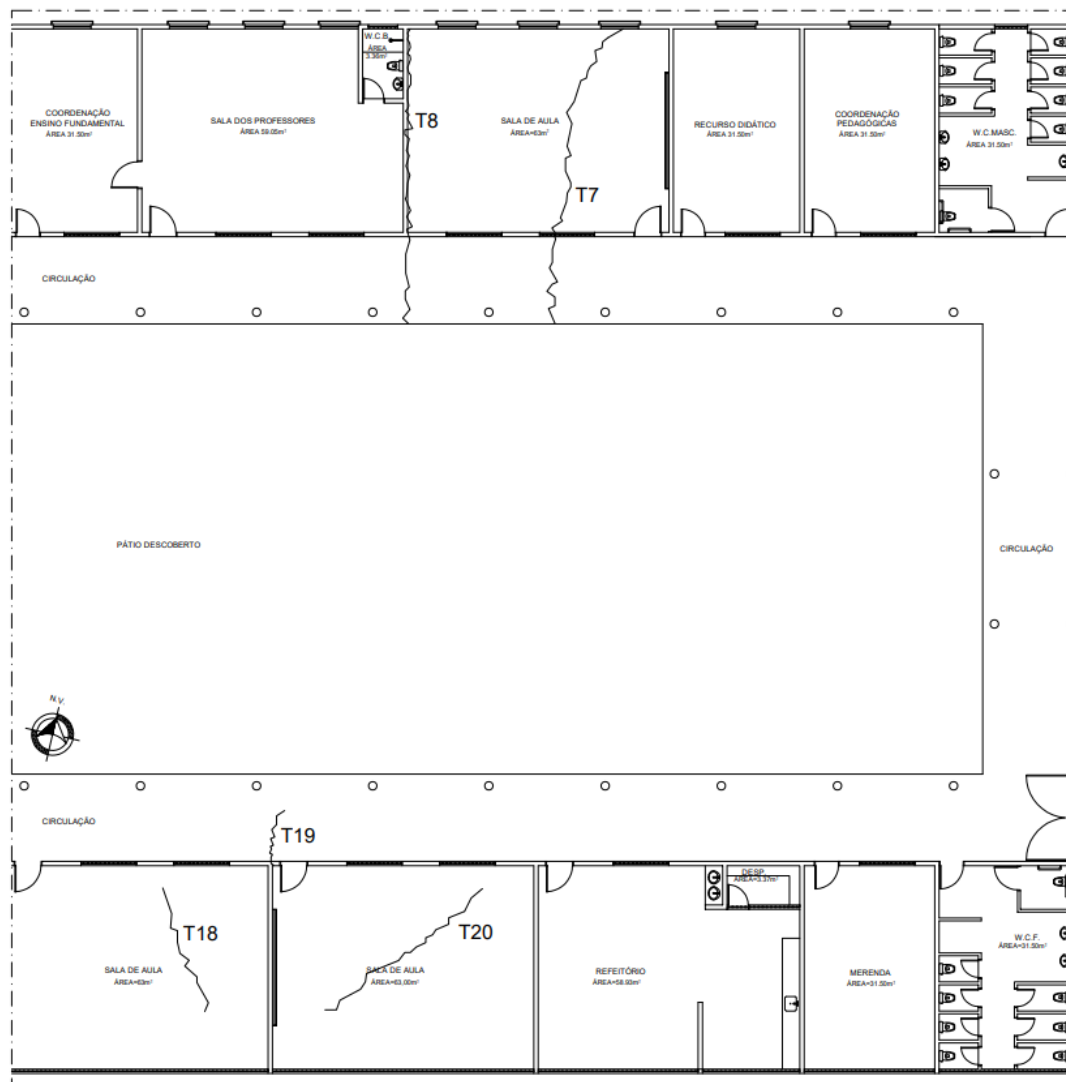
Fonte: Autor, 2021.

