

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Graciela Verdum**

**DIAGNÓSTICO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DAS  
FACHADAS E COBERTURA DO OBSERVATÓRIO DA  
UFRGS VISANDO FUTURAS INTERVENÇÕES**

Porto Alegre  
novembro de 2018

**GRACIELA VERDUM**

**DIAGNÓSTICO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DAS  
FACHADAS E COBERTURA DO OBSERVATÓRIO DA  
UFRGS VISANDO FUTURAS INTERVENÇÕES**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de  
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do  
título de Engenheira Civil

**Orientadora: Angela Borges Masuero**  
**Coorientadora: Fernanda Lamego Guerra**

Porto Alegre  
novembro de 2018

**GRACIELA VERDUM**

**DIAGNÓSTICO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DAS  
FACHADAS E COBERTURA DO OBSERVATÓRIO DA  
UFRGS VISANDO FUTURAS INTERVENÇÕES**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pela Comissão de Graduação (COMGRAD) de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 30 de novembro de 2018.

Profa. Angela Borges Masuero  
Dra. (UFRGS)  
Orientadora

Fernanda Lamego Guerra  
Ma. (UFPEL)  
Coorientadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Fernanda Lamego Guerra**  
(UFPEL)  
Mestra pela Universidade Federal de Pelotas

**Profa. Angela Borges Masuero**  
(UFRGS)  
Doutora pela Universidade do Rio Grande do Sul

**Profa. Lais Zucchetti**  
(UFRGS)  
Doutora pela Universidade do Rio Grande do Sul

**Caroline Giordani**  
(UFRGS)  
Mestra pela Universidade do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho aos meus pais superpoderosos,  
Lorene e Valdemir (*In memoriam*), aos meus  
queridíssimos irmãos, ao meu amado Rafael, aos meus  
amigos, a todos que acreditaram em mim e me deram  
força para continuar, estando sempre ao meu lado,  
especialmente durante o período do meu Curso de  
Graduação.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente a Deus, por sempre me acompanhar e pelas oportunidades concedidas, em especial a de poder estar concluindo o curso de engenharia civil, na UFRGS e me sentir tão feliz!

Agradeço, com um sentimento que quase não cabe em mim, aos meus amados pais. Minha querida mãe, exemplo de força feminina a ser seguido! Meu querido pai, saudade! Em vida terrena, foi maravilhoso e nos deixou tantos ensinamentos, que ainda são seguidos. Agradeço demais aos meus queridíssimos irmãos, cada um com seu jeitinho especial de me amarem e acreditarem em mim, me fazerem feliz e me ajudarem. São meus xodozinhos! Amo!

Agradeço muitíssimo ao meu amor Rafael, pela paciência, por se preocupar comigo. Por perdoar minha ausência, por me acompanhar em tudo, inclusive a ter me ajudado até o fim deste trabalho. Pelo seu amor incondicional por mim!

Agradeço aos meus estimados amigos e demais familiares, por acreditarem em mim e se orgulharem. Por serem tão queridos e por me amarem.

Agradeço a cada professor que já tive nesta vida! Especialmente neste momento a Profa. Angela, por ter aceitado me orientar, fiquei muito feliz e lisonjeada, admiro muito! Agradeço o tempo disponibilizado, pelo sorriso sempre estampado no rosto e tudo mais, principalmente por ter escolhido simplesmente a melhor pessoa para me coorientar, a Fernanda. Ela é demais! Sou muito grata pela ajuda, paciência e alegria para tratar com as pessoas, admiro muito! Agradeço a queridinha da Profa. Lais, adorei! A melhor relatora! E a Carolzinha, minha “banca”, que também ajudou sempre que preciso. Agradeço a Rafa pelos conhecimentos transmitidos e disponibilidade em auxiliar. A Jé, agradeço a parceria, as conversas, a ajuda, gostei muito de conhecê-la.

Agradeço a Prefeitura do Campus Centro, em especial a Arq. Camila, tão simpática e disponível. Ao pessoal do NORIE, especialmente ao Ari. Ao pessoal do LACER, principalmente a Profa. Annelise. Ao pessoal do Observatório Astronômico, em especial ao Antônio. A UFRGS como um todo.

Por fim, a todos que colaboram de alguma forma e me agradeço também, por não ter desistido e ter buscado sempre dar o meu melhor!

Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.

*Ayrton Senna*

## RESUMO

As edificações históricas carregam as memórias dos indivíduos que passam por elas, uma vez que o passado de uma sociedade é trazido às gerações seguintes, através das intervenções que eles fizeram no espaço onde viveram. A conservação destas construções, bem como, manutenções e recuperações, oportunizam que outras pessoas possam usufruir delas no seu melhor estado, tanto estético, quanto funcional. Com este raciocínio, neste trabalho foi desenvolvido diagnóstico das manifestações patológicas visando futuras intervenções, para um dos prédios históricos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), o Observatório Astronômico (OA), construído e em uso desde 1908, tombado em 2000. O Observatório Astronômico foi um dos primeiros construídos no Brasil, tornando-se um marco histórico na pesquisa e desenvolvimento científico para o país. Hoje em dia, ainda pode-se visitar este local para observar o céu noturno, mas também para conhecer o museu que ele abriga. Vista a importância desta construção e o fato de ser histórica, há exigência de se realizar uma análise mais aprofundada, portanto, este estudo tem a finalidade de apresentar informações pertinentes às soluções encontradas para esta edificação, oferecendo subsídios para uma intervenção real. Para este trabalho, primeiramente foi realizada pesquisa bibliográfica, para levantamento de referenciais teóricos (sobre manifestações patológicas, mas também histórico do OA), desenvolveu-se o mapeamento das manifestações patológicas presentes nas fachadas e na cobertura da edificação (com enfoque nos danos presentes em revestimentos de argamassa), por meio de inspeção visual, ensaios *in situ* e laboratoriais; foi determinada a mensuração das áreas degradadas e elaboraram-se fichas para apresentação sucinta das manifestações patológicas, com auxílio de imagens, apontamento das possíveis causas e sugestão de soluções. A edificação, de um modo geral, apresentava ocorrência de diversas manifestações patológicas no revestimento das fachadas. Algumas medidas de intervenção foram propostas, tais como a limpeza, manutenção e reparos quanto a fissuras e descolamentos, além da repintura do prédio.

Palavras-chave: Observatório Astronômico/UFRGS. Prédios Históricos.  
Manifestações Patológicas. Intervenção.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Causas intrínsecas de deterioração.....	29
Figura 2 – Causas extrínsecas de deterioração .....	30
Figura 3 – Causas das manifestações patológicas nos revestimentos de argamassa.....	31
Figura 4 – Exemplo de descolamento com pulverulência.....	33
Figura 5 – Exemplo de descolamento por empolamento .....	34
Figura 6 – Deslocamento .....	35
Figura 7 – Perda de coesão ou desagregação .....	36
Figura 8 – Perda de coesão ou desagregação .....	36
Figura 9 – Fissuras no revestimento de argamassa .....	40
Figura 10 – Fissuras no revestimento de argamassa geradas pela expansão da argamassa de assentamento.....	41
Figura 11 – Fissuras no revestimento de argamassa geradas por ataque de sulfatos .....	41
Figura 12 – Vesículas em revestimento de argamassa .....	42
Figura 13 – Sujidade.....	46
Figura 14 – Aspectos microestruturais de argamassas antiga – Filamentos de estruturas biológicas.....	47
Figura 15 – Condicionantes extrínsecas e intrínsecas. ....	48
Figura 16 – Presença de vegetação em uma fachada.....	49
Figura 17 – Manchas de umidade por chuva dirigida na fachada .....	53
Figura 18 – Horizonte de capilaridade em fachada .....	54
Figura 19 – Eflorescência.....	56
Figura 20 – Criptoflorescência em alvenaria.....	57
Figura 21 – Alvenaria antiga com ocorrência de eflorescência e criptoflorescência .....	58
Figura 22- Vista geral a partir da Santa Casa .....	61
Figura 23 – Observatório e prédios do Instituto Técnico .....	62
Figura 24 - Vista Geral desde os altos da Praça Independência.....	62
Figura 25 – Sala Meridiana .....	63
Figura 26 – Afresco de Cronos.....	63
Figura 27 – Visita de escola nos anos 60.....	64
Figura 28 – Afresco de Cronos.....	64
Figura 29 – Fotos do OA, organizados cronologicamente: a. Vista Fachada Leste (1908); b. Fachada Oeste (indefinida: 1908-1930); c. Fachada Sul (1908); d. Fachada Oeste (1927); e. Cúpula (1985); f. Fachada Oeste (indefinida: 1998-2000); g. Fachada Oeste restaurada (2002); h. Fachada Oeste (2005); i. Fachada Norte (2012); j. Fachada Oeste (2018); Vista Nordeste (2018); Fachada Sul (2018). ....	65
Figura 30 – Fotos do OA, antes e depois da restauração: (a) e (b). Coroamento (antes e depois); (c) e (d). Fachada Sul (antes e depois); (e) e (f). Fachada Oeste (antes e depois).....	67
Figura 31- Localização OA. ....	68
Figura 32- Largo Paganini e o conjunto dos três prédios: OA (destacado em amarelo), Château e Castelinho. ....	69
Figura 33- Fachada do Largo Paganini .....	70
Figura 34 – Instituto Gymnasial a partir da Praça Independência.....	71
Figura 35 – 1º Quarteirão do Campus Centro da UFRGS: vista norte, final da década de 1900. Em destaque o OA e a localização de parte do terreno da Santa Casa.....	72
Figura 36 – 1º Quarteirão do Campus Centro da UFRGS: vista norte, em 2017. Em destaque o OA e a localização de parte do terreno da Santa Casa, antropizado praticamente em sua totalidade. ....	72

Figura 37 – Esquadrias em formato arco ômega .....	74
Figura 38 – Estátua de Urânia, musa da Astronomia, no alto da fachada principal.....	74
Figura 39 – Desenho esquemático das torres do OA (destaque para a cúpula sobre a torre Equatorial).....	76
Figura 40 – Piso em tijoleira de barro .....	77
Figura 41 – Obra de drenagem .....	78
Figura 42 – Impermeabilização na cobertura .....	79
Figura 43 – Modelo de FID utilizado para esta pesquisa .....	83
Figura 44 – Manifestação patológica identificada pelo ensaio de termografia.....	85
Figura 45 – Localização das fachadas N, S, L e O no OA .....	86
Figura 46 – Fachadas do OA: (a) O e N e (b) L e O .....	86
Figura 47 – Ilustração de inconvenientes para ensaio de termografia na fachada Sul .....	87
Figura 48 – Câmera termográfica modelo FLIR T400.....	88
Figura 49 – painel com superfície rugosa em alumínio .....	89
Figura 50 – Martelo de borracha utilizado no ensaio .....	90
Figura 51 – Ensaio de percussão .....	90
Figura 52 – Serra copo .....	92
Figura 53 – Localização de extração de amostras .....	92
Figura 54 – Fotos da extração da amostra 1: (a) início da perfuração da amostra 1; (b) extração feita com serra copo, as laterais foram retiradas para complementar a amostra; (c) marcação da altura; (d) marcação da espessura; (e) amostra 1.....	93
Figura 55 – Amostras: (a) 1; (b) 2; (c) 3; (d) 4; (e) 5 .....	97
Figura 56 – Almofariz, bisturi e martelo de borracha, respectivamente.....	97
Figura 57 – Antes e depois da desagregação – amostras 1 e 5.....	97
Figura 58 – Preparativos para o ataque químico .....	98
Figura 59 – (a) amostras secas (do OA, em destaque); (b) amostra umedecida com água deionizada; (c) adição de solução; (d) detalhe da reação (apresentando “efervescência”); (e) perto de estabilizar; (f), (g) e (h). término da reação – estabilização.....	98
Figura 60 – Na frente, os béqueres com as amostras; ao fundo, os Erlenmeyers com os funis e os papéis filtro.....	99
Figura 61 – Fim da filtragem, nos béqueres, apenas agregados e água deionizada .....	99
Figura 62 – (a) filtros com particulados finos; (b) béquer com agregados após serem retirados da estufa.....	99
Figura 63 – Peneiras utilizadas.....	99
Figura 64 – Erlenmeyers, funis, filtros e béqueres com suas respectivas amostras .....	101
Figura 65 – Após filtragem.....	101
Figura 66 – Após filtragem e antes do teste.....	102
Figura 67 – (a) Teste em branco (sem contaminantes); (b) Coloração azulada caracterizando presença de nitrato.....	102
Figura 68 – Tubos de ensaio com líquidos filtrados.....	103
Figura 69 – Amostras antes da colocação de resina .....	105
Figura 70 – (a) resina cristal poliéster acelerada; (b) catalisador .....	105
Figura 71 – (a) Amostras embutidas na resina com catalisador; (b) material desenformado.....	106
Figura 72 – (a) Amostras no equipamento; (b) politriz; (c) detalhe das amostras na politriz, sobre uma lixa.....	106
Figura 73 – Faixa estratigráfica.....	107
Figura 74 – Bisturi.....	108
Figura 75 – Catálogo de tintas comercial .....	109
Figura 76 – Sobreposição de Malha – Fachada Oeste (cobertura).....	110

Figura 77 – Divisão das fachadas em regiões: (a) fachada oeste; (b) fachada oeste (luneta e platibanda – cobertura); (c) fachada oeste (laterais da porta) e (d) cobertura .....	111
Figura 78 – Modelo de Ficha de Quantificação .....	112
Figura 79 – Detalhe dos registros das manifestações patológicas na região inferior esquerda da Fachada Sul .....	116
Figura 80 – Exemplos dos registros fotográficos das fachadas: a. Oeste; b. Leste; c. Sul; d. Norte; e. cobertura .....	117
Figura 81 – Mapa de danos da Fachada Norte do OA.....	119
Figura 82 – Mapa de danos da Fachada Sul do OA .....	120
Figura 83 – Mapa de danos da Fachada Oeste do OA.....	121
Figura 84 – Mapa de danos da Fachada Leste do OA .....	122
Figura 85 – Mapa de danos da cobertura - fachada norte e sul do OA .....	123
Figura 86 – Mapa de danos da cobertura - fachadas oeste e leste do OA .....	124
Figura 87 – Mapa de danos do Piso da Cobertura do OA .....	125
Figura 88 – a.1, a.2, b.1 e b.2: Fachada Oeste (parte superior) .....	126
Figura 89 – c.1 e c.2: Fachada Oeste (parte inferior) .....	127
Figura 90 – d.1 e d.2: Fachada Norte (parte inferior direita).....	128
Figura 91 – e.1 e e.2: Fachada Norte (parte inferior à direita da porta) .....	128
Figura 92 – f.1 e f.2.: Fachada Norte (parte inferior à esquerda da porta) .....	129
Figura 93 – g.1, g.2, j.1 e j.2: Fachada Norte (região da porta – parte superior) .....	130
Figura 94 – k.1, k.2, l.1 e l.2: Fachada Norte (região da porta – parte superior) e m.1 e m.2 (região da janela da direita) .....	131
Figura 95 – o.1 e o.2.: Fachada Sul (parte inferior esquerda) .....	132
Figura 96 – p.1 e p.2.: Fachada Sul (parte inferior esquerda) .....	133
Figura 97 – q.1 e q.2.: Fachada Sul (parte superior direita) .....	133
Figura 98 – r.1 e r.2.: Fachada Sul (parte intermediária direita) .....	134
Figura 99 – s.1 e s.2.: Fachada Leste (parte inferior) .....	134
Figura 100 – v.1 e v.2.: Fachada Leste (cobertura) .....	135
Figura 101 – w.1 e w.2.: Fachada Leste (cobertura – parte inferior) .....	135
Figura 102 – x.1 e x.2.: Fachada Oeste (platibanda – parte interna direita).....	136
Figura 103 – y.1 e y.2.: Fachada Oeste (platibanda – parte interna esquerda).....	136
Figura 104 – z.1 e z.2.: Fachada Norte (platibanda – parte interna) .....	137
Figura 105 – aa.1 e aa.2.: Fachada Oeste (lateral direita da porta) .....	137
Figura 106 – bb.1 e bb.2.: Fachada Oeste (cúpula) .....	138
Figura 107 – cc.1 e cc.2.: Fachada Sul (lateral direita da porta) .....	138
Figura 108 – dd.1 e dd.2.: Fachada Norte .....	139
Figura 109 – Proporções ligante: agregado – Rádio/UFRGS.....	141
Figura 110 – Distribuição granulométrica: a. amostra 1+5; b. amostra 2+4; c. amostra 3 ....	142
Figura 111 – Grãos visualizados com lupa estereoscópica: a. amostra 1+5; b. amostra 2+4; c. amostra 3 .....	142
Figura 112 – Curva granulométrica.....	144
Figura 113 – Resultado do teste para verificação de presença de nitrato – não reativo .....	145
Figura 114 – Resultado do teste para verificação de presença de cloreto: a. amostra 1 – assentamento; b. amostra 1 – revestimento; c. amostra 2; d. amostra 4.....	146
Figura 115 – Resultado do teste para verificação de presença de sulfato: a. amostra 1 – assentamento; b. amostra 1 – revestimento; c. amostra 2; d. amostra 4.....	146
Figura 116 – Amostras íntegras: (a) 1; (b) 2; (c) 3 / Amostras embutidas em resina: (d) 1; e (e) 4 .....	148
Figura 117 – Localização de extração de amostras: (a) Fachada Oeste - (1) Lateral esquerda da porta, (2) Lateral a direita da porta, (3) Ornamento da porta (a esquerda); (b) Fachada Norte –	

