

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**DARLIZE DA ROSA BIANCHIN**

**LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS CAUSADAS POR  
UMIDADE NAS EDIFICAÇÕES DA UNIPAMPA CAMPUS ALEGRETE**

**Alegrete/RS**

**2019**

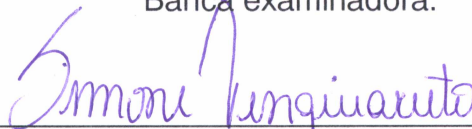
DARLIZE DA ROSA BIANCHIN

**LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS CAUSADAS POR  
UMIDADE NAS EDIFICAÇÕES DA UNIPAMPA CAMPUS ALEGRETE**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Civil da Universidade Federal do  
Pampa, como requisito parcial para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Engenharia Civil.

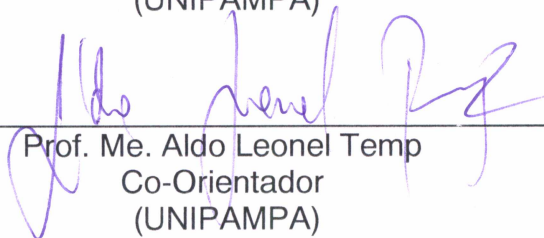
Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 28 junho de 2019.

Banca examinadora:



---

Prof<sup>a</sup>. Me. Simone Donelles Venquiaruto  
Orientador  
(UNIPAMPA)



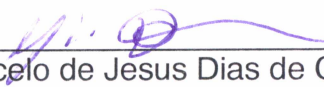
---

Prof. Me. Aldo Leonel Temp  
Co-Orientador  
(UNIPAMPA)



---

Prof. Dr. Fladimir Fernandes dos Santos  
(UNIPAMPA)



---

Eng. Marcelo de Jesus Dias de Oliveira  
(UNIPAMPA)

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de expressar minha grande alegria em concluir esta etapa da minha vida acadêmica. Para a realização desse trabalho e durante todo o período da graduação, tive o apoio de pessoas incríveis, as quais me incentivaram nos momentos fáceis e nos difíceis, fazendo com que eu nunca desistisse de lutar pelos meus objetivos. Deixo aqui, meus sinceros agradecimentos a todos que fizeram parte desta etapa, especialmente:

Aos meus pais e irmão, Élcio, Luiza e Murilo, pela dedicação e amor, pelo esforço e confiança, e pelo fato de estarem sempre ao meu lado me incentivando a seguir em frente, apesar das dificuldades. Obrigada por não ter me deixado desistir. Obrigada por querer isso, muitas vezes, mais do que eu mesma. Amo vocês!!

À minha melhor amiga e prima, Ediane, que sempre está ao meu lado, ouvindo meus choros e reclamações, me abraçando e incentivando, e principalmente, torcendo tanto pelo meu sonho quanto pelo dela. Obrigada pelo amor, incentivo, conselhos, ouvidos e ombros, ou seja, amizade verdadeira!

Ao professor Aldo, que co-orientou esse trabalho com muita dedicação, paciência e apoio. Sem ele nada disso seria possível! Muito obrigada!

Por fim, agradeço à professora Simone que orientou esse trabalho com amor, carinho, respeito e apoio. Sua delicadeza e amor pelo que faz nos incentiva a querer ir sempre para frente. Obrigada!

“Não sabendo que era impossível, ele foi lá e fez”.

Jean Cocteau

## RESUMO

As patologias por umidade apresentam uma das maiores incidências em edificações, já que a água está presente em todas as etapas construtivas, além de se fazer presente durante seu uso e também pela ação do clima. As edificações da Universidade Federal do Pampa, campus Alegrete/ RS apresentam grande quantidade de manifestações desse tipo, o que causou curiosidade sobre os seus motivos e as possíveis soluções que seriam encontradas se houvesse uma análise, identificação e mapeamento de cada uma delas. O presente trabalho, com o auxílio de câmeras termográfica e convencional, analisou as anomalias incidentes nas paredes até 1,5m de altura, causadas por umidade, identificando, mapeando, diagnosticando e solucionando esses defeitos tão recorrentes nas edificações.

Foram analisadas as fachadas dos prédios Administrativo, Acadêmico 1 e 2, sendo o primeiro o que mais possuiu manifestações desse tipo. As anomalias mais incidentes foram retratadas ao decorrer desse trabalho, mapeadas e citadas suas possíveis causas. Por fim concluiu-se que que medidas devem ser tomadas para restauração, controle e prevenção de futuras manifestações patológicas desse tipo reapareçam.

Palavras-Chave: manifestações patológicas, termografia, paredes, umidade.

## ABSTRACT

The pathologies due to humidity present one of the highest incidences in buildings, since water is present in all construction stages, besides being present during its use and also by the action of the climate. Like the editions of the Federal University of Pampa, the campus of Alegrete / RS presents a great number of manifestations of the type, which curates about its own and about the possibilities of an analysis, identification and mapping of each one of them. The present work, with the aid of a thermal and conventional test, analyzed as anomalies incident on the walls up to 1,5 m in height, identifying, identifying, mapping, diagnosing and solving the defects in an inverse way in the buildings. The façades of the Administrative, Academic 1 and 2 buildings were analyzed, the first being the most possible manifestations of this type. The most incident anomalies were described in the course of this work, mapped and quoted. Why was it concluded that decision-making for the restoration, control and prevention of future pathological manifestations?

Key words: pathological manifestations, thermography, walls, humidity.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Principais manifestações patológicas caudas por umidade .....	14
Figura 2 – Altura atingida pela água nas paredes.....	17
Figura 3 – Altura da umidade de acordo com a espessura das paredes .....	17
Figura 4 – Efeito da umidade nas paredes.....	18
Figura 5 – Infiltração na laje.....	23
Figura 6 – Mancha no teto .....	23
Figura 7 – Eflorescência em encontro de vigas.....	25
Figura 8 – Eflorescência em piso.....	25
Figura 9 – Saponificação no Reboco .....	26
Figura 10 – Saponificação em uma Edificação.....	27
Figura 11 – Bolor ou mofo na fachada de uma edificação .....	28
Figura 12 – Bolhas.....	29
Figura 13 – Empolamento .....	29
Figura 14 – Ensaio de prisma.....	32
Figura 15 – Técnica de termografia passiva .....	34
Figura 16 – Detecção de uma infiltração não visível em forros .....	36
Figura 17 – Detecção de infiltração não visível em forros .....	36
Figura 18 – Detecção de infiltrações não visíveis em paredes.....	36
Figura 19 – Detecção de infiltração não visível em esquadrias.....	37
Figura 20 – Observação de atividade de infiltração.....	37
Figura 21 – Zonas com maior probabilidade de condensação .....	38
Figura 22 – Fluxograma da metodologia empregada.....	38
Figura 23 – Câmera Termográfica da marca FLIR .....	39
Figura 24 – Prédios analisados (UNIPAMPA <i>campus</i> Alegrete/RS).....	40
Figura 25 – Planta baixa dos prédios analisados.....	41
Figura 26 – Questionário para coleta de dados.....	42
Figura 27 – Prédio Acadêmico 1 (Fachada Norte).....	44
Figura 28 – Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Acadêmico 1 (Fachada Norte) .....	45
Figura 29 – Análise termográfica da Parede 1 (Prédio acadêmico 1 – Fachada Norte) .....	46
Figura 30 – Análise termográfica do Pilar 1 (Prédio acadêmico 1 – Fachada Norte) .....	47
Figura 31 – Análise termográfica do Pilar 2 (Prédio acadêmico 1 – Fachada Norte) .....	48
Figura 32 – Prédio Acadêmico 1 (Fachada Sul).....	49
Figura 33 – Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Acadêmico 1 (Fachada Sul).....	49
Figura 34 – Defeitos na Parede 2 (Prédio acadêmico 1 – Fachada Sul) .....	50
Figura 35 – Defeitos no Pilar 3 (Prédio acadêmico 1 – Fachada Sul).....	50
Figura 36 – Defeitos na Parede 3 (Prédio acadêmico 1 – Fachada Sul) .....	51
Figura 37 – Prédio Acadêmico 1 (Fachadas Oeste e Leste).....	52
Figura 38 – Prédio Acadêmico 1 (Fachada Leste).....	52
Figura 39 – Mapeamento das manifestações no Prédio Acadêmico 1.....	53
Figura 40 – Prédio Acadêmico 2 (Fachada Norte).....	54
Figura 41 - Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Acadêmico 2 (Fachada Norte) .....	55
Figura 42 – Análise termográfica da Parede 1 (Prédio Acadêmico 2 – Fachada Norte) .....	55
Figura 43 – Análise termográfica do Pilar 1 (Prédio acadêmico 2 – Fachada Norte) .....	56
Figura 44 – Análise termográfica do Pilar 2 (Prédio Acadêmico 2 – Fachada Norte) .....	57

Figura 45 – Prédio Acadêmico 2 (Fachada Sul).....	58
Figura 46 – Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Acadêmico 2 (Fachada Sul).....	58
Figura 47 – Defeitos na Parede 2 e Pilar 3 (Prédio acadêmico 2 – Fachada Sul) .....	59
Figura 48 – Defeitos na Parede 3 (Prédio acadêmico 2 – Fachada Sul) .....	60
Figura 49 – Defeitos na Parede 4 e Pilar 4 (Prédio acadêmico 2 – Fachada sul) .....	60
Figura 50 – Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Acadêmico 2 (Fachada oeste) .....	61
Figura 51 – Defeitos nas Paredes 5 e 6 (Prédio acadêmico 2 – Fachada oeste).....	62
Figura 52 – Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Acadêmico 2 (Fachada leste) .....	62
Figura 53 – Análise termográfica da Parede 7 (Prédio Acadêmico 2 – Fachada leste) .....	63
Figura 54 – Mapeamento das manifestações no Prédio Acadêmico 2.....	64
Figura 55 – Prédio Administrativo (fachada oeste) .....	65
Figura 56 – Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Administrativo (Fachada norte).....	66
Figura 57 – Análise termográfica da Parede 1 (Prédio Administrativo – Fachada norte).....	67
Figura 58 – Análise termográfica da Parede 2 (Prédio Administrativo – Fachada norte).....	68
Figura 59 – Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Administrativo (Fachada sul).....	69
Figura 60 – Análise termográfica da Parede 3 (Prédio Administrativo – Fachada sul) .....	70
Figura 61 – Análise termográfica da Parede 4 (Prédio Administrativo – Fachada sul) .....	71
Figura 62 – Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Administrativo (Fachada oeste) .....	71
Figura 63 – Análise termográfica da Parede 5 (Prédio Administrativo – Fachada oeste) .....	72
Figura 64 – Análise termográfica da Parede 6 (Prédio Administrativo – Fachada oeste) .....	73
Figura 65 – Análise termográfica da Parede 7 (Prédio Administrativo – Fachada oeste) .....	74
Figura 66 – Análise termográfica da Parede 8 (Prédio Administrativo – Fachada oeste) .....	75
Figura 67 – Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Administrativo (Fachada leste) .....	75
Figura 68 – Mapeamento das manifestações no Prédio Administrativo.....	76



## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Origem e localização das manifestações patológicas .....	13
Quadro 2 – Variação da energia em termografia ativa.....	34
Quadro 3 – Posição relativa - câmera e fonte .....	35

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 – Origem das manifestações patológicas .....	7
--	---

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa

Fck – Resistência Característica do Concreto

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>1</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>4</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>5</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	<b>7</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	<b>8</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	<b>9</b>
<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>10</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 Contextualização do tema de pesquisa.....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.2.1 Objetivo Geral .....	2
1.2.2 Objetivos Específicos .....	2
1.3 Justificativa .....	3
1.4 Estrutura do Trabalho .....	3
<b>2. CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Manifestações Patológicas .....	4
2.2.1 Congênitas .....	5
2.2.2 Construtivas.....	5
2.2.3 Adquiridas.....	6
2.2.4 Acidentais .....	6
2.2 Origens das Manifestações Patológicas .....	6
2.2.1 Surgimento de anomalias por problemas de projeto .....	7
2.2.2 Surgimento de anomalias por problemas de execução.....	8

2.2.3	Surgimento de anomalias por problemas em materiais .....	10
2.2.4	Surgimento de anomalias por problemas vinculados ao mau uso...	10
2.3	Principais causas das manifestações patológicas relacionadas à umidade.....	12
2.3.1	Umidade de construção .....	14
2.3.2	Umidade do terreno.....	16
2.3.3	Umidade de precipitação .....	19
2.3.4	Umidade de condensação .....	20
2.3.5	Umidade devido à higroscopicidade .....	21
2.3.6	Umidade devido a outras causas.....	22
2.4	Principais manifestações patológicas causadas por umidade .....	22
2.4.1	Infiltrações .....	22
2.4.2	Manchas .....	23
2.4.3	Eflorescências .....	24
2.4.4	Criptoflorescências .....	25
2.4.5	Saponificação .....	26
2.4.6	Bolor e Mofo.....	27
2.4.7	Bolhas e Empolamento .....	28
2.5	Noções básicas de termografia.....	30
2.5.1	O que é termografia de infravermelho .....	31
2.5.2	Radiação infravermelha .....	31
2.5.3	Emissividade.....	32
2.5.3.1	Variação da emissividade com o comprimento de onda .....	32
2.5.3.2	Variação da emissividade com o ângulo de observação.....	32
2.5.3.3	Variação da emissividade com o comprimento de onda .....	33
2.5.4	Técnicas de termografia digital.....	33
2.5.4.1.	Termografia passiva.....	33
2.5.4.2.	Termografia ativa.....	34
2.5.5	Identificação de manifestações patológicas utilizando termografia	35
3.	METODOLOGIA .....	38
3.1.	Equipamentos .....	39
3.2.	Levantamento de Dados .....	39

3.3. Tratamento dos Dados e Diagnóstico .....	42
4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	43
4.3. Prédio Acadêmico 1 .....	43
4.3.1. Prédio Acadêmico 1 – Fachada Norte .....	44
4.3.2. Prédio Acadêmico 1 – Fachada Sul .....	48
4.3.3. Prédio Acadêmico 1 – Fachada Oeste e Leste .....	51
4.4. Prédio Acadêmico 2 .....	54
4.4.1. Prédio Acadêmico 2 - Fachada Norte .....	54
4.4.1 Prédio Acadêmico 2 - Fachada Sul .....	57
4.4.2. Prédio Acadêmico 2 - Fachada Oeste.....	61
4.4.3 Prédio Acadêmico 2 - Fachada Leste .....	62
4.5 . Prédio Administrativo .....	65
4.5.1 Prédio Administrativo – Fachada Norte .....	65
4.5.2 Prédio Administrativo – Fachada Sul .....	68
4.5.3 Prédio Administrativo – Fachada Oeste.....	71
4.5.4 Prédio Administrativo – Fachada Leste .....	75
5 Definição de conduta.....	Erro! Indicador não definido.
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	77
7 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	78
8 REFERÊNCIAS.....	79

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização do tema e do problema de pesquisa

A Engenharia Civil é uma área que está em crescente evolução. Todos os dias são apresentadas novas tecnologias, sejam em softwares, materiais e métodos construtivos. Exatamente por ter um grande avanço, nem sempre se tem uma projeção de quais serão os efeitos negativos ao longo da vida útil dessas construções, ocorrendo, assim, erros e falhas que afetam o desempenho e incentivam o aparecimento de manifestações patológicas.

Vasconcelos et al. (2017, p. 1) salientam que “apesar do desenvolvimento tecnológico no campo das técnicas e dos materiais de construção, as edificações não têm demonstrado um desempenho satisfatório”.

Esses danos podem se intensificar ao decorrer do tempo, comprometendo a segurança estrutural e gerando elevados custos de reparos (CASTRO; MARTINS, 2014). Com isso, há um aumento no número de pesquisas e inspeções prediais, como a finalidade de diagnosticar essas anomalias e evitar danos futuros.

As manifestações patológicas têm diferentes surgimentos, origens e causas, que vão desde origens caracterizadas como construtivas e acidentais, passando por problemas que surgem desde o projeto até a execução da obra e chegando às causas dessas manifestações. Vasconcelos et al. (2017, p. 2) citam que “as principais anomalias que se manifestam nos revestimentos de argamassa são fissuras, descolamentos, eflorescências, bolor e mancha de sujeira [...]”.

As patologias por umidade apresentam uma das maiores incidências em edificações, já que a água está presente em todas as etapas construtivas, além de se fazer presente durante seu uso e também pela ação do clima.

Outra área em crescente evolução é a utilização da termografia de infravermelho para análise das manifestações patológicas nas edificações.

Segundo Breitbach, Padaratz e Gleize (2013, p. 2):

A técnica de termografia infravermelha passiva, sem adição de energia externa, é não destrutiva sendo capaz de fornecer informações imediatas para interpretação das manifestações patológicas em fachadas externas.

Ela será utilizada nesse trabalho como complementação da análise dos danos causados por umidade.

As edificações da Universidade Federal do Pampa, campus Alegrete/ RS apresentam grande quantidade de manifestações por umidade, o que tornou necessário uma análise mais aprofundada dos motivos de seu aparecimento e as possíveis soluções que seriam encontradas se houvesse uma análise, identificação e mapeamento de cada uma delas.

Essa constatação motivou o desenvolvimento da proposta dessa pesquisa, que é: quais são as manifestações patológicas originadas por umidade encontradas nas edificações da UNIPAMPA campus Alegrete/RS?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho consiste em realizar uma inspeção *in loco* nas paredes dos prédios da Unipampa Campus Alegrete/RS, quanto as principais manifestações patológicas provocadas por umidade.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- identificar os mecanismos de degradação presentes no surgimento das anomalias relacionadas à umidade;
- identificar as principais características das manifestações patológicas de umidade;
- analisar as patologias de umidade utilizando a técnica da termografia infravermelha;
- quantificar e mapear as principais manifestações patológicas provocadas pela umidade;



### 1.3 Justificativa

A ocorrência frequente de manifestações patológicas por umidade nas edificações da UNIPAMPA campus Alegrete/RS tornou esse trabalho necessário, já que ele tem como intuito identificar e quantificar essas anomalias, tornando seu reparo e até mesmo a prevenção de futuros problemas, uma tarefa possível de ser realizada.

A termografia entra nessa análise como um diferencial na identificação desses problemas, já que com ela detecta-se defeitos aprofundados que a olho nu não eram avistados.

### 1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho de conclusão de curso está estruturado em três capítulos, organizados conforme a seguinte exposição:

**Capítulo I – Introdução:** consta a definição do problema de pesquisa, sua contextualização, abordagem geral sobre o assunto, os objetivos gerais e específicos, e a justificativa para a qual pesquisa é proposta.

**Capítulo II - Conceitos Gerais e a Revisão de Literatura:** pondera-se sobre as referências teóricas abordando assuntos relacionados às edificações e suas patologias das construções, como: conceito de origem das patologias, origens e principais causas das manifestações, principais manifestações e noções básicas de termografia.

**Capítulo III – Metodologia:** destaca a escolha do método de pesquisa e de tratamento de dados que será empregado para realização do estudo proposto neste trabalho.

**Capítulo IV – Apresentação da pesquisa e análise dos resultados:** descreve-se os resultados obtidos da observação *in loco* e analisa-se os resultados comparando com a metodologia utilizada.

**Capítulo V – Considerações Finais:** conclui-se a pesquisa e sugere-se estudos posteriores baseados nesse trabalho.

## **2. CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Manifestações Patológicas**

De acordo com o dicionário Michaelis, o termo patologia, na medicina, significa "a ciência que estuda todos os aspectos da doença, com especial atenção à origem, aos sintomas e ao desenvolvimento das condições orgânicas anormais e suas consequências".

Na Engenharia Civil não é diferente, segundo Souza e Ripper (2009, p.14), "patologia define-se como o estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas".

Então, quando se fala em manifestações patológicas, refere-se ao mecanismo de degradação, como por exemplo, uma fissura, que se apresenta em uma edificação como sintoma de algum problema que pode ter ocorrido tanto no projeto, quanto na execução dessa obra.

Conforme abordado por Souza e Ripper (2009, p. 13):

As causas da deterioração podem ser as mais diversas, desde o envelhecimento "natural" da estrutura até os acidentes, e até mesmo a irresponsabilidade de alguns profissionais que optam pela utilização de materiais fora das especificações, na maioria das vezes por alegadas razões econômicas.

Essa colocação deixa claro que as manifestações patológicas têm diferentes surgimentos, que vão desde a escolha errada do material até o envelhecimento da estrutura.

De acordo com Lima (2015, p. 11):

Se o problema teve origem no projeto, o projetista falhou, se ocorreu devido à ausência de um projeto, houve mau planejamento; quando a origem está na qualidade da matéria, o fabricante errou; se na etapa de execução, a falha pode ser de mão de obra ou até de omissa fiscalização; e, por fim, se na etapa de uso, a falha pode ser de operação e manutenção.

Para diagnosticá-las é necessário conhecer os sintomas (manifestações detectáveis), os mecanismos (processos de surgimento), as causas (agentes desencadeadores) e as origens (etapas de predisposição).

Importante salientar que as manifestações patológicas evoluem com o tempo, o que pode gerar uma série de agravantes associados diretamente a ela ou derivados (ALMEIDA, 2008).

Elas podem ser definidas como simples e complexas, de acordo com Souza e Ripper (2009, p.14):

Os problemas patológicos simples são os que admitem padronização, podendo ser resolvidos sem que o profissional responsável tenha obrigatoriamente conhecimentos altamente especializados. Já os problemas complexos não convivem com mecanismos de inspeção convencionais e esquemas rotineiros de manutenção, obrigando a uma análise pormenorizada e individualizada do problema, sendo então necessários profundos conhecimentos de Patologia das Estruturas.

Também podem ser classificadas quanto a sua origem, que de acordo com Carvalho (2016, p. 21), podem ser congênicas, construtivas, adquiridas ou acidentais. Veja-se na sequência a descrição de cada uma delas.

### **2.2.1 Congênicas**

As congênicas são as manifestações que surgem na fase de projeto de uma obra, devido à falta de verificação das Normas Técnicas a serem aplicadas, ou ainda podem ser advindas de omissões dos profissionais envolvidos, ou erros cometidos em sua concepção.

Alguns exemplos de sua motivação são a falta de detalhamentos; falta ou deficiência de revisão final dos projetos incompatibilidade entre projetos;

### **2.2.2 Construtivas**

Construtivas, como o nome referencia, têm sua procedência pertinente à fase de execução da obra, e pode ser resultante do emprego de mão de obra que esteja

despreparada, utilização de produtos não certificados, ou inadequados, ou ainda ausência de metodologia pertinente.

### **2.2.3 Adquiridas**

As adquiridas se manifestam durante a vida útil da construção. Elas são provenientes da agressividade ao meio que está exposta, podem ser naturais, ou motivadas por ações antrópicas, ainda podem surgir devido à realização de manutenção imprópria.

### **2.2.4 Acidentais**

E por último, as manifestações de causas acidentais, que se caracterizam por serem provenientes da ocorrência de algum fenômeno atípico, como a ação da chuva com ventos de intensidade superior ao normal, recalques e, até mesmo incêndios.

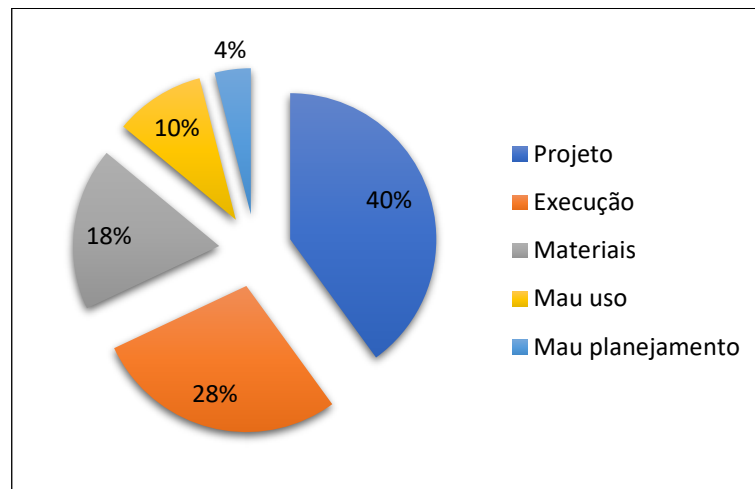
Segundo Carmo (2003, p.11), "o conhecimento da causa que gerou o problema é importante para que se possa prescrever a terapêutica adequada para o problema em questão, uma vez que se tratarmos os sintomas sem eliminar a causa, o problema tende a se manifestar novamente".