Figura C.2 – Mapeamento de fissuras: EE José Correia da Silva Titara, setor A, fissuras T5 e T6 (sem escala)



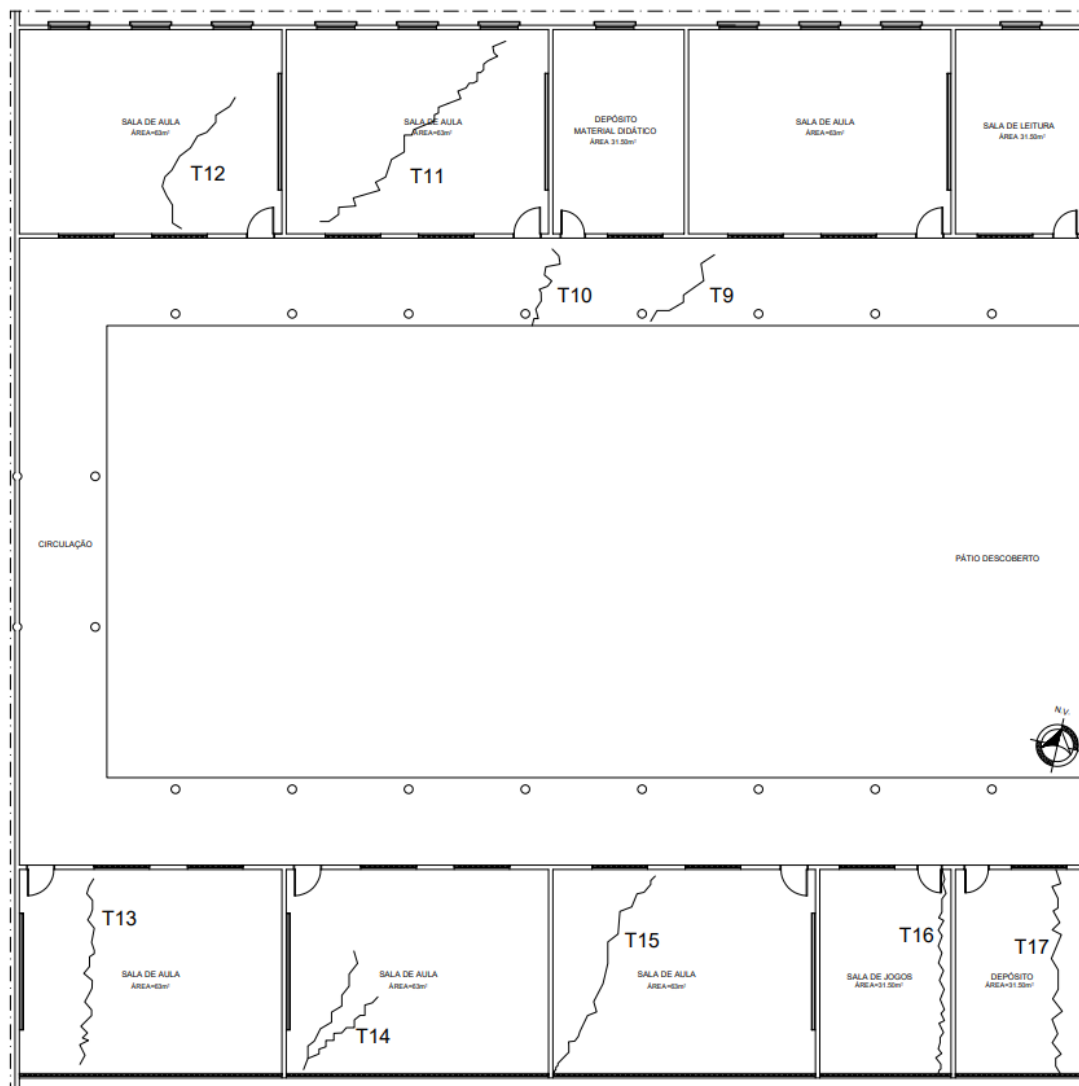
Fonte: Autor, 2021.