(4) Lateral do pilar a direita da porta; (c) Fachada Leste – (5 e 6) parede; (d) Fachada Oeste cobertura – (7) mureta; (e) Fachada Leste cobertura – (8) ornamento.....	149
Figura 118 – FD por manifestação patológica.....	153
Figura 119 – Resultados de $FD_{RC}$ .....	155
Figura 120 – Resultados de $FD_{RC}$ .....	156
Figura 121 – Amostras com prováveis filamentos de estruturas biológicas: (a) 2; (b) 3.....	175
Figura 122 – coroamento.....	181
Figura 140 – Áreas das regiões.....	207
Figura 141 – Cálculo do $CCr$ .....	208

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Identificação, local de extração e massa das amostras .....	93
Quadro 2 – Fotos do ensaio de reconstituição de traço .....	97
Quadro 3 – Preparação das amostras com resina .....	105
Quadro 4 – Resultados dos testes qualitativos de sais solúveis .....	145
Quadro 5 – Prospecções estratigráficas de pinturas .....	151



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Traços prováveis.....	140
Tabela 2 – Composição granulométrica – amostra 1+5 .....	142
Tabela 3 – Composição granulométrica – amostra 2+4 .....	143
Tabela 4 – Composição granulométrica – amostra 3 .....	143
Tabela 5 – Média da composição granulométrica, dimensão máxima e módulo de finura do agregado .....	144
Tabela 6 – Área total da malha.....	152
Tabela 7 – Área total danificada.....	153
Tabela 8 – FD – manifestações patológicas .....	153

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

Ad – Área de manifestação patológica

Adr - Área danificada por uma determinada manifestação patológica (n) em uma região específica

AgCl - Cloreto de Prata

AgNO<sub>3</sub> - Nitrato de Prata

At - Área total da amostra

Ar - Área da região

BaCl<sub>2</sub> - Cloreto de Bário

BaSO<sub>4</sub> - Sulfato de Bário

CAD - Computer Aided Design (ou desenho auxiliado por computador)

CCr - Coeficiente de Correção das regiões

CF/88 – Constituição Federal de 1988

DL 25/37 – Decreto-Lei nº 25 de 30 de novembro de 1937

EE – Escola de Engenharia

FD – Fator de Danos

FDRC - Fator de danos da região corrigida

FID – Ficha de Identificação de Danos

HCl - Ácido Clorídrico

HNO<sub>3</sub> - Ácido Nítrico

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - Ácido Sulfúrico

IAM – Instituto Astronômico e Meteorológico

ICCROM – International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

L - Leste

LACER/UFRGS - Laboratório de Materiais Cerâmicos da UFRGS

LDO – Lei de Diretrizes Orçamentárias

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LAMTAC – Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído

MEV – Microscópio Eletrônico de Varredura

MMD – Método de Mensuração de Degradação

N - Norte

NBR – Norma Brasileira

NTPR/UFBA - Núcleo de Tecnologia da Preservação e da Restauração da Universidade Federal da Bahia

NORIE/UFRGS – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação da UFRGS

O - Oeste

OA – Observatório Astronômico

OGU – Orçamento Geral da União

S - Sul

SPH - Setor de Patrimônio Histórico

SUINFRA – Superintendência de Infraestrutura da UFRGS

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>2 OBJETIVOS DA PESQUISA.....</b>	<b>23</b>
2.1 OBJETIVO PRINCIPAL.....	23
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
<b>3 DIRETRIZES DE PESQUISA .....</b>	<b>24</b>
3.1 DELIMITAÇÃO.....	24
3.2 LIMITAÇÕES .....	24
<b>4 CONCEITOS RELACIONADOS À PRESERVAÇÃO DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS.....</b>	<b>25</b>
4.1 CONCEITOS DE TOMBAMENTO E PATRIMÔNIO HISTÓRICO.....	25
4.2 TIPOS DE INTERVENÇÃO.....	26
<b>5 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS E COBERTURAS.....</b>	<b>28</b>
5.1 PERDA DE ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA .....	32
<b>5.1.1 Descolamento com pulverulência .....</b>	<b>32</b>
<b>5.1.2 Descolamento por empolamento .....</b>	<b>33</b>
<b>5.1.3 Desplacamento .....</b>	<b>34</b>
<b>5.1.4 Desagregação.....</b>	<b>35</b>
5.2 FISSURAS.....	37
<b>5.2.1 Movimentações térmicas .....</b>	<b>38</b>
<b>5.2.2 Movimentações higroscópicas.....</b>	<b>38</b>
<b>5.2.3 Retração.....</b>	<b>38</b>
<b>5.2.4 Alterações químicas .....</b>	<b>40</b>
5.3 VESÍCULAS .....	41
5.4 DEGRADAÇÃO DA PINTURA.....	43
5.5 SUJIDADE .....	44
5.6 BIODETERIORAÇÃO.....	46
<b>5.6.1 Vegetação.....</b>	<b>48</b>
<b>5.6.2 Biofilme.....</b>	<b>49</b>
<b>5.6.3 Animais .....</b>	<b>49</b>
5.7 UMIDADE.....	50
<b>5.7.1 Mecanismos de transporte de água .....</b>	<b>51</b>
<b>5.7.2 Causas e efeitos da presença de umidade nas edificações .....</b>	<b>52</b>
5.8 EFLORESCÊNCIA E CRIPTOFLORESCÊNCIA .....	55
<b>6 OBJETO DE ESTUDO – OBERVATÓRIO ASTRONÔMICO DA UFRGS (OA)....</b>	<b>59</b>

6.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO OBJETO .....	59
<b>6.1.1</b>	<b>Histórico.....</b>	<b>59</b>
<b>6.1.2</b>	<b>O tombamento.....</b>	<b>66</b>
<b>6.1.3</b>	<b>Localização e entorno .....</b>	<b>68</b>
<b>6.1.4</b>	<b>Características arquitetônicas .....</b>	<b>73</b>
<b>6.1.5</b>	<b>Descrição do OA .....</b>	<b>75</b>
6.2	DIRETRIZES PARA O DIAGNÓSTICO E INTERVENÇÃO .....	79
<b>6.2.1</b>	<b>Análises e ensaios realizados.....</b>	<b>81</b>
6.2.1.1	Análise visual, mapa de danos e mapeamento das manifestações patológicas .....	82
6.2.1.2	Termografia .....	84
6.2.1.3	Ensaio de Percussão.....	89
6.2.1.4	Reconstituição de traço.....	91
6.2.1.5	Análise qualitativa de sais .....	100
6.2.1.6	Observação de amostras com uso de lupa estereoscópica .....	104
6.2.1.7	Prospecção estratigráfica de pinturas e composição de cores .....	107
<b>6.2.2</b>	<b>Método de mensuração de degradação (MMD).....</b>	<b>109</b>
6.2.2.1	Sobreposição de uma malha sobre as fachadas e cobertura .....	110
6.2.2.2	Divisão da fachada em regiões .....	110
6.2.2.3	Quantificação da ocorrência de manifestações patológicas e ficha de quantificação .....	112
6.2.2.4	Cálculo do fator de danos (FD).....	113
6.2.2.5	Fator de Danos da Região Corrigido (FDRC) .....	114
<b>7</b>	<b>APRESENTAÇÃO, ANÁLISE DE RESULTADOS E PROPOSTAS DE INTERVENÇÕES .....</b>	<b>115</b>
7.1	RESULTADOS DE ANÁLISES E ENSAIOS .....	115
<b>7.1.1</b>	<b>Análise visual e mapa de danos .....</b>	<b>116</b>
<b>7.1.2</b>	<b>Termografia.....</b>	<b>126</b>
<b>7.1.3</b>	<b>Percussão .....</b>	<b>139</b>
<b>7.1.4</b>	<b>Reconstituição de traço .....</b>	<b>139</b>
<b>7.1.5</b>	<b>Análise de sais .....</b>	<b>145</b>
<b>7.1.6</b>	<b>Prospecção estratigráfica de pintura .....</b>	<b>147</b>
7.2	Resultados MMD.....	152
7.3	OCORRÊNCIA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E PROPOSTAS DE INTERVENÇÕES ...	156
<b>7.3.1</b>	<b>Perda de aderência de reboco .....</b>	<b>157</b>
<b>7.3.2</b>	<b>Fissuras .....</b>	<b>163</b>

<b>7.3.3</b>	<b>Degradação da pintura.....</b>	<b>170</b>
<b>7.3.4</b>	<b>Sujidade .....</b>	<b>173</b>
<b>7.3.5</b>	<b>Biodeterioração .....</b>	<b>175</b>
<b>7.3.6</b>	<b>Umidade.....</b>	<b>180</b>
<b>7.3.7</b>	<b>Eflorescência e criptoflorescência .....</b>	<b>184</b>
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS ...</b>	<b>186</b>
	<b>APÊNDICE A - Sobreposição de Malha .....</b>	<b>198</b>
	<b>APÊNDICE B - Tabelas MMD .....</b>	<b>206</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A prática de se executar manutenções e recuperações de prédios históricos, bem como, conservá-los em condições adequadas é importante. Esta ação oportuniza às pessoas conhecerem estas construções no seu melhor estado e propiciam o entendimento de que essas edificações portam consigo parte da identidade e história do local onde se situam. As edificações históricas carregam as memórias de seus habitantes, uma vez que o passado de uma sociedade é trazido às gerações seguintes, através das intervenções que eles fizeram no espaço onde viveram.

Do ponto de vista técnico, permitir que os bens patrimoniais, que são uma herança dos antepassados, cheguem à ruína, faz com que ocorra a perda de conhecimentos importantes, podendo acarretar na privação de informações relacionadas às técnicas tradicionais desenvolvidas previamente, mas também, repetição de erros já cometidos. A partir dessas considerações, a população passa a usufruir das construções históricas de maneira mais adequada e tendem a evitar a deterioração e o vandalismo das mesmas, pois, surge um sentimento de cuidado, por um lugar que também pertence a ela de certa maneira.

Em outro aspecto, a preservação tem também sua importância para diminuição de impactos ambientais negativos, pois a demolição de prédios antigos e substituição deles por novos contribui para consumo de recursos, como água, eletricidade, matérias-primas e consequente aumento da poluição, também produzindo resíduos, pois, infelizmente, nem tudo pode ser reaproveitado. Prédios malconservados não são atrativos, geram poluição visual e por vezes até mesmo comprometem a segurança de seu entorno. A NBR 5674, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012), referente a manutenção das edificações, evidencia o quão é relevante esse tema de conservação de edificações, como pode-se ler a seguir:

É inviável, sob o ponto de vista econômico, e inaceitável, sob o ponto de vista ambiental, considerar as edificações como produtos descartáveis, passíveis da simples substituição por novas construções quando seu desempenho atinge níveis inferiores ao exigido [...].

Para a preservação de uma edificação se fazem necessárias manutenções periódicas. Se as mesmas, forem realizadas parcialmente, de forma imprópria ou mesmo não forem executadas em tempo adequado, pode-se chegar ao ponto de ser necessário realizar reparos ou intervenções de maiores proporções e mais complexas, que são proporcionalmente mais caras.

Considerando que o Observatório Astronômico (OA), edificação em estudo, é um prédio histórico e possui proteção em nível federal<sup>1</sup>, uma análise mais aprofundada para se realizar intervenções é imprescindível, para manter suas características mais próximas possíveis das originais.

Com esse raciocínio a presente pesquisa abordará o mapeamento, diagnóstico e determinação de possíveis soluções para manifestações patológicas presentes nas fachadas e cobertura do Observatório. Esta construção, em estudo, faz parte dos prédios históricos do Campus Central da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre/RS, e atua como um órgão auxiliar do Instituto de Física. Possui várias funções, tais como: estética; preservação histórica referente à arquitetura; preservação e resguardo da memória da Astronomia do Rio Grande do Sul; comportar equipamentos de verificação e registros de fenômenos de astronomia; papel educacional e social; fomento a pesquisas; atividades de extensão; também possibilita visitas guiadas ao acervo e observação do céu durante as noites para o público em geral. Visto as funções desempenhadas pelo Observatório, fica claro o quão importante é a sua preservação, para que esteja em condições adequadas para cumprir o seu papel.

Este trabalho tem a finalidade de elaborar um relatório técnico que contenha informações pertinentes às soluções encontradas para esta edificação, oferecendo subsídios para uma intervenção real. Este laudo será composto pelo mapeamento das manifestações patológicas presentes nas fachadas e na cobertura da edificação; exposição dos resultados da inspeção

---

<sup>1</sup> O OA conta com proteção em nível federal, ou seja, tombado pelo IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional). A solicitação de abertura de processo de Tombamento junto ao IPHAN para o Conjunto Arquitetônico formado pelos Prédios do OA e da Faculdade de Direito, situados no Campus do Centro da UFRGS, foi realizada em 1998, com número de 1438-T-1998. Em 2000, foi efetivado o tombamento. Desde então o conjunto está inscrito no Livro do Tombo Histórico: Inscr. nº 556, de 19/06/2000. Esse Livro, para melhor condução das ações do Iphan, reúne, especificamente, os bens culturais em função do seu valor histórico, que se dividem em bens imóveis (edificações, fazendas, marcos, chafarizes, pontes, centros históricos, por exemplo) e móveis (imagens, mobiliário, quadros e xilogravuras, entre outras peças). Disponível em: <[http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Lista\\_bens\\_tombados\\_processos\\_andamento\\_2018](http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Lista_bens_tombados_processos_andamento_2018)>. Acesso em: 01 de agosto de 2018.



visual, ensaios *in situ* e laboratoriais; apresentação de fichas caracterizando as manifestações patológicas, com auxílio de imagens, com o apontamento das causas e possíveis soluções.