## **2.2 Origens das Manifestações Patológicas**

Segundo Helene (2003) apud Zuchetti (2015, p.15), "para haver entendimento de fenômenos patológicos que ocorrem em uma edificação, normalmente se busca a origem do problema exposto, uma relação de causa e efeito que possa ter gerado tal manifestação".

As manifestações patológicas têm diversas origens, e como pode ser visto no Gráfico 1, elas estão apresentadas de acordo sua incidência.

Gráfico 1 - Origem das manifestações patológicas



Fonte: Adaptado de Peres (2001, p. 22)

Como é possível verificar no Gráfico 1, as manifestações patológicas têm diversas origens, sendo o maior percentual referentes à problemas relativos em projetos (40%) seguido por execução (28%), materiais (18%), mau uso (10%) e mau planejamento (4%). Veja-se a seguir como ocorre o surgimento de cada uma dessas anomalias.

### 2.2.1 Surgimento de anomalias por problemas de projeto

Várias são as falhas possíveis de ocorrer durante a etapa de concepção da estrutura. Elas podem se originar durante o estudo preliminar (lançamento da estrutura), na execução do anteprojeto, ou durante a elaboração do projeto de execução, também conhecido como projeto final de engenharia (SOUZA; RIPPER, 2009, p.24).

Segundo Gnipper e Mikaldo Jr. (2007, p. 3), "na fase do projeto dos sistemas prediais, os vícios podem ocorrer por falhas de concepção sistêmica, erros de dimensionamento, ausência ou incorreções de especificações de materiais e de serviços, insuficiência ou inexistência de detalhes construtivos etc".

De acordo Pina (2003) apud Zuchetti (2009, p. 37), "falhas no estudo preliminar, falhas de anteprojeto, falhas no projeto final de engenharia, podem levar a escolha de elementos de projetos inadequados e na geração de problemas alterando o desempenho, durabilidade e até mesmo a vida útil da edificação".

Por outro lado, constata-se que as falhas originadas de um estudo preliminar deficiente, ou de anteprojetos equivocados, são responsáveis, principalmente, pelo encarecimento do processo de construção, ou por transtornos relacionados à utilização da obra. Enquanto que as falhas geradas durante a realização do projeto final de engenharia geralmente são as responsáveis pela implantação de problemas patológicos sérios e, de acordo com Souza e Ripper (2009) elas podem ser tão diversas, tais como:

- elementos de projeto inadequados (má definição das ações atuantes ou da combinação mais desfavorável das mesmas, escolha infeliz do modelo analítico, deficiência no cálculo da estrutura ou na avaliação da resistência do solo, etc.);
- falta de compatibilização entre a estrutura e a arquitetura, bem como os demais projetos civis;
- especificação inadequada de materiais;
- detalhamento insuficiente ou errado;
- detalhes construtivos inexequíveis;
- falta de padronização das representações (convenções).

Souza e Ripper (2009, p. 24) afirmam que:

De maneira geral, as dificuldades técnicas e o custo para solucionar um problema patológico originado de uma falha de projeto são diretamente proporcionais à “antiguidade da falha”, ou seja, quanto mais cedo, nesta etapa da construção civil, a falha tenha ocorrido. Uma falha no estudo preliminar, por exemplo, gera um problema cuja solução é muito mais complexa e onerosa do que a de uma falha que venha a ocorrer na fase de anteprojeto.

## **2.2.2 Surgimento de anomalias por problemas de execução**

Durante a etapa de execução do projeto, os problemas, na maioria das vezes, são relacionados com a qualidade da mão de obra, a falta de treinamento e a qualificação dos operários. Dito isso, é evidente a necessidade de treinamento dos operários, tendo em vista que a relação custo benefício é relativamente boa, o treinamento de equipes para a execução de serviços específicos do processo, agiliza e otimiza a perda de materiais (SILVEIRA, 2002 apud ZUCHETTI, 2009, p. 38)

Nesta fase, devem ser tomados todos os cuidados necessários ao bom andamento da construção, com a indispensável caracterização da obra, individualizada pela programação das atividades, alocação de mão de obra, definição do “layout” do canteiro e previsão de compras dos materiais (SOUZA; RIPPER, 2009).

Assim, uma vez iniciada a construção, podem ocorrer falhas das mais diversas naturezas, associadas a causas tão diversas como a falta de condições locais de trabalho, não capacitação profissional da mão de obra, inexistência de controle de qualidade de execução, má qualidade de materiais e componentes e irresponsabilidade técnica (SOUZA; RIPPER, 2009).

Segundo Cremonini (1988, p. 31), "um programa que vise à diminuição ou eliminação de problemas patológicos deve agir diretamente nas etapas do processo construtivo, bem como criar um sistema de qualidade eficiente em cada uma delas”.

Conforme Souza e Ripper (2009, p. 34):

Do ponto de vista das falhas técnicas, e a título de melhorar uma pseudotrabalhabilidade do concreto, é comum adicionar-se água a ele além do especificado, elevando-se substancialmente o fator água/cimento, o que torna o concreto poroso, de baixa resistência e com elevada retração. Outro agente de aumento do fator A/C é a utilização de areia úmida, sem que se faça qualquer redução na quantidade de água adicionada à mistura.

No início da obra não se faz, também, nenhum controle sobre os materiais componentes do concreto que chegam ao canteiro durante a obra, mesmo quando se muda de fornecedor (alteração de jazidas de areia ou de brita), ou quando há mudança de condições climáticas (areia molhada, por exemplo) ou estrutural (maior densidade de armadura em um determinado elemento da estrutura). Além disto, a utilização de algumas tabelas genéricas de dosagem muitas vezes não é feita de forma correta, e são comuns os casos de diminuição do consumo de cimento e utilização de agregados mais baratos, fora dos padrões normatizados pela ABNT (SOUZA; RIPPER, 2009).

Segundo Cremonini (1988, p. 32),

Diversos órgãos de pesquisa têm realizado programas de levantamento de manifestações patológicas, visando conhecer a origem dos principais problemas [...] tal a fator nos volta ao surgimento de patologias na fase de execução do projeto, acompanhada da falta de processos produtivos de

qualidade, sendo importante haver uma cadeia produtiva de qualidade inter-relacionada a todas as etapas.

### **2.2.3 Surgimento de anomalias por problemas em materiais**

De acordo com a NBR 12655 (2015), é preciso fazer não somente o controle do concreto, mas também dos agregados, água e aditivos. Segundo a NBR 12654 (2000) o controle tecnológico deve ser elaborado em função do grau de responsabilidade da estrutura, das condições agressivas existentes no local da obra e do conhecimento prévio das características dos materiais disponíveis para a execução das obras.

Souza e Ripper (2009, p.33) citam alguns casos mais comuns de utilização incorreta de materiais de construção:

- I. Utilização de concreto com fck inferior ao especificado, que no caso de encomenda errada ou de erro no fornecimento do concreto pronto, quer por erro em concreto virado na própria obra;
- II. Utilização de aço com características diferentes das especificadas, quer termos de categorias, quer de bitolas;
- III. Assentamento das fundações em camadas de solo com capacidade resistente – ou características, de uma maneira geral - inferior à requerida;
- IV. Utilização de agregados reativos, insaturados, desde o início, a possibilidade de geração de reações expansivas no concreto, e potencializando os quadros de desagregação e fissuração do mesmo;
- V. Utilização inadequada de aditivos, alterando as características do concreto, em particular as relacionadas com resistência e durabilidade;
- VI. Dosagem inadequada do concreto, seja por erro no cálculo da mesma, seja pela utilização incorreta dos agregados, do tipo de cimento ou de água.

Com isso, são bastante comuns os problemas patológicos que têm sua origem na qualidade inadequada dos materiais e componentes. A menor durabilidade, os erros dimensionais, a presença de agentes agressivos incorporados e a baixa resistência mecânica são apenas alguns dos muitos problemas que podem ser implantados nas estruturas como consequência desta baixa qualidade (SOUZA; RIPPER, 2009).

### **2.2.4 Surgimento de anomalias por problemas vinculados ao mau uso**

Durante a etapa de execução do projeto, os problemas na maioria das vezes são relacionados à qualidade da mão de obra, a falta de treinamento e qualificação dos operários.



Dito isso, é evidente a necessidade de treinamento dos operários, tendo em vista que a relação custo benefício é relativamente boa, o treinamento de equipes para a execução de serviços específicos do processo, agiliza e otimiza a perda de materiais (DAL MOLIN, 1988 apud ZUCHETTI, 2009, p.40)

Acabadas as etapas de concepção e de execução, e mesmo quando tais etapas tenham sido de qualidade adequada, as estruturas podem vir a apresentar problemas patológicos originados da utilização errônea ou da falta de um programa de manutenção adequado.

Segundo Souza e Ripper (2009, p. 27):

Os problemas patológicos ocasionados por manutenção inadequada, ou mesmo pela ausência total de manutenção, têm sua origem no desconhecimento técnico, na incompetência, no desleixo e em problemas econômicos. A falta de alocação de verbas para a manutenção pode vir a tornar-se fator responsável pelo surgimento de problemas estruturais de maior monta, implicando gastos significativos e, no limite, a própria demolição da estrutura.

Exemplos típicos, casos em que a manutenção periódica pode evitar problemas patológicos sérios e, em alguns casos, a própria ruína da obra, são a limpeza e impermeabilização das lajes de cobertura, marquises e piscinas elevadas, que, se não forem executadas, possibilitarão a infiltração prolongada de águas de chuva e o entupimento de drenos, fatores que, além de implicarem na deterioração da estrutura, podem levá-la à ruína por excesso de carga (acumulação de água) (SOUZA; RIPPER, 2009)

Conforme Pina (2003) apud Zuchetti (2007, p. 40),

Muitas patologias que surgem durante a fase de utilização são originadas pelos usuários, através de diversos fatores como: sobrecargas não previstas no projeto, alterações estruturais indevidas em função de reformas, utilização de produtos químicos com agentes agressivos, falta de programações de manutenção adequada, falta de inspeções periódicas para detecção de sintomas patológicos, danificação de elementos estruturais por impactos, erosão por abrasão, retração do cimento, excesso de deformação das armaduras.

## 2.3 Principais causas das manifestações patológicas relacionadas à umidade

Os problemas de umidade quando surgem nas edificações, sempre trazem um grande desconforto e degradam a construção rapidamente, além de possuírem valores muito elevados para sua reparação (SOUZA, 2008).

De acordo com Sousa (2001, p. 25), "a umidade nas construções representa uma das manifestações patológicas mais difíceis de serem resolvidas dentro das ciências da construção civil. As dificuldades se devem à complexidade dos fenômenos envolvidos e à falta de estudos e pesquisas".

O alto custo de reparação vem do fato de serem problemas complexos que exigem a análise criteriosa de um profissional qualificado. Esse profissional possui as ferramentas necessárias para um diagnóstico preciso, fazendo com que a solução encontrada seja aquela que elimina o problema diretamente na fonte e não uma solução superficial que causará o reaparecimento da anomalia.

Henriques (1994, p. 1) afirma isso quando fala que "o conhecimento das formas de manifestação das anomalias devidas à umidade é um dado essencial para a elaboração de um diagnóstico correto, que permita identificar claramente as respectivas causas e propor as soluções de reparação adequadas".

O autor acrescenta que é "essencial conhecer tão bem quanto possível as diversas formas de manifestação da umidade e as respectivas causas e sintomas, a fim de viabilizar a realização do diagnóstico correto das anomalias motivadas por uma ou por várias causas".

Outro fato que deve ser levado em consideração na análise das manifestações patológicas de umidade é o aparecimento de dois ou mais fenômenos associados, como descreve Verçosa (1991) apud Souza (2008, p. 9):

A umidade não é apenas uma causa de patologias, ela age também como um meio necessário para que grande parte das patologias em construções ocorra. Ela é fator essencial para o aparecimento de eflorescências, ferrugens, mofo, bolores, perda de pinturas, de rebocos e até a causa de acidentes estruturais.

A umidade de construção pode dar origem à ocorrência de anomalias generalizadas ou localizadas, devidas quer à evaporação da água existentes, quer ao simples fato de os materiais terem um teor de água superior ao normal. No primeiro caso a água ao evaporar-se

pode provocar expansões ou destaques de alguns materiais ou, em virtude de fazer diminuir a temperatura superficial dos materiais, dar origem à ocorrência de condensações. No segundo caso, podem ocorrer manchas de umidade ou condensações, estas últimas motivadas pelo fato de a condutibilidade térmica dos materiais variar em função do respectivo teor de água (HENRIQUES, 1994).

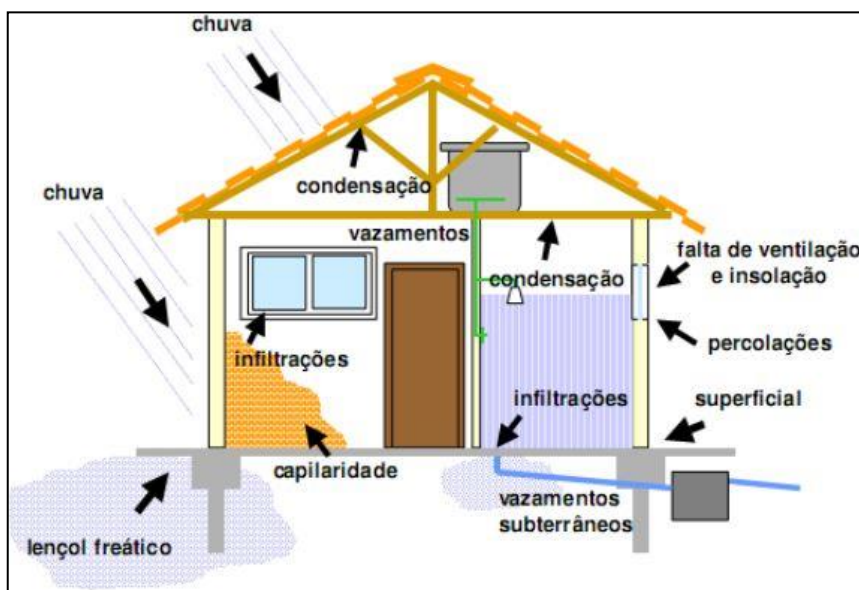
No Quadro 1, estão representadas as origens das manifestações patológicas por umidade e sua localização, sejam em confecções de argamassas como em pisos. E na Figura 1, estão exemplificadas as principais origens das manifestações patológicas causadas por umidade.

Quadro 1 - Origem e localização das manifestações patológicas

<b>Origens</b>	<b>Presente na</b>
Umidade proveniente da execução da construção	Confecção do concreto Confecção da argamassa Execução de pinturas
Umidade oriunda das chuvas	Cobertura (telhados) Paredes Lajes e terraços
Umidade trazida por capilaridade (umidade ascensorial)	Terra, através do lençol freático
Umidade resultante de vazamento de rede de água e esgotos	Paredes Telhados Pisos Terraços
Umidade de condensação	Paredes, forros e pisos Peças com pouca ventilação Banheiros, cozinhas e garagens

Fonte: Adaptada de Klein (1999)

Figura 1 - Principais manifestações patológicas causadas por umidade



Fonte: Schönardie (2011, p. 23)

### 2.3.1 Umidade de construção

A maioria dos materiais entregues atualmente na construção de edifícios, ou em ações de reparação, necessita de água para a sua confecção, como por exemplo, as argamassas, ou para a sua colocação, como é o caso dos tijolos na execução de alvenarias. As quantidades de água introduzidas num edifício por essa via são, de uma forma geral, importantes e muitas vezes menosprezadas. Por outro lado, os materiais e as edificações, ainda em fase de construção estão sujeitas à ação direta da chuva, o que aumenta ainda mais o respectivo teor de água. Um edifício corrente pode conter no final da respectiva construção vários milhares de litros de água em excesso (HENRIQUES, 1994).

Quando se fala em água para confecção, leva-se em consideração o fato de que uma argamassa ou concreto, por exemplo, tem um traço calculado, com um fator água/cimento (A/C) ideal para a devida finalidade. O problema se dá pelo fato dessa relação não ser respeitada, ou seja, quando se acrescenta uma quantidade maior de água na mistura do que o indicado pelo projeto. Na maioria dos casos, isso ocorre quando a confecção é elaborada no canteiro de obra, por mão de obra não qualificada.

Outro problema que altera o teor de umidade dos materiais de construção é a falta de cuidado na estocagem. Se a alvenaria, cerâmicas, madeiras, armaduras, cimento, agregados etc, estiverem em contato direto com a chuva, ficarão saturados, ou seja, levarão um tempo

maior para eliminarem a água localizada em seu interior, podendo causar anomalias na edificação.

A umidade originada pela execução da construção é aquela necessária para a obra, e que desaparece com o tempo (cerca de seis meses). Elas se encontram dentro dos poros dos materiais, como as águas utilizadas para concretos e argamassas, pinturas, etc (SOUZA, 2008).

Na visão de Henriques (1994, p. 3), de maneira geral, "as anomalias devidas a este tipo de umidades cessam ao fim de um período mais ou menos curto, o qual é função das características e do tipo de utilização do edifício em causa e da região climática em que se insere".

Essa umidade citada por Souza é aquela que se encontra superficialmente nos materiais. Existe também a localizada no interior do material e que demora mais tempo para chegar à superfície.

Segundo Henriques (1994, p. 3):

Este processo é mais demorado na medida em que a maior parte da água está contida no interior dos materiais, tornando-se necessário que atravesse sob a forma líquida ou de vapor todos os poros até atingir a superfície. A terceira fase é traduzida pela liberação da água existente nos poros de menores dimensões. Este processo é extremamente lento, decorrendo muitas vezes ao longo de vários anos.

A umidade de construção pode dar origem à ocorrência de anomalias generalizadas ou localizadas, podendo ocorrer devido à evaporação da água existente no interior do material, ou devido à condensação, que ocorre pela diminuição da temperatura superficial dos materiais (HENRIQUES, 1994).

A umidade originada pela execução da construção é aquela necessária para a obra, mas que desaparece com o tempo (cerca de seis meses). Elas se encontram dentro dos poros dos materiais, como as águas utilizadas para concretos e argamassas, pinturas, etc (KLEIN, 1999 apud SOUZA, 2008).

### 2.3.2 Umidade do terreno

Umidade do terreno ou por capilaridade, se trata da umidade que sobe do solo úmido (umidade ascensional). Ela ocorre nos baldrames das edificações, devido às próprias condições do solo úmido, assim como a falta de obstáculos que impeçam a sua progressão (SOUZA, 2008).

A maioria dos materiais de construção utilizados tem capilaridades por vezes elevadas, o que facilita a migração da água através deles. Na ausência de qualquer espécie de barreiras estanques, esta migração pode ocorrer horizontal ou verticalmente, o que se verifica quando possuem a existência de zonas das paredes em contato com a água do solo, de materiais com elevada capilaridade e a inexistência, ou deficiente posicionamento de barreiras estanques nas paredes (HENRIQUES, 1994).

A ascensão da água nas paredes é função da porometria dos seus materiais constituintes, ou seja, quanto menor o diâmetro dos poros maior a altura teórica que a água pode atingir o que depende também, da quantidade de água que está em contato com a parede e das condições de evaporação das mesmas (HENRIQUES, 1994).

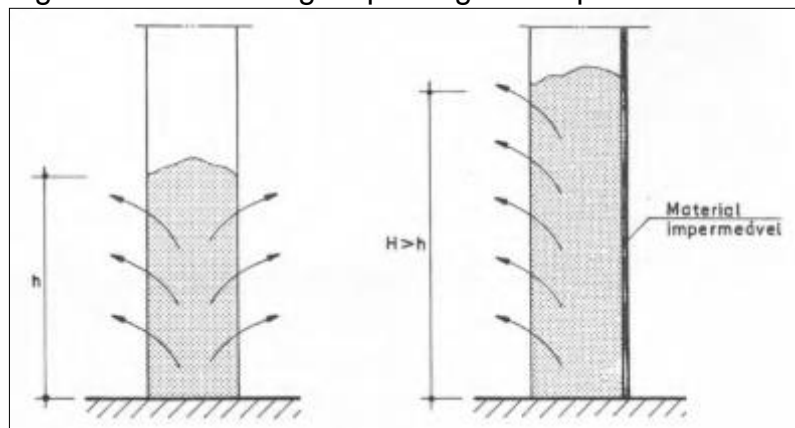
Segundo Cabaça (2002, p. 6):

Na maior parte dos casos não se pode evitar que o solo seja úmido. Pode estar saturado ou não de umidade, ou seja, os seus poros podem ou não estar cheios de água líquida. Grande parte do solo encontra-se sempre saturado de água, formando a camada de água subterrânea ou freática, cujo nível superior corresponde ao nível de água nos poços.

A água na parede vai ascendendo até o ponto que surge um equilíbrio entre a evaporação e a absorção por capilaridade da água na parede. Por essa razão, quando se aplica algum tipo de impermeabilização, as condições de evaporação são diminuídas, o que faz com que a água em ascensão alcance um nível maior de altura, a fim de encontrar um novo equilíbrio (HENRIQUES, 1994).

Esse fenômeno está demonstrado na Figura 2.

Figura 2 - Altura atingida pela água nas paredes

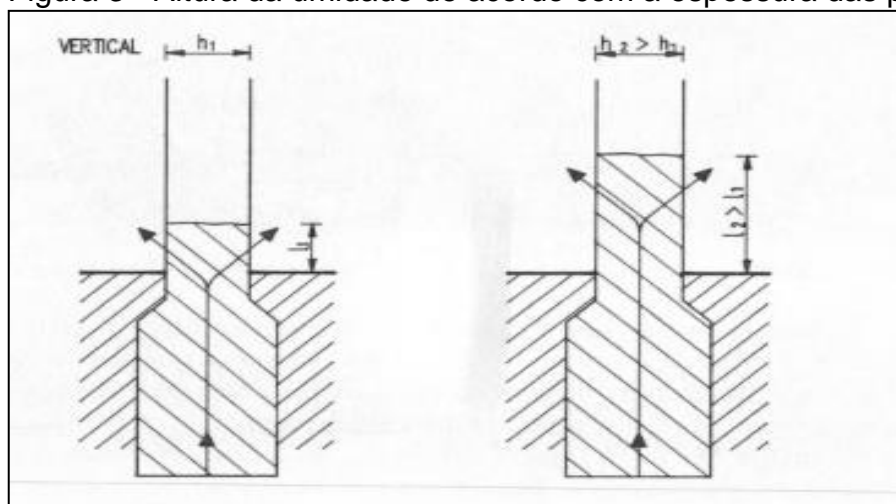


Fonte: Henriques (1994, p. 6)

A altura que a água pode atingir numa dada edificação é variável, isso depende da orientação, na qual pode-se dizer que as paredes viradas ao norte são mais afetadas que as orientadas a sul; dos materiais constituintes e da espessura das paredes, pois quanto maior a espessura, maior será a altura alcançada pela umidade (HENRIQUES, 1994).

Na Figura 3 apresenta-se duas paredes em corte com mesmos materiais constituintes, mesma orientação, mas com espessuras diferentes. A figura exemplifica exatamente o que o autor descreve no parágrafo anterior.

Figura 3 - Altura da umidade de acordo com a espessura das paredes



Fonte: Henriques (1994, p.7)

No momento que ocorre essa capilaridade, os sais existentes no terreno e nos próprios materiais de construção, após serem dissolvidos pela água, são transportados através da

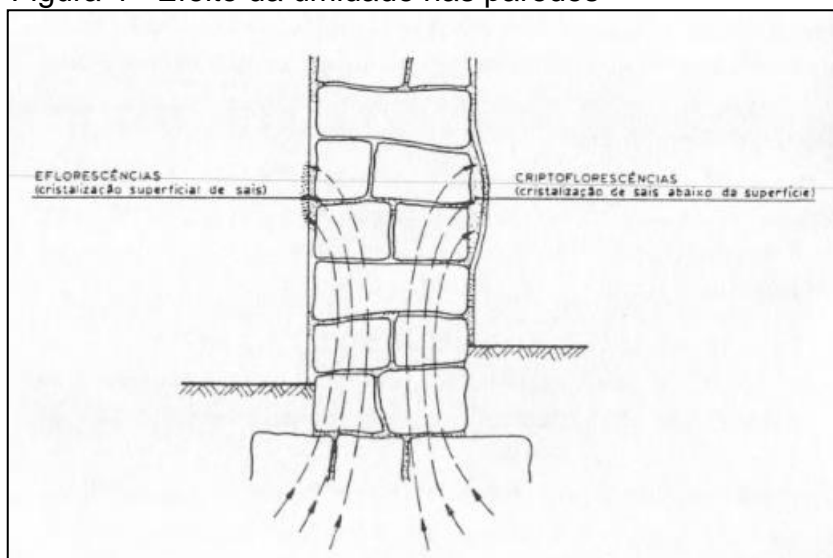
parede para níveis superiores. Quando essa água atinge as superfícies das paredes e se evapora, os sais cristalizam e ficam ali depositados. Este fenômeno provoca uma redução da permeabilidade ao vapor da água, pois preenche os poros, fazendo com que aumente a ascensão capilar nessa parede.