Figura C.3 – Mapeamento de fissuras: EE José Correia da Silva Titara, setor B, fissuras T7, T8 e T18 a T20 (sem escala)



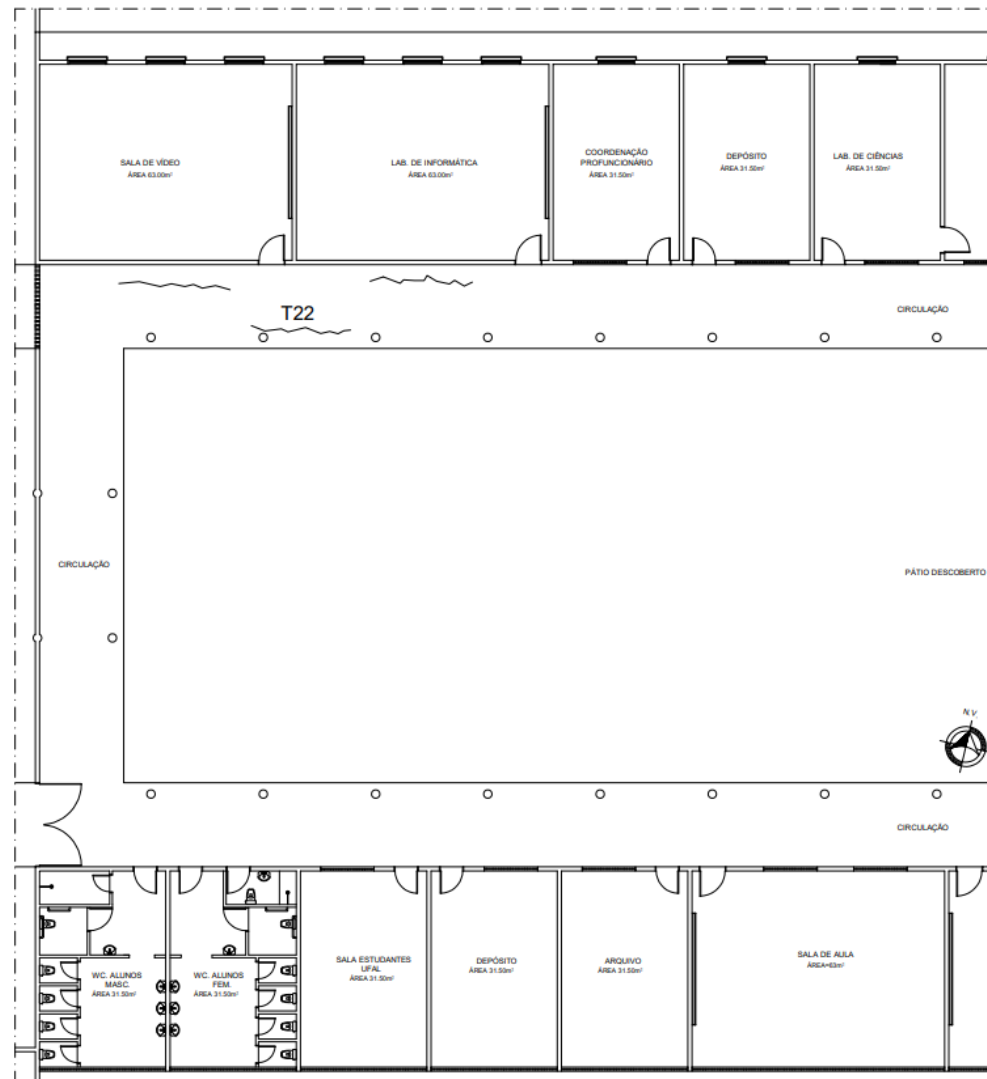
Fonte: Autor, 2021.