Para propor esta intervenção, inicialmente realizou-se uma pesquisa bibliográfica, para levantamento de referenciais teóricos acerca do tema. A investigação prévia das manifestações patológicas, existentes na edificação, teve como objetivo restringi-las às específicas presentes no Observatório Astronômico. Salienta-se que a pesquisa se concentra principalmente nos danos presentes no revestimento de argamassa das fachadas e cobertura da edificação.

A descrição física e histórica do prédio em estudo, foi realizada, principalmente, a partir dos materiais fornecidos pela própria Universidade, além de outras fontes bibliográficas.

Os três primeiros capítulos exibem uma introdução ao relatório e neles são definidos os objetivos e as limitações.

O capítulo 4, aborda o contexto histórico referente à época em que a edificação foi construída, expondo características arquitetônicas, demonstrando sua localização e relação com o entorno, neste capítulo também se explana sobre conceitos de tombamento e conservação de patrimônio histórico.

Na sequência, o capítulo 5, apresenta as manifestações patológicas em fachadas e coberturas, com enfoque nos danos presentes em revestimentos de argamassa e se descreve os problemas elencados para esta proposta.

A seguir, o capítulo 6, se refere ao objeto de estudo – Observatório Astronômico da UFRGS (OA), sendo ele inserido no contexto histórico a que pertence, disserta-se sobre o tombamento, descreve-se sua localização e entorno, caracteriza-se arquitetonicamente e funcionalmente. Neste capítulo também se explana sobre as diretrizes que podem ser tomadas para se realizar o diagnóstico das manifestações patológicas e a intervenção, a partir de análises, ensaios e mensuração da degradação.

O capítulo 7 traz a apresentação e análise dos resultados. Com essas informações são verificadas as ocorrências das manifestações patológicas e são propostas soluções para realização de intervenção.

Para encerrar o trabalho, as considerações serão feitas expondo os aprendizados resultantes da pesquisa, dificuldades encontradas e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos, principal e específicos, desta pesquisa, estão expostos a seguir.

### 2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

O objetivo principal deste trabalho é realizar o levantamento e diagnosticar as causas e origens das manifestações patológicas presentes nas fachadas e cobertura do Observatório Astronômico da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A partir dessas informações, apresentar soluções para recuperação das áreas danificadas.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos foram elencados para facilitar a identificação das principais manifestações patológicas presentes no Observatório, e, por conseguinte, possibilitar a determinação das possíveis intervenções para os problemas encontrados, de maneira mais fidedigna. Os objetivos específicos são:

- a) mapear as manifestações patológicas presentes nas fachadas e na cobertura da edificação, através de inspeção visual;
- b) caracterizar os materiais e manifestações patológicas, através da realização de ensaios *in situ* e laboratoriais;
- c) a partir dos levantamentos, elaborar mapa de danos e determinar o fator de danos;
- d) elaborar fichas caracterizando as manifestações patológicas, com auxílio de imagens; com o apontamento das possíveis causas e intervenções a serem executadas.

### 3 DIRETRIZES DE PESQUISA

As diretrizes com as quais o trabalho foi desenvolvido são:

#### 3.1 DELIMITAÇÃO

A delimitação do trabalho se dá em realizar estudos relativos a uma das edificações que apresentam manifestações patológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o Observatório Astronômico, que faz parte do conjunto de prédios do Largo Paganini.

#### 3.2 LIMITAÇÕES

O estudo será efetuado especificamente na parte externa do prédio do Observatório Astronômico da UFRGS, envolvendo a cobertura e as fachadas, com ênfase nos revestimentos de argamassa. As esquadrias não serão analisadas neste trabalho. Importante salientar, que ensaios, como por exemplo de percussão e prospecção serão realizados até onde for possível, com o equipamento disponível, neste caso, limitado a altura da escada. As soluções possíveis para os problemas encontrados serão apresentadas levando em consideração que o Observatório é tombado<sup>2</sup>, determinando que suas características, desde a data do tombamento, devem ser preservadas, ou seja, intervenções mesmo que corretivas e ou protetivas, são bem restritas; propostas de alterações podem ser feitas, contudo, há necessidade de que sejam apresentadas suas justificativas e estas serem aprovadas pelo IPHAN, para então serem executadas.

---

<sup>2</sup> Tombamento: um dos dispositivos legais que o poder público federal, estadual e municipal dispõe para preservar a memória nacional [...] ato administrativo que tem por finalidade proteger - por intermédio da aplicação de leis específicas - bens de valor histórico, cultural, arquitetônico, ambiental e de valor afetivo para a população, impedindo que venham a ser destruídos ou descaracterizados. Disponível em:

<<http://portal.iphan.gov.br/perguntasFrequentes?categoria=9>>. Acesso em: 24 de janeiro de 2018.

## 4 CONCEITOS RELACIONADOS À PRESERVAÇÃO DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS

Neste capítulo serão abordados conceitos de tombamento e patrimônio histórico, além de conceitos relativos à conservação de prédios históricos e bens culturais. Os textos a seguir são explicativos e visam ressaltar a importância de um estudo como este.

### 4.1 CONCEITOS DE TOMBAMENTO E PATRIMÔNIO HISTÓRICO

Em 1937 foi desenvolvido um instrumento chamado tombamento pelo Decreto-lei nº 25, de 30 de novembro de 1937, objetivando ser uma das formas de proteção e organização do patrimônio histórico e artístico no Brasil. O tombamento foi expandido pela Constituição Federal de 1988 (CF/88), transformando-o em uma norma geral nacional que deveria ser aplicada pelos três entes federativos. Ainda, através da CF/88, houve a ampliação do conceito de patrimônio histórico e artístico para bens culturais brasileiros. Este instrumento que é técnico-jurídico, de apresentação consistente, simples e eficaz é a forma mais antiga e consolidada referente à preservação do patrimônio cultural (RABELLO, 2015).

O Decreto-lei nº 25, de 30 de novembro de 1937 (DL/37) caracteriza patrimônio histórico e artístico (BRASIL, 1937), como:

Art. 1º Constitui o patrimônio histórico e artístico nacional o conjunto dos bens móveis e imóveis existentes no país e cuja conservação seja de interesse público, quer por sua vinculação a fatos memoráveis da história do Brasil, quer por seu excepcional valor arqueológico ou etnográfico, bibliográfico ou artístico.

Já a CF/88 (BRASIL, 2016), designa patrimônio cultural como:

Art. 216. Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira.

A CF/88 expandiu a definição de patrimônio, adicionando menção cultural, além de determinar quais são bens passíveis de reconhecimento, especialmente os imateriais. Constitui ainda que haja união entre a população e o poder público a fim de promover e proteger o Patrimônio

Cultural do país. Contudo, a gestão do patrimônio e da documentação relativa aos bens perpetua sob responsabilidade da administração pública (IPHAN, 2014).

A instituição responsável pelo cumprimento dos marcos legais supracitadas chama-se Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), que atua como uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Cultura atendendo as demandas referentes à preservação do Patrimônio Cultural Brasileiro; tem por função proteger, bem como, promover os bens culturais brasileiros, de maneira a garantir a existência, mas também, o uso para as gerações de hoje e do futuro (IPHAN, 2014).

O tombamento tem o intuito de proteger, mas também de conscientizar a população à auxiliar na preservação do patrimônio cultural, para que várias gerações possam ter acesso a estes bens nas melhores condições, a qualquer tempo.

## 4.2 TIPOS DE INTERVENÇÃO

Alguns conceitos para um melhor entendimento deste trabalho serão citados neste subcapítulo, eles estão relacionados aos tipos de intervenção) de prédios históricos e bens culturais. A conservação de um patrimônio cultural de bens imóveis, como edificações históricas se refere à realização de medidas e ações corretivas nas regiões da construção onde encontram-se evidências explícitas ou prováveis de danos. Estas ações têm o intuito de proteger o prédio de deteriorações, logo, prolongando sua vida útil (TINOCO, 2009), que, segundo a NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013), se refere ao período cuja construção, bem como, os elementos que a constitui, encontram-se em condições satisfatórias para as quais foram projetadas e construídas, atendendo a periodicidade e adequada execução dos processos de manutenção, descritos nos manuais, tanto de uso, quanto de operação e manutenção.

Conforme o manual elaborado por Gomide *et al.* (2005), a manutenção é um conjunto de ações e operações preventivas, cujo objetivo é conservar as edificações em funcionamento e uso satisfatórios. Já a reparação visa a correção dos danos mais simples e de pequena repercussão. A restauração é a forma de conservação que solicita ações mais especializadas, devendo ser baseada em análises e levantamentos inquestionáveis e a execução deve permitir a distinção entre o que é original e o que foi gerado por intervenção. As operações de melhorias da qualidade executadas em áreas urbanas ou em construções que possuem importância histórica

são chamadas de revitalização e tem o intuito de recuperar as estruturas, tanto sociais, quanto econômicas, bem como culturais locais.

## 5 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS E COBERTURAS

Para preservação de construções históricas, em especial tratando-se de bens tombados, é importante que haja um entendimento das manifestações patológicas que elas podem apresentar em função de suas características referentes a materiais constituintes, mas também, pela sua geometria e sistema construtivo. Essas manifestações podem ser descritas como “sinais” de anomalias presentes em uma edificação.

Antes de apresentar as manifestações patológicas, exhibe-se de forma mais generalizada os fatores colaboradores à degradação das edificações, ou seja, o aparecimento de sinais patológicos. Há mais de uma maneira de se classificar estes fatores, nas figuras 1 e 2, estão apresentados conforme propõe D’ossat (1972), em dois grupos separados, considerando que as construções possuem uma essência dinâmica, resultante de sucessivas intervenções. Nesta linha de pensamento, a forma mais lógica e útil de se dividir as causas seriam em: intrínsecas, relacionadas estritamente às características da edificação, desde sua origem, localização, mas também, quanto à sua estrutura; e extrínsecas, referindo-se as características exteriores advindas da ação do homem e da natureza, essa última sendo subdividida em prolongada e ocasional.

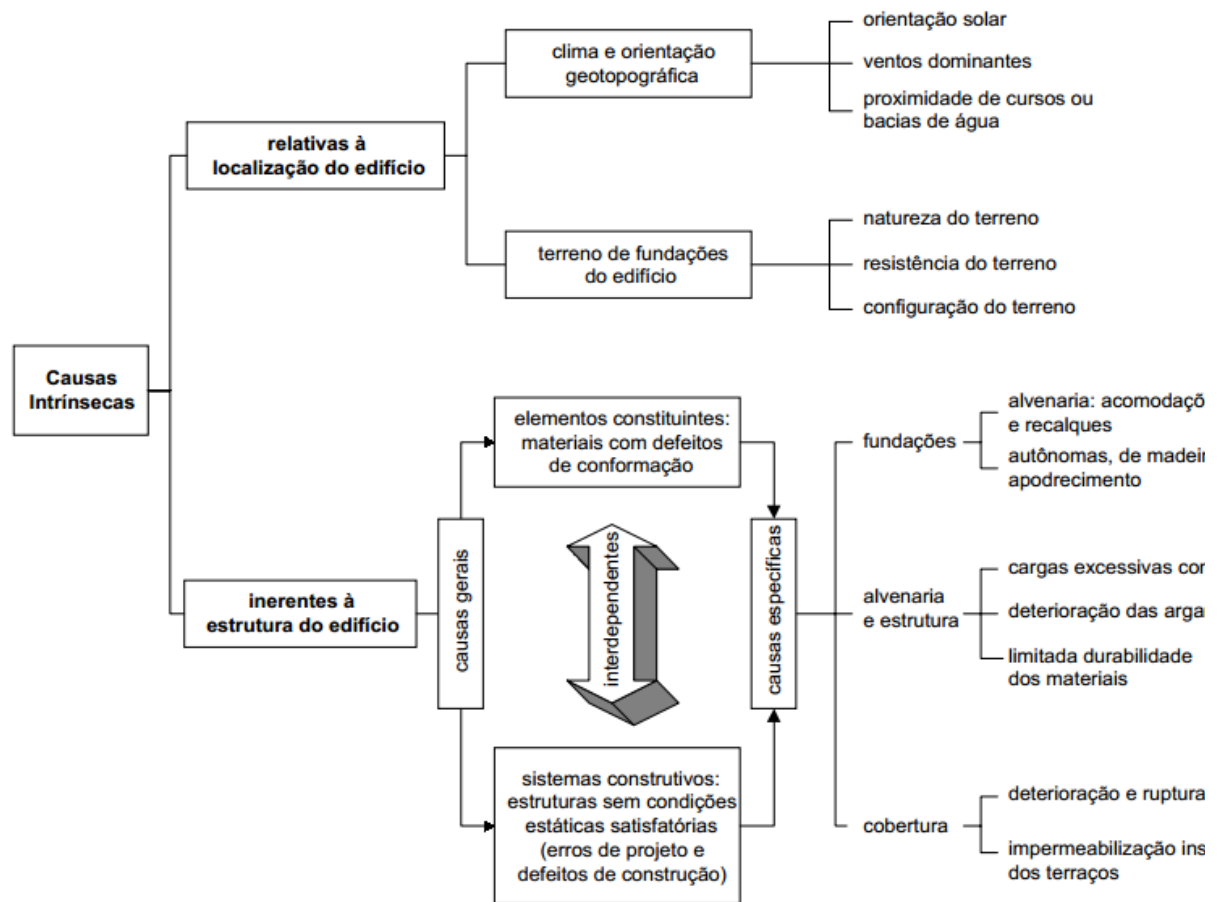
As figuras a seguir, 1 e 2 referentes as causas intrínsecas de deterioração e extrínsecas de deterioração, respectivamente, foram elaboradas por Lersch (2003) com base no trabalho de D’ossat (1972)<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> D’OSSAT, G. A. Guide to the Methodical Study of Monuments and Causes of their Deterioration. Roma: ICCROM, 1972.