Os sais depositados nas superfícies propiciam, por outro lado, a ocorrência de fenômenos de higroscopicidade, os quais perduram mesmo após terem sido resolvidos os problemas de ascensão de água nas paredes (HENRIQUES, 1994).

Segundo Henriques (1994, p. 7), "em certas circunstâncias, a deposição dos sais à superfície pode dar origem à formação de eflorescências ou, quando a cristalização ocorra sob os revestimentos de paredes, criptoflorescências".

Na Figura 4 consta a apresentação da formação de eflorescências e criptoflorescências nas paredes.

Figura 4 - Efeito da umidade nas paredes



Fonte: Henriques (1994, p. 7)

Este tipo de umidade pode ser classificado ainda como permanente, caso o nível de lençol freático encontre-se muito alto ou sazonal, decorrente de uma variação climática. Seu aparecimento ocorre nas áreas inferiores das paredes das edificações, uma vez que estas tendem a absorver a água que sobe do solo úmido através de sua fundação. Ela ocorre devido aos materiais que apresentam canais capilares, por onde a água passará para atingir o interior das edificações. Têm-se como



exemplos destes materiais os blocos cerâmicos, concreto, argamassas, madeiras, etc.

### **2.3.3 Umidade de precipitação**

Segundo Souza (2008, p. 9), "a chuva é o agente mais comum para gerar umidade, tendo como fatores importantes à direção e a velocidade do vento, a intensidade da precipitação, a umidade do ar e fatores da própria construção (impermeabilização, porosidade de elementos de revestimentos, sistemas precários de escoamento de água, dentro outros). Este tipo de umidade pode ocorrer ou não com as chuvas. O simples fato de ocorrer precipitação, não implica em patologias de umidades com esta causa".

A ação da água da chuva sobre uma parede pode assumir diversas componentes. A energia cinética das gotas de água pode provocar a penetração direta, sempre que haja incidência dessas gotas em fissuras ou juntas mal vedadas.

A ação continuada da chuva sobre a parede dá origem à formação de uma cortina de água que, ao escorrer pela superfície, pode penetrar nela por gravidade, em resultado da sobrepressão causadas pelo vento ou por ação da capilaridade dos materiais (HENRIQUES, 1994).

A penetração da água da chuva nas paredes é um fenômeno normal que não apresenta problemas se aqueles elementos tiverem sido concebidos para resistirem a este tipo de ações, impedindo que a água infiltrada atinja parâmetros interiores ou os materiais de isolamento térmico, como é o caso, por exemplo, das paredes duplas (HENRIQUES, 1994).

No entanto, as situações de ocorrência de anomalias devidas a este tipo de fenômenos são muito frequentes, em consequência de vários fatores, designadamente deficiências de concepção, existência de fissuração, etc. É importante salientar que na concepção duma parede deve ser tida em conta a sua localização geográfica e orientação, como forma de se poderem avaliar os respectivos riscos de molhagem face à ação da chuva incidente, os quais variam não só de região para região mas também, em cada uma delas, em função da exposição da parede aos rumos mais gravosos [...] (HENRIQUES, 1994).

O umedecimento das paredes pela ação da chuva pode também originar anomalias não diretamente imputáveis àquelas ações. Como efeito, o acréscimo do teor de água dos materiais acarreta um aumento da respectiva condutibilidade térmica, podendo propiciar a ocorrência de condensações. Por outro lado, os fenômenos de secagem dos materiais úmidos provocam uma diminuição da temperatura superficial, especialmente acentuada nos casos em que essa secagem seja muito rápida, como por exemplo, em locais expostos a ventos de forte intensidade. O abaixamento da temperatura superficial exterior das paredes pode contribuir, em certas circunstâncias, para um acréscimo do risco de ocorrência de condensações.

As anomalias devidas à ação da água da chuva manifestam-se através do aparecimento de manchas de umidade de dimensões variáveis nos parâmetros interiores das paredes exteriores, em correspondência com ocorrências de precipitação. Essas manchas tendem a desaparecer quando cessam os períodos de chuva, não sendo visíveis quando o tempo se apresenta seco. Nas zonas que sofreram umedecimento é frequente a ocorrência de bolores, eflorescências e criptoflorescências.

#### **2.3.4 Umidade de condensação**

Segundo Souza (2008, p.10), “[...] a umidade de condensação possui uma forma bastante diferente das outras já mencionadas, pois a água já se encontra no ambiente e se deposita na superfície da estrutura e não mais está infiltrada”.

De acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2003, p.2), “é a água com origem na condensação de vapor d’água presente no ambiente sobre a superfície de um elemento construtivo deste ambiente”. Ocorrendo geralmente em banheiros, saunas e frigoríficos. Desta maneira possui uma forma bastante diferente das outras já mencionadas, pois a água já se encontra no ambiente e se deposita na superfície da estrutura e não mais está infiltrada.

### **2.3.5 Umidade devido à higroscopicidade**

Um largo número de materiais de construção correntes apresenta na sua constituição sais solúveis em água, o mesmo acontece em solos, especialmente em locais ricos em matérias orgânicas.

A presença destes sais no interior das paredes não é algo grave, no entanto, se as paredes forem umedecidas os sais dissolvidos acompanharão as migrações da água até as superfícies onde cristalizarão designadamente sob a forma de eflorescências e criptorescências.

Alguns destes sais são higroscópicos, isto é, têm a propriedade de absorverem umidade do ar dissolvendo-se, quando a umidade relativa do ar está acima de 65-75%, voltando a cristalizar com um considerável aumento de volume quando a umidade relativa baixa daqueles valores. Desta forma, estes sais são susceptíveis de provarem não só o umedecimento das superfícies sobre as quais se encontrem, mas também de darem origem a fenómenos de degradação, resultantes dos aumentos de volume que acompanham a sua cristalização, em consequência da sucessão de ciclos dissolução-cristalização.

As anomalias devidas a fenómenos de higroscopicidade são caracterizadas pelo aparecimento de manchas de umidade em locais com fortes concentrações de sais, eventualmente associadas à degradação dos revestimentos das paredes. Estas manifestações podem ocorrer durante todo o ano, mesmo no verão, em períodos de elevadas umidades relativas do ar, no caso das manchas, ou de variações frequentes daquele estado higrométrico, no que se refere às degradações dos revestimentos.

A ocorrência de fenómenos desse tipo referido implica em geral a existência de outro tipo de anomalia, que pode eventualmente já ter cessado, a qual tenha propiciado as condições de umedecimento necessárias para que os sais migrassem para as superfícies.

Por vezes pode-se ser levado a pensar que as degradações devidas aos sais solúveis são consequência de valores elevados da umidade relativa. Tal não é exato, na medida em que não é a umidade relativa baixa ou elevada que provoca os danos, mas é antes a sequência de ciclos de variação dessa umidade acima e abaixo de um valor crítico da ordem de 65-75% que provoca as destrutivas sequências dissolução/cristalização (HENRIQUES, 1994).

### **2.3.6 Umidade devido a outras causas**

São inúmeras as situações de ocorrência de umidades devidas a causas fortuitas e torna-se, por esse fato, difícil sistematizar todas as causas possíveis. De uma forma geral caracterizam-se pela sua natureza pontual, em termos especiais, e decorrem de defeitos de construção, falhas de equipamentos ou de erros humanos, que podem ser por acidentes ou por falta de manutenção (HENRIQUES, 1994).

Dentre as causas mais frequentes deste tipo de anomalias, destacam-se as causadas por problemas em tubulações. Outras causas comuns são as infiltrações nas paredes de águas provenientes da cobertura, devidas, por exemplo, a entupimentos de calhas (HENRIQUES, 1994).

## **2.4 Principais manifestações patológicas causadas por umidade**

Os itens 2.4.1 ao 2.4.7 apresentam um histórico sobre as principais manifestações patológicas causadas por umidade.

### **2.4.1 Infiltrações**

A infiltração é a manifestação patológica mais comum em edificações, e ocasiona uma abundância de problemas que afetam inicialmente a estrutura da obra, causam também prejuízos financeiros e transtornos aos ocupantes (SCHONARDIE, 2009).

Segundo Giacomelli (2016) apud Fernandes (2017, p. 25), “infiltração: consiste na passagem de água através de um material sólido, geralmente em elementos de concreto ou alvenaria na edificação. Conforme a quantidade de água pode até mesmo formar goteiras”. Na Figura 5 apresenta-se um exemplo de infiltração em uma laje.

Figura 5 - Infiltração na laje



Fonte: Giacomelli apud Fernandes (2017, p. 25)

#### 2.4.2 Manchas

São alterações no aspecto original da coloração dos revestimentos em geral, exibindo variações como perda de brilho, mudanças de cor, descoloração, entre outras (GIACOMELLI, 2016).

Segundo Santos (2013) apud Fernandes (2017, p. 27), “as manchas são o resultado da saturação de água em um devido local”. A Figura 6 exemplifica uma mancha no teto, causada por umidade.

Figura 6 - Mancha no teto



Fonte: Paz (2016) apud Fernandes (2017, p. 27)

### 2.4.3 Eflorescências

Segundo Uemoto (1985) apud Souza (2008, p. 41), “o termo eflorescência tem como significado a formação de depósito salino na superfície de alvenarias, isto sendo resultado de exposição de interpéries”.

Ainda de acordo com Souza (2008, p. 41),

Este fenômeno pode ocorrer em qualquer elemento da edificação. Ela pode trazer modificações apenas estéticas ou ser agressiva. No primeiro comportamento, ela altera a aparência do elemento onde está depositada e, no segundo, devido aos sais constituintes, pode até causar degradação profunda. Observa-se um contraste de cor maior quando se tem sais (eflorescência branca) e uma base de tijolos vermelhos.

A eflorescência é constituída por sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-terrosos (cálcio e magnésio), solúveis ou parcialmente solúveis em água. Diante disso, pela água da chuva ou do solo, o elemento estará saturado e os sais serão dissolvidos. Depois a solução migra para a superfície e, por evaporação, a água sai, deixando, na base do elemento, um depósito salino (UEMOTO, 1985 apud SOUZA, 2008).

A eflorescência é originada pela soma de três fatores, o teor de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes, a presença de água e a pressão hidrostática, que faz com que a migração da solução para superfície, ocorra.

Alguns fatores externos também ajudam para que este tipo de manifestação patológica ocorra, tais como: a quantidade de solução que irá aflorar; o aumento do tempo de contato que atua na solubilização de maior teor de sais; a elevação de temperatura, a qual aumenta a velocidade de evaporação e gera um favorecimento na solubilização os sais; e a porosidade dos elementos, permitindo que esta migração da solução para a superfície ocorra (SOUZA, 2008).

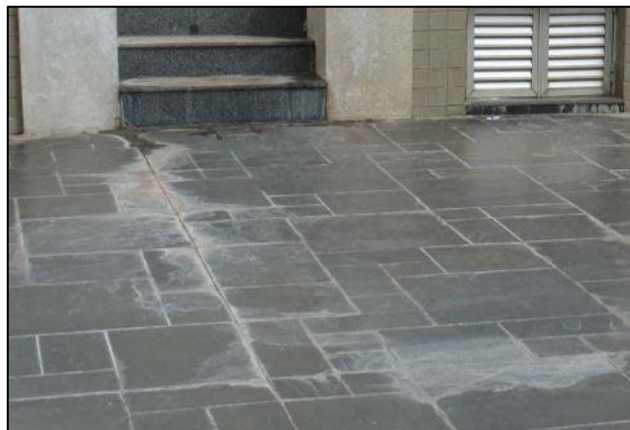
Nas Figuras 7 e 8 estão apresentadas eflorescência em vigas e pisos, respectivamente.

Figura 7 - Eflorescência em encontro de vigas



Fonte: Souza (2008, p. 42)

Figura 8 - Eflorescência em piso



Fonte: Souza (2008, p. 43)

#### **2.4.4 Criptoflorescências**

Também são formações salinas, de mesma causa e mecanismo que as eflorescências, mas agora os sais formam grandes cristais que se fixam no interior da própria parede ou estrutura. Ao crescerem, eles podem pressionar a massa, formando rachaduras até a queda da parede. O maior causador de eflorescência é o sulfato. Os sulfatos, ao receberem água, aumentam muito de volume. Mesmo que a pressão seja pequena, as criptoflorescências fazem desagregar os materiais, principalmente na camada superficial (SCHONARDIE, 2009).

### 2.4.5 Saponificação

De acordo com Mattos (2013, p. 135), a saponificação ocorre em duas situações distintas, quando a pintura é feita antes do tempo necessário para a cura do reboco (28 dias), ou quando há o excesso de umidade no local. Esta umidade, segundo o pesquisador, em contato com a cal e o cimento que compõem o reboco causa uma alcalinidade, que reage com a acidez característica de alguns tipos de resinas, causando manchas nas superfícies e até o descascamento da tinta.

A Figura 9 apresenta uma parede onde o reboco sofreu um processo de saponificação.

Figura 9 - Saponificação no Reboco



Fonte: Mattos (2013, p. 135)

Na visão de Fernandes (2017), a saponificação é o estágio seguinte da eflorescência, na qual apresenta-se em forma de manchas, com aspecto pegajoso, que tem origem. Segundo Freire (2006 apud FERNANDES, 2017, p. 28), “devido a alcalinidade de paredes, ocasionando a saponificação das tintas formando as manchas, com posterior amolecimento ou descascamento do filme”.

A aparição de manchas e o descascamento do filme que promove a destruição das tintas PVA ou o retardamento da secagem das tintas sintéticas, ocorre em virtude do produto ter sido aplicado sobre superfícies não curadas ou com alcalinidade excessiva (FREIRE, 1991, apud CARVALHO, 2016).

Na Figura 10 é apresentado mais um exemplo de saponificação.



Figura 10 - Saponificação em uma Edificação



Fonte: Thomaz (1989, p. 25)

#### 2.4.6 Bolor e Mofo

Bolor é uma manifestação patológica em forma de manchas escuras indesejáveis, sendo provocadas pela concentração de fungos sobre vários tipos de substrato, se apresentando nas colorações preta, marrom ou verde e ocasionalmente podem ocorrer de serem claras esbranquiçadas ou ainda amareladas. Está associado à existência de alto teor de umidade no componente atacado e no meio ambiente, podendo interferir na salubridade e habitabilidade da edificação. Seu desenvolvimento está baseado na presença de umidade e sais minerais, potencializada a sua ocorrência em regiões de maior fluxo ou retenção de água, porosidade da superfície e menor incidência de insolação (GIACOMELLI, 2016 apud FERNANDES, 2017).

Segundo Alucci, Flauzino e Milano (1985) apud Souza (2008, p. 43), “o desenvolvimento de bolor ou mofo em edificações pode ser considerado um grande problema com grandeza econômica e ocorrência comum em regiões tropicais”.

O crescimento de bolor está diretamente ligado, conforme o autor citado, à existência de umidade (alto teor no elemento a qual estão ou no ar). Essa anomalia é comum em paredes umedecidas por infiltração de água ou vazamento de tubulações.

O emboloramento nada mais é do que uma alteração que pode ser constatada macroscopicamente na superfície de diferentes materiais, sendo consequência do desenvolvimento de micro-organismos pertencentes ao grupo dos fungos. Assim, como todos os organismos vivos, estes possuem seus desenvolvimentos afetados com as condições ambientais, sendo a umidade um fator essencial (SOUZA, 2008).

A Figura 11 apresenta uma fachada de um edifício, com manifestações patológicas características de bolor e mofo.

Figura 11 - Bolor ou mofo na fachada de uma edificação



Fonte: Antunes (2010, p. 67)

#### **2.4.7 Bolhas e Empolamento**

De acordo com Peres (2008, p. 29), “o empolamento, que consiste na formação de bolhas derivadas da evaporação da água infiltrada nas alvenarias, é uma manifestação patológica frequente nas construções”.

Segundo Granato (2016, p. 225),

O maior poder impermeabilizante de alguns tipos de tintas e adesivos de revestimentos dificultam a dissipação do vapor de água ou a própria água encontrada no substrato, podendo provocar o descolamento e formação de bolhas nas pinturas ou revestimentos. Normalmente ocorrem em tintas alquídicas (esmaltes, óleo), epóxi, hypalon, bem como perda de propriedades adesivas de colas de revestimentos de papéis, vinílicos, laminados, etc.

As possíveis causas dessa patologia consistem em aplicação de tinta base óleo sobre uma superfície úmida ou molhada, umidade infiltrando através de paredes externas (menos provável com tintas base água), e superfícies pintadas expostas à umidade, logo após a secagem, principalmente se houve inadequada preparação da superfície. (POLITO, 2006)

Quando se fala em preparação inadequada para pintura, refere-se a falta de limpeza da superfície, ou seja, sem eliminar a poeira residual resultante do lixamento da massa, assim como aplicação inadequada de massa corrida, ocorrendo geralmente após o uso da massa interna (PVA) em áreas externas, onde deveria ser feito o uso de massa acrílica. Além disso, quando a tinta de acabamento umedece a película da pintura anterior (não respeitando o tempo de secagem do fabricante) ou provavelmente por ser de má qualidade. (ALVES, 2010).

Nas Figuras 12 e 13 apresenta-se um exemplo de empolamento e de bolhas em uma edificação, respectivamente.

Figura 12 - Bolhas



Fonte: Mattos (2013, p. 134)

Figura 13 - Empolamento



Fonte: Chaves (2009) apud Mattos (2013, p. 136)

## 2.5 Noções básicas de termografia

Existem duas técnicas de identificação de manifestações patológicas em uma edificação, a destrutiva e a não destrutiva. A técnica destrutiva caracteriza-se por uma intervenção física a qual pode, em geral, descaracterizar, danificar, alterar ou destruir detalhes ou até mesmo a integralidade do imóvel. Já a técnica não destrutiva, a qual abrange o uso da termografia, não causa danos à edificação, porém, caracteriza-se por possuir um custo elevado (AZOLIM, 2017).

Silva, Viégas e Póvoas (2016, p.2) salientam a preferência ao uso da termografia para essa finalidade quando descrevem que “a detecção de manifestações patológicas se torna mais ágil, eficaz e não destrutiva ao se utilizar a câmera termográfica, que é uma ferramenta interessante para realizar a inspeção”.

De acordo com Silva, Viégas e Póvoas (2016, p. 2),

a termografia ainda é pouco utilizada na construção civil para identificar manifestações patológicas. A identificação pode ser feita devido à dissipação do calor quando algum defeito é encontrado, pois a partir da dissipação das ondas de calor, uma diferença de temperatura irá surgir e a leitura a partir da câmera termográfica pode ocorrer.

A termografia infravermelha tem sido utilizada para aplicações em diversos campos de atuação. Na construção civil, esta técnica tem sido empregada para a detecção de vazamentos, inspeção térmica de entorno de novas obras e testes térmicos para conservação de patrimônio histórico (CORTIZO, 2007).

A palavra “termografia” é proveniente da junção de duas palavras gregas, *therme* que quer dizer calor, e *grafia* que significa escrita. Entende-se por uma técnica ou um método que permite mapear uma região a partir de certa diferença de temperatura que a superfície emite, já que todo corpo acima do Zero Absoluto emite radiação, permitindo a visualização a partir do espectro infravermelho (CORTIZO, 2004 apud SILVA; VIÉGAS; PÓVOAS, 2016).

### **2.5.1 O que é termografia de infravermelho**

Todos os objetos emitem radiação infravermelha. A intensidade da radiação emitida depende de dois fatores: a temperatura do objeto e da capacidade do objeto de emitir radiação. Esta última é conhecida como emissividade. Ela é definida como sendo a capacidade que o material tem para radiar energia comparada com a de um “corpo negro perfeito”, que por sua vez é um corpo que absorve toda a luz recebida e não reflete nenhuma (MENDONÇA; AMARAL; CATARINO, 2012).

Segundo Mendonça, Amaral e Catarino (2012, p. 4), “existe uma lei da Física que diz que todos os materiais com uma temperatura acima do Zero Absoluto (-237 °C) radiam calor. A radiação do calor significa o mesmo que radiação infravermelha. Quanto mais quente está o objeto, maior a radiação”.

Para os supracitados autores, a termografia de infravermelhos consiste na captação de imagens de calor (termogramas), não visíveis pelo olho humano, através de uma câmera termográfica.

Para Cortizo (2007, p. 38), “a termografia basicamente é a percepção da temperatura superficial de um corpo pelo mecanismo de transferência de calor (radiação), uma vez que todo corpo com temperatura acima do Zero Absoluto emite radiação térmica”.

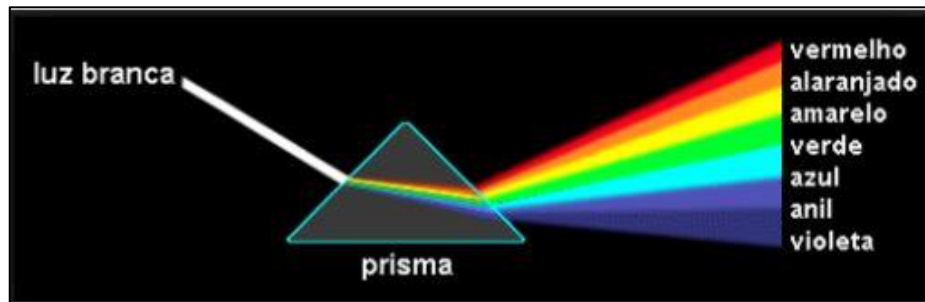
De acordo com Holst (2009) apud Cortizo (2007, p. 38), “deverá haver um diferencial de temperatura entre o alvo e o meio, pois somente neste caso será possível ocorrer uma diferenciação entre o alvo e o meio”.

Numa inspeção termográfica são produzidas imagens (termogramas), e registradas as respectivas temperaturas ao longo da superfície. Após análise, os dados recolhidos através de software apropriado, torna-se possível tirar conclusões precisas e indicar as medidas preventivas ou corretivas adequadas (MENDONÇA; AMARAL; CATARINO, 2012).

### **2.5.2 Radiação infravermelha**

Os raios infravermelhos foram descobertos em 1800, por Sir William Herschel, um astrônomo inglês, quando tentava descobrir quais as cores do espectro que eram responsáveis pelo aquecimento dos objetos. Também concluiu que a temperatura aumentava à medida que se passava do violeta para o vermelho, ou seja, além do visível (MENDONÇA; AMARAL; CATARINO, 2012). A Figura 14 representa esse ensaio.

Figura 14 - Ensaio de prisma



Fonte: Mendonça, Amaral e Catarino (2012, p. 1)

Segundo Mendonça, Amaral e Catarino (2012, p. 2), “os raios caloríficos são hoje conhecidos como raios infravermelhos. Quanto mais quente está o objeto, maior é a radiação. Radiação infravermelha é sinônimo de radiação de calor”.

Os raios infravermelhos fazem parte do espectro eletromagnético. Este tipo de radiação, no vácuo, desloca-se à velocidade da luz, relativamente ao observador, a visão humana apenas detecta uma pequena parte desse espectro. Eles têm um comprimento de onda superior aos visíveis, podendo ser divididos em ondas curtas (2-5  $\mu\text{m}$ ) e ondas longas (8-14  $\mu\text{m}$ ), sendo nesse último intervalo que trabalham as câmeras termográficas utilizadas em edifícios (MENDONÇA; AMARAL; CATARINO, 2012).

### 2.5.3 Emissividade

De acordo com Barreiras (2004) apud Azolim (2017, p. 83), a emissividade de uma superfície corresponde à razão entre a radiância desse componente e a radiância do corpo negro, e depende dos seguintes elementos:

#### 2.5.3.1 Variação da emissividade com o comprimento de onda

A emissividade varia de acordo com o comprimento da onda, de forma relativamente lenta para os materiais sólidos e de forma brusca em gases e líquidos.

#### 2.5.3.2 Variação da emissividade com o ângulo de observação

A emissividade varia conforme o ângulo de observação. Sendo assim, superfícies não planas apresentam uma emissividade aparente, que varia de ponto para ponto, apesar de não haver a alteração material. O autor salienta que para não metais, a variação de emissividade é praticamente nula para ângulos entre 0°C e 60°C em relação perpendicular à superfície.