Figura C.4 – Mapeamento de fissuras: EE José Correia da Silva Titara, setor B, fissuras T9 a T17 (sem escala)



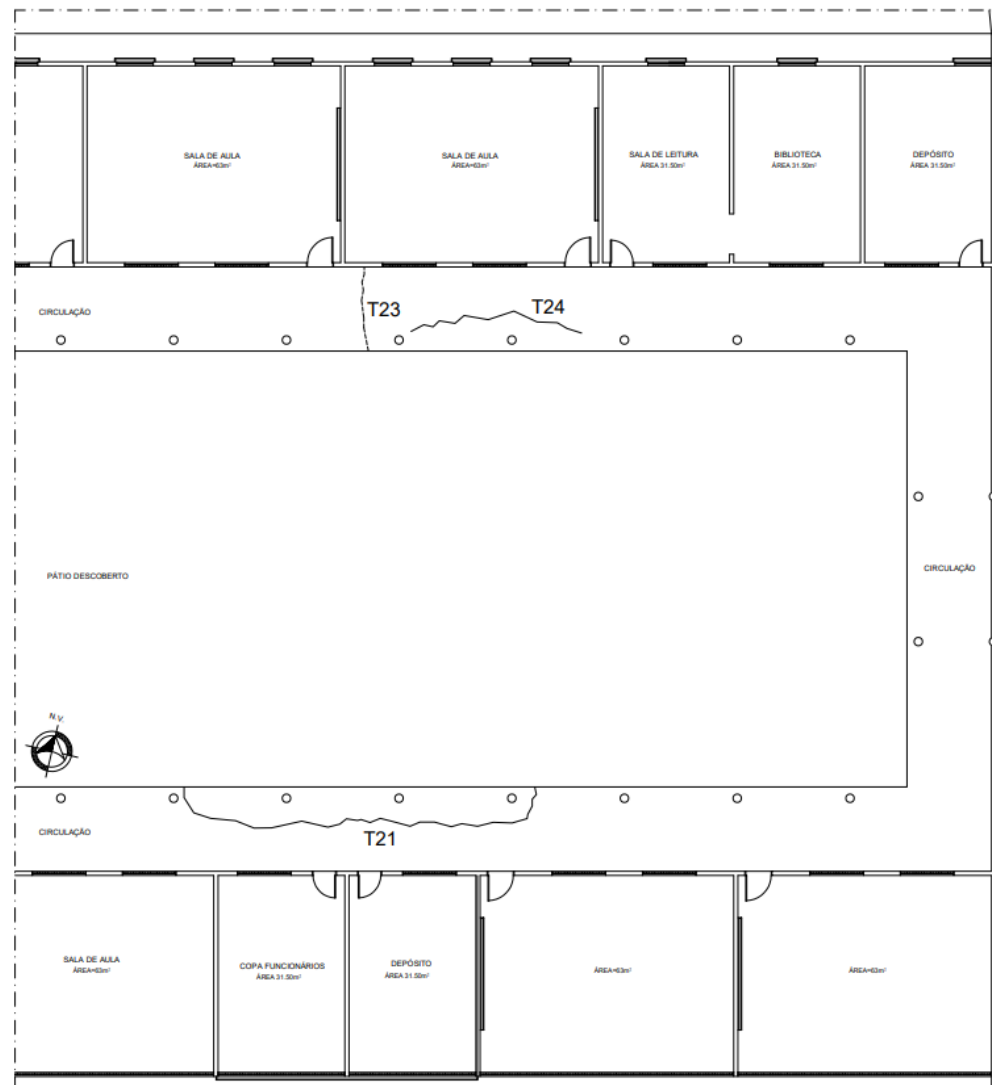
Fonte: Autor, 2021.