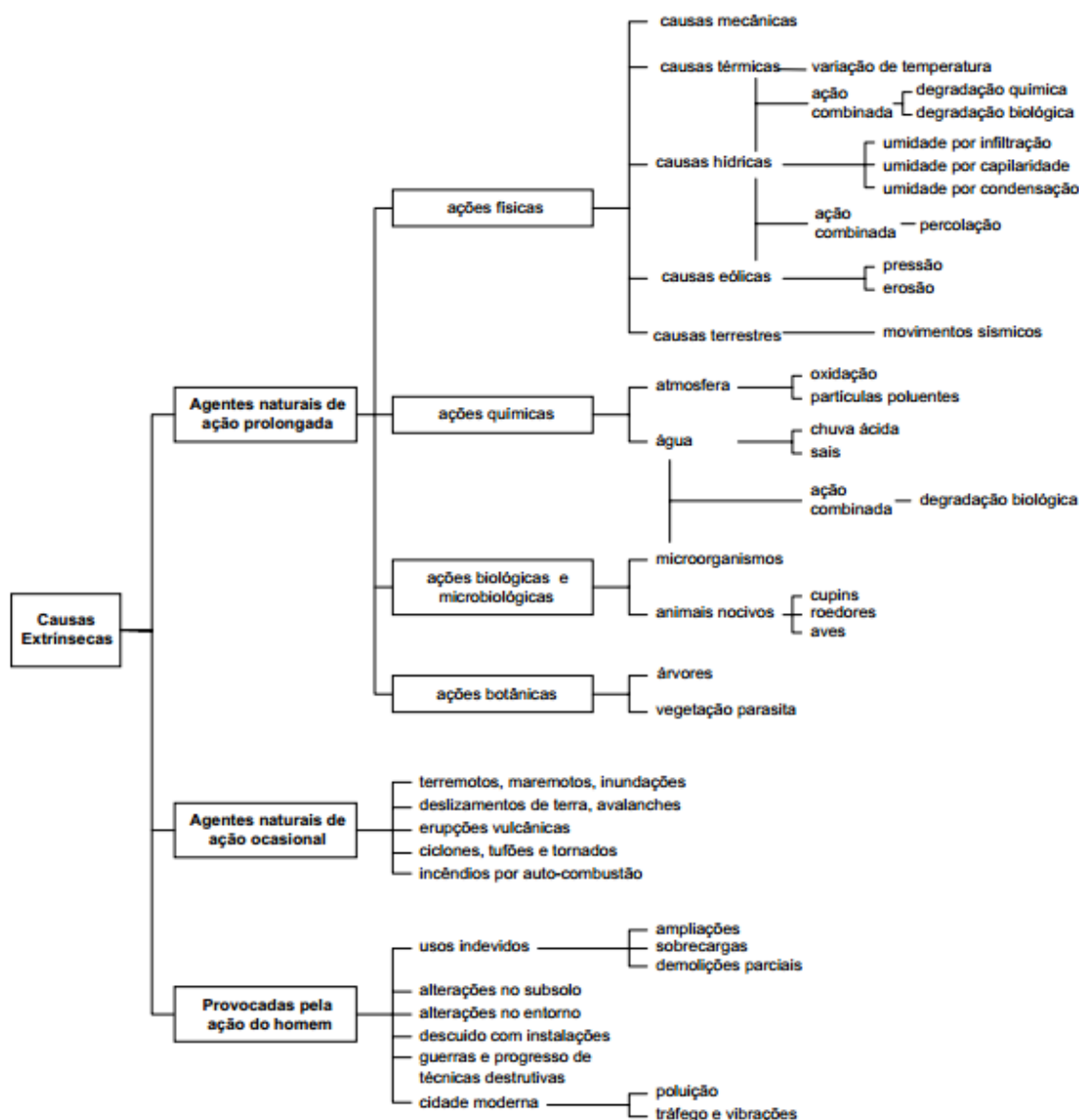
Figura 1 – Causas intrínsecas de deterioração



(fonte: D'OSSAT, 1972<sup>4</sup> apud LERSCH, 2003, p. 45)

<sup>4</sup> D'OSSAT, G. A. Guide to the Methodical Study of Monuments and Causes of their Deterioration. Roma: ICCROM, 1972.

Figura 2 – Causas extrínsecas de deterioração



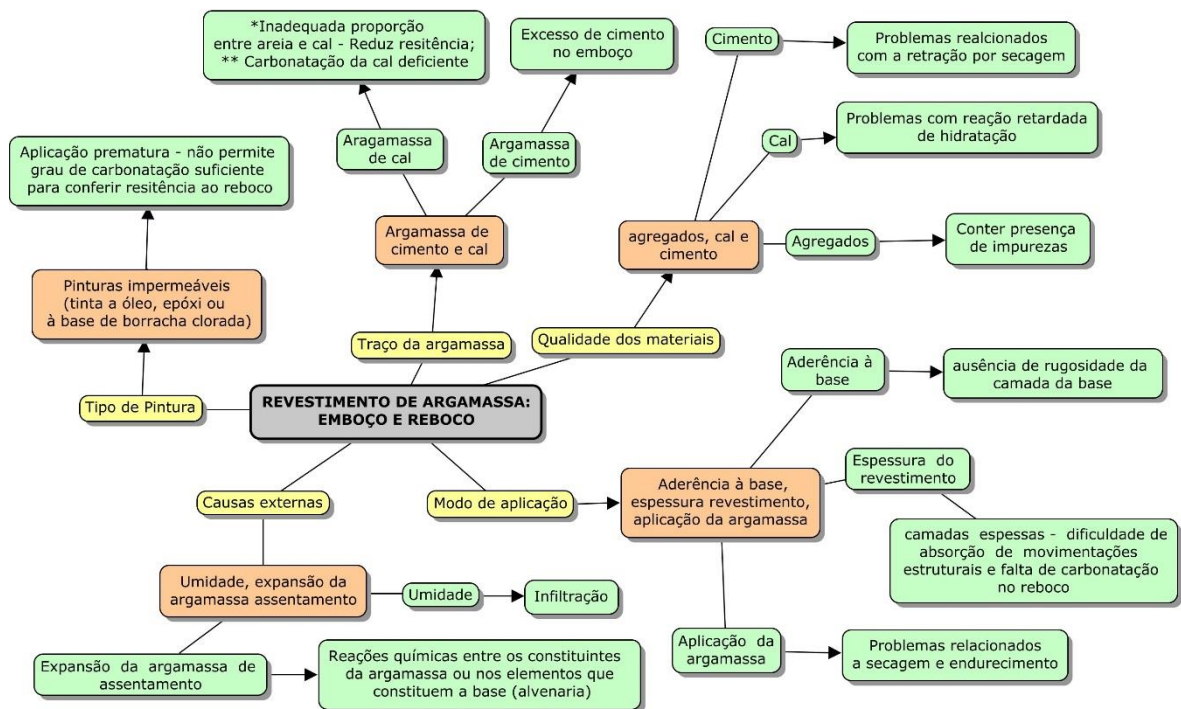
(fonte D'OSSAT, 1972<sup>5</sup> apud LERSCH, 2003, p. 46)

Neste trabalho, as manifestações patológicas que se desenvolvem em revestimentos antigos de argamassa recebem destaque. Segundo Segat (2005), o revestimento de argamassa é formado por camadas sobre uma base, que pode ser de alvenaria de blocos cerâmicos, de concreto ou composta por outro sistema de vedação; a argamassa de preparo da base é denominada chapisco, a de regularização emboço e a última camada chama-se reboco, que serve de acabamento.

<sup>5</sup> D'OSSAT, G. A. Guide to the Methodical Study of Monuments and Causes of their Deterioration. Roma: ICCROM, 1972.

Vale salientar, conforme Tavares *et al.* (2002), que os revestimentos antigos se constituem majoritariamente por argamassa de cal e areia, por vezes com adições minerais e aditivos orgânicos. Além das camadas supracitadas, de chapisco à reboco, os revestimentos antigos também contavam com barramento e pintura e, diferentemente dos revestimentos modernos, que tem como base o cimento, o uso da cal como ligante confere propriedades como, maior porosidade, permeabilidade à água e ao vapor, menor módulo de elasticidade, ou seja, maior deformabilidade (RECENA, 2011; VEIGA, 2012). A seguir na figura 3 pode-se ver alguns fatores que corroboram para o desenvolvimento de manifestações patológicas nos revestimentos de argamassa, tanto de cimento, quanto de cal.

Figura 3 – Causas das manifestações patológicas nos revestimentos de argamassa



(fonte: elaborada pela autora - adaptada de CINCOTTO, 1988)

Neste capítulo 5, referenciar-se-á as manifestações patológicas mais recorrentes em revestimentos de fachadas e coberturas de construções históricas.

## 5.1 PERDA DE ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA

A perda de aderência de revestimentos de argamassa, se refere ao estado último da vida útil dos mesmos, uma vez que, quando chega a este estágio ele deixa de cumprir sua função de proteção contra ataques atmosféricos, pode haver risco às pessoas e animais que circulem no entorno da construção onde há este problema, visto que, pode haver queda de partes do revestimento. Conforme Gaspar *et al.* (2007), esta manifestação patológica, se apresenta de diferentes maneiras, como deslocamento e descolamento entre camadas de revestimento; mas também, na forma de desagregação ou falta de coesão entre os materiais que constituem o revestimento.

A ocorrência de descolamentos, segundo Bauer (1997), se desenvolve como o desmembramento de uma ou mais camadas dos revestimentos de argamassa e a área danificada pode variar de pequena ou chegar a estender-se na totalidade da alvenaria. A manifestação se dá na forma de pulverulência, empolamento ou em placas, neste caso podendo ser chamada de deslocamento.

### 5.1.1 Descolamento com pulverulência

Pulverulência ou argamassa friável ocorre devido a desagregação, que é geradora do esfarelamento da argamassa ao ser pressionada até mesmo pelas mãos. As razões para o aparecimento desta manifestação podem ser uma pintura realizada antes da ocorrência de carbonatação da cal da argamassa; substituição de cal hidratada por adições que não contêm características de aglomerante; quando a hidratação da fração de cimento da argamassa não acontece ou ocorre de forma inapropriada; pela má proporção, com falta de aglomerantes na argamassa ou ainda quando se faz uso de argamassa, após o tempo de pega do cimento; pela estocagem inadequada dos insumos, bem como, pelo uso de argamassa de cimento que contenha adição de gesso, que gera uma reação expansiva pela formação de etringita (BAUER, 1997).

A figura 4, apresenta o aspecto visual do descolamento com pulverulência.

Figura 4 – Exemplo de descolamento com pulverulência



(fonte: JÚNIOR, 2013<sup>6</sup> apud SILVA, 2016, p. 29)

### 5.1.2 Descolamento por empolamento

Segundo Bauer (1997), as causas comuns para a manifestação patológica são cal parcialmente hidratada ou contendo óxido de magnésio, logo, este tipo de descolamento pode ser verificado passados vários meses ou anos após o término da construção, na ocorrência da hidratação de óxidos que provocam expansões na argamassa já curada. Visualmente, pode se observar a variação da geometria do reboco normalmente pela formação de convexidades para o exterior, ou seja, por abaulamentos (figura 5), que se deve geralmente pela gravidade do descolamento da argamassa, especialmente quando são pouco rígidas, este estado pode anteceder a queda do revestimento. Este tipo de deformação pode acontecer ainda para o interior, na forma de esmagamento por ação mecânica (GASPAR *et al.*, 2007).

---

<sup>6</sup> JÚNIOR, M.V.G. **Análise do Estado de Conservação da Capela da Boa Viagem**. Niterói, RJ. UFF – Universidade Federal Fluminense. 2013.

Figura 5 – Exemplo de descolamento por empolamento



(fonte: GASPAR *et al.*, 2007, sem pág.)

### 5.1.3 Desplacamento

O deslocamento, conforme Bauer (1997) e Gaspar *et al.* (2007) se manifesta, quando ocorre a deficiência de aderência entre camadas de argamassa ou da base com o revestimento, que gera a separação definitiva da argamassa em relação ao seu suporte, por queda, ocasionando descontinuidades na superfície, esta manifestação patológica normalmente acontece em rebocos já fraturados, descolados da base ou da camada anterior, sob o efeito da gravidade, mas também devido às deformações do material. Estas fraturas da argamassa ocorrem pela incapacidade de resistência aos esforços de flexão e torção que se desenvolvem na camada rígida do revestimento, principalmente quando há empolamento por abaulamento; conseqüentemente, o revestimento cai, no formato de placas rígidas com geometria irregular. A figura 6, exibe o aspecto visual de uma parede onde ocorreu deslocamento. Nesta pode-se observar a espessura da placa de revestimento que sofreu a queda.

As possíveis causas, segundo Bauer (1997) para ocorrência desse tipo de descolamento podem ser devidas à uma preparação inadequada da base de concreto, que pode conter resíduos ou ainda desmoldante; ineficiência durante a molhagem da base, afetando negativamente a

hidratação do cimento da argamassa; falta de chapisco, ou ainda chapiscos preparados com areia fina; argamassa com espessura exagerada ou rica em cimento; emboço preparado inadequadamente e argamassas com resistência imprópria, aplicada na camada errada.

Figura 6 – Desplacamento



(fonte: SILVA, 2006<sup>7</sup> apud SILVA, 2016, p. 31)

#### 5.1.4 Desagregação

A desagregação ou perda de coesão, segundo Magalhães (2013) é a manifestação patológica que consiste na desunião dos constituintes da argamassa de revestimento o que gera uma notável perda das partículas que a compõem, fragilizando-a e transformando-a em susceptível à degradação. Aguiar *et al.* (2001) salienta que quando ocorre a perda da coesão, há uma perda da resistência mecânica.

Conforme Magalhães (2013), umas das causas de perda de coesão é a presença de umidade acompanhada de cristalização de sais. As propriedades dos insumos que compõem o revestimento, também podem originar este tipo de manifestação. Por exemplo, se um

---

<sup>7</sup> SILVA, F.N. **Caracterização das manifestações patológicas presentes em fachadas de edificações multipavimentados da cidade de Ijuí/RS**. 121 p. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Regional do Noroeste do Estado Do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2006.



revestimento não possui dureza superficial e união suficiente entre suas partículas, torna-se ainda menos resistente quando se realiza pintura pouco permeável ao vapor da água.

A ação de agentes biológicos, também pode causar desagregação tanto por processos físicos, quanto químicos. Os processos físicos, de acordo com Caneva *et al.* (2000), ocasionam a perda de coesão do substrato, devido a ações mecânicas provenientes das pressões exercidas pelos movimentos e crescimento dos organismos ou de suas partes, como hifas fúngicas ou raízes, mas, estas ações não alteram a composição química dos materiais desagregados, mesmo estes se desprendendo com relativa facilidade do substrato. Tratando-se de processo físico, os microrganismos geralmente causam danos de menores proporções, se comparados aos organismos, em virtude de suas dimensões microscópicas. Já os processos químicos, conforme Caneva *et al.* (2000) e Magalhães (2013) podem resultar em corrosão ou dissolução, provocadas pelas substâncias que eles secretam, principalmente ácidos.

As atividades microbianas de crescimento filamentososo em materiais como pedras, concreto, argamassa, madeira, se dá principalmente por fungos, actinomicetos, cianobactérias, algas e líquens e provocam a desagregação do material nas edificações históricas, através de várias atividades metabólicas (GAYLARDE *et al.*, 2002). As figuras 7 e 8 apresentam o aspecto desta manifestação patológica.

Figura 7 – Perda de coesão ou desagregação



(fonte: MAGALHÃES, 2013, p. 50)

Figura 8 – Perda de coesão ou desagregação



(fonte: MAGALHÃES, 2013, p. 50)



## 5.2 FISSURAS

As fissuras são manifestações patológicas que afetam as edificações de modo especialmente importante e exigem maior atenção quando de sua ocorrência, uma vez que, funcionam como um alerta de que a estrutura pode estar com algum problema; existe também o comprometimento do desempenho da construção, referente a estanqueidade da água; isolamento térmico e acústico, bem como, durabilidade, entre outros, e como último aspecto a insegurança que a fissuração na construção gera nos seus usuários (THOMAZ, 1992).

De acordo com a NBR 13749 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013), as fissuras do tipo mapeada, podem ser causadas por:

- a) retração da argamassa;
- b) excesso de finos (aglomerante ou agregado) no traço;
- c) excessivo desempenamento.

Segundo a mesma norma, as fissuras podem ser também geométricas. A forma conforme ela se apresenta, indica a provável causa do seu surgimento, como:

- a) quando contornam o elemento base, podem ser geradas por retração da argamassa de assentamento;
- b) se forem na vertical a causa pode estar relacionada à retração higrotérmica do componente, ou as interfaces de base, ser composta por materiais diferentes, bem como, locais onde deveriam ter sido previstas juntas de dilatação e não as contêm.

Nos revestimentos de argamassa, segundo Bauer (1997), quando há surgimento de fissuras, mas, sem movimentação ou fissuração da base -estrutural de concreto ou de alvenaria- os fatores mais prováveis para esta ocorrência são referentes à execução do revestimento, ou solicitações higrotérmicas, ou ainda, e especialmente, por retração hidráulica da argamassa. Os fatores intrínsecos, quando nocivos, são determinantes para este tipo de anomalia, tais como, consumo de cimento e/ou teor de finos e/ou porção de água de amassamento elevados, entre outros fatores, como a resistência de aderência à base; a quantidade, espessura e intervalo de tempo entre execução de camadas; argamassa com baixa retenção de água e falta ou ineficácia de cura.

Nos próximos subcapítulos estão referenciadas algumas das causas do aparecimento de fissuras.