### **2.5.3.3 Variação da emissividade com o comprimento de onda**

Há diversos materiais que apresentam emissividade independente do comprimento de onda e da direção da radiação. Nesses materiais é possível considerar a emissividade constante para uma determinada temperatura. Essa emissividade designa-se emissividade total.

## **2.5.4 Técnicas de termografia digital**

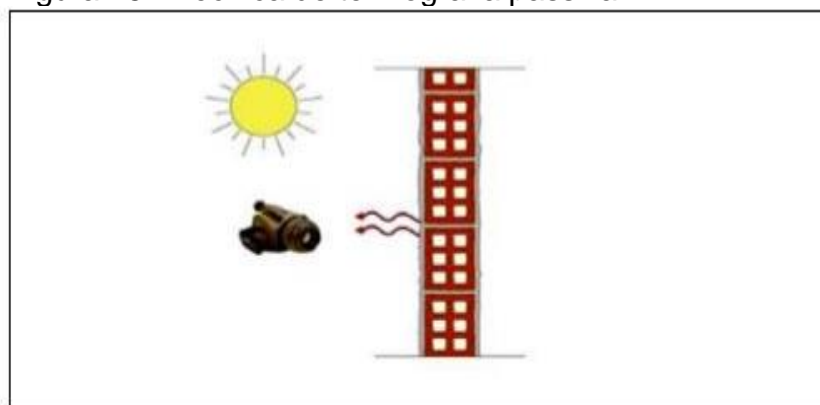
Existem duas técnicas para o método não destrutivo de imageamento termal, a primeira: Técnicas Passivas aquelas nas quais os materiais já contêm armazenamento interno de energia térmica ou são estimulados por uma fonte natural de calor (energia solar), a segunda: Técnicas Ativas: aquelas que envolvem o aquecimento ou resfriamento dos materiais para causar o fluxo de calor e o gradiente térmico necessário, (CORTIZO, 2007).

### **2.5.4.1. Termografia passiva**

Segundo Cortizo (2007, p. 39), “a técnica de termografia passiva é caracterizada pela falta de um estímulo de energia “artificial”. Somente ocorre o estímulo, por meio de carga solar ambiental atuante sobre o corpo”.

É possível observar esse modelo através da Figura 15, conforme Cortizo (2007, p. 40).

Figura 15 - Técnica de termografia passiva



Fonte: Cortizo (2007, p. 40)

Segundo Maldague (2001, p. 34),

na termografia passiva, condições de contorno naturais são utilizadas na análise, uma vez que nenhuma estimulação térmica é utilizada. Neste caso, devem existir uma diferença natural de temperatura entre o objeto sob estudo e o meio onde ele está inserido.

#### 2.5.4.2. Termografia ativa

Segundo Cortizo (2007, p. 40), “na termografia ativa a principal característica é a aplicação de um estímulo de energia sobre o corpo. O calor ou a injeção de energia podem variar segundo as especificações apresentadas nos Quadros 2 e 3”.

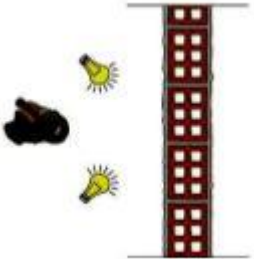
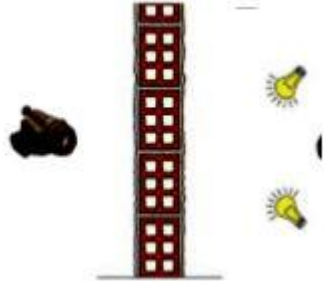
Quadro 2 - Variação da energia em termografia ativa

Propriedades	Característica
Intensidade	Alta
	Baixa
Posição	Sobre a face da superfície pesquisada
	Sobre a face oposta da superfície pesquisada
Fonte geradora	Lâmpadas incandescentes
Frequência	Pulso
	Constante
	Modulado
Tempo	Instantâneo
	Moderado espaço de tempo
Tipo	Injeção de calor
	Injeção de jatos de ar frio

Fonte: Adaptado de Cortizo (2007, p. 40)



Quadro 3 - Posição relativa - câmera e fonte

Posição relativa – câmera e fonte	Posicionamento da fonte
Mesmo sentido da câmera e fonte	 <p>Um diagrama que mostra um edifício vertical com uma grade de janelas. À esquerda do edifício, há um ícone de uma câmera e duas lâmpadas amarelas representando fontes de luz. Isso indica que a câmera e as fontes estão no mesmo lado em relação ao edifício.</p>
Sentido oposto da câmera e fonte	 <p>Um diagrama que mostra um edifício vertical com uma grade de janelas. À esquerda do edifício, há um ícone de uma câmera. À direita do edifício, há duas lâmpadas amarelas representando fontes de luz. Isso indica que a câmera e as fontes estão em lados opostos em relação ao edifício.</p>

Fonte: Adaptado de Cortizo (2007, p. 41)

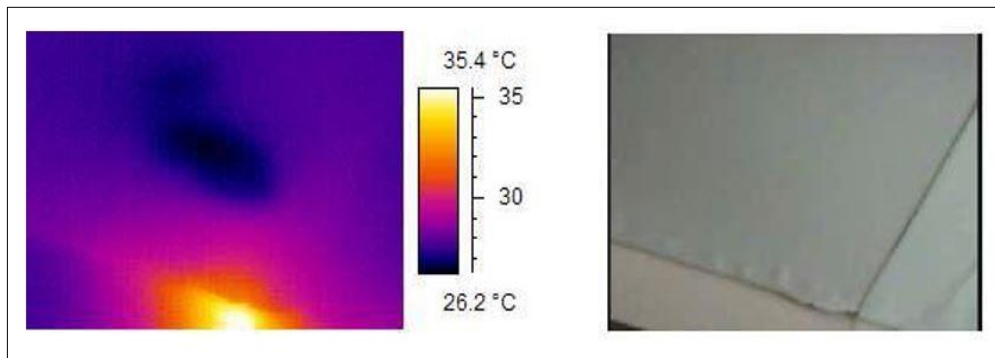
### 2.5.5 Identificação de manifestações patológicas utilizando termografia

A termografia por infravermelhos (TI) tem inúmeras aplicações em edifícios. Pode ser utilizada para detecção de causas de patologias verificadas visualmente, tal como pode ser empregue como instrumento de engenharia preventiva, descobrindo patologias ainda não aparentes, mas já embrionárias (MENDONÇA; AMARAL; CATARINO, 2012, p. 6),

Segundo esses autores, as aplicações da TI em edifícios são diversas, como por exemplo, detecção de infiltrações ou fugas de água, de fendas estruturas, de vazios no interior do concreto, de corrosão de armaduras etc.

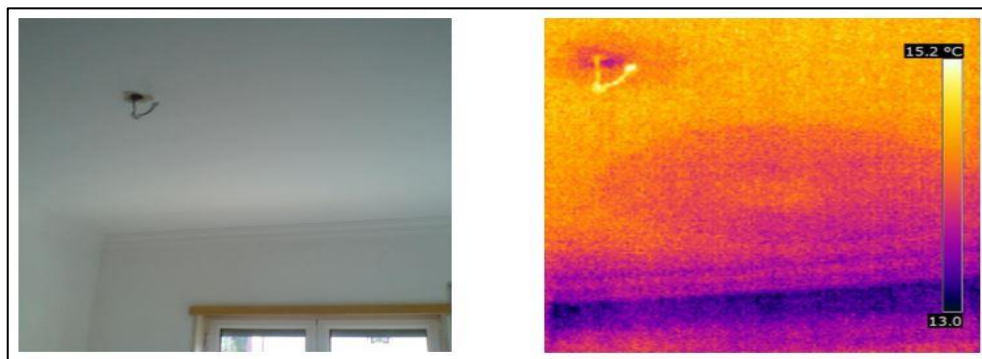
Nas Figuras 16, 17, 18, 19 e 20 constam termogramas de infiltrações não aparentes.

Figura 16 - Detecção de uma infiltração não visível em forros



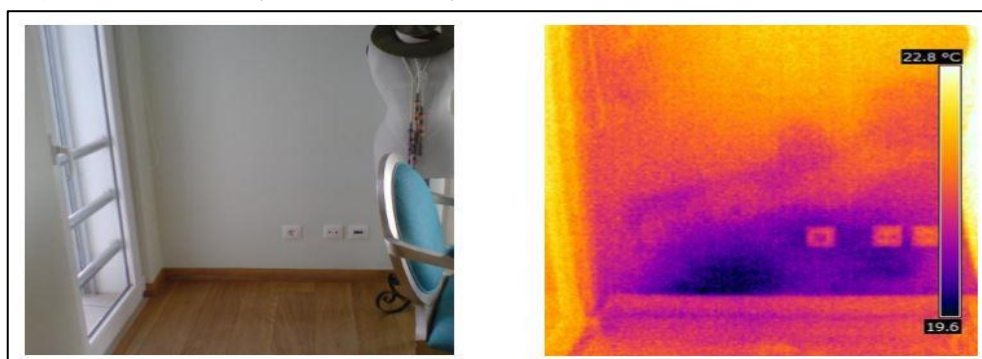
Fonte: Mendonça, Amaral e Catarino (2012, p. 6)

Figura 17 - Detecção de infiltração não visível em forros



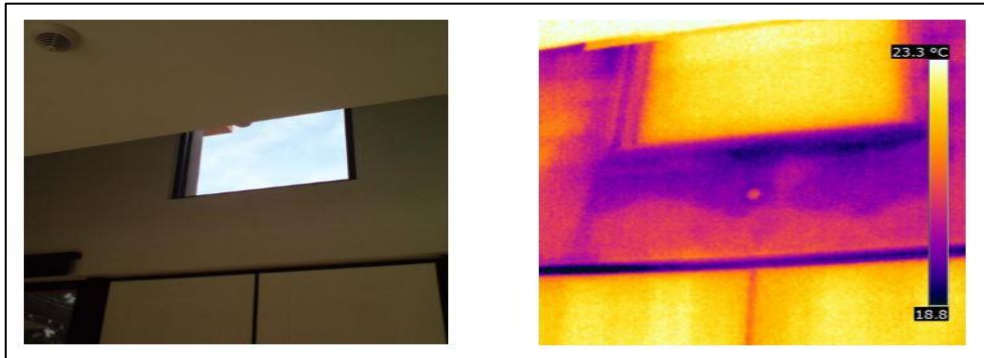
Fonte: Mendonça, Amaral e Catarino (2012, p. 15)

Figura 18 - Detecção de infiltrações não visíveis em paredes



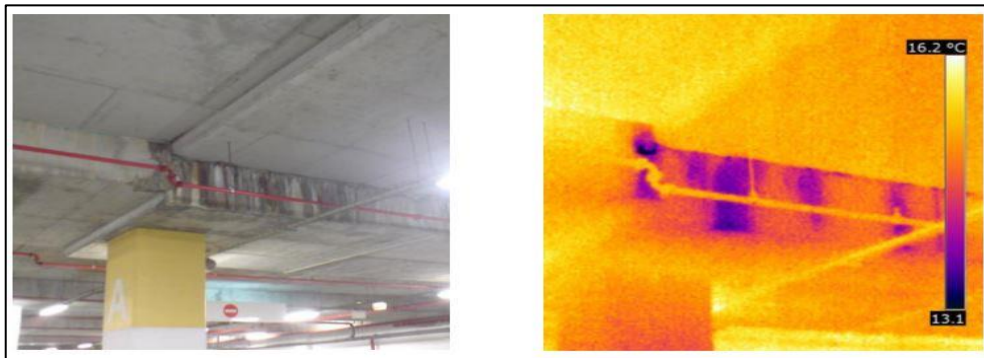
Fonte: Mendonça, Amaral e Catarino (2012, p. 14)

Figura 19 - Detecção de infiltração não visível em esquadrias



Fonte: Mendonça, Amaral e Catarino (2012, p. 14)

Figura 20 - Observação de atividade de infiltração

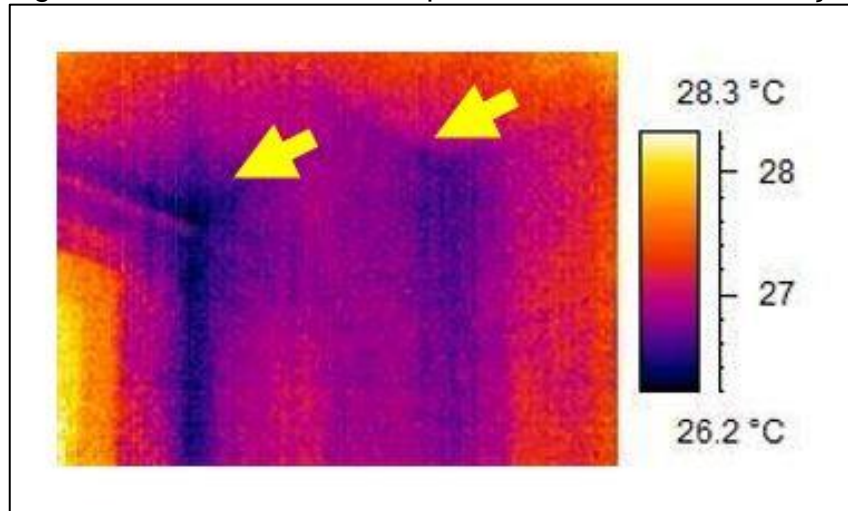


Fonte: Mendonça, Amaral e Catarino (2012, p. 18)

Pode ainda, utilizar uma câmera termográfica para determinar quais os locais com probabilidade de condensação superficial. Para tal, torna-se necessário determinar a temperatura e a umidade relativa do interior da habitação (MENDONÇA; AMARAL; CATARINO, 2012).

A seguir, na Figura 21, apresenta-se uma imagem de uma parede que sofre com a condensação.

Figura 21 - Zonas com maior probabilidade de condensação



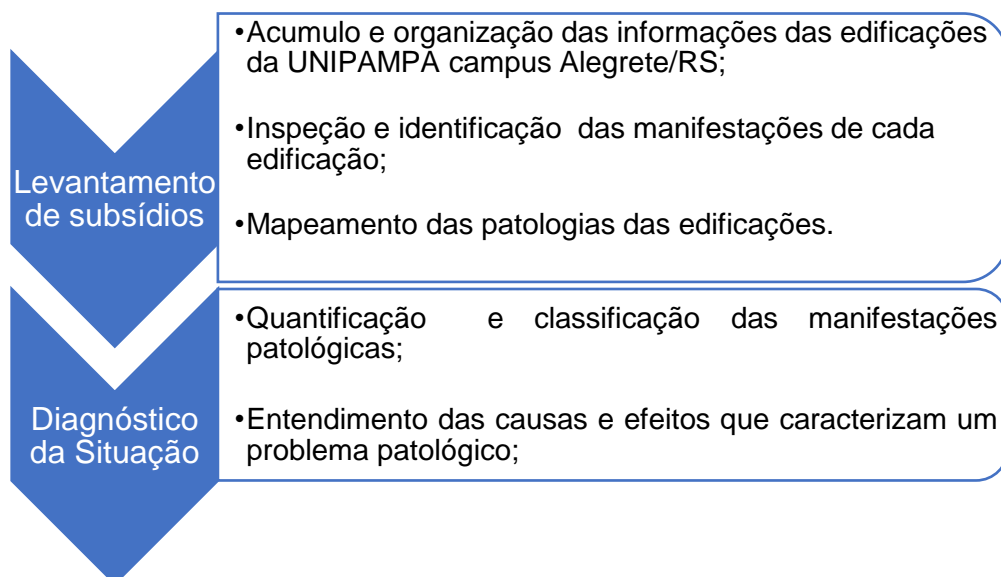
Fonte: Mendonça, Amaral e Catarino (2012, p. 7)

### 3. METODOLOGIA

Com a crescente incidência de manifestações patológicas causadas por umidade nos prédios da UNIPAMPA *Campus* Alegrete, percebeu-se a necessidade de uma análise mais aprofundada dessas patologias

A metodologia empregada neste trabalho baseou-se na técnica de Lichtenstein (1986), que compreende uma sequência fundamentada em três etapas distintas: levantamento de subsídios, diagnóstico da situação e definição de conduta. A Figura 22, mostra o fluxograma com as etapas da metodologia-proposta.

Figura 22 - Fluxograma da metodologia empregada



Fonte: Elaboração Própria

### 3.1. Equipamentos

Utilizou-se para a realização desta pesquisa a câmera termográfica da marca FLIR, modelo T400 (Figura 23). O equipamento trabalha com uma faixa de temperatura de -20°C a 150°C, possuindo precisão de  $\pm 2^\circ\text{C}$  ou  $\pm 2\%$  de leitura.

Figura 23 - Câmera Termográfica da marca FLIR



Fonte: FLIR (2019, não paginado).

Quanto a emissividade, por se tratar de superfícies eficientes quanto à irradiação de energia (alta emissividade), o valor utilizado foi de 0,95, assim como empregado nos trabalhos de Dactu *et al.* (2005) e Mario (2011).

Através dessa câmera, fotografias convencionais juntamente com termográficas foram capturadas. O equipamento permitiu definir a escala de cores das imagens e por meio do programa FLIR Tools, disponibilizado gratuitamente pela empresa fabricantes da câmera, realizou-se o tratamento das imagens.

### 3.2. Levantamento de Dados

O levantamento de dados foi realizado nas edificações da UNIPAMPA, localizada na cidade de Alegrete, no Estado do Rio Grande do Sul. O método utilizado foi a análise das paredes e pilares, a uma altura de aproximadamente 1,50m, de acordo com a ascensão de água pelas paredes em seu ambiente real, com o auxílio de câmeras convencional e termográfica.

A identificação visual das manifestações patológicas das edificações ocorreu por meio de visitas *in loco*. Para complementar a análise e obter melhores resultados, realizou-se um levantamento fotográfico, utilizando uma câmera convencional e outra de imagens termográficas, sendo a primeira pessoal e a segunda disponibilizada pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), *campus* Alegrete/RS. A câmera convencional possibilitou registros fotográficos das patologias visíveis nos elementos de estudo, já a câmera termográfica, identificou as ocultas ao observador. Ambas serviram de apoio para facilitar a classificação do tipo de patologia decorrente na estrutura.

Foram analisadas todas as paredes e pilares das fachadas externas dos prédios acadêmicos 1 e 2 e do administrativo (Figura 24), ambas executadas em alvenaria de vedação.

Figura 24 – Prédios analisados (UNIPAMPA *campus* Alegrete/RS)

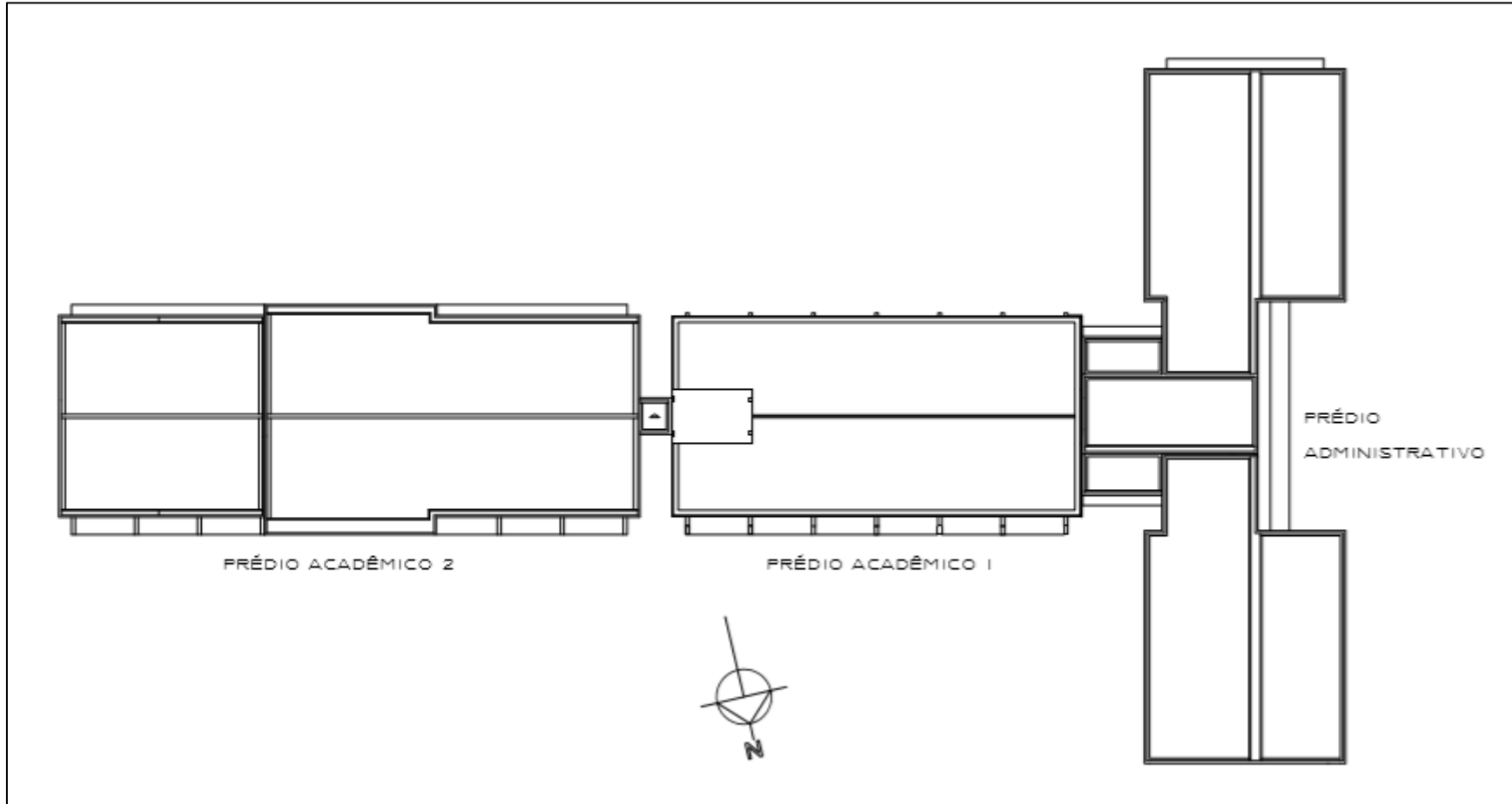


Fonte: Jornal Em Questão (2018, p.6)

Para a coleta de dados utilizou-se as plantas baixas das edificações (Figura 25), que tiveram o objetivo de guiar no momento da análise *in loco*, orientando sobre a posição solar e mapeando as anomalias apresentadas em cada parede, além do questionário apresentado na Figura 26

Com a coleta das informações, registros fotográficos e o auxílio de bibliografia disponível, a identificação dos problemas patológicos e de desempenho foram realizados.

Figura 25 - Planta baixa dos prédios analisados



Fonte: Setor de obras da UNIPAMPA

Figura 26 – Questionário para coleta de dados

Universidade Federal do Pampa UNIPAMPA - Campus Alegrete	
<b>Coleta sistemática das características das paredes</b>	
Edifício: Parede: Data: Horário Temperatura do ambiente: Última chuva:	
<b>Termografia:</b>	
Temperaturas medidas pela câmera: <input type="checkbox"/> BOA	Visibilidade: <input type="checkbox"/> RUIM
<b>Manifestações encontradas:</b>	
<input type="checkbox"/> SIM	Infiltração <input type="checkbox"/> NÃO
<input type="checkbox"/> SIM	Manchas: <input type="checkbox"/> NÃO
<input type="checkbox"/> SIM	Saponificação: <input type="checkbox"/> NÃO
<input type="checkbox"/> SIM	Bolor e Mofo: <input type="checkbox"/> NÃO
<input type="checkbox"/> SIM	Bolhas e empolamento: <input type="checkbox"/> NÃO
Observações:	

Fonte: elaboração própria

### 3.3. Tratamento dos Dados e Diagnóstico

Após a coleta de dados, as imagens obtidas foram organizadas de acordo com as fachadas dos prédios, pois a análise levou em consideração a incidência solar nas paredes e pilares.

Com esses registros, tanto da câmera convencional quanto da termográfica, foram escolhidas para análise das falhas mais incidentes na edificação, além daquelas com algum diferencial. Os registros foram comparados e os problemas foram identificados, juntamente com suas possíveis causas e tratamentos, levando em consideração as informações apresentadas na pesquisa bibliográfica. A apresentação das manifestações patológicas identificadas será apresentada e discutida detalhadamente no capítulo 4.