Figura C.5 – Mapeamento de fissuras: EE José Correia da Silva Titara, setor C, fissura T22 (sem escala)



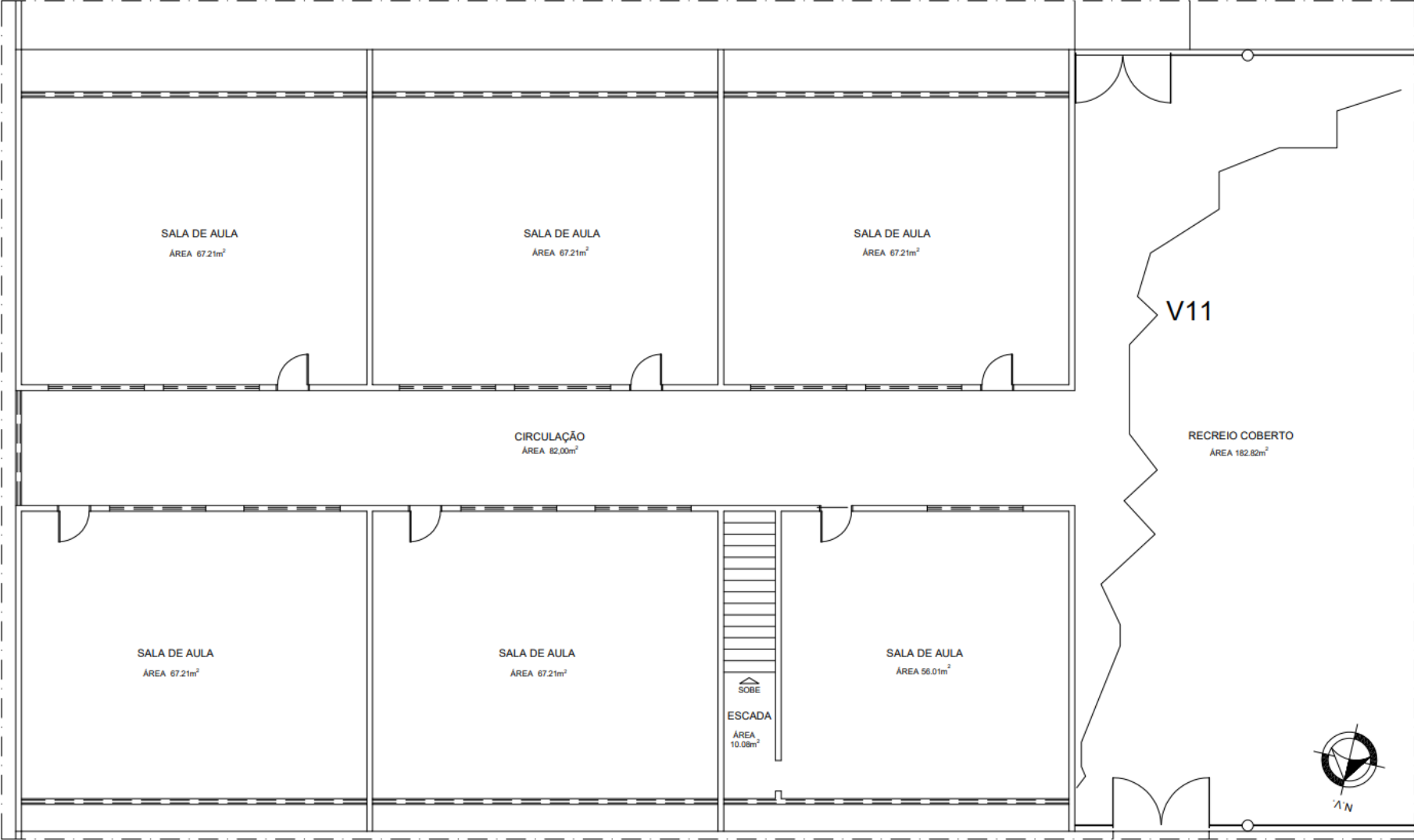
Fonte: Autor, 2021.