### **5.2.1 Movimentações térmicas**

A construção está em sua totalidade sujeita a variações de temperatura, tanto sazonais, quanto diárias, estas variações provocam a alteração dimensional dos componentes da obra, através da movimentação térmica de dilatação e contração dos materiais, que depende de suas propriedades físicas. Os materiais são envolvidos por vínculos que restringem a movimentação em parte, essa limitação de movimento acarreta em tensões que podem ser capazes de originar fissuras. A magnitude destas tensões está relacionada a intensidade e ao nível de restrição de movimento, mas também, as propriedades elásticas do material (THOMAZ, 1992).

Além da movimentação térmica por si só já ser capaz de gerar fissuras, a falta de continuidade construtiva entre componentes da obra, como revestimento e suporte, também pode colaborar com esta anomalia. Esta manifestação ocorre não somente pela falta inicial de aderência do revestimento ao suporte, mas, principalmente por ter materiais utilizados, com propriedades distintas, tais como, os coeficientes de dilatação térmica que podem ocasionar uma adaptação insuficiente. Desta forma, quando as dilatações e contrações entre elementos variados acontece, pode haver ruptura na região mais frágil, originando assim fissuras (MAGALHÃES, 2013).

### **5.2.2 Movimentações higroscópicas**

Outra causa de aparecimento de fissuras, conforme Thomaz (1992) é a mudança higroscópica, que se refere a variação dimensional de material poroso, devido à variação de teor de umidade, que provoca expansão física no material quando alto e contração quando está baixo. Quando essa movimentação devida ao teor de umidade fica impedida por meio de vínculos, há possibilidade de aparecimento de fissuras.

### **5.2.3 Retração**

Nas argamassas de revestimento, conforme Bastos (2001), ocorre a retração natural de materiais cimentícios, mas também, a retração ocasionada pela perda de água, que pode ser tanto por evaporação, quanto por sucção pela base. Tendo em vista esses dois fenômenos, se faz

necessário a análise dos fatores intrínsecos e extrínsecos referente ao comportamento do revestimento em conjunto com a edificação em si.

Os fatores extrínsecos, que podem ocasionar a retração dos revestimentos de argamassa, estão relacionados com as influências externas que interferem no seu desempenho, como as características do substrato no qual é realizado o revestimento. Em função de sua porosidade, propicia a absorção de água presente na argamassa, alterando a intensidade da retração. Os agentes atmosféricos também podem contribuir para a retração do revestimento, sendo eles a radiação solar, temperatura, água proveniente de chuva ou vapor no ar, além do vento (BASTOS, 2001).

De acordo com Bastos (2001) e Thomaz (1992), os fatores intrínsecos estão relacionados às características específicas da composição da argamassa, mas também, às suas propriedades, como resistência. O revestimento é composto por agregados que, são definidos pelo teor na mistura, composição granulométrica, formato e natureza dos grãos; o outro componente é a pasta, definida pelos tipos de aglomerante e relação água/aglomerante. O aumento na retração das argamassas de revestimento é proporcional ao aumento do consumo de aglomerante, de fração de finos, bem como, teor de água para amassamento.

Tanto os fatores extrínsecos quanto os intrínsecos interferem nas propriedades mecânicas do revestimento de argamassa. A exemplo disto, com a absorção de água da argamassa pelo substrato pode modificar-se a cinética das reações químicas dos aglomerantes, gerando-se também alterações das propriedades de resistência à tração e o módulo de deformação (BASTOS, 2001).

Conforme Thomaz (1992) há outros causadores de fissuras por retração do revestimento, tais como, aderência à base, quantidade e espessura de camadas, perda rápida de água, endurecimento intensificado por ação de ventilação e/ou insolação, ou ainda pelo intervalo entre aplicações de camadas. As fissuras por retração em revestimentos de argamassa manifestam-se com distribuição uniforme, apresentando linhas mapeadas que se cruzam praticamente de modo perpendicular. A figura 9 exemplifica a aparência da manifestação patológica originada pelos fatores descritos acima.

Figura 9 – Fissuras no revestimento de argamassa



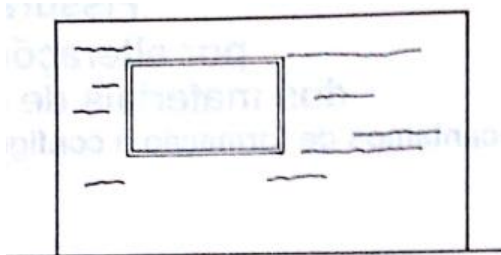
(fonte: MAGALHÃES, 2013, p. 40)

#### 5.2.4 Alterações químicas

Alterações químicas também podem favorecer o aparecimento de fissuras, por meio de reações entre materiais da construção e substâncias químicas, tais como, ácidos, álcoois, sais solúveis, entre outros. Os materiais de construção independentemente de estarem inseridos em meios altamente agressivos, com alta concentração de poluentes, por exemplo, podem ser danificados por alterações químicas geradoras de fissuras. O ataque por sais e corrosão de armaduras são os problemas mais preocupantes, relacionados a esta anomalia causada por ataque químico (THOMAZ, 1992).

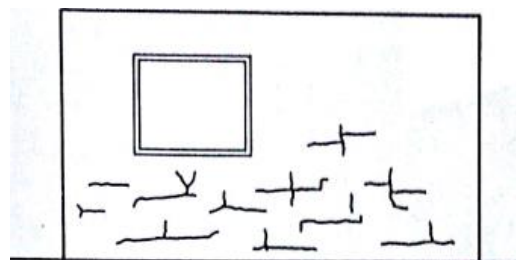
Segundo Thomaz (1992), outros tipos de alterações químicas que se apresentam com relativa frequência e são potenciais provocadoras de aparecimento de fissuras, são: hidratação retardada de cal (ex.: expansão de argamassa de assentamento devido à hidratação retardada da cal, provoca fissuras horizontais no revestimento, acompanhando as juntas) e ataque por sulfatos (ex.: expansão generalizada de alvenaria e argamassa de assentamento provocada por ataque de sulfato, origina fissuras similares as de retração, mas, acompanham juntas horizontais e verticais). As figuras 10 e 11, ilustram as manifestações ocasionadas pelos fatores supracitados.

Figura 10 – Fissuras no revestimento de argamassa geradas pela expansão da argamassa de assentamento.



(fonte: THOMAZ, 1992, p. 120)

Figura 11 – Fissuras no revestimento de argamassa geradas por ataque de sulfatos



(fonte: THOMAZ, 1992, p. 121)

### 5.3 VESÍCULAS

As vesículas se caracterizam por manifestarem-se pontualmente em locais onde ocorre o aumento volumétrico do revestimento, provocando empoamento da pintura, originadas por materiais dispersos na argamassa. As vesículas também podem se apresentar na forma de bolhas contendo umidade em seu interior, decorrentes da aplicação antecipada de tinta impermeável ou por infiltração na parede (BAUER, 1997; CINCOTTO, 1989).

Conforme a NBR 13749 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013), as vesículas causadas por hidratação retardada do óxido de cálcio da cal não hidratado, apresentam interior branco, já as de cor avermelhada internamente, são originadas pela presença de concreções ferruginosas na areia e quando o interior da vesícula é preto, há presença de matéria orgânica ou pirita na areia (figura 12). Como pode-se observar o aspecto do interior das vesículas está relacionado a anomalias ou ao tipo de impureza existente nos agregados.

Figura 12 – Vesículas em revestimento de argamassa



(fonte: CAPORRINO, 2016, sem página)

De acordo com Cincotto (1989), o carbonato de cálcio presente no calcário ( $\text{CaCO}_3$ ) é decomposto por calcinação a  $1000^\circ\text{C}$ , resultando em cal virgem ( $\text{CaO} + \text{CO}_2$ ) que por uma reação de extinção ou hidratação, produz o hidróxido de cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). A cal hidratada, misturada com areia e água, transforma-se em argamassa. O processo de hidratação é contínuo, cuja velocidade é condicionada a forma como a calcinação da matéria-prima ocorreu.

Algumas vezes ocorre o retardo da hidratação do óxido de cálcio da cal, isto é, a reação não foi completada durante a extinção em fábrica, portanto, ela pode continuar após ensacamento ou ainda posteriormente a aplicação da argamassa. A reação de hidratação é acompanhada pela expansão volumétrica, sendo para o óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ) em 100% e 110% para o óxido de magnésio ( $\text{MgO}$ ). Quando a reação de hidratação continua após a aplicação da argamassa de revestimento, é no reboco que aparecem mais danos. Quando se trata do  $\text{CaO}$ , as vesículas aparecem nos primeiros meses, contudo, quando se refere ao  $\text{MgO}$  a reação é consideravelmente mais lenta e o revestimento endurecido empola gradativamente, deslocando-se do emboço (CINCOTTO, 1989).

Segundo Cincotto (1989) e Bauer (1997) as impurezas que podem estar contidas na areia como as concreções ferruginosas e as piritas ou sulfeto de ferro ( $\text{FeS}_2$ ), são nocivas, pois formam compostos expansivos por consequência de reações de oxidação, o óxido de ferro hidratado ou

hidróxido de ferro. A quantidade de vesículas a surgirem na superfície do revestimento é proporcional ao quanto a areia está contaminada. Outra impureza que pode estar presente na areia, é a matéria orgânica ou torrões de argila que se expandem continuamente. Neste caso as vesículas se manifestam de forma esporádica e infrequente no revestimento, com coloração escura internamente, conforme citado na NBR 13749 (2013).

#### 5.4 DEGRADAÇÃO DA PINTURA

Vários fatores podem gerar degradação de pinturas, dentre eles os ambientais que compreendem, desde variações de temperatura, radiações, ataque biológico, entre outros. O substrato que recebe a pintura também é um potencial causador de anomalias, podendo ser por efeitos térmicos, ataque químico, tratamento, preparo da base e forma de aplicação da tinta (POLITO, 2006).

O descolamento da pintura do substrato, pode ocorrer na forma de escamas ou placas, e a principal causa é a preparação inadequada da superfície de aplicação, que propicia a falta de aderência e o conseqüente desprendimento. A descoloração é outro tipo de anomalia que pode estar relacionada a deficiência de manutenção, pouca qualidade do produto ou ainda e especialmente pela incidência da radiação solar sobre os pigmentos (TERRA, 2001). Outro problema que pode ser gerado pela incidência solar, segundo Uemoto (1988a) é o descascamento de pinturas efetuadas com tintas com baixa resistência à radiação solar, em ambiente externo, ou baixa flexibilidade, o que gera sobretudo a fissuração da película.

Segundo Alves (2005), a presença de umidade pode gerar o surgimento de bolhas, desenvolvimento de fungos, bem como, a má aderência da tinta; já a porosidade em excesso seria uma potencial causadora de variações tanto no brilho, quanto na cor. A presença de sais solúveis pode acarretar em descascamentos e empolamentos. Ainda, conforme Siqueira Filho (2010), o surgimento de manchas na pintura pode ser decorrente da aplicação. Outro fator gerador de manifestação patológica é a repintura, quando há falta de compatibilidade entre camadas, anterior e nova, gerando falta de aderência entre filmes, por falha de preparação da base, podendo ocorrer o aparecimento de bolhas; no caso de película excessiva na repintura, pode acarretar em quebra devido a camada muito espessa (UEMOTO, 1988b).

Apesar de haver problemas relacionados a influências ambientais e do próprio produto, caso este não seja de qualidade, pode-se observar que sumariamente, conforme as referências supracitadas, o surgimento de manifestações patológicas na pintura está relacionado ao preparo incorreto da superfície pelo aplicador. Salienta-se que processos específicos devem ser observados e adotados tanto no preparo da superfície, quanto durante aplicação das tintas, para a obtenção de uma película que atenda sua função com eficiência, sem presença de anomalias, tanto no curto, quanto a longo prazo, além de serem realizadas manutenções periódicas e corretas.

## 5.5 SUJIDADE

A sujidade é uma manifestação patológica muito comum que pode ser observada em cidades de qualquer porte e se apresenta como manchas geradas pelo recobrimento dos revestimentos externos de edificações por poeira, fuligem e partículas contaminantes dispersas na atmosfera ou ainda geradas pela ação do homem. Por vezes, também é determinada pelo crescimento biológico nas superfícies. O escurecimento ou manchamento pode ser causado pela formação de biofilmes e emissão de pigmentos por microrganismos. Estas partículas cobrem as superfícies das fachadas, alterando a tonalidade destas (BAUER, 1997; CANEVA, 2000).

Dos fatores extrínsecos que propiciam o aparecimento de sujidade podem-se citar os vários contaminantes atmosféricos, como por exemplo, partículas de poluição; mas também, os agentes climáticos, tais como, vento, chuva, temperatura e umidade do ar. Já os fatores intrínsecos se referem a forma construída e sua interferência na sujidade (PETRUCCI, 2000).

Conforme Vallejo (1990<sup>8</sup>, apud Petrucci, 2000) as partículas podem ser classificadas em gases (se misturam completamente com o ar) e aerossóis (partículas suficientemente finas em suspensão no ar). O aerossol do tipo névoa ou neblina é composto por partículas líquidas; o pó atmosférico é formado por partículas sólidas, mas também, é um dos principais causadores de sujidades em edificações, como a fumaça – em especial a fumaça preta (formada por partículas finas com diâmetro inferior a 10 µm) - que se caracteriza pela dispersão de partículas em fases

---

<sup>8</sup> VALLEJO, F. J. L. **Ensuciamiento de fachadas por contaminación atmosférica; análisis y prevención.** Valladolid: Universidad, Secretariado de Publicaciones, 1990.



sólida e líquida, resultante geralmente, da combustão de óleo diesel onde encontram-se, essencialmente, carvão e outros materiais combustíveis, classificando-se em aerossol misto.

Sobre os agentes atmosféricos, os que mais influenciam o aparecimento desta manifestação patológica nas fachadas das construções por partículas são: o vento e a chuva. Já a temperatura e a umidade relativa do ar colaboram para o desenvolvimento de determinadas condições ambientais, que tanto podem dificultar, quanto facilitar a deposição e adesão das partículas (PETRUCCI, 2000).

De acordo com Petrucci (2000), o vento funciona como um transportador de partículas sujas e da água pluvial, por sua velocidade e direção e age através da força própria e energia cinética das partículas que carrega. Tratando-se de chuva, sua ação sobre a manifestação de sujidade é variável, de acordo com sua intensidade, duração, dimensões das gotas, domínio e frequência. Se, ela ocorrer na forma de nevoeiro, pode propiciar a adesão das partículas de contaminação, em função da umidade gerada; já se for como um temporal, pode provocar, dependendo da duração, uma lavagem mais ou menos intensa das fachadas.

Segundo Bonin (1993), deve-se levar em consideração que nem sempre há possibilidade de se evitar o acúmulo do material particulado, principalmente em zonas urbanas e industriais e, que elas são depositadas nas superfícies das construções por deposição úmida, se for pela chuva ou seca, se for pelo ar. Quando há depósito de partículas de sujeira sobre o revestimento, dois efeitos podem ocorrer, um deles se refere a possibilidade de ocorrência de avaria no revestimento, devido a deposição de substâncias nocivas, como o óxido de enxofre que agriete os materiais a base de cimento; ou manchamento que afeta de forma negativa a aparência, mas, não interfere na durabilidade.

De acordo com Magalhães (2013) e Bauer (1997), elementos de proteção e textura de fachada, bem como sua orientação com relação aos agentes climáticos, como vento, radiação solar e chuva podem determinar a gravidade que o manchamento por sujidade pode apresentar. Se a adesão das partículas advir de um meio apoio sobre uma microplataforma, elas podem ser prontamente varridas pelo próprio vento, em contrapartida ela pode se aglutinar ao revestimento, tornando sua eliminação difícil, sendo possível apenas por limpeza mecânica.