## **4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

A coleta dos dados termográficos da fachada norte do Prédio Acadêmico 1 ocorreu no dia 29 de abril de 2019. Nesse dia, o clima estava seco e a temperatura ambiente permanecia em torno de 23°C. O horário de captura dos termogramas ocorreu as 16:09hs. A última chuva havia ocorrido dois dias antes da análise.

Nas fachadas norte e leste do Prédio Acadêmico 2, os dados foram coletados no dia 30 de abril de 2019, com o clima também seco e a temperatura ambiente em torno de 21°C. O horário de captura dos termogramas ocorreu as 11:10hs. A última chuva havia ocorrido três dias antes da análise.

Já nas fachadas norte, leste e oeste do Prédio Administrativo, os dados foram coletados no dia 17 de maio de 2019, com o clima seco e a temperatura ambiente em torno de 20°C. O horário de captura dos termogramas ocorreu as 14:50hs. A última chuva havia ocorrido quatro dias antes.

A análise de todas essas fachadas foi realizada com o auxílio de uma câmera termográfica, pelo fato dessas paredes receberem maior incidência solar, o que permitiu a maior variação de temperatura entre a manifestação patológica e o restante da parede. Essa análise se chama Termografia Passiva, pois considera as condições de contorno naturais da superfície.

Para as demais fachadas, a coleta de dados ocorreu no dia 20 de maio de 2019, com o clima seco e a temperatura variando em torno de 19°C. O horário de captura girou em torno das 17hs e a última chuva havia sido registrada uma semana antes. Essa análise utilizou somente a câmera convencional, pois como o sol não tinha muito contato com essas paredes, na câmera termográfica não eram evidentes as diferenças de temperaturas.

Os itens 4.3 a 4.5 apresentam os levantamentos realizados e a apresentação das manifestações patológicas identificadas.

### **4.3. Prédio Acadêmico 1**

A primeira edificação analisada foi o Prédio Acadêmico 1, local onde encontra-se laboratórios, salas de aula e de alguns servidores. Essa construção é patrimônio federal da Universidade Federal do Pampa, finalizada em 04 de abril de 2007, sendo o primeiro prédio construído na UNIPAMPA, *Campus Alegrete/RS*. Ele possui três pavimentos e é constituído de paredes de alvenaria de vedação. A Figura 27 apresenta a fachada norte dessa edificação.

No ano de 2015, o mesmo foi restaurado e, com isso, aplicou-se uma nova pintura em toda a sua extensão. Com essa restauração, muitos defeitos na estrutura foram corrigidos e, por isso, esse foi o prédio com menor incidência de manifestações patológicas.

Figura 27 - Prédio Acadêmico 1 (Fachada Norte)



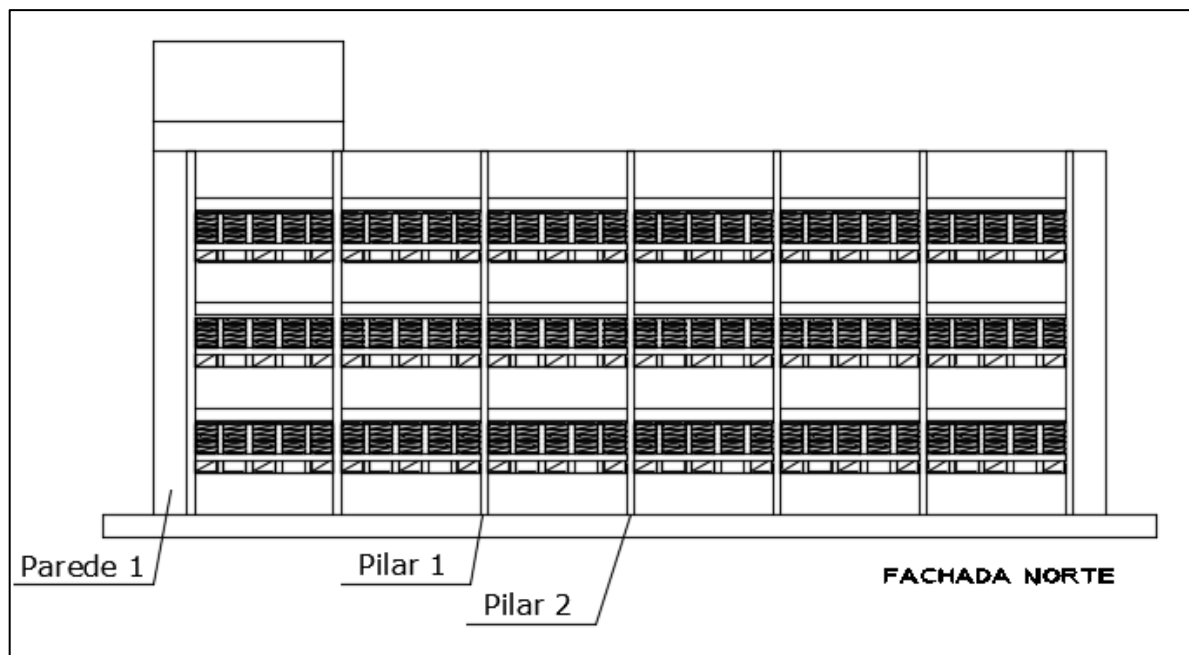
Fonte: Acervo do autor

A edificação foi dividida por fachadas, pois a incidência do sol auxiliou na análise com a câmera termográfica. Notou-se que as paredes que tinham contato com sol obtiveram imagens mais detalhadas das manifestações, em se tratando da câmera termográfica, pois havia maior variação da temperatura no local. Já para as paredes que não tem o contato direto com o sol, foram analisadas as patologias por meio da câmera convencional.

#### **4.3.1. Prédio Acadêmico 1 – Fachada Norte**

Analisou-se toda a fachada e as piores incidências foram observadas na parede esquerda da edificação, denominada Parede 1 e em dois pilares centrais, chamados de Pilares 1 e 2, conforme apresenta-se na Figura 28.

Figura 28 – Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Acadêmico 1 (Fachada Norte)

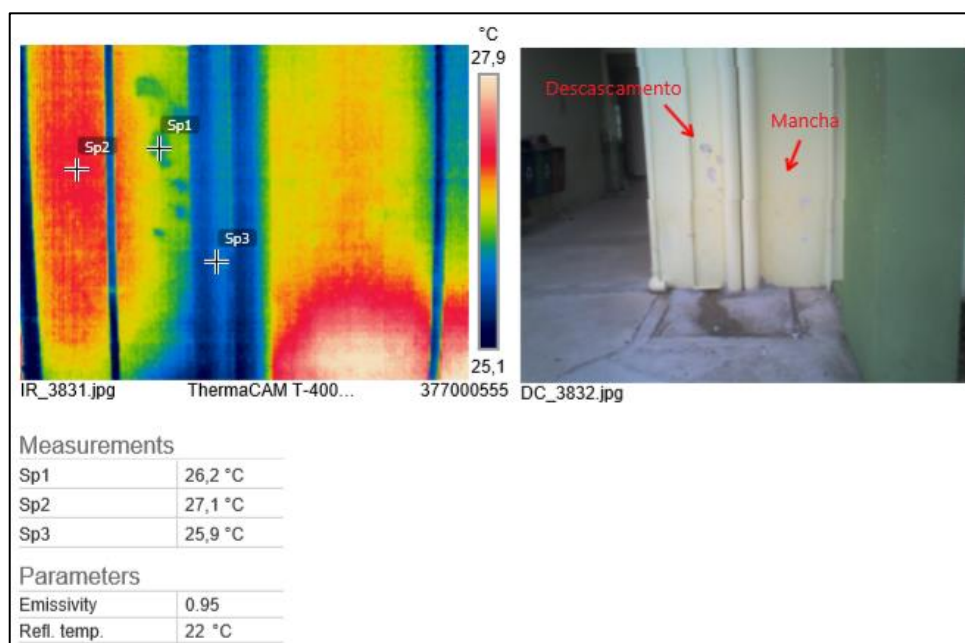


Fonte: Acervo do autor

A Figura 28 apresenta a foto da parede analisada, juntamente com o termograma e os dados da imagem. Na imagem com a câmera termográfica (Figura 29), pode-se notar uma diferença na variação da temperatura em alguns pontos dessa parede (parede 1). Observa-se que nos locais onde há a presença de uma tubulação PVC, a temperatura é muito menor do que na parede, pois o material da tubulação possui uma menor capacidade de absorção de temperatura.

No ponto Sp1, da imagem termográfica, nota-se a presença de manchas com temperatura de  $26,2^{\circ}\text{C}$ , menor que o restante da parede ( $27,1^{\circ}\text{C}$ ). Isso se dá pelo fato de existir naquele local descascamento na pintura. O fato de a temperatura ser menor indica que a manifestação ocorreu possivelmente pela presença de umidade na superfície analisada.

Figura 29 – Análise termográfica da Parede 1 (Prédio acadêmico 1 – Fachada Norte)

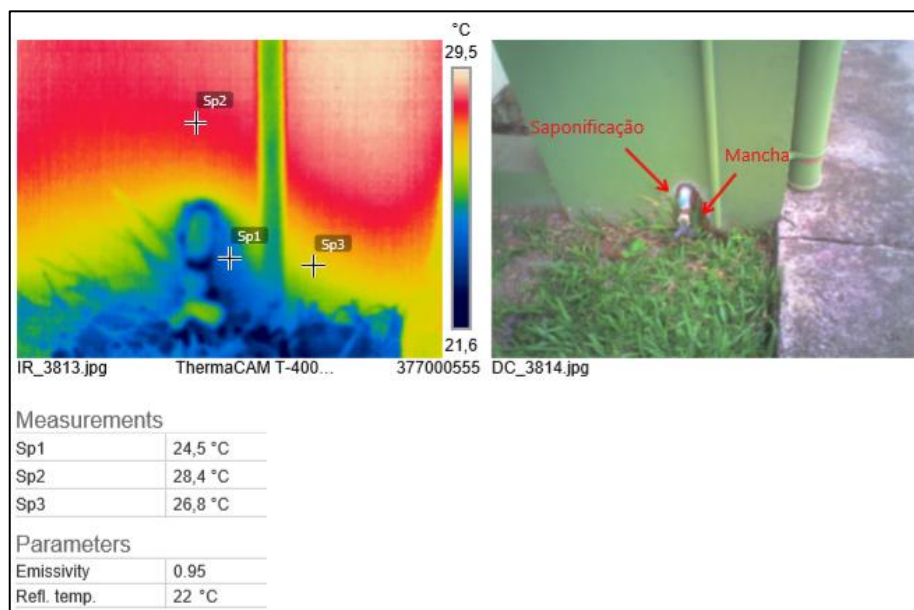


Fonte: Acervo do autor

Essa manifestação patológica ocorre por diversos fatores, mas principalmente por umidade, pois é um local em que há um contato maior da chuva na parede, causando a chamada umidade de precipitação, o que torna a superfície mais saturada e facilita o surgimento de bolhas. Esse defeito deriva da evaporação da água infiltrada na alvenaria, aumentando com a aplicação de tintas à base de água, que facilita essa infiltração. Esse problema não ocorre em toda a parede, mas sim no local em que a preparação da superfície ou a tinta aplicada não são adequadas para essa situação, já que é um local de contato direto com agentes climáticos.

No Pilar 1 encontra-se uma torneira com sérios problemas de vazamento. Nota-se na Figura 30 a grande variação de temperatura no local. No ponto Sp1 (24,5°C) situa-se a manifestação patológica originada por esse vazamento. A temperatura nesse local é bem menor comparada com o restante do pilar (ponto Sp2 - 28,4°C), o que indica que a superfície está saturada. Um vazamento dessa proporção em um pilar é sempre preocupante, pois essa estrutura possui armaduras em seu interior, que tem diminuição da resistência e vida útil quando entrado em contato direto com a água, pois a mesma oxida causando problemas estruturais.

Figura 30 – Análise termográfica do Pilar 1 (Prédio acadêmico 1 – Fachada Norte)

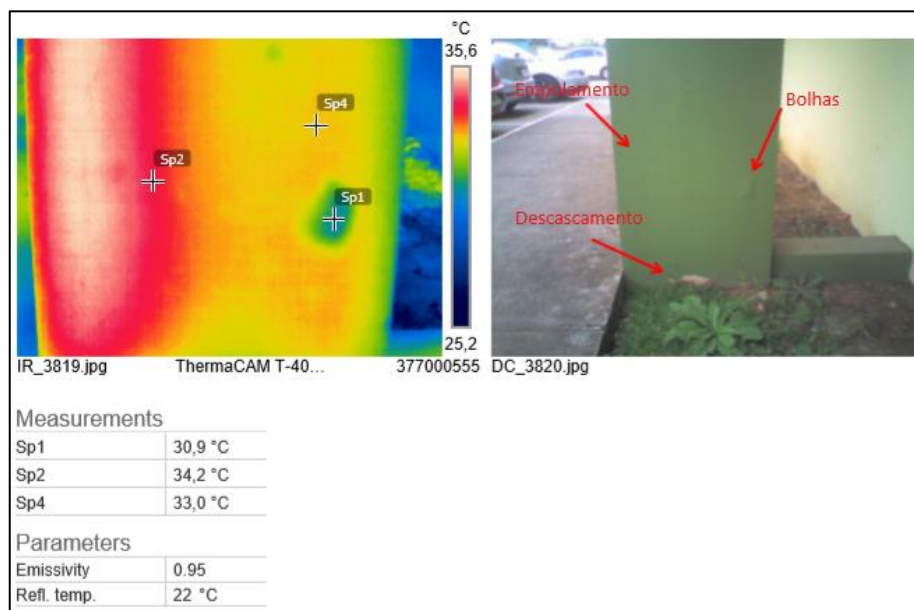


Fonte: Acervo do autor

Nota-se um desgaste da pintura ao redor da torneira e um início de saponificação no local, sendo essas manifestações ocasionadas pelo vazamento constante desse elemento hidráulico.

No pilar 2 (Figura 31) nota-se com mais clareza as variações de temperatura. Acredita-se que isso se deve ao fato de ser um elemento pintado com tinta de pigmentação mais escura, o que causa uma absorção maior do calor do sol. O ponto onde está marcando 34,2°C, é a parte da estrutura que entra em contato direto com o sol, diferente do ponto Sp4 (33,0°C), que fica mais tempo à sombra. O ponto Sp1 (30,9°C) com temperatura menor que o restante é o local onde encontra-se as manifestações patológicas, nesse caso, bolhas.

Figura 31 – Análise termográfica do Pilar 2 (Prédio acadêmico 1 – Fachada Norte)



Fonte: Acervo do autor

No pilar há presença de empolamento, bolhas e descascamento da pintura. Todos esses defeitos podem ter sido originados pela presença de umidade no local ou por má preparação da superfície para a pintura. Quando se fala em má preparação, considera-se válido afirmar que é uma superfície que não foi bem limpa anteriormente, tendo a presença de partículas de pó que dificultam a aderência da argamassa de regularização ou pintura.

#### 4.3.2. Prédio Acadêmico 1 – Fachada Sul

Na fachada sul (Figura 32) as piores incidências ocorreram nas paredes centrais da edificação, denominada Parede 2 e 3 e em um pilar central, chamado de Pilar 3, conforme localizações apresentadas na Figura 33.

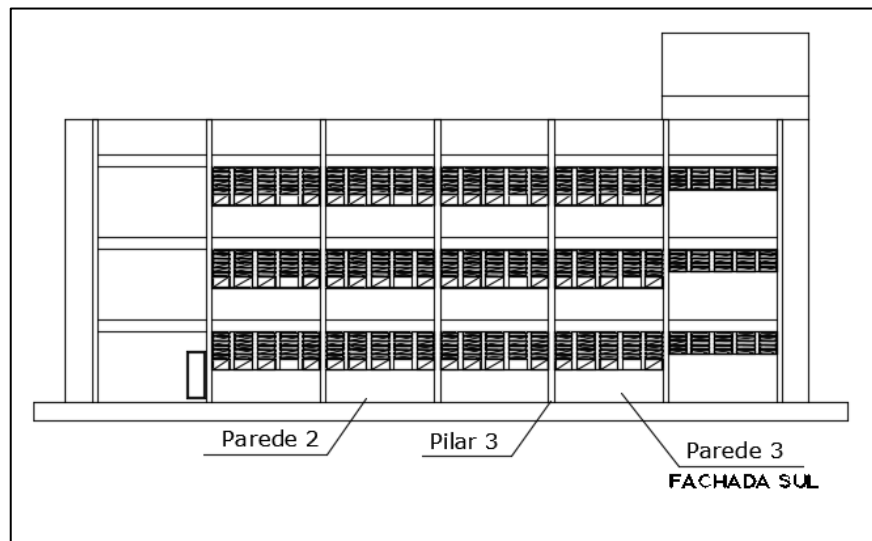
Nessa fachada não foi possível utilizar a câmera termográfica para a análise das manifestações patológicas encontradas, por ser um local com pouca incidência solar, (o que não torna evidente as variações de temperatura). Em função da pouca incidência solar, a fachada, acaba sendo um local de maior umidade na edificação.

Figura 32 – Prédio Acadêmico 1 (Fachada Sul)



Fonte: Acervo do autor

Figura 33 - Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Acadêmico 1 (Fachada Sul)

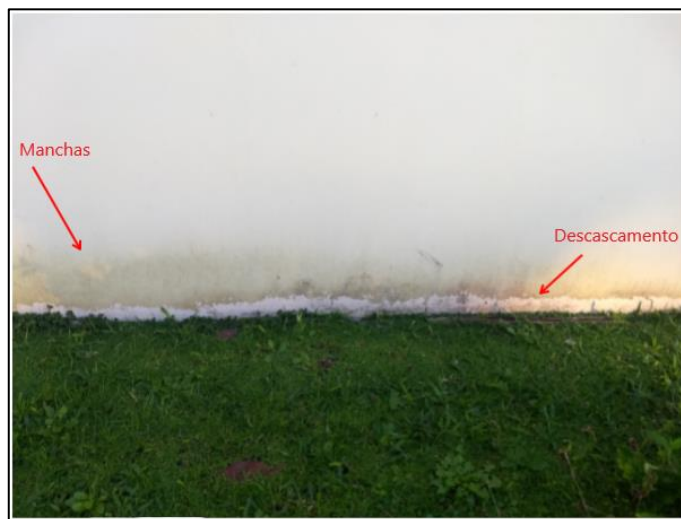


Fonte: Acervo do autor

No local denominado parede 2 (Figura 33), nota-se a presença de machas e descascamentos da pintura na parte inferior da parede, apresentadas na Figura 34.

O que ocasiona esse tipo de defeito é o fato desse local (base da parede) ser o que tem maior contato com a chuva, pois a água bate no solo saturado e respinga na parede. Essa água com o tempo vai infiltrando e causando defeitos na pintura.

Figura 34 - Defeitos na Parede 2 (Prédio acadêmico 1 – Fachada Sul)



Fonte: Acervo do autor

O pilar 3 (Figura 35), é o mais úmido encontrado nessa fachada, e apresenta como manifestações patológicas bolor e mofo em sua base, decorrentes da umidade de precipitação. Em frente à essa parede há um equipamento que bloqueiam o sol nesse elemento, aumentando, assim, a concentração de fungos e originando esse defeito.

Figura 35 - Defeitos no Pilar 3 (Prédio acadêmico 1 – Fachada Sul)



Fonte: Acervo do autor



Na parede 3 (Figura 36) identifica-se retração na argamassa, possivelmente originada pela presença de umidade no local ou por má preparação da superfície para a pintura. A água da chuva infiltra no interior da argamassa e ocupa os vazios existentes. Quando essa água começa a evaporar e sair do elemento, a argamassa retrai, causando fissuras no elemento. Nessa parede nota-se o desgaste da pintura na parte inferior do elemento, devido aos mesmos fatores apontados para a Parede 2.

Figura 36 - Defeitos na Parede 3 (Prédio acadêmico 1 – Fachada Sul)

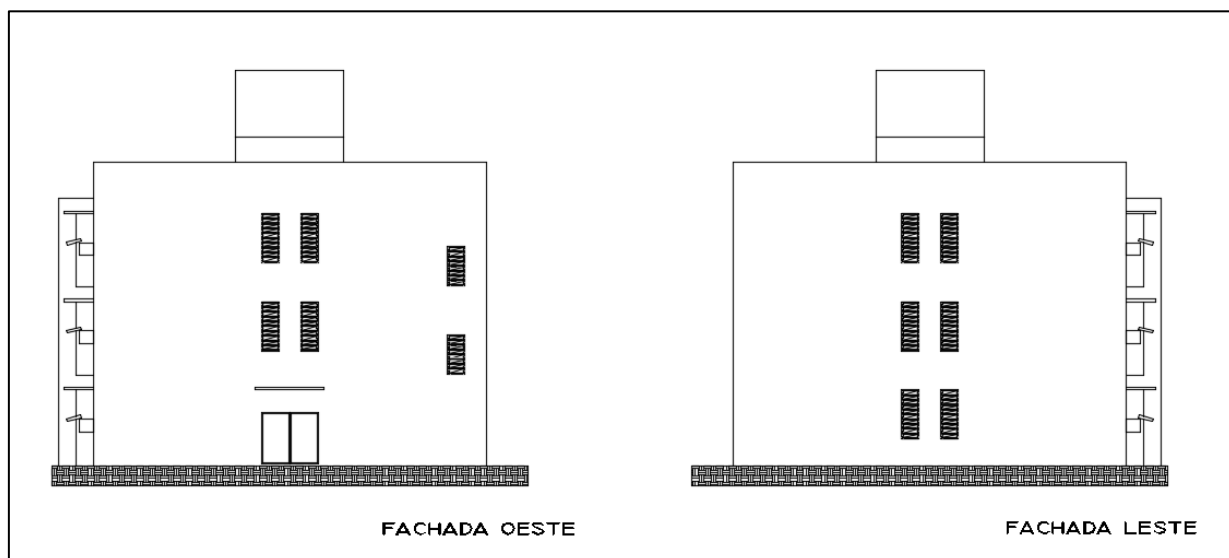


Fonte: Acervo do autor

#### 4.3.3. Prédio Acadêmico 1 – Fachada Oeste e Leste

Nessas fachadas (Figura 37) não há presença de manifestações patológicas por umidade, por ser um local coberto para a passagem dos pedestres (fachada leste) e protegido pela presença de outra edificação (fachada oeste).

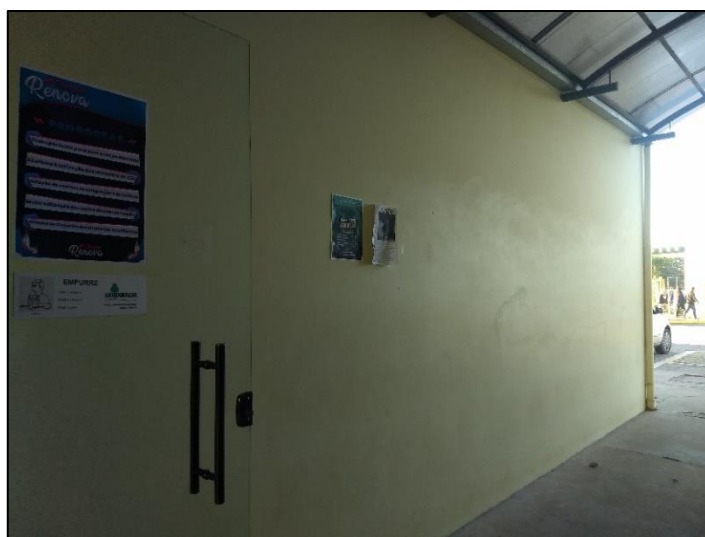
Figura 37 – Prédio Acadêmico 1 (Fachadas Oeste e Leste)



Fonte: Acervo do autor

A fachada leste dessa edificação está apresentada na Figura 38, onde pode-se notar que não há problemas devido a umidade.