Figura C.6 – Mapeamento de fissuras: EE José Correia da Silva Titara, setor C, fissuras T21, T23 e T24 (sem escala)



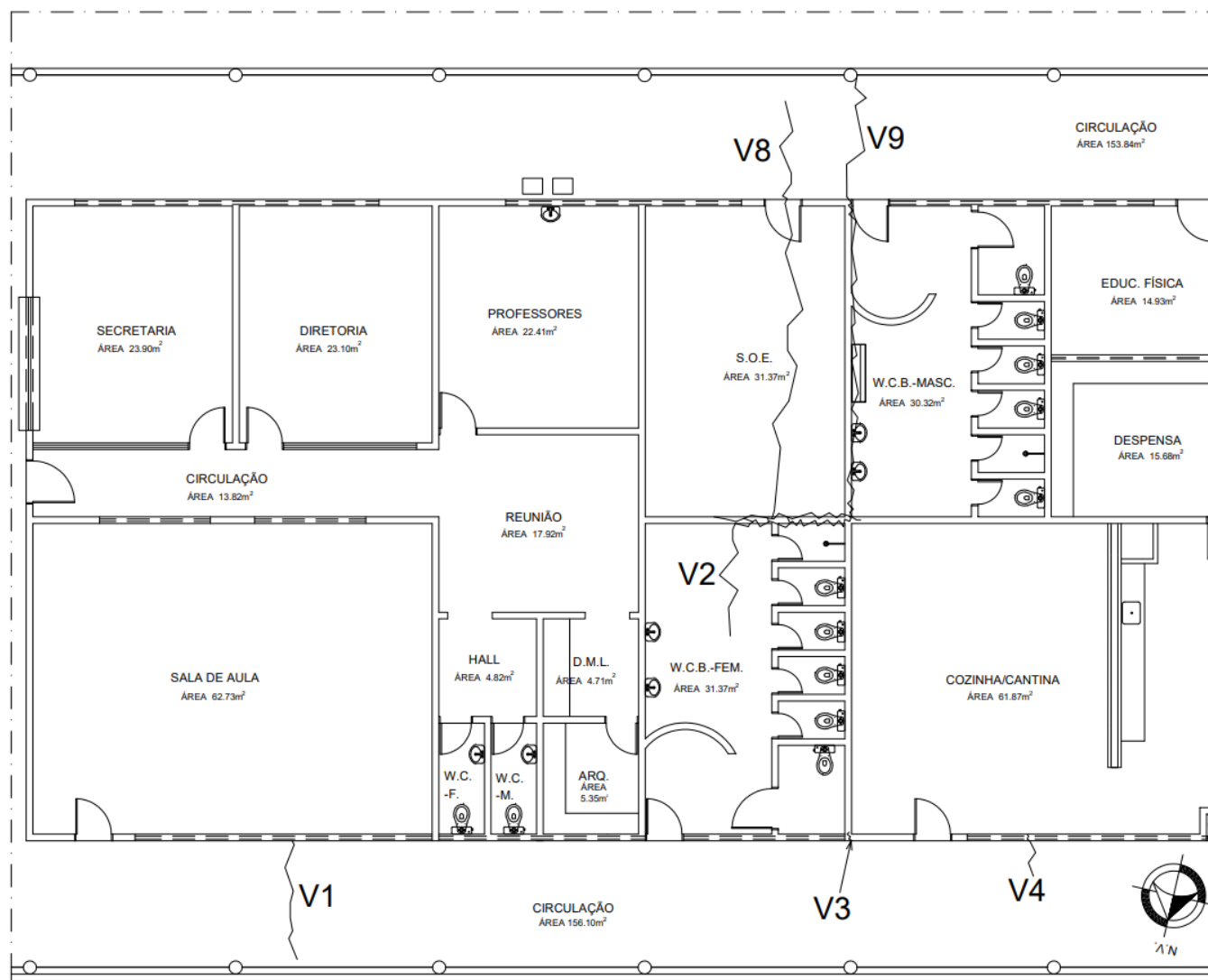
Fonte: Autor, 2021.