Segundo Bonin (1993) e Magalhães (2013), o manchamento está fortemente relacionado ao padrão de deslocamento das águas das chuvas sobre o revestimento considerando a geometria

e as texturas das fachadas. O escoamento da água da chuva em determinadas zonas da fachada é capaz de gerar acúmulo visível de sujidades, pois, quando a água flui acaba trazendo consigo durante o percurso na superfície do revestimento, as partículas nela acumuladas, deixando rastros, cuja aparência não é atraente (figura 13). Contudo, a chuva também pode agir como limpadora, retirando as partículas das fachadas. Quando a textura é rugosa, apesar de haver maior facilidade de depósito e adesão de impurezas, há quebra do fluxo da água da chuva e melhor distribuição da mesma, bem como da sujeira. Desta maneira, o manchamento se apresenta de maneira mais uniforme. Para haver melhor aparência dos revestimentos, também deve-se priorizar o correto detalhamento de elementos horizontais das fachadas com suas devidas drenagens pluviais.

Figura 13 – Sujidade



(fonte: PETRUCCI, 200, p.84)

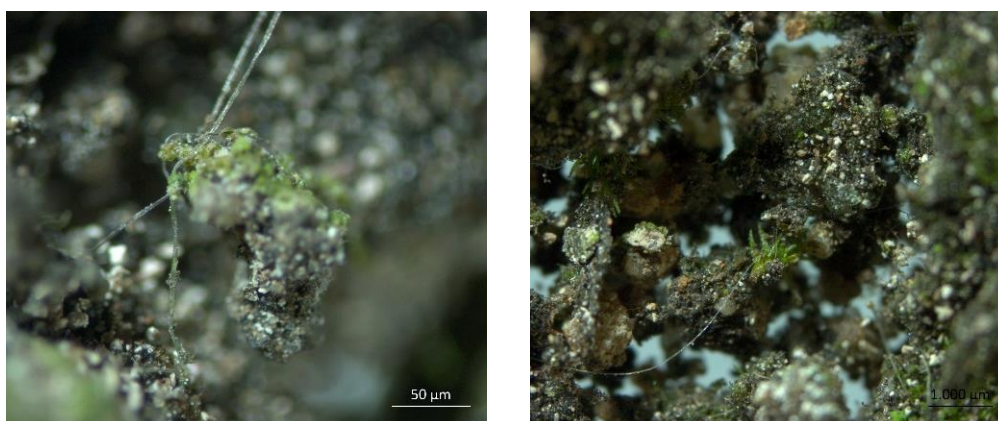
## 5.6 BIODETERIORAÇÃO

Conforme Magalhães (2013), este tipo de degradação está diretamente relacionado a presença de seres vivos, tais como insetos, microrganismos, vegetações, entre outros, que podem se desenvolver nos revestimentos, nas fissuras ou em outros espaços, advindos do solo, transportados pelo vento ou pela água. Quando se instalam nestes locais reproduzem-se de

acordo com a disponibilidade de nutrientes e com o metabolismo de cada espécie. Segundo Caneva *et al.* (2000), normalmente cada parâmetro ambiental é um potencial limitante, pois, quando seus valores chegam a determinadas marcas, podem exceder às toleráveis à proliferação de seres vivos, afetando sua sobrevivência. Dentre os principais fatores de influência ao desenvolvimento biológico, pode-se citar a presença de água, a temperatura local, potencial Hidrogeniônico - pH, bem como a salinidade.

Segundo Magalhães (2013), a simples presença de células microbianas já pode gerar anomalias nos revestimentos, sendo normalmente através da secreção de produtos ácidos decorrentes do metabolismo de microrganismos, tais como, ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), ácido nítrico ( $H_2NO_4$ ) e ácido oxálico ( $H_2C_2O_4$ ), uma vez que eles reagem com os compostos dos revestimentos. A figura 14 explicita aspectos microestruturais, de algumas das áreas onde foram localizados focos de biodeterioração em amostras de revestimento de argamassa de uma edificação antiga.

Figura 14 – Aspectos microestruturais de argamassas antiga – Filamentos de estruturas biológicas



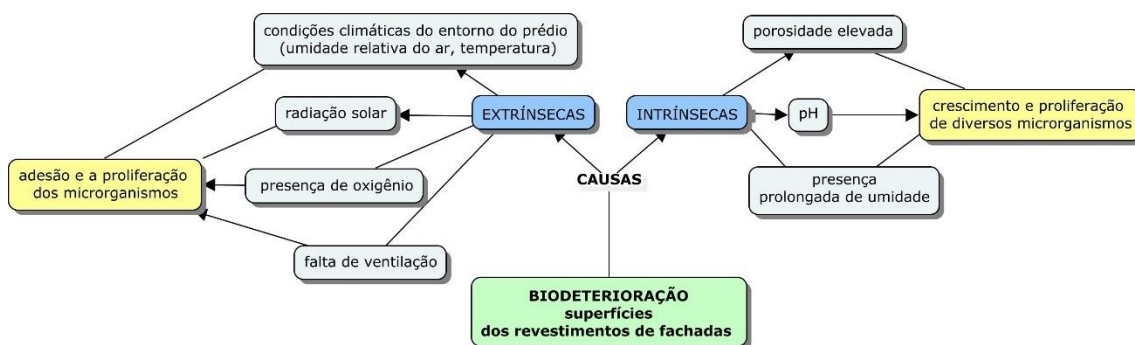
(fonte: GUERRA, 2016<sup>9</sup>)

A figura 15, apresenta alguns dos condicionantes extrínsecos e intrínsecos que favorecem a manifestação patológica por meio de biodeterioração dos revestimentos de fachadas.

---

<sup>9</sup> Acervo pessoal da coorientadora deste trabalho, Fernanda Lamego Guerra.

Figura 15 – Condicionantes extrínsecas e intrínsecas.



(fonte: elaborada pela autora - baseada em MAGALHÃES, 2013)

### 5.6.1 Vegetação

A vegetação precisa de substrato e nutrientes para crescer. Tratando-se de edificações históricas, os estragos provocados por vegetação são mais comuns nas regiões de clima tropical e subtropical. Tanto a negligência na conservação da construção, quanto o projeto de entorno, podem propiciar o desenvolvimento da vegetação na edificação. Para evitar esse tipo de ocorrência é importante tomar os devidos cuidados associados ao sombreamento excessivo em fachadas, ao crescimento de raízes, bem como a existência de umidade (ANDRADE, 1979<sup>10</sup> apud LERSCH, 2003).

Conforme Allsopp *et al.* (2010), o crescimento de raízes de vegetais de maior porte, que adentram elementos nas edificações, gerando rupturas ou distorções nestes, pelo seu desenvolvimento e movimentação, são considerados biodeterioração física ou mecânica. Segundo Magalhães (2013), regiões úmidas e ricas em matéria orgânica, tais como fissuras ou revestimentos que estejam se destacando, são ambientes favoráveis ao desenvolvimento de vegetação, que causa danos, através de suas raízes e da dissolução dos silicatos e carbonatos pelos ácidos liberados por elas. A figura 16, demonstra vegetação presente em fachada e potencial causadora de manifestações patológicas.

<sup>10</sup> ANDRADE, R. M. F. La conservación de lugares urbanos. In: La conservación de los bienes culturales, com especial referencia a las condiciones tropicales. 2. ed. Paris: UNESCO, 1979.

Figura 16 – Presença de vegetação em uma fachada



(fonte: MAGALHÃES, 2013, p.48)

### 5.6.2 Biofilme

Uma das formas da biodeterioração se manifestar é com o desenvolvimento de biofilme colorido ocasionado por microrganismos específicos, em especial líquens, mas também por meio de algas, cianobactérias, fungos, bactérias ou comunidades diversas. Esse dano no revestimento pode se incorporar à imagem como um todo do prédio, considerado como parte da sujeira (MAGALHÃES, 2013).

De acordo com Pereira (2012), os biofilmes são compostos por aproximadamente 70% a 90% de substâncias poliméricas extracelulares, formado também por água, partículas retidas, adsorvidas e dissolvidas, a presença de microrganismos é pequena cerca de 10%, percentual variável e dependente das espécies atuantes no desenvolvimento do biofilme.

### 5.6.3 Animais

Conforme Magalhães (2013), os animais, geralmente de pequeno porte, como algumas aves, insetos e roedores, podem colaborar na biodeterioração, diretamente através de suas fezes, que são altamente ácidas, ocasionando ataque químico nos componentes do revestimento onde ficam depositadas. A forma indireta de colaboração à deterioração biológica ocorre por meio

de desenvolvimento de outros organismos, uma vez que, os compostos de azoto (amônia) e fósforo, contidos nas fezes, servem de nutrientes para eles.

Danos materiais à edificação e a seus artefatos podem ser causados por roedores, especialmente, por ratos e camundongos, estas avarias podem ocasionar problemas, podendo-se destacar os riscos de incêndio, bem como, de vazamentos, visto que, os animais podem danificar as instalações elétricas e hidráulicas. Outro animal de pequeno porte que pode gerar problemas é o morcego, uma vez que, tem o hábito de instalar-se nos forros das construções antigas, para acasalamento, fazer ninho e posterior criação de seus filhotes. Mesmo que no verão, os morcegos abandonem a edificação, ainda podem gerar problemas com seus dejetos de odor forte e característico. Se estes estiverem acumulados em uma quantia considerável podem ocasionar sobrecarga prejudicial aos forros de madeira ou estuque (ALLSOPP, 2000<sup>11</sup> apud LERSCH, 2003).

Os insetos, na busca de alimento ou alojamento, segundo Allsopp *et al.* (2010), atuam negativamente na resistência estrutural dos elementos, podem causar danos estéticos, mas também oferecer risco a saúde dos usuários. Este risco as aves e os roedores também apresentam, além de gerarem deterioração mecânica nos materiais das edificações infestadas por eles.

## 5.7 UMIDADE

As manifestações patológicas provocadas pela umidade nas edificações são as que possuem soluções mais complexas e dispendiosas, além de normalmente ocasionarem infortúnios consideráveis, bem como, degradação rápida. Perez (1988) salienta que, os problemas gerados pela umidade são tão relevantes quanto o projeto estrutural ou de viabilidade econômica, visto que, quando existentes, tendem a diminuir a durabilidade do edifício, gerar ou intensificar problemas de saúde e desconforto, e ainda majorar gastos com manutenção.

De acordo com Bauer (1997), entre os principais danos causados pela presença d'água em edificações, pode-se citar o manchamento; crescimento biológico; corrosão; eflorescências e

---

<sup>11</sup> ALLSOPP, D. O. intercâmbio entre restauradores/bibliotecários e biólogos. In: Curso de treinamento em biodeterioração e conservação em museus, bibliotecas e patrimônio cultural. **Resumos....** Porto Alegre: UNESCO/MIRCEN/UNEP/ICRO/ FEPAGRO/UFRGS, 2000. 1 CD-ROM.

criptofloreências; descolamento e mudanças de coloração e/ou tonalidade de revestimentos; além de fissuras entre outros.

### **5.7.1 Mecanismos de transporte de água**

Blocos cerâmicos, pedras e argamassas são compostos por cristais de carbonato, silicatos, aluminatos ou óxidos. As superfícies desses cristais são ricas em átomos de oxigênio ou grupos hidroxila, também chamados de hidrofílicos, por atraírem moléculas de água. Qualquer que seja o mecanismo, a quantidade de energia necessária para a migração de água dentro dos poros do material hidrofílico não deve ser excessiva, contanto que, as moléculas de água que são transportadas sejam substituídas por outras por outras moléculas de água (TORRACA, 2005).

A água tende a distribuir-se de maneira uniforme por toda a massa do material. As moléculas de água podem ser transportadas no estado gasoso pela superfície ou no interior de materiais porosos, este deslocamento ocorre quando a temperatura de uma superfície está abaixo do ponto de orvalho, as moléculas de água livre, presentes no ar na forma de vapor de água, se unem para formar uma película líquida na própria face. A difusão e a convecção são as causadoras do deslocamento de água no estado gasoso, ou seja, vapor d'água. Já a água no estado líquido, pode deslocar-se entre os poros por capilaridade ou por atuação de forças externas (LERSCH, 2003; TORRACA, 2005).

Conforme Gratwick (1971), a difusão do vapor d'água ocorre a partir da diferença de concentração entre a mistura gasosa composta pelo ar seco e o vapor d'água. Quando a diferença de concentração é extinguida, a difusão para de acontecer. Já quando há o transporte das moléculas do vapor d'água de um local para outro de um fluido por efeito do movimento relativo das partículas, tem-se o mecanismo chamado convecção acontecendo (POLISSENI, 1986).

Tratando-se de mecanismos de deslocamento de água no estado líquido, conforme Torraca (2005) e Polisseni (1986), poros de pequenas dimensões são chamados de capilares e o deslocamento de água por eles é decorrente da força de sucção, exercida por poros de um material hidrófilo (cuja adesão é forte, ou seja, facilmente molhado pela água); esta força é uma ação combinada entre tensão superficial da água e adesão das moléculas de água na face interna do poro. Esses capilares atraem a água e a força de sucção depende do tipo de superfície e do

diâmetro do poro, quanto menor o poro, maior a intensidade desta força que geralmente é suficiente para compensar a força gravitacional, forçando a água a adentrar nos poros. Este mecanismo de absorção e transporte de água por capilares é típico de umidade ascendente, e ocorre geralmente em fachadas e áreas não impermeabilizadas em contato com o terreno (BAUER, 1997).

Outro causador de movimentação de água na fase líquida são as forças externas que empurram a água pelas aberturas, fendas, fissuras presentes na fachada, são forças que podem ser resultantes da energia cinética das gotas de chuva, ou forças de ascensão capilar, forças da gravidade ou ainda forças de pressão provenientes dos ventos (PEREZ, 1988).

### **5.7.2 Causas e efeitos da presença de umidade nas edificações**

Todos os componentes de uma edificação podem ser afetados por problemas relacionados a umidade, as causas são diversas e há possibilidade de atuarem de forma combinada, sendo uma das causas geralmente mais significativa. Os tipos de umidade causadores de deterioração nas construções podem ser classificados em 6, sendo eles: umidade de obra; de infiltração; condensação; acidental; ascensional e devido a higroscopicidade dos materiais (PEREZ, 1988; POLISSENI, 1986).

A umidade de obra persiste por um determinado período, após finalização da obra e de maneira gradual vai diminuindo até se dissipar totalmente. Sua presença está relacionada a fatores variados, tais como: a água absorvida pelos materiais de construção no período em que ficam em estoque ou as águas pluviais que penetram nos insumos durante a fase de execução da obra; a água de amassamento necessário para argamassas e concretos. Este tipo de umidade em geral, já se apresenta na fase de acabamento da construção, no momento de aplicação de revestimentos, por exemplo, quando não ocorre a espera suficiente para secagem da base. A água empregada na execução do revestimento origina a umidade de obra e atua como causadora de danos, quando não há a perfeita evaporação por meio da superfície do material, o que impossibilita a chegada ao equilíbrio higrotérmico com relação ao ambiente. (POLISSENI, 1986; PEREZ, 1988; MAGALHÃES, 2013).

A umidade de infiltração é originada pela água da chuva, que é absorvida pelos elementos que constituem a envoltória externa das construções. A umidade por precipitação de água de chuva é ocasionada pela combinação de vento mais chuva ou lâmina de água da chuva que quando



encontra revestimentos que apresentam permeabilidade alta, permitem a passagem de água pelos seus poros, por fissuras, ou ainda por acabamentos ineficientes nas paredes, ocasionando anomalias do tipo manchas de umidade, dentre outros (PEREZ, 1988; MAGALHÃES, 2013). Ainda segundo Perez (1988), os problemas relacionados a umidade de infiltração são os mais recorrentes e são iniciados geralmente nas fachadas (figura 17).