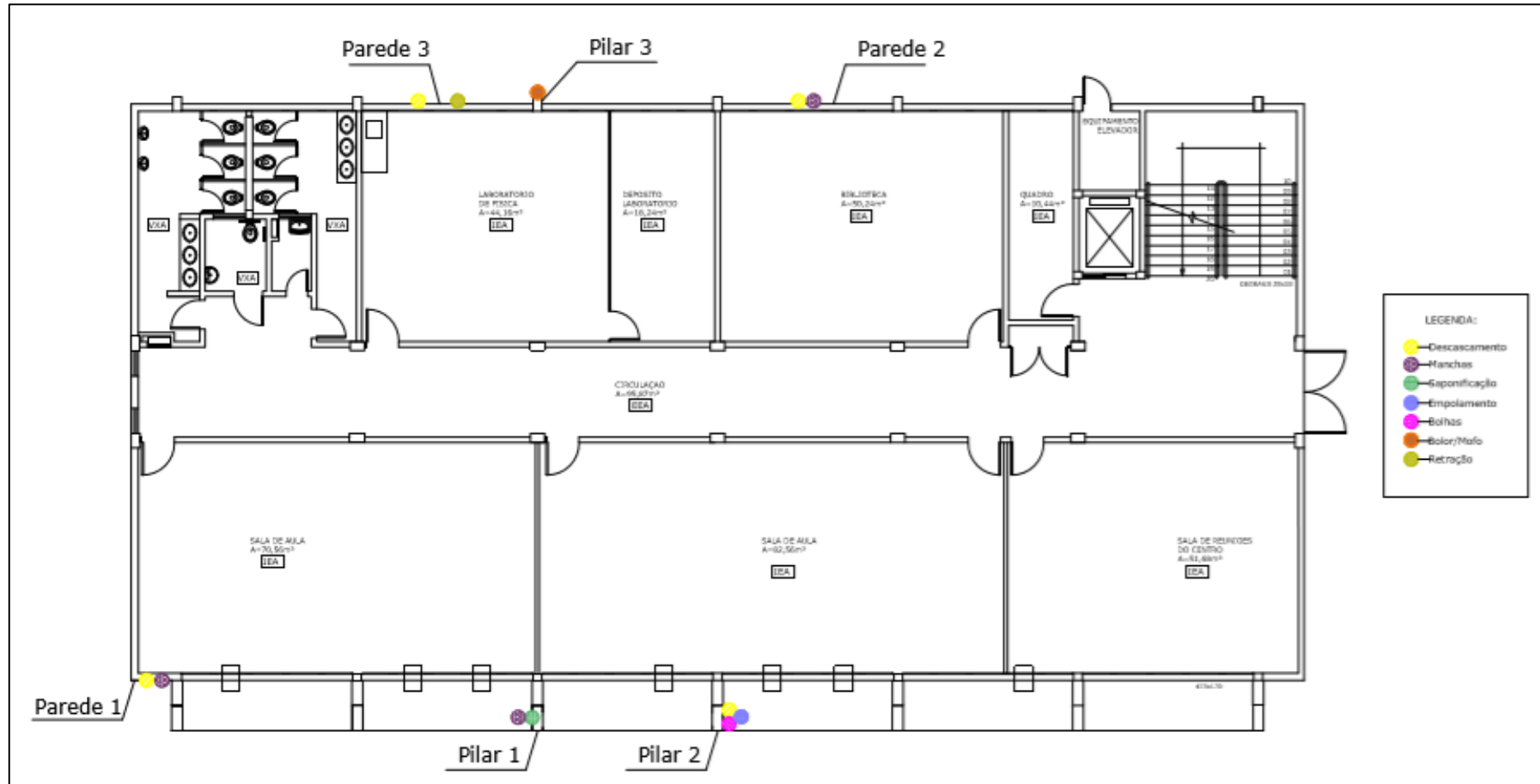
Figura 38 - Prédio Acadêmico 1 (Fachada Leste)



Fonte: Acervo do autor

Na Figura 39 está apresentado o mapeamento das manifestações apresentadas no Prédio Acadêmico 1.

Figura 39 - Mapeamento das manifestações no Prédio Acadêmico 1



Fonte: Elaboração Própria

#### 4.4. Prédio Acadêmico 2

O Prédio Acadêmico 1 foi a segunda edificação analisada. Nesse local encontra-se a maior parte das salas de aula do campus. Essa construção é patrimônio federal da Universidade Federal do Pampa, finalizada em 15 de novembro de 2011, sendo o segundo prédio construído na UNIPAMPA, *Campus Alegrete/RS*. Ele possui três pavimentos e é constituído de paredes de alvenaria de vedação. A Figura 40 apresenta a fachada norte dessa edificação.

Figura 40 - Prédio Acadêmico 2 (Fachada Norte)

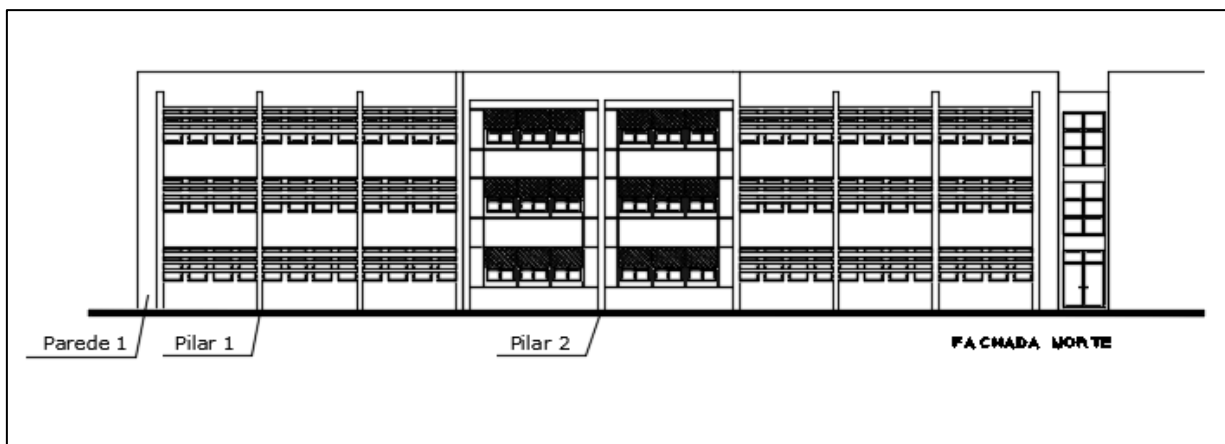


Fonte: Acervo do autor

##### 4.4.1. Prédio Acadêmico 2 - Fachada Norte

Foi analisada toda a fachada e as piores incidências ocorreram na parede esquerda da edificação, denominada Parede 1 e em dois pilares centrais, chamados de Pilares 1 e 2, conforme apresenta-se na Figura 41.

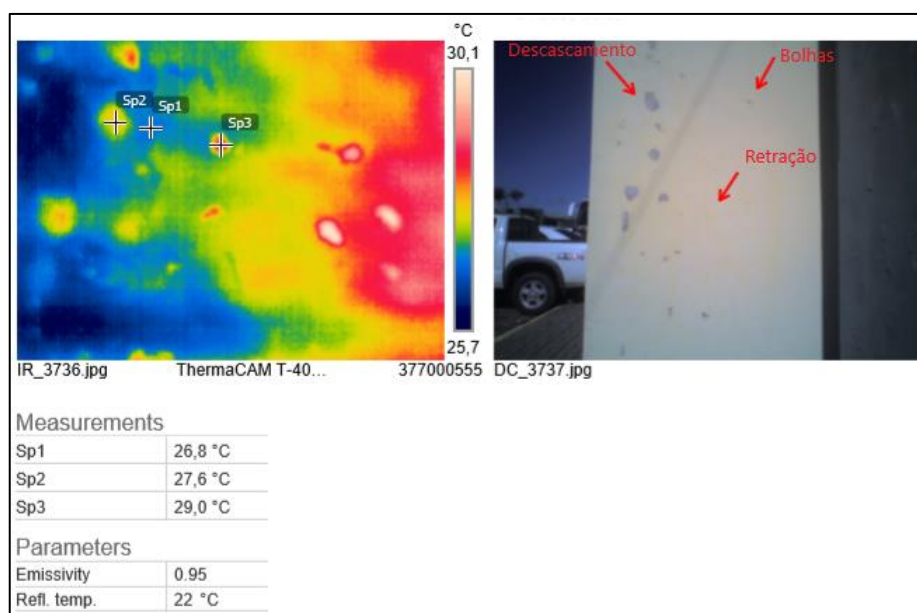
Figura 41 - Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Acadêmico 2 (Fachada Norte)



Fonte: Acervo de autor

Na imagem com a câmera termográfica, apresentada na Figura 42, nota-se uma diferença na variação da temperatura em alguns pontos dessa parede. No ponto Sp2 da imagem termográfica, nota-se a presença de manchas com temperatura de 27,6°C, menor que o local em vermelho que possui 29,0°C. Isso se dá pelo fato de existir naquele local bolhas e descascamento na pintura. O fato de a temperatura ser menor indica que a manifestação ocorreu possivelmente pela presença de umidade na superfície analisada.

Figura 42 - Análise termográfica da Parede 1 (Prédio Acadêmico 2 – Fachada Norte)



Fonte: Acervo do autor

Nesse local encontra-se também retração da argamassa, desgaste e perda de aderência na pintura, todos devido à infiltração da água no elemento. Essas manifestações ocorrem pelo fato de ser um local com maior contato com os agentes climáticos. Isso faz com que a água infiltre na parede e quando passa para o processo de evaporação ocasiona o defeito na pintura.

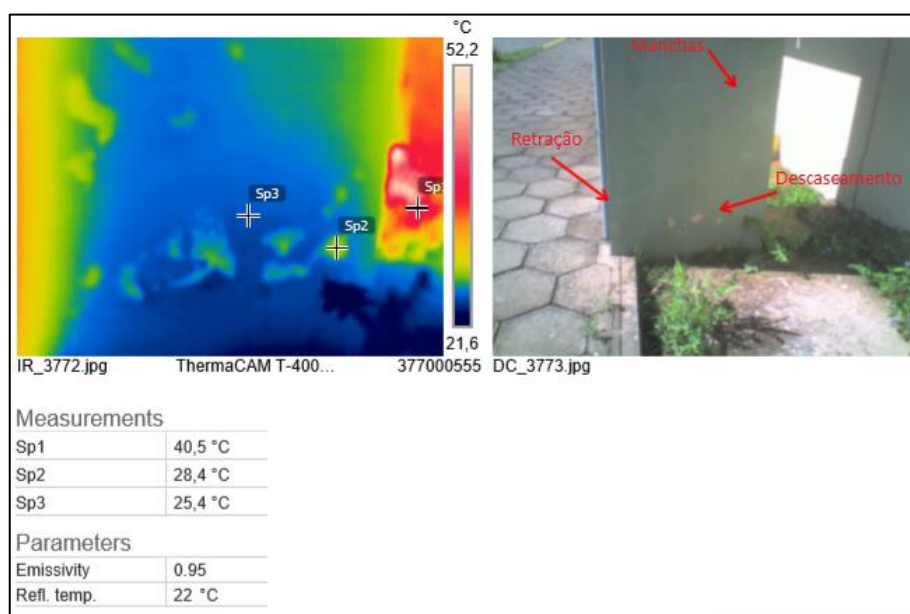
Na Figura 43 as manifestações apresentam-se claramente no termograma. No ponto Sp1 (40,5°C) encontra-se a área mais quente do elemento. Nota-se aqui, que mesmo sendo feita a análise desse pilar no mesmo horário que a parede 1, a temperatura variou consideravelmente de um elemento para outro. Isso significa que a cor da pintura da estrutura analisada tem grande influência no termograma.

Outro fato levado em consideração é o de que os pilares do acadêmico 1 e 2 apresentam a mesma cor de pintura, mas temperaturas diferentes. Isso se dá pelo fato de o primeiro prédio ter sido analisado as 16hs, quando o sol não está tão incidente no elemento, e o segundo, as 11hs, quando está em contato direto.

No ponto Sp3 (40,5°C) tem-se a influência da sombra e o Sp2 são as manifestações encontradas. Nesse local há presença de descascamentos na base do pilar e retração da argamassa. Todos esses defeitos podem ter sido originados pela presença de umidade no local ou por má preparação da superfície para a pintura.

As formas de aparecimento são as mesmas descritas anteriormente.

Figura 43 - Análise termográfica do Pilar 1 (Prédio acadêmico 2 – Fachada Norte)



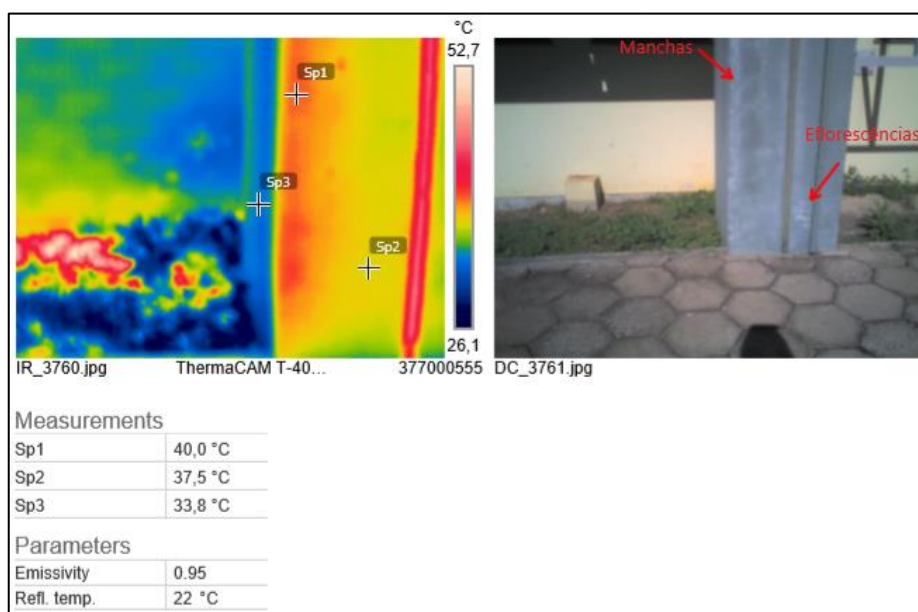
Fonte: Acervo do autor

Na imagem com a câmera termográfica apresentada na Figura 44, nota-se a presença de eflorescências no pilar 2. Ela consiste em depósitos salinos que se formam na superfície do elemento quando o mesmo está tendo contato direto com a água. Quando o elemento está saturado, os sais que se encontram nos materiais constituintes, são dissolvidos. Depois que a água evapora, a solução migra para a superfície, deixando o depósito salino no local.

No horário dessa análise o sol estava incidindo na frente do pilar, onde temperaturas como 37,5°C e 40,0°C foram encontradas. Nota-se que, onde possui uma temperatura mais alta, há manchas no elemento. Isso se deve ao fato de que essas manchas são os locais que ainda não sofreram com a umidade, pois o restante do pilar está apresentando eflorescências e obtiveram temperaturas inferiores.

Já no ponto Sp3 a temperatura é de 33,8°C pois nessa face o sol não está agindo diretamente.

Figura 44 - Análise termográfica do Pilar 2 (Prédio Acadêmico 2 – Fachada Norte)



Fonte: Acervo do autor

#### 4.4.1 Prédio Acadêmico 2 - Fachada Sul

Na fachada sul (Figura 45) as piores incidências ocorreram na parede esquerda da edificação, denominada Parede 2, no pilar central chamado de Pilar 3, na parede central

denominada Parede 3, em um pilar e na parede direita da edificação, denominados Pilar 4 e Parede 4 (todas apresentadas na Figura 46)

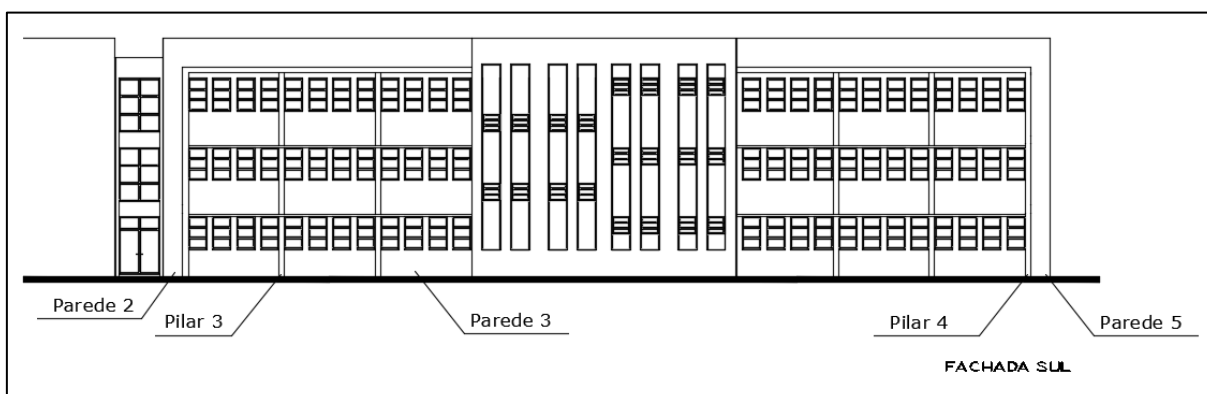
Nessa fachada não foi possível a utilização da câmera termográfica para a análise das manifestações patológicas encontradas. Isso se deve ao fato de ser um local com pouca incidência solar, o que não torna evidente as variações de temperatura. Essa baixa incidência solar afeta também na quantidade de umidade no local, pois com menos calor, mais lenta é a evaporação da água.

Figura 45 - Prédio Acadêmico 2 (Fachada Sul)



Fonte: Acervo do autor

Figura 46 - Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Acadêmico 2 (Fachada Sul)



Fonte: Acervo do autor



Na Parede 2 e no Pilar 3 nota-se a presença de manchas, retração da argamassa, eflorescências e descascamentos, todas sendo causadas provavelmente por excesso de umidade. Essas manifestações são mais presentes nesses elementos por ser uma área que sofre com o contato direto dos agentes climáticos. A Figura 47 mostra esses defeitos nos elementos analisados.

Figura 47 - Defeitos na Parede 2 e Pilar 3 (Prédio acadêmico 2 – Fachada Sul)



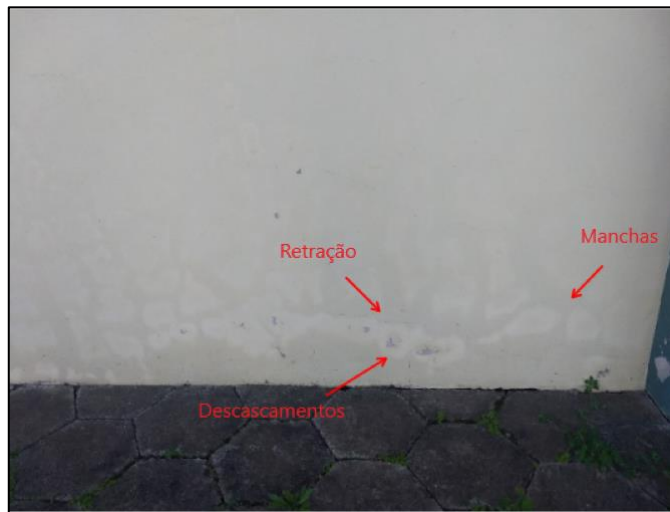
Fonte: Acervo do autor

Nota-se que nesse prédio, diferentemente do prédio 1, não há defeitos na parte inferior da parede. Esse fato reforça a teoria de que aquela manifestação se dá pelo respingo da chuva, quando a água bate no solo saturado e se projeta na parede. Nesse prédio há uma calçada que diminui esse efeito, tornando a parte inferior mais protegida.

Nas paredes (3 e 4) e no Pilar 4 pode-se notar a presença de manchas, retração da argamassa e descascamentos. Sendo todos originados pela umidade e pioram com o fato de ser uma fachada com pouca incidência solar. Após as chuvas, essas paredes permanecem por vários dias saturadas, e quando essa água finalmente evapora, o defeito permanece.

Nas Figuras 48 e 49 apresentam-se nitidamente essas manifestações.

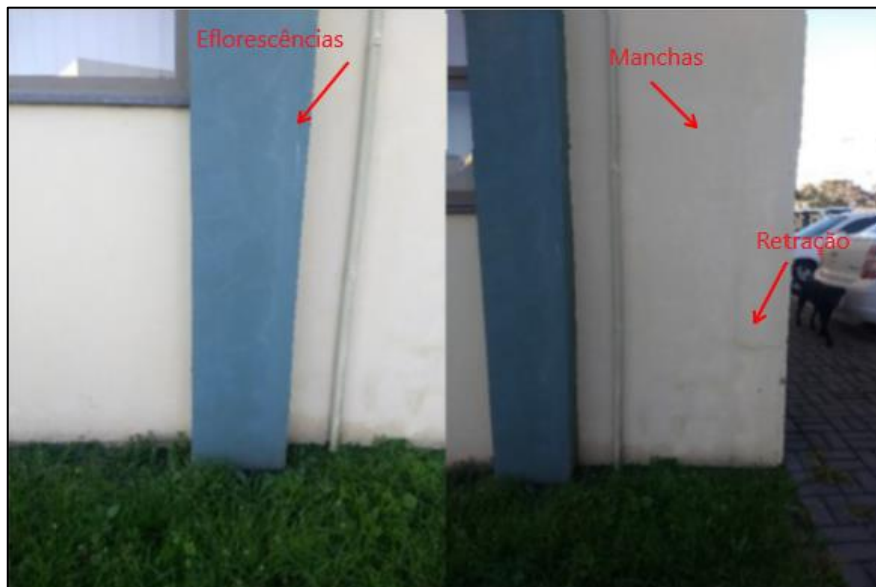
Figura 48 - Defeitos na Parede 3 (Prédio acadêmico 2 – Fachada Sul)



Fonte: Acervo do autor

O único diferencial nas imagens é que a Figura 49 apresenta as eflorescências no Pilar 4, causadas pelos mesmos fatores apresentados anteriormente. As paredes podem possuir incidências de eflorescências também, mas como possuem cores claras em sua superfície, o aparecimento é menos evidente.

Figura 49 - Defeitos na Parede 4 e Pilar 4 (Prédio acadêmico 2 – Fachada sul)

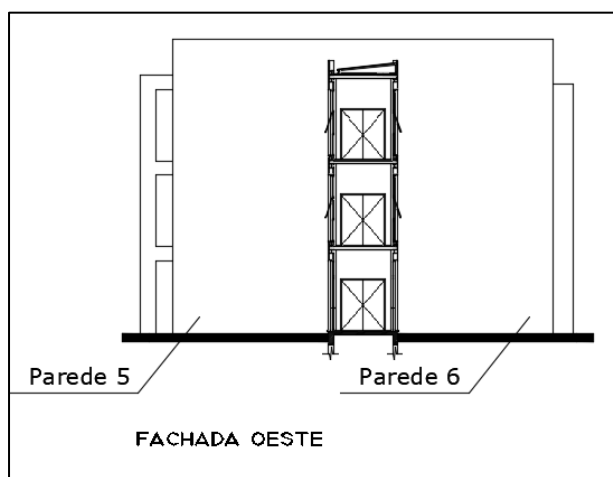


Fonte: Acervo do autor

#### 4.4.2. Prédio Acadêmico 2 - Fachada Oeste

Diferentemente da fachada oeste do prédio 1, essa fachada apresentou significativo número de manifestações patológicas, mesmo sendo coberta para a circulação das pessoas, A Figura 50 apresenta a localização das mesmas em planta de fachada. Nessa localização também não foi possível utilizar a câmera termográfica, pois ela não identificava a diferenças nas temperaturas.

Figura 50 - Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Acadêmico 2 (Fachada oeste)

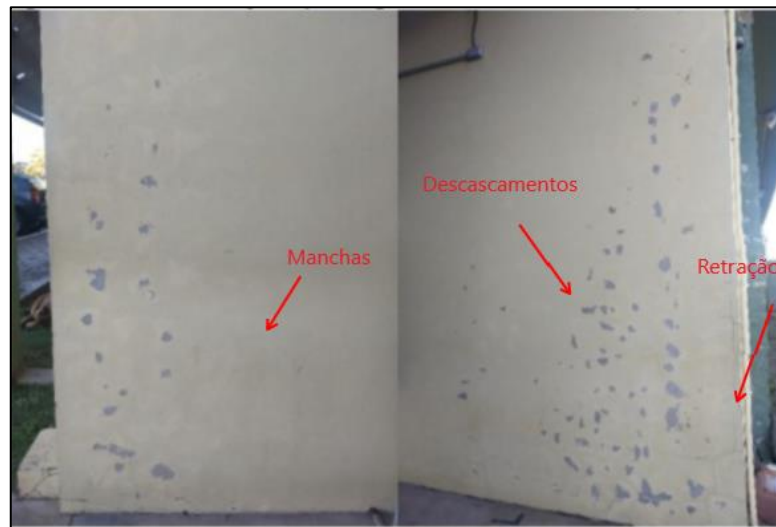


Fonte: Acervo do autor

Ambos elementos (Parede 5 e Parede 6) apresentaram defeitos próximo a extremidade da parede, pois é o local que recebe água da chuva (umidade de precipitação) e o calor do sol, o que faz com que à infiltração e evaporação da água. A Figura 51, mostra essas manifestações.