Figura C.7 – Mapeamento de fissuras: EE Professor José Vitorino da Rocha, setores G e H, fissura V11 (sem escala)



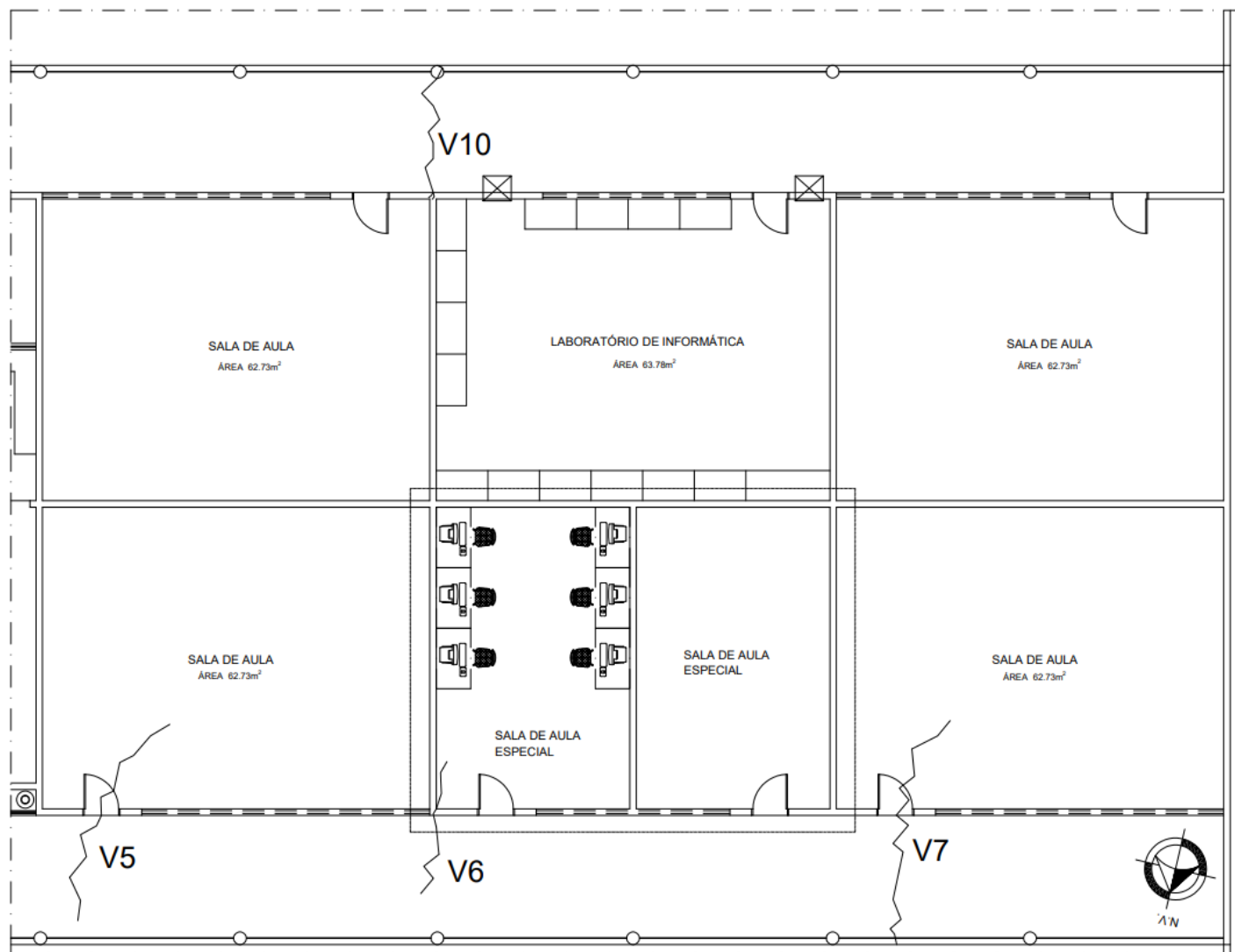
Fonte: Autor, 2021.

Figura C.8 – Mapeamento de fissuras: EE Professor José Vitorino da Rocha, setores E, F e G, fissuras V1 a V4, V8 e V9 (sem escala)



Fonte: Autor, 2021.

Figura C.9 – Mapeamento de fissuras: EE Professor José Vitorino da Rocha, setores E e F, fissuras V5 a V7 e V10 (sem escala)



Fonte: Autor, 2021.