Figura 17 – Manchas de umidade por chuva dirigida na fachada



(fonte: ZUCCHETTI, 2016, p.50)

De acordo com Perez (1988) e Polisseni (1986), a umidade por condensação é oriunda do vapor de água que se condensa na superfície ou no interior dos elementos da edificação. A maioria dos materiais das paredes são porosos, como os tijolos, revestimentos de gesso, entre outros, desta forma, a água condensada é absorvida por eles. Caso essa umidade seja recorrente, pode contribuir para desenvolvimento de bolor. Já a condensação proveniente do vapor d'água no interior dos elementos, ocorre quando a pressão de vapor de água alcançada no interior da parede é superior à de saturação do vapor de água, que depende da temperatura local do material e da própria parede.

Segundo Lersch (2003), a umidade acidental quando relacionada a construções históricas tem suas causas geralmente decorrentes da falta de manutenção dos sistemas de distribuição ou coleta de água, por descuido ou negligência dos seus administradores, esta carência de conservação pode gerar o surgimento de vazamentos, por exemplo, que são potenciais causadores de anomalias na edificação.

Conforme Bauer (1997), a umidade ascensional, originada do solo, via de regra, manifesta-se em fachadas ou em outras regiões que se encontram em contato com o terreno e desprotegidas, pela falta de impermeabilização horizontal. Este tipo de umidade é gerado pelo transporte de água por capilares e quando não há a presença de ventilação para extinguir essas águas, não há impedimento que elas continuem a ascender pelo sistema de capilaridade. De acordo com Socoloski (2015), existem alguns condicionantes para ocorrência de umidade ascensional, tais como: condições climáticas, como a umidade relativa do ar, bem como a insolação; mas também, as características do paramento, dependendo de sua espessura, natureza e propriedades dos materiais que fazem parte de sua composição.

Os efeitos nas edificações podem se apresentar nas regiões próximas ao solo, como na figura 18, mas também, podem chegar a ocupar a altura total da parede, dependendo da porosidade dos materiais que as constituem, a porção de água em contato com ela, mas também de acordo com a forma em que ocorre a evaporação da água. Manchamentos, eflorescências, bolores, entre outros são manifestações patológicas provenientes de umidade ascensional (HENRIQUES, 2007).

Figura 18 – Horizonte de capilaridade em fachada



(fonte: LERSCH, 2003, p.70)

Outro tipo de umidade ocorre por fenômeno de higroscopicidade, que é, geralmente, causada pela presença de sais solúveis nos revestimentos, que entram em contato com água no estado líquido ou mesmo com vapor d'água a altos teores. O problema é que estes sais são normalmente higroscópicos, além de absorventes, o que faz com que eles mantenham a água

tanto na fase líquida, quanto gasosa, fixa ao revestimento, como um depósito, com potencial para gerar anomalias com a solução de sais (MAGALHÃES, 2013).

## 5.8 EFLORESCÊNCIA E CRIPTOFLORESCÊNCIA

Quando há presença persistente de umidade e sais solúveis no paramento ou no revestimento, existe também grande potencial para surgimento de eflorescências e criptoflorescências (MAGALHÃES, 2013).

As eflorescências e criptoflorescências, de acordo com Bauer (1997) e Uemoto (1988c) são sais depositados internamente ou externamente à base, solúveis ou parcialmente solúveis em água. Essa manifestação patológica é constituída especialmente por sais de metais alcalinos, tais como, sódio e potássio; e alcalinos-terrosos, por exemplo, cálcio e magnésio, que se assentam na superfície das alvenarias ou revestimentos, provenientes da migração destes sais solúveis presentes na composição do paramento. Para que esse tipo de manifestação patológica aconteça é necessário que três fatores estejam atuando concomitantemente, sendo eles, a presença de sais solúveis na composição da alvenaria ou no solo, de água para solubilizá-los e pressão hidrostática para propiciar o deslocamento da solução para a superfície.

Como dito anteriormente, os sais solúveis são deslocados para a superfície, esse transporte ocorre pela água, ultrapassando os diversos materiais porosos. Durante este percurso pode ocorrer o aumento de concentração de sais na solução -tanto por perda de água, quanto por acréscimo de sais- que podem iniciar um processo de cristalização, que se for verificado sobre a base caracteriza a eflorescência (figura 19), mais recorrente, visível e que geralmente não interfere na durabilidade dos materiais, devido a sua superficialidade (JUNGINGER, 2003).

Figura 19 – Eflorescência



(fonte: GUERRA, 2015<sup>12</sup>)

Contudo, chama-se de criptoflorescência (figura 20), se os cristais são desenvolvidos no interior dos poros e capilares do substrato, provocando expansão e gerando tensões sobre a camada de material que tende a romper-se. Quando ocorre a desagregação, há perda de resistência mecânica do material, bem como, do substrato ou revestimento. A localização da precipitação dos sais é dependente do fornecimento de solução, mas também, da evaporação da umidade. Desta maneira, pode-se perceber que existe potencial real de deterioração e diminuição de durabilidade. Neste caso, há ainda a possibilidade de alteração de equilíbrio de umidade de toda a parede. (MAGALHÃES, 2013; JUNGINGER, 2003; ARNOLD e ZEHNDER, 1990<sup>13</sup> apud POSSER, 2004).

---

<sup>12</sup> Acervo pessoal da coorientadora deste trabalho, Fernanda Lamego Guerra.

<sup>13</sup> ARNOLD, A. ZEHNDER, K. **Salt weathering on monuments**. In.: ADVANCED WORKSHOP “ANALYTICAL METHODOLOGIS FOR THE INVESTIGATION OF DAMAGED STONES”, 1990, Pavia, Italy. Anais... Pavia, 1990, p. 31-57.

Figura 20 – Criptoflorescência em alvenaria



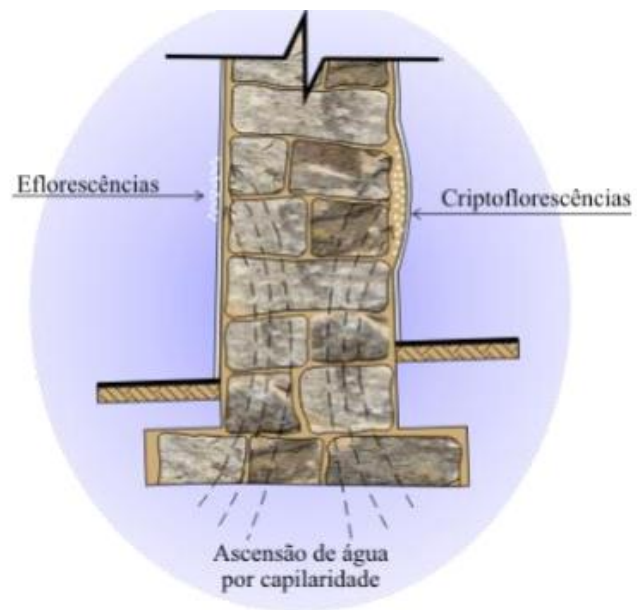
(fonte: GUERRA, 2015<sup>14</sup>)

Conforme Magalhães (2013), o aumento da concentração de solução, que origina a cristalização de sais, pode ser ocasionado por alguns fatores, tais como, pela evaporação d'água, variação da temperatura e umidade relativa do ar. Os sais solúveis geradores dos piores danos nos revestimentos são os sulfatos, tanto de sódio, potássio, magnésio, quanto de cálcio. Sua presença pode estar relacionada com os materiais da construção cuja base é cimentícia e com material carbonático que está em contato com microrganismos que realizam o metabolismo do enxofre; pode também haver relação com sua localização, como quando a edificação é próxima ao mar, por exemplo, mas também, a poluição atmosférica contribui para seu aparecimento. Os sulfatos são os mais prejudiciais, pois, provocam maiores expansões no revestimento durante a cristalização. A figura 21, representa esquematicamente uma alvenaria antiga com ocorrência de eflorescência e criptoflorescência.

---

<sup>14</sup> Acervo pessoal da coorientadora deste trabalho, Fernanda Lamego Guerra.

Figura 21 – Alvenaria antiga com ocorrência de eflorescência e criptoflorescência



(fonte: MAGALHÃES, 2013, p.445)

## **6 OBJETO DE ESTUDO – OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO DA UFRGS (OA)**

Neste capítulo, apresenta-se o Observatório Astronômico da UFRGS (OA), objeto de estudo deste trabalho, bem como, a metodologia adotada para se propor soluções para intervenção em suas fachadas e cobertura. Para se ter maior conhecimento sobre este prédio foi realizada previamente a contextualização do objeto referente a sua história, localização, entorno, arquitetura e descrição de sua tipologia construtiva.

### **6.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO OBJETO**

Antes de se propor uma intervenção em qualquer local é importante conhecê-lo. Apresenta-se Porto Alegre no final do século XIX e início do XX, destacando, as influências que os eventos históricos tiveram sobre as construções da época, em especial ao OA. Explana-se sobre o tombamento, sobre a localização e o entorno desta edificação histórica, mas também, sobre as suas características arquitetônicas e construtivas.

#### **6.1.1 Histórico**

Volta-se para o final do século XIX e início do XX, período importante para contextualização de alguns dos prédios de valor histórico da UFRGS. Nas referências a seguir, busca-se apresentar as razões da concepção destes, principalmente do OA.

No fim do século XIX, o Positivismo<sup>15</sup> ou ideário positivista predominava. Este período foi marcado pela queda do Imperialismo, pelas intervenções de uma nova República Brasileira que

---

<sup>15</sup> “Positivismo foi absorvido no Brasil na época do Império por grande parte da intelectualidade como uma proposta de progresso, modernidade e transformação social” (TOLMASQUIM, 2014, p. 523).

estava sendo criada e pelo fim dos combates violentos entre maragatos<sup>16</sup> e pica-paus, também chamados ximangos<sup>17</sup> (FREITAS, 2009).

Segundo Barbosa (2009), para o Rio Grande do Sul o período entre a Proclamação da República até 1930, quando os governos atuavam com ideários positivistas foi de muita relevância para a história do estado, mas também, para o progresso de sua capital, Porto Alegre, visto que, foi um momento de transformações tanto sociais, quanto políticas e econômicas.

As mudanças trouxeram para a cidade: a centralização de atividades tanto produtivas, quanto comerciais; a predominância econômica gaúcha; além de torná-la um centro político do poder estadual. Esse panorama favoreceu um desenvolvimento notável à Porto Alegre, inclusive nas construções executadas na cidade, tanto oficiais, quanto edificações privadas e destinadas a instituições de ensino. Boa parte do patrimônio arquitetônico da capital gaúcha foi construído neste período de fim de século XIX e início de XX (BARBOSA, 2009).

Conforme Abreu Filho (2006), Porto Alegre no início do século XX era uma capital provincial, com influências de colônia brasileira, que podiam ser observadas sob vários aspectos, tanto funcionais, morfológicos, figurativos, quanto socioeconômicos. Nesta época a população da cidade era inferior a 75.000 habitantes e as condições sanitárias das vias, até mesmo dos imóveis, não eram boas e o porto também não contava com grande destaque, em contrapartida, o processo de industrialização já ocorria desde 1890 e continuava avançando incentivando o surgimento de bairros operário-industriais na direção norte da capital.

De 1900 a 1910, a ascensão da capital chegou a 6% ao ano. A industrialização, a imigração e o progresso da economia na região impulsionaram que o número de pessoas na cidade dobrasse nesse intervalo de tempo. A cidade precisava se adaptar às novas circunstâncias e ao consumo gerado por uma nova República. Para tanto, a estrutura no estilo colonial necessitava de alterações, assim como a imagem de Porto Alegre, para que ela ficasse mais alinhada com as capitais mais desenvolvidas (ABREU FILHO, 2006). Na figura 22, há a representação da vista

---

<sup>16</sup> Maragatos, partidários de Gaspar Silveira Martins, usavam lenço vermelho e combatiam a política da federação (dos adversários federalistas), já que Castilhos se perpetuava no poder no estado sul-rio-grandense e era aliado da federação (BEVILACQUA, 2014, p. 634).

<sup>17</sup> Pica-paus ou ximangos eram os partidários de Júlio de Castilhos, positivistas e republicanos. Usavam um lenço branco como identificação e defendiam a política da federação (legalistas). Na revolução de 1923 ficaram mais conhecidos como ximangos (gavião típico do bioma pampa) (BEVILACQUA, 2014, p. 634).



geral a partir da Santa Casa em 1909, sendo à direita o bairro Cidade Baixa e ao centro e à esquerda o Campo de Redenção.

Figura 22- Vista geral a partir da Santa Casa



(fonte: VASCONCELLOS *et al.*, 2008, p. 15)

Em 1897, na capital rio-grandense, a Escola de Engenharia foi fundada, (BEVILACQUA, 2014) e em fevereiro de 1898, Manoel Barbosa Assumpção Itaqui ingressou nesta escola, sendo um aluno exemplar, destacando-se com distinção, concluindo o curso em 1901.

Para as construções projetadas e executadas no início do século XX e que compõem o Patrimônio Histórico da UFRGS pode-se destacar o nome deste Engenheiro-Arquiteto Dr. Manoel Barbosa Assumpção Itaqui, que contribuiu para o projeto e execução de prédios como o Observatório Astronômico, o Château, o Castelinho, o Instituto de Eletrotécnica, o Instituto de Agronomia e Veterinária (MORAES, 2003).

Brevemente comentar-se-á sobre três dos prédios supracitados, projetados praticamente simultaneamente, de 1906 a 1909, pelo Dr. Itaqui, de acordo com Moraes (2003). Estes prédios compunham a parte da primeira ampliação da EE e formavam o Instituto Técnico Profissional, edificado com o intuito principal de oferecer educação profissional gratuita ao garotos mais pobres e filhos de operários. O OA foi o primeiro a ser projetado e um dos primeiros observatórios astronômicos construídos no Brasil, os outros dois prédios são o Château e o Castelinho.

A figura 23, apresenta o Observatório em 1908, junto aos prédios à direita, o Château e à esquerda o Castelinho, componentes do Instituto Técnico. Na figura 24, pode ser observada uma vista geral desde os altos da Praça Independência (hoje, Praça Argentina), sendo à esquerda o Bairro Bom Fim.

Figura 23 – Observatório e prédios do Instituto Técnico



Figura 24 - Vista Geral desde os altos da Praça Independência



(fonte: VASCONCELLOS *et al.*, 2008, p. 14 e 16)

Em 1899, a Escola de Engenharia esboça um projeto para a construção de um Observatório Astronômico. Sendo o Rio Grande do Sul um Estado de vocação rural, necessitava de um Serviço Meteorológico. O crescimento da industrialização, e das atividades de serviços no espaço urbano, requeria também o funcionamento da hora certa para os cidadãos; que só poderia ser obtida, na época, por meio de métodos astronômicos (VASCONCELLOS *et al.*, 2008; BEVILACQUA, 2014).

Conforme Vasconcellos *et al.* (2008) e Bevilacqua (2014), em 1906, o Governo do Estado concedeu o terreno e destinou verbas para a construção do OA e, também para a compra dos equipamentos necessários ao seu funcionamento. O prédio foi inaugurado em 24 de setembro de 1908, como Instituto Astronômico e Meteorológico (IAM) não para ser usado para pesquisa científica, mas para prestar serviços, tais como fornecimento da hora correta para Porto Alegre e implantação de estações meteorológicas no Rio Grande do Sul.