Pode-se observar que ambas apresentam descascamento, bolhas e retração da argamassa, originadas pelos mesmos fatores apresentados anteriormente, nas demais fachadas.

Figura 51 - Defeitos nas Paredes 5 e 6 (Prédio acadêmico 2 – Fachada oeste)

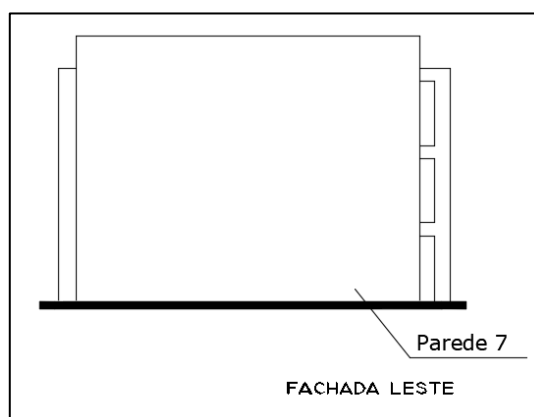


Fonte: Elaboração Própria

#### 4.4.3 Prédio Acadêmico 2 - Fachada Leste

Analisou-se toda a fachada e as incidências mais significativas ocorreram na parede direita da edificação, denominada Parede 7, conforme apresenta-se na Figura 52.

Figura 52 - Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Acadêmico 2 (Fachada leste)

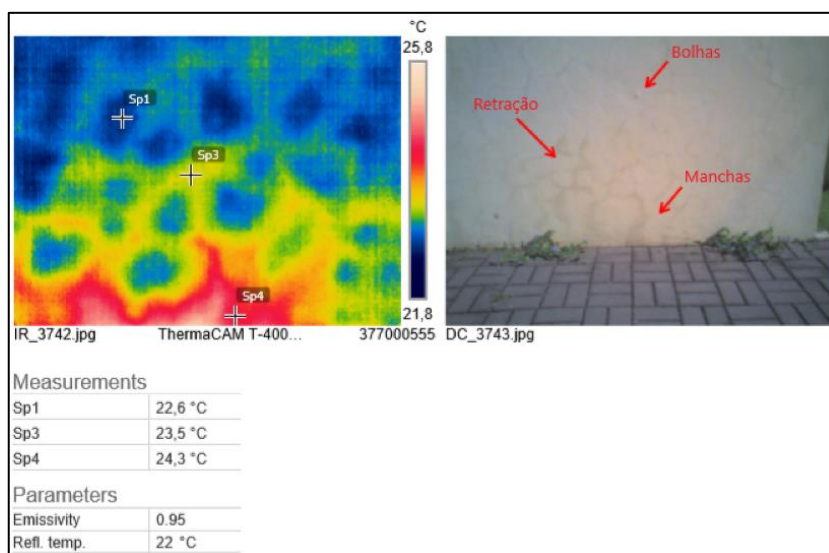


Fonte: Acervo do autor

Ao contrário das últimas duas fachadas, nessa foi possível analisar com a câmera termográfica as manifestações existentes. Na Parede 7 encontra-se manchas, retração da argamassa, bolhas e descascamento. Como é uma das fachadas que têm maior contato com

o sol, essas anomalias são mais evidentes. A Figura 53 apresenta o termograma dessa parede.

Figura 53 - Análise termográfica da Parede 7 (Prédio Acadêmico 2 – Fachada leste)



Fonte: Acervo do autor

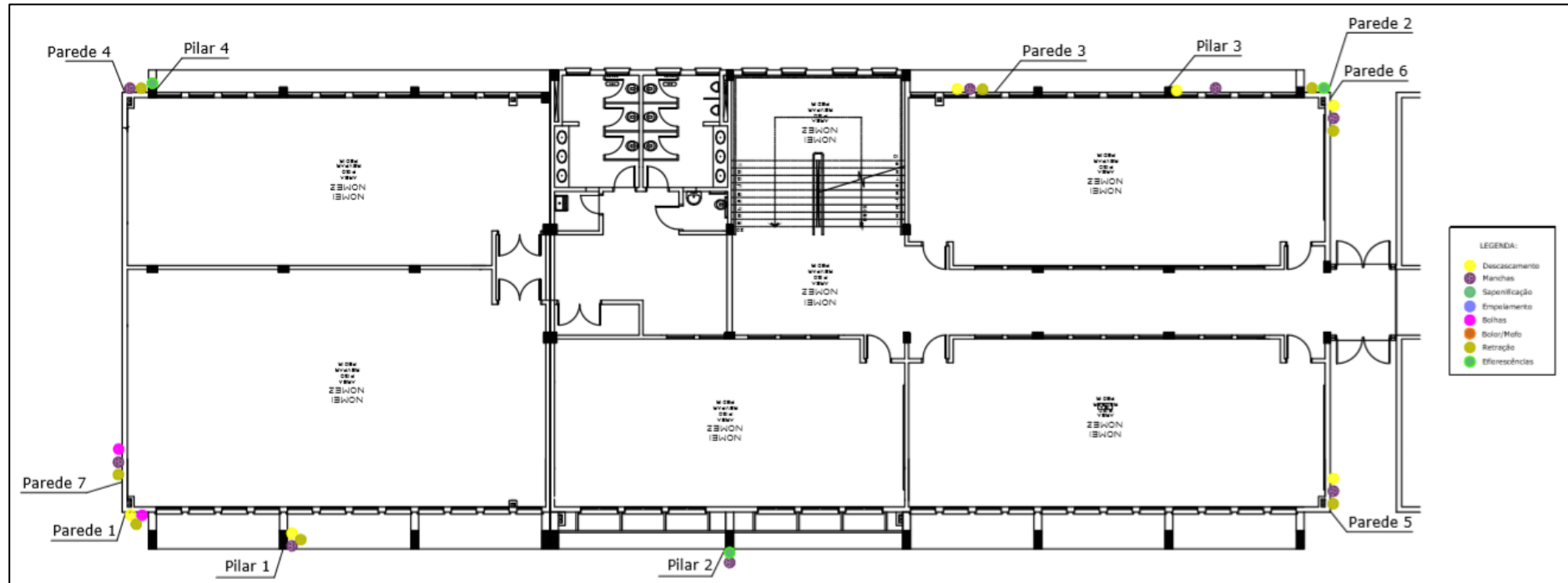
O termograma apresenta três temperaturas principais. Sp1 (22,6°C), onde a parede encontra-se com uma quantidade maior de umidade. Nota-se que essas manchas são caracterizadas por bolhas no elemento, e por ser um defeito na pintura (com mais espaço para acumulo de água) tem temperatura diferente dos demais.

No ponto denominado Sp3, a temperatura está em 23,5°C, ligeiramente superior ao ponto anterior, onde pode-se visivelmente notar a presença de fissuras na argamassa. Ele possui temperatura mais elevada por é um defeito que permite a evaporação mais rápida de água da estrutura.

E, por fim, tem-se o ponto Sp4 (24,3°C), localizado próximo à base da parede, onde o calor da mesma está sendo intensificado pelo calor vindo da calçada.

Mesmo sendo uma fachada de contato intenso do sol, notou-se uma demora significativa na evaporação da água infiltrada. Dois fatores podem ocasionar esse efeito, o favorecimento de chuva nessa parede e o fato de ter sol somente em um turno, pela manhã, pois mesmo sendo bem incidente nesse horário, não é constante durante o dia. A Figura 54 apresenta os mapeamentos das manifestações nesse Prédio.

Figura 54 - Mapeamento das manifestações no Prédio Acadêmico 2



Fonte: Elaboração Própria

## 4.5. Prédio Administrativo

O Prédio Administrativo foi a terceira e última edificação analisada. Nesse local encontra-se a maior parte das salas dos professores e servidores, além da biblioteca e secretaria. Essa construção é patrimônio federal da Universidade Federal do Pampa, finalizada em 15 de novembro de 2011, sendo o terceiro prédio construído na UNIPAMPA *campus* Alegrete/RS. Ele possui três pavimentos e é constituído de paredes de alvenaria de vedação. A Figura 55 apresenta a fachada oeste dessa edificação.

Figura 55 - Prédio Administrativo (fachada oeste)

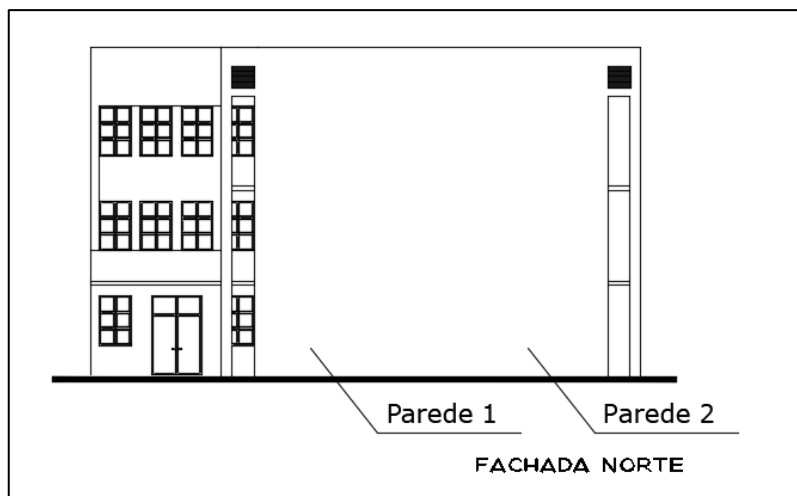


Fonte: Acervo do autor

### 4.5.1 Prédio Administrativo – Fachada Norte

Analisou-se toda a Fachada Norte do prédio Administrativo e as piores incidências ocorreram nos elementos denominados Parede 1 e Parede 2, conforme apresenta-se na Figura 56. Nessa fachada foi possível a análise termográfica, pois há grande incidência solar.

Figura 56 - Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Administrativo (Fachada norte)



Fonte: Acervo do autor

Na Parede 1 encontra-se manchas, retração da argamassa, bolhas e descascamento, todas pela influência da umidade no elemento, demonstrada na Figura 57.

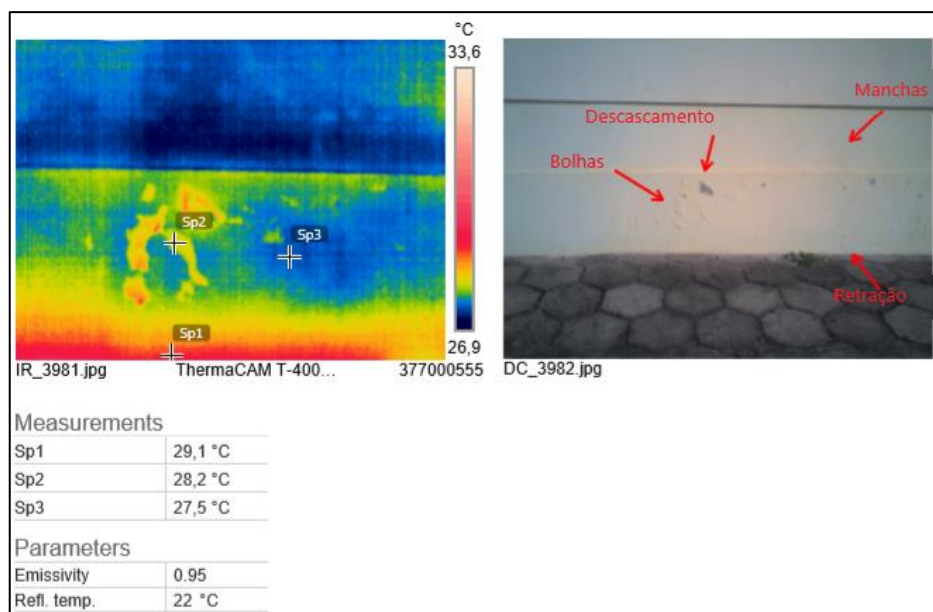
No ponto Sp1, localizado próximo à calçada, encontrou-se uma temperatura de 29,1°C, sendo a mais alta encontrada nesse elemento, onde o calor do mesmo está sendo intensificado pelo calor vindo do chão.

No Sp2 (28,2°C) há presença de bolhas na pintura. Diferentemente da conclusão obtida anteriormente na fachada leste do acadêmico 2, nesse caso a temperatura é maior que o restante da parede, pois é um elemento que possui incidência solar por mais tempo durante o dia, e com isso a água que estava depositada nesse defeito, evaporou com maior velocidade.

Já, no ponto Sp3 (27,5°C), nota-se uma dificuldade maior de evaporação da água depositada e, por isso, encontra-se uma temperatura ligeiramente inferior que as demais.



Figura 57 - Análise termográfica da Parede 1 (Prédio Administrativo – Fachada norte)



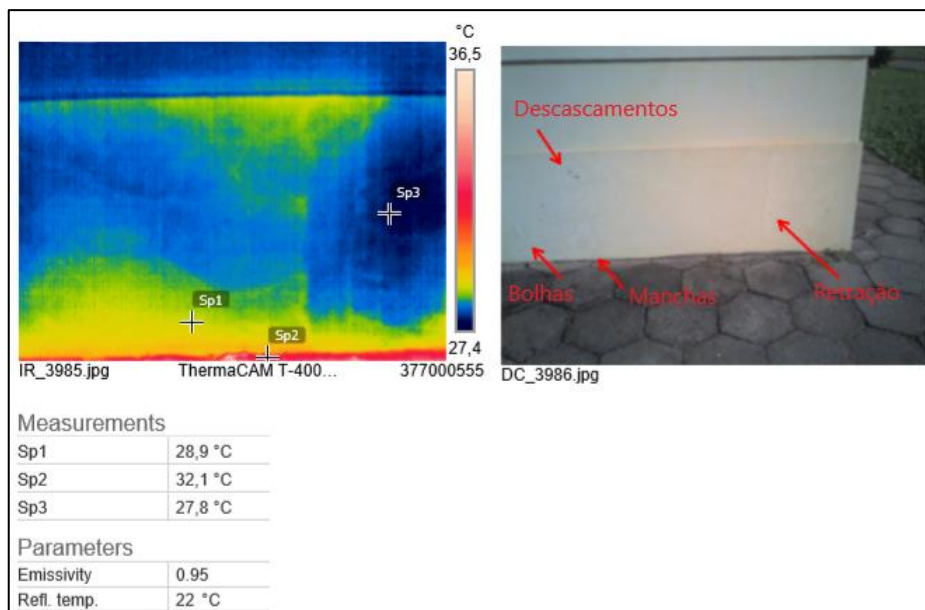
Fonte: Acervo do autor

As mesmas incidências observadas na Parede 1 podem ser identificadas na Parede 2, com a diferença de que nessa parede a câmera termográfica capturou com mais detalhes a retração encontrada no elemento. Nele também são observadas manchas, todas pela influência da umidade, demonstrada na Figura 58.

Nos pontos Sp1 (28,9°C) e Sp2 (32,1°C), localizados próximos à calçada, encontrou-se uma temperatura gradativa ao decorrer da parede, isso se dá pelo fato de haver calor vindo da calçada.

Já, no ponto Sp3 (27,5°C), nota-se uma dificuldade maior de evaporação da água depositada e, por isso, encontra-se uma temperatura ligeiramente inferior que as demais.

Figura 58 - Análise termográfica da Parede 2 (Prédio Administrativo – Fachada norte)



Fonte: Acervo do autor

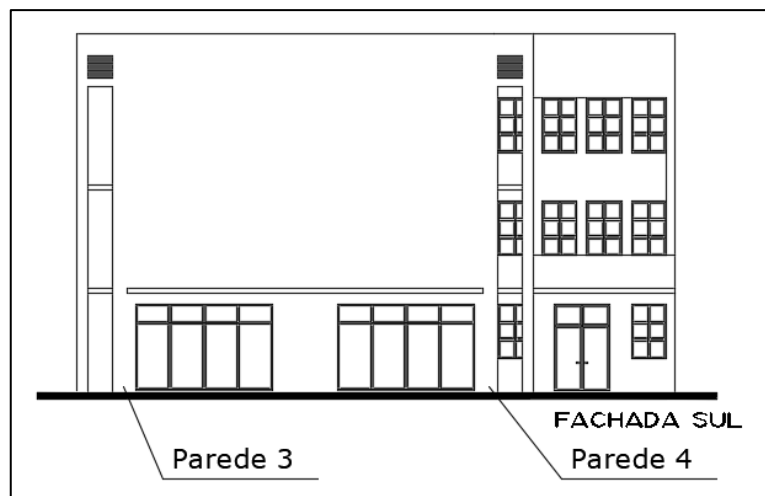
O termograma mostra as linhas de diferentes temperaturas que compõem a retração da argamassa encontrada nesse elemento.

Todas as manifestações encontradas nesse elemento são consequências da umidade agindo, não fugindo das descrições apontadas para os prédios analisados anteriormente.

#### 4.5.2 Prédio Administrativo – Fachada Sul

A fachada sul desse prédio é a mais úmida de todos analisados até agora, pois além de não ter contato direto com o sol, não possui calçada em sua base, o que como foi visto anteriormente, aumenta consideravelmente as chances de se obter manifestações patológicas por umidade (Figura 59).

Figura 59 - Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Administrativo (Fachada sul)



Fonte: Acervo do autor

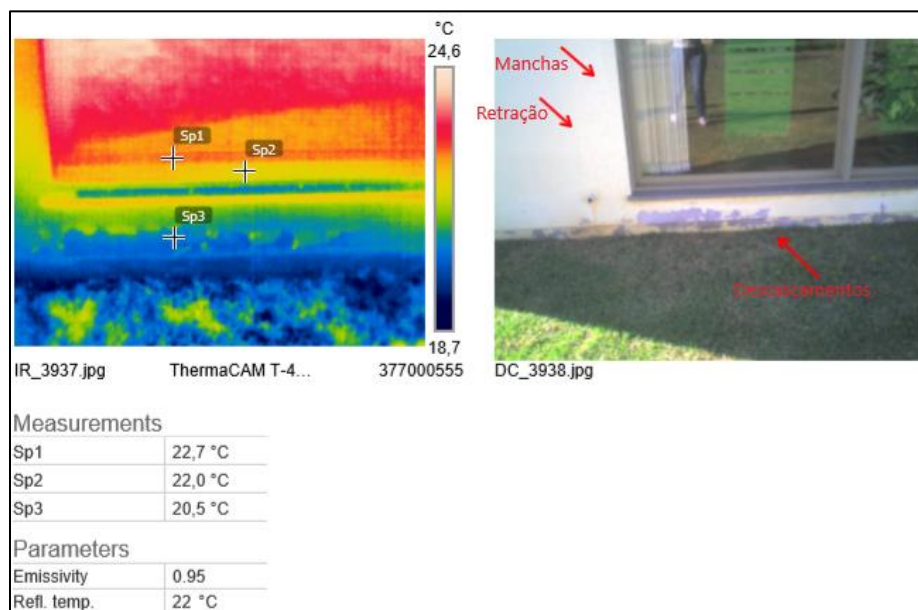
No local denominado parede 3 (Figura 59) nota-se a presença de machas e descascamentos da pintura na parte inferior da parede, apresentadas na Figura 60.

O que ocasiona esse tipo de defeito é o fato desse local (base da parede) ser o que tem maior contato com a chuva, pois a água bate no solo saturado e respinga na parede. Essa água, com o tempo, vai infiltrando e causando defeitos na pintura. Além de possuir umidade ascendente, por ser um local de contato direto com o solo.

Na análise termográfica nota-se que o ponto Sp3 possui temperatura de 20°C, o que afirma essa teoria, bem menor que o restante da parede e o vidro, mas bem parecida com a do solo.

O ponto Sp1 tem a temperatura elevada, 27°C, por ser um material que absorve muito mais calor que os demais. Mesmo assim a temperatura não variou tão drasticamente quanto o esperado (comparando com o ponto Sp2 que tem 22,0°C e é alvenaria), mas isso ocorre pelo fato de não ter contato direto com o sol.

Figura 60 - Análise termográfica da Parede 3 (Prédio Administrativo – Fachada sul)



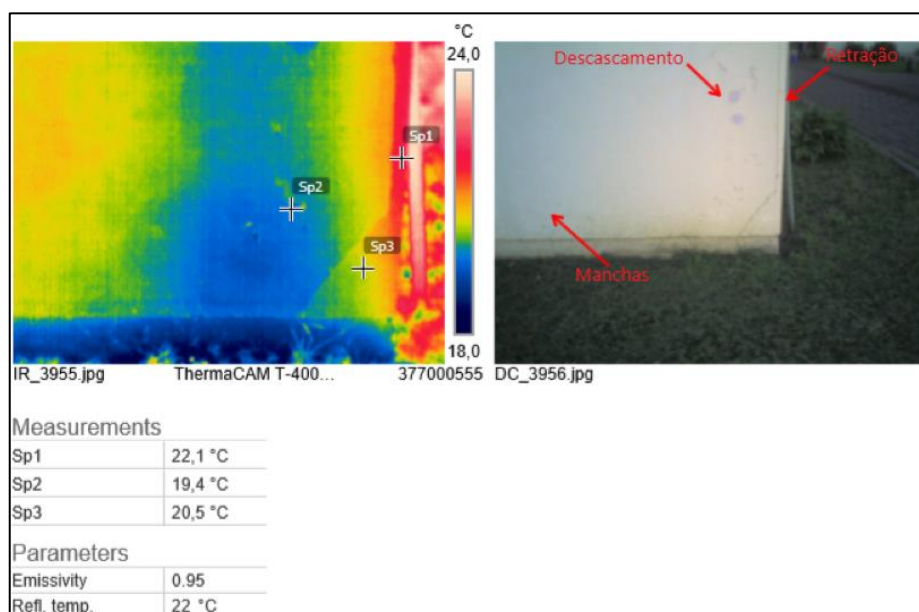
Fonte: Acervo do Autor

Na Parede 4 identifica-se manchas, retração da argamassa, bolhas e descascamento, como apresentado na Figura 61. O destaque se dá pela fissura localizada na lateral direita do termograma. Nota-se um desprendimento da argamassa nesse local, que pode ocorrer por ter camadas muito grossas de regularização e intensifica-se pela umidade.

No ponto Sp2 (19,4°C) observa-se uma extensão com a mesma cor no termograma, o que caracteriza a umidade ascendente, além de esse ponto ser o que menos recebe os raios solares.

Já no ponto Sp1, onde a temperatura é de 22,1°C, avista-se uma faixa ao longo do comprimento da parede, onde provavelmente está ocorrendo um desprendimento da argamassa de regularização.

Figura 61 - Análise termográfica da Parede 4 (Prédio Administrativo – Fachada sul)

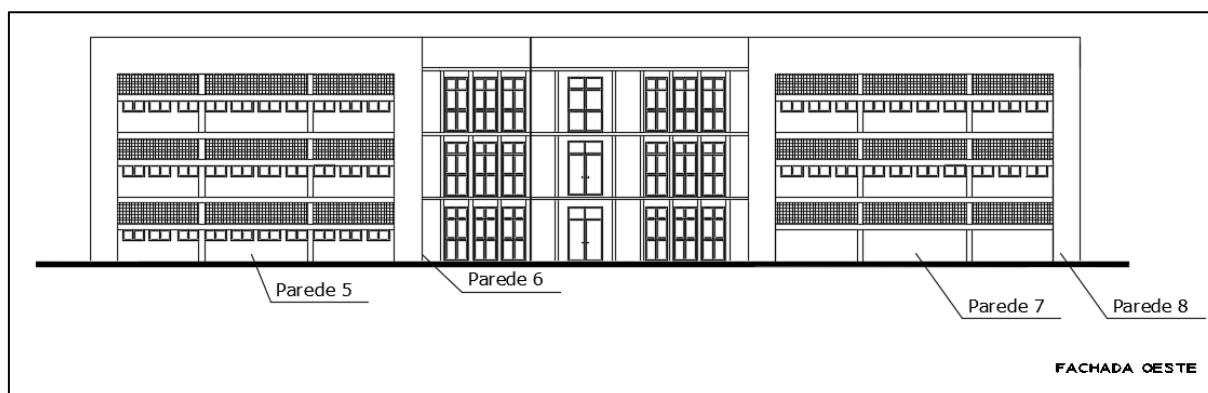


Fonte: Acervo do Autor

#### 4.5.3 Prédio Administrativo – Fachada Oeste

Essa é a fachada (analisada com a câmera termográfica) que mais apresentou manifestações patológicas por umidade. Na sequência apresenta-se as que tiveram mais destaque no estudo. Na Figura 62 as anomalias estão apontadas na fachada.