Segundo Bevilacqua (2014), uma das principais tarefas do OA era o provimento da hora certa para a capital gaúcha, este serviço se localizava no terceiro pavimento do prédio, na sala meridiana que pode ser visualizada na figura 25, de 1910, onde, em primeiro plano encontra-se o Dr. Itaqui e seus auxiliares. À esquerda, a engrenagem que movimentava a trapeira da luneta

meridiana. Na figura 26, pode-se observar a parede da torre da luneta equatorial *Gautier*, onde foi pintado o afresco de Cronos<sup>18</sup> realizado pelo pintor alemão Ferdinand Sehlatter em 1908. A previsão do tempo era fornecida pelo OA de forma similar a hora. Boletins do tempo e efemérides astronômicas eram publicados nos principais jornais da época, já fenômenos como eclipses e cometas eram divulgados em artigos especiais. O IAM também realizava medidas de sismografia e declinação magnética.

Figura 25 – Sala Meridiana

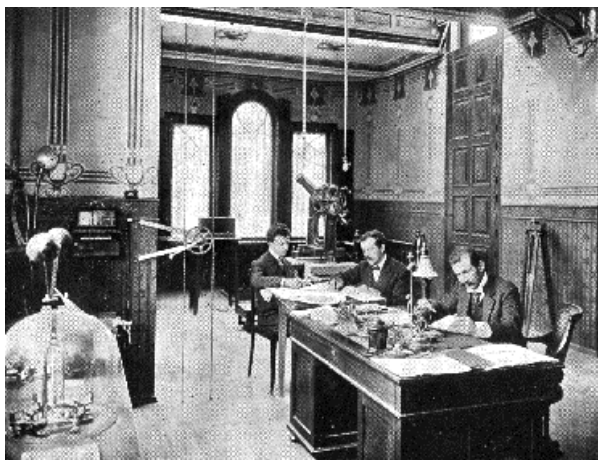
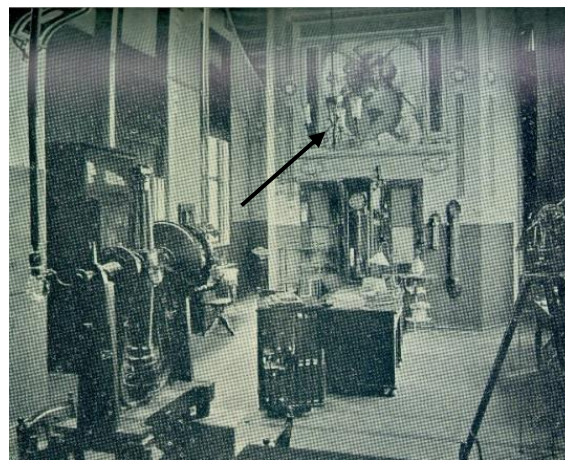


Figura 26 – Afresco de Cronos



(fonte: SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO, 2018)

Em 1921, as atividades de meteorologia passaram a ser realizadas em outro prédio (atual Rádio da UFRGS). Por conseguinte, o OA passou a ter uso somente para observações astronômicas. Em 1942, houve a federalização do serviço de meteorologia, restando somente as atividades didáticas e relativas à Astronomia ao OA. Com a Reforma Universitária, implementada na década de 70, a área de Astronomia foi agrupada com a área de Física, e o observatório passou a ser um órgão auxiliar do Instituto de Física da UFRGS, sendo chamado de Observatório Astronômico da UFRGS, até os dias atuais. Em agosto de 2002, o prédio histórico tombado pelo IPHAN, foi entregue restaurado à sociedade. Com o passar dos anos e avanços tecnológicos, o OA foi perdendo suas funções primordiais, restando a ele, no presente, desenvolver atividades voltadas à comunidade, com objetivo de fomentar o desenvolvimento, educação e inclusão social através da astronomia e ciências da área, com uso da pesquisa, ensino formal e informal, além de atividades de extensão. São oferecidas visitas guiadas (figura 27 e

<sup>18</sup> Cronos: deus do tempo, para os gregos e Saturno para os romanos.

28) ao museu desde 1960, com o intuito de resgatar e preservar a memória da Astronomia gaúcha. Possibilita-se também a observação do céu noturno e oficinas. Todas as atividades são ofertadas para escolas e público geral<sup>19 20</sup>. Na figura 28, pode-se observar o afresco de Cronos, o mesmo da figura 26, após mais de 100 anos.

Figura 27 – Visita de escola nos anos 60.



(fonte: ACERVO DO MUSEU DO OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO<sup>21</sup>)

Figura 28 – Afresco de Cronos



(fonte: PUBLICADA EM MAIO DE 2018<sup>22</sup>)

Pode-se observar na figura 29 de a-l o OA com o passar dos anos, desde 1908 até este ano, de 2018.

<sup>19</sup> OA– Histórico. Disponível em:

<<https://www.ufrgs.br/patrimoniohistorico/observatorio-astronomico/>>. Acesso em 02 de setembro de 2018.

<sup>20</sup> Informações coletadas da Homepage do OA. Disponível em:

<<https://www.ufrgs.br/observastro/observatorio/>>. Acesso em 02 de setembro de 2018.

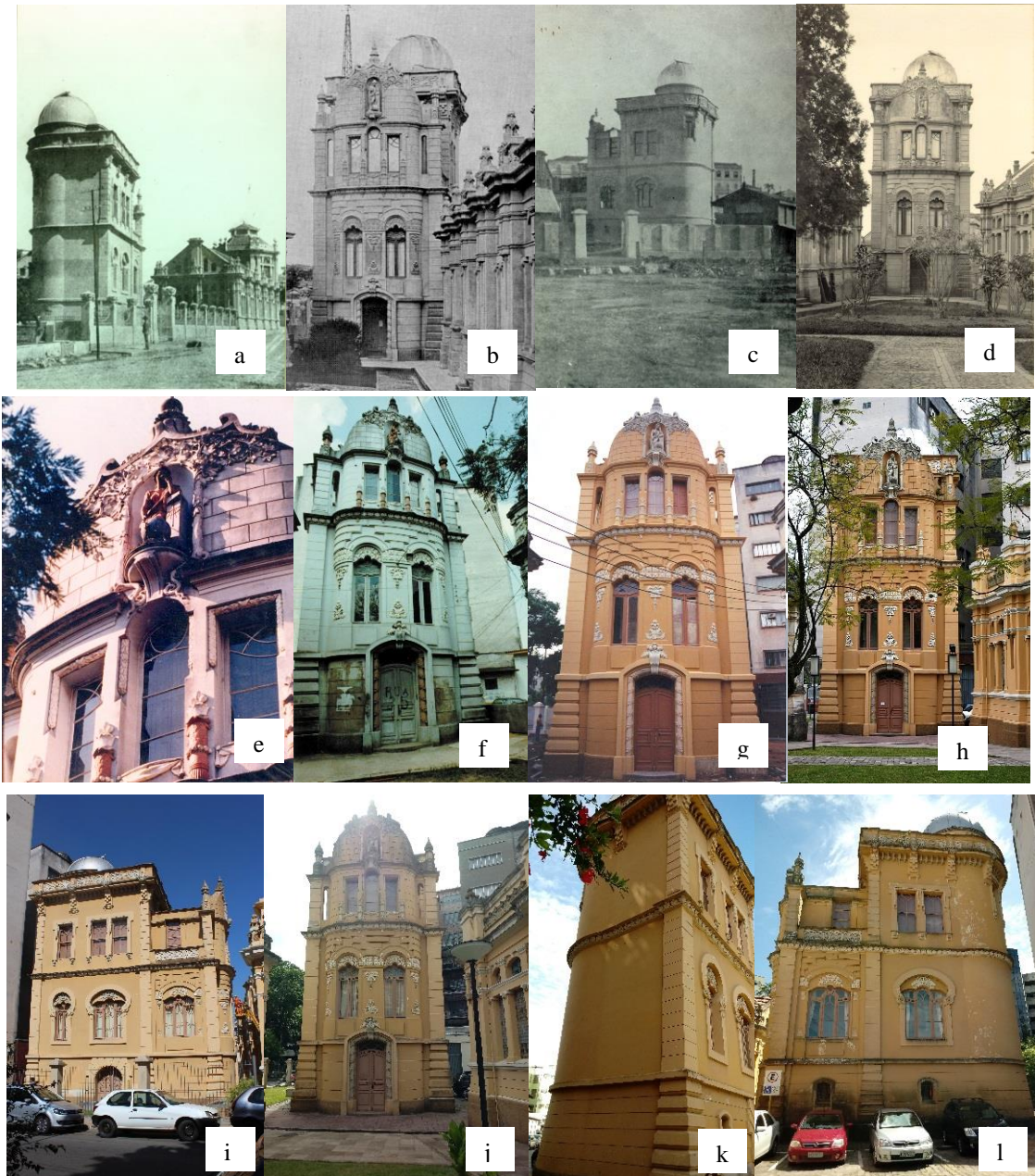
<sup>21</sup> Imagem coletada da Homepage do OA. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/observastro/tour/>>. Acesso em 02 de setembro de 2018.

<sup>22</sup> Imagem coletada da Fanpage do OA. Disponível em:

<[https://www.facebook.com/pg/ObservatorioAstronomicoUfrgs/photos/?ref=page\\_internal](https://www.facebook.com/pg/ObservatorioAstronomicoUfrgs/photos/?ref=page_internal)>. Acesso em 02 de setembro de 2018.



Figura 29 – Fotos do OA, organizados cronologicamente: a. Vista Fachada Leste (1908); b. Fachada Oeste (indefinida: 1908-1930); c. Fachada Sul (1908); d. Fachada Oeste (1927); e. Cúpula (1985); f. Fachada Oeste (indefinida: 1998-2000); g. Fachada Oeste restaurada (2002); h. Fachada Oeste (2005); i. Fachada Norte (2012); j. Fachada Oeste (2018); Vista Nordeste (2018); Fachada Sul (2018).



(fonte: SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO (a-i), 2018; foto da autora (j-l), 2018)

### 6.1.2 O tombamento

Em setembro de 1998, conforme Vasconcellos *et al.* (2008), a UFRGS encaminhou ao Ministério da Cultura o Projeto de Resgate do Patrimônio Histórico e Cultural da UFRGS. Deste projeto, obteve-se junto ao IPHAN, a Decisão de Tutela Especial de duas edificações, sendo elas a Faculdade de Direito e o Observatório Astronômico, na reunião de sete de outubro de 1999, do Conselho Consultativo do Patrimônio Cultural (Processo de Tombamento nº 1438-T-1998).

Em 2000, foi efetivado o tombamento, desde então o conjunto está inscrito no Livro do Tombo Histórico: Inscr. nº 556, de 19/06/2000. Esse Livro, para melhor condução das ações do IPHAN, reúne, especificamente, os bens culturais em função do seu valor histórico, que se dividem em bens imóveis (edificações, fazendas, marcos, chafarizes, pontes, centros históricos, por exemplo) e móveis (imagens, mobiliário, quadros e xilogravuras, entre outras peças)<sup>23</sup>.

De acordo com Tonioli (2014), também em 2000, a Lei Estadual nº 11.525, de 15 de setembro de 2000, adicionou ao patrimônio cultural do Estado do Rio Grande do Sul os prédios históricos da UFRGS, incluindo do Campus Centro: o prédio da Faculdade de Medicina, o Château, o OA, o Castelinho, o prédio do antigo Instituto Eletrotécnico, o prédio da antiga Seção de Meteorologia do IAM (atualmente, ocupado pela Rádio da Universidade), o prédio do antigo Instituto de Química Industrial, o prédio do antigo Instituto Parobé e o prédio da Reitoria e do Campus do Vale, além do prédio da Faculdade de Agronomia.

Em 2001, iniciou-se a obra de restauração do OA, com a finalidade de despertar a consciência da comunidade acerca da importância de se preservar este patrimônio cultural. A obra foi executada pela Secretaria do Patrimônio Histórico e Cultural da UFRGS (atual SPH/SUINFRA/UFRGS) por meio do Projeto Resgate do Patrimônio Histórico e Cultural da UFRGS. A obra incluía recuperação de pisos, esquadrias, cobertura, fachadas, mas também, a atualização da infraestrutura predial às novas demandas, como instalações elétricas, hidráulicas, de proteção contra incêndio e de climatização, entre outras. Em 2002, a restauração foi concluída, sendo o OA entregue a sociedade restaurado e tombado, em agosto deste mesmo ano

---

<sup>23</sup> Tombamento do OA. Disponível em:

<[http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Lista\\_bens\\_tombados\\_processos\\_andamento\\_2018](http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Lista_bens_tombados_processos_andamento_2018)>. Acesso em: 01 de agosto de 2018.



(VASCONCELLOS *et al*, 2008; TONIOLI, 2014). A figura 30 de “a” à “g” demonstra o antes e o depois da obra de restauração.

Figura 30 – Fotos do OA, antes e depois da restauração: (a) e (b). Coroamento (antes e depois); (c) e (d). Fachada Sul (antes e depois); (e) e (f). Fachada Oeste (antes e depois).



(fonte: SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO, 2018)

### 6.1.3 Localização e entorno

O OA da UFRGS se situa no interior do Campus Central da UFRGS, no bairro Centro, na Av. Osvaldo Aranha, próximo à Praça Argentina (figura 31), sem grandes alterações físicas, ao contrário do seu entorno, que foi sendo modificado com o passar do tempo. As referências a seguir visam explicar o porquê de a construção do observatório ser neste local, comentar sobre este espaço e mostrar as transformações e as composições do seu entorno, bem como, ao tipo de clima ao qual o OA está exposto.

Figura 31- Localização OA.



(fonte: GOOGLE MAPS, 2018<sup>24</sup>)

Em 1897, a EE recebeu de Porto Alegre a doação da parte noroeste dos terrenos alagadiços da Várzea, chamados na época de Campo da Redenção, hoje denominado Parque Farroupilha (ou Redenção). Neste local foram executados vários dos prédios pertencentes à EE, dentre eles o OA que provavelmente tem sua localização devido a este espaço disponibilizado na data de sua construção (VASCONCELLOS *et al.*, 2008).

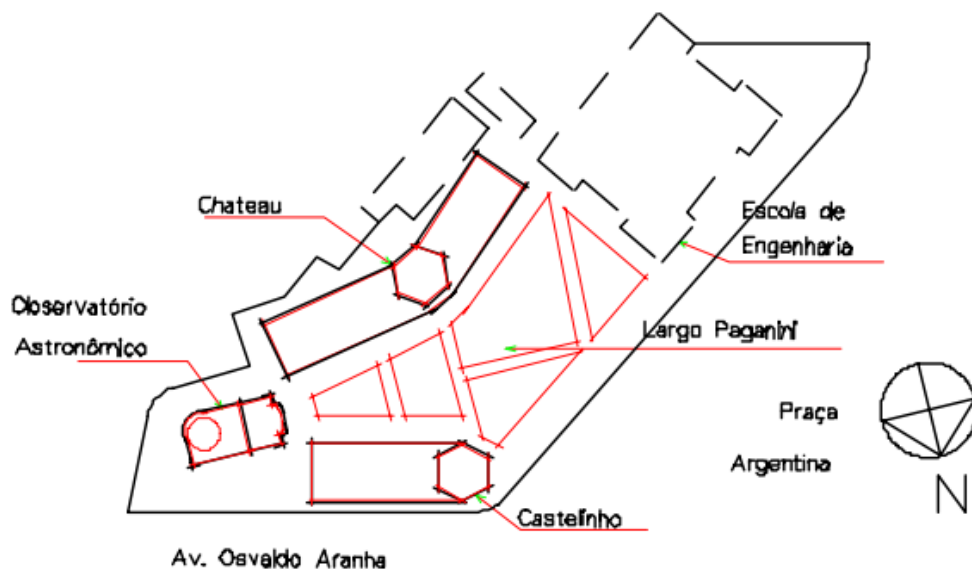
<sup>24</sup>Disponível em