Figura 62 - Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Administrativo (Fachada oeste)



Fonte: Acervo do autor

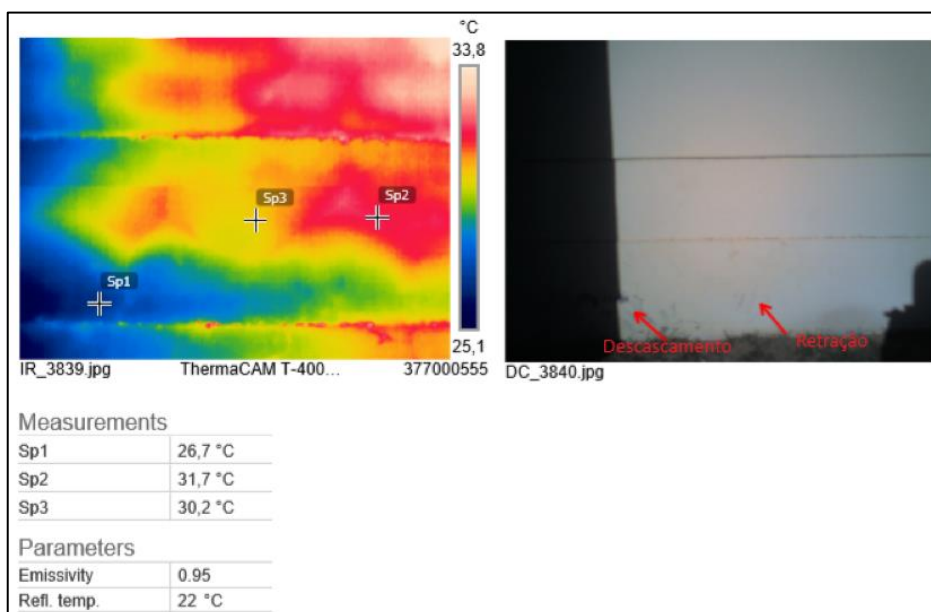
No local denominado Parede 5 nota-se a presença de descascamento na pintura e umidade ascendente na parte inferior da parede, apresentadas na Figura 63.

O que ocasiona esse tipo de defeito é o fato desse local (base da parede) ter contato direto com o solo e, com isso, a umidade presente nele sobe. Essa água com o tempo vai infiltrando e causando defeitos na pintura.

No ponto Sp1, onde a temperatura é igual a 26,7°C, a parede estava na sombra. No Sp2 (31,7°C) o calor do sol estava em contato com o elemento. Já o ponto Sp3, que possui temperatura de 30,2°C, é onde estão as manifestações patológicas nessa parede.

Esses defeitos ocorrem da mesma forma que os descritos anteriormente, a diferença é que esse é um local que não tem contato direto com a chuva, e por isso, a umidade presente nele é única e exclusiva da ascensão do solo.

Figura 63 - Análise termográfica da Parede 5 (Prédio Administrativo – Fachada oeste)



Fonte: Acervo pessoal

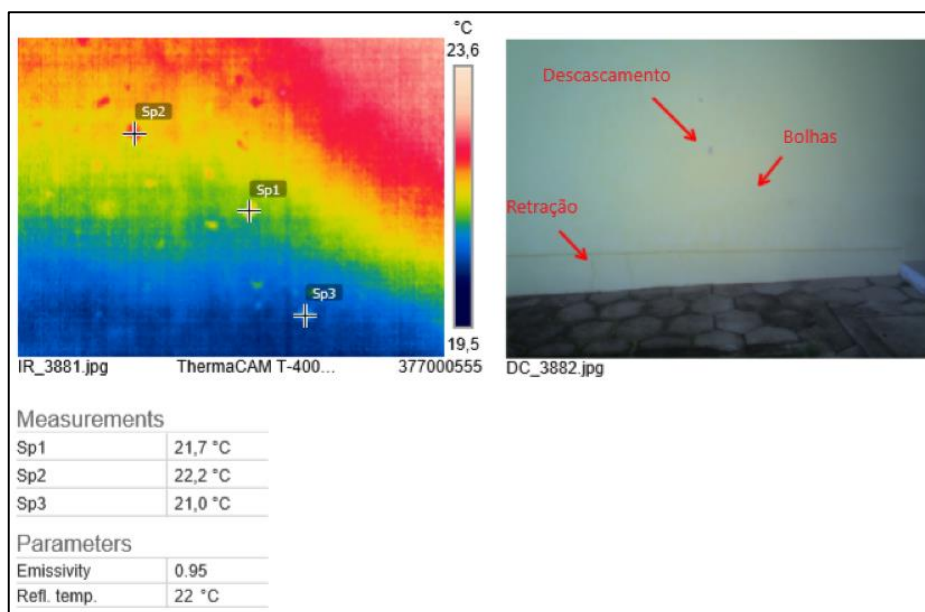
A Parede 6 está situada na lateral dessa fachada e não tem contato constante com o sol, por isso, a parte inferior da parede está com uma temperatura menor (Sp3 igual a 21,0°C), já que está próxima da calçada. Nota-se a presença de umidade em toda a sua extensão.

Como observa-se na Figura 64, a parede tem como defeitos retração da argamassa, bolhas e descascamento.

O ponto 1 (Sp1 igual a 22,7°C) apresenta uma bolha na pintura que, por estar com uma temperatura menor que o ponto 2, significa que tem a presença de água no local.

Já o ponto 2 (Sp2 igual a 22,2°C) possui a temperatura mais alta por ser um descascamento, o que torna a camada abaixo da pintura aparente, e conseqüentemente, tenha uma temperatura diferente.

Figura 64 - Análise termográfica da Parede 6 (Prédio Administrativo – Fachada oeste)



Fonte: Acervo pessoal

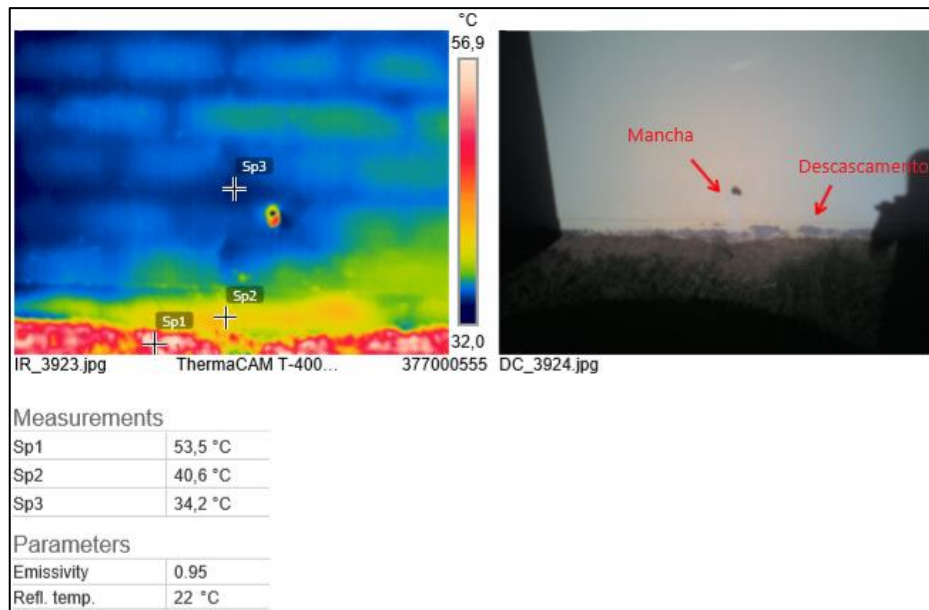
No local denominado Parede 7 nota-se a presença de descascamento na pintura e umidade ascendente na parte inferior da parede, apresentadas na Figura 65.

O que ocasiona esse tipo de defeito é o fato desse local (base da parede) ter contato direto com o solo e, com isso, a umidade presente nela sobe. Essa água com o tempo vai infiltrando e causando defeitos na pintura.

No ponto Sp3, onde a temperatura é igual a 26,7°C, a parede estava na sombra. Já o ponto Sp3 que possui temperatura de 34,2°C é onde estão as manifestações patológicas nessa parede.

Esses defeitos ocorrem da mesma forma que os descritos anteriormente, a diferença é que esse é um local que não tem contato direto com a chuva e, por isso, a umidade presente nele é única e exclusiva da ascensão do solo.

Figura 65 - Análise termográfica da Parede 7 (Prédio Administrativo – Fachada oeste)

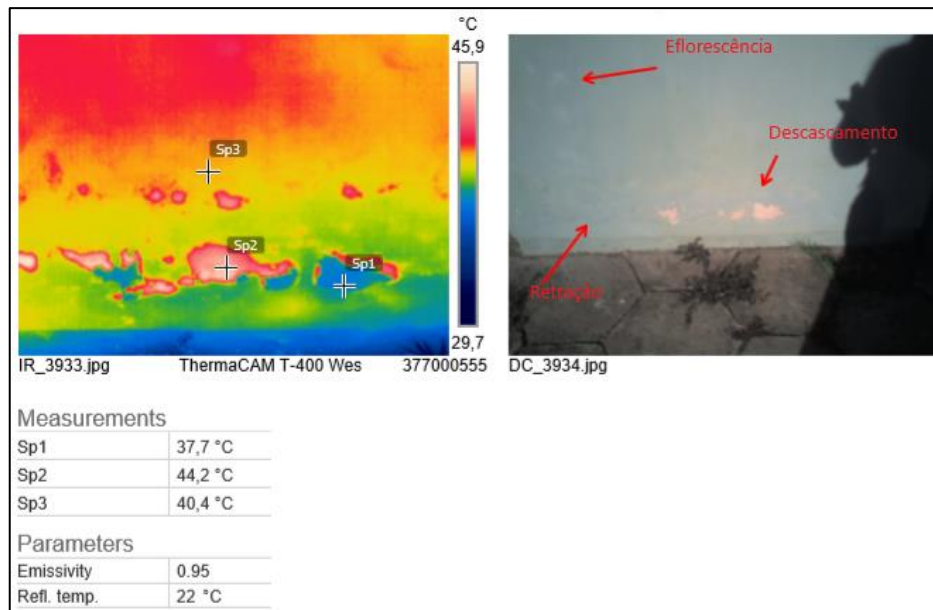


Fonte: Acervo pessoal

Na Figura 66, as manifestações patológicas da Parede 8 apresentam-se claramente no termograma. No ponto Sp2 (44,2°C) encontra-se a área mais quente do elemento e também o defeito denominado descascamento. No ponto Sp1 (37,7°C) é onde está localizada uma bolha na pintura. Nesse local há presença de descascamento na base do pilar, retração da argamassa e eflorescência. Todos esses defeitos podem ter sido originados pela presença de umidade no local ou por má preparação da superfície para a pintura. As formas de aparecimento são as mesmas descritas anteriormente.



Figura 66 - Análise termográfica da Parede 8 (Prédio Administrativo – Fachada oeste)

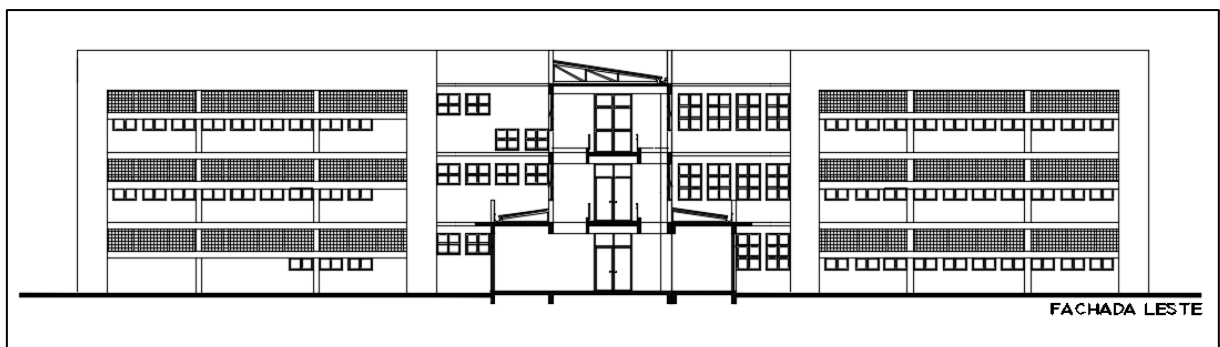


Fonte: Acervo pessoal

#### 4.5.4 Prédio Administrativo – Fachada Leste

A Fachada Leste está apresentada na Figura 67. O lado esquerdo, por ser um local com um elevado número de vegetação, não foi possível analisar se há manifestações patológicas agindo nela. E o lado direito não apresentou nenhum tipo de defeito significativo.

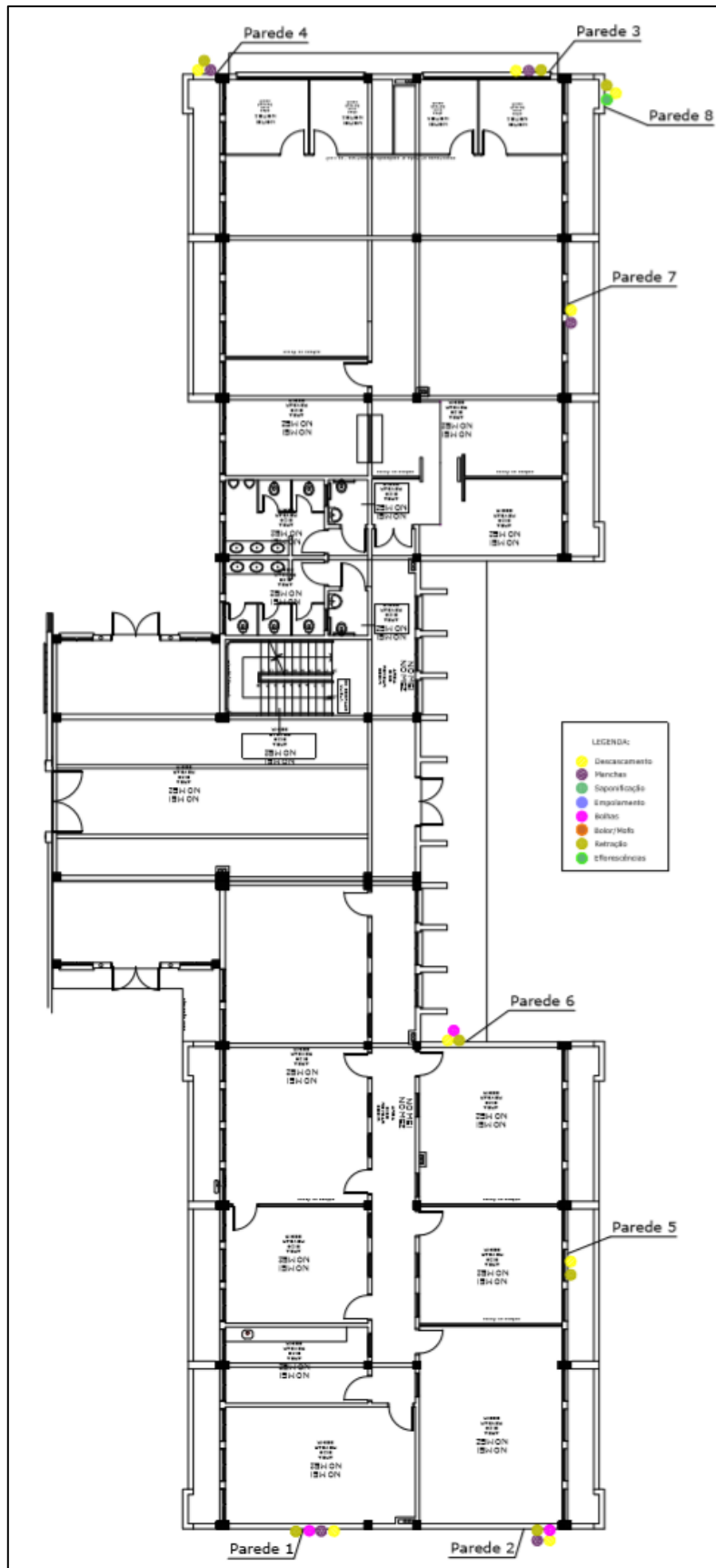
Figura 67 - Apresentação das manifestações patológicas no Prédio Administrativo (Fachada leste)



Fonte: Elaboração Própria

A Figura 68 apresenta o mapeamento das manifestações nesse Prédio.

Figura 68 - Mapeamento das manifestações no Prédio Administrativo



Fonte: Elaboração Própria

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho analisou-se as manifestações patológicas causadas por umidade nas paredes externas das edificações da UNIPAMPA, *Campus Alegrete/RS*.

Todos os prédios analisados apresentaram praticamente os mesmos defeitos causados pela água, que são: retração da argamassa, bolhas e descascamentos da pintura e eflorescências.

O Prédio Administrativo, fachada leste, foi a edificação onde foi encontrado o maior número desses defeitos. Isso se deve a diversos fatores, como a má preparação da parede antes de receber a pintura, não tendo o cuidado de deixar a superfície devidamente limpa. Também, por ser uma fachada que tem contato direto com agentes climáticos (chuva e sol), o que incentiva o aparecimento de anomalias, já que a água da chuva infiltra na parede e, quando a temperatura sobe (presença de sol na fachada), essa água tende a evaporar de dentro do elemento, modificando, assim, a pintura.

Já, a fachada sul dos Prédios Acadêmicos 1 e 2, apresentou manifestações parecidas com as citadas anteriormente, mas por motivos diferentes. Esses locais são os que têm menor contato com o sol, o que torna a parede úmida por mais tempo após o período chuvoso, o que agrava o processo de aparecimento das anomalias. Outro diferencial é a presença de manifestações na base da parede, causadas pela umidade de percolação, que migra do solo para a parede, e pela umidade de precipitação, pois a chuva cai no solo saturado e respinga na parte inferior da parede. O fato de não existir uma calçada ao redor da fachada do acadêmico 1 auxilia nesse processo.

O Prédio Acadêmico 1 é o que menos apresentou defeitos por umidade, isso ocorre pelo fato de ser a única das três edificações analisadas que já passou pelo processo de restauração da pintura. Isso não significa que medidas protetivas foram feitas, mas sim que as anomalias foram camufladas e, possivelmente, reapareceram ao decorrer da vida útil.

A utilização da câmera termográfica nesse estudo, como técnica de termografia passiva, proporcionou uma análise mais aprofundada dessas anomalias. Com ela pode-se comprovar a presença de umidade nos elementos, através da diferença de temperatura que as mesmas apresentaram, e diagnosticar com maior precisão quais eram elas e como ocorrem.

Por fim, analisou-se que os prédios da UNIPAMPA, *Campus Alegrete/RS* possuem muitos problemas causados por umidade em suas fachadas externas e que medidas devem ser tomadas para restauração, controle e prevenção de futuras manifestações patológicas desse tipo reapareçam.

## **7 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Para estudos futuros e complementação da metodologia utilizada, recomenda-se a análise das manifestações patológicas causadas por umidade nas paredes até 1,50m de altura no interior da edificação, para complementar essa pesquisa apontando se os defeitos externos são refletidos internamente.

## 8 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. **Manifestações Patológicas em Prédio Escolar: uma análise qualitativa e quantitativa**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, 2008.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575** –. Rio de Janeiro. 2003.

ANTUNES, G. R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimentos de fachada em Brasília – Sistematização da incidência de casos**. 199f. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília. Goiás, 2010.

AZOLIM, G. E. **Estudo Sobre o Vazamento Térmico em Elementos de Fechamentos das Edificações Utilizando a Técnica da termografia de Infravermelho**. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Pampa. Rio Grande do Sul, 2017.

BREITBACH, A. M.; PADARATZ, I. J.; GLEIZE, P. J. P. **Avaliação termográfica de fachadas**. Artigo Científico. PPGEC/UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, Brasil, 2013.

CABAÇA, S. C. **Humidade Ascendente em Paredes de Edifícios Antigos - Processos de Reabilitação e Prevenção**. Editora Construlink. Novembro, 2002.

CARVALHO, Z. L. **Levantamento de manifestações patológicas de edificações do Patrimônio Cultural do Município de Alegrete-RS**. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Pampa. Rio Grande do Sul, 2016.

CORTIZO, E. C. **Avaliação da Técnica de Termografia Infravermelha para identificação de Estruturas Ocultas e Diagnóstico de Anomalias em Edificações: Ênfase em Edificações do Patrimônio Histórico**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2007.

CREMONINI, R. A. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares da região de Porto Alegre**: Recomendações para projeto, execução e manutenção. Porto Alegre, 1988. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/>>. Acesso em: 01 maio de 2017.

Dicionário Michaelis. Disponível em <http://michaelis.uol.com.br>. Acessado em 03 de setembro de 2017.

DO CARMO, P. O. **Patologia das construções**. Programa de atualização profissional – CREA – RS, Santa Maria/RS, Brasil, 2003.

FERNANDES, A. A. F. **Levantamento de Manifestações Patológicas Internas de Edificações do Patrimônio Cultural do Município de Alegrete - RS**. Dissertação. Universidade Federal do Pampa. Rio Grande do Sul, 2017.

FLIR. Fabricante da Câmera Termográfica. Página na internet. Disponível em: <<https://www.flir.com/>> Acesso em: 15 mai. 2019.

FREITAS, J. G.; CARASEK, H.; CASCUDO, O. **Aplicação de Metodologia para Inspeção de Revestimentos de Argamassa em Fachadas**. Artigo científico. Universidade Federal de Goiás. Ceará, 2013.

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

HENRIQUES, F. M. A. **Humidade em Paredes**. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Editora LNEC. Lisboa, Portugal, 1994.

JORNAL EM QUESTÃO. Página na internet. Alegrete, 2016. Disponível em: <<http://emquestao.com.br/>> Acesso em: 15 mai. 2019.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das Construções**. Boletim Técnico 06/86. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo/SP, Brasil, 1986.

LIMA, B. S, **Principais manifestações patológicas em edificações residenciais multifamiliares**. Dissertação. Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, 2015.

MALDAGUE, X. **Infrared and Thermal testing: Nondestructive testing handbook**. 3th ed, Columbus, OH: Patrick O. Moore, 2001.

MATTOS, M.C.; **Planejamento da vida útil na Construção Civil: Uma metodologia para a aplicação da Norma de Desempenho (NBR 15575) em sistemas de revestimentos de pintura**. 2013. 218f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

MENDONÇA, L. V.; AMARAL, M. M.; CATARINO, P. S. **A Termografia Por Infravermelho como Ferramenta para Auxílio à Inspeção e Manutenção dos Edifícios**. Spy Building 2012.

NAZARIO, D.; ZANCAN, E. C. **Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal e Criciúma: Inspeção dos sete postos de saúde**. Artigo Científico. Santa Catarina, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/handle/1/151/Daniel%20Nazario.pdf?sequence=1>> Acesso em: 03 mai. 2017.

PERES, R. M. **Levantamento e Identificação de Manifestações Patológicas em Prédio Histórico - Um Estudo de Caso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2001.

SANTOS, S.S.; **Patologia das Construções**. Artigo Científico. Curitiba, 2013. Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online-busca/?autor=Silmara%20Silva%20dos%20Santos>>. Acesso em: 7 mai. 2017.

SCHÖNARDIE, C. E. **Análise e Tratamento das Manifestações Patológicas por Infiltração em Edificações**. Dissertação. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2011.

SILVA, A. J.; VIÉGAS, D. J. A.; PÓVOAS, Y. V. **O Uso da Termografia Infravermelha para Detecção de Manifestações Patológicas**. Artigo Científico. São Paulo, 2016.

SOUSA, L. F. R. **Aplicação de Termografia no Estudo do Isolamento Térmico de Edifícios**. Dissertação. Universidade de Aveiro. Portugal, 2001

SOUZA, M. F. **Patologias Ocasionadas pela Umidade nas Edificações**. Dissertação. Universidade de Minas Gerais. Minas Gerais, 2008.

SOUZA, V. C. M. RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. Editora Pini: São Paulo/SP, Brasil, 2009.

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

VASCONCELOS, A. L. R.; JAPIASSU, A. S. O.; FARIAS, R. M.; SOARES, P. B.; VIEIRA, D. S. **Análise das Patologias nas Fachadas dos Prédios Públicos Administrativos em Araguaína**. Artigo Científico. Anais do 59º Congresso Brasileiro de Concreto – IBRACON. Rio Grande do Sul, 2017.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das edificações**. Sagra: Porto Alegre, 1991.

ZUCHETTI, P. A. B, **Patologias da construção civil: investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no vale do Taquari/RS**. Trabalho de conclusão de curso, Centro Preparatório para Concursos Públicos. Rio Grande do Sul, 2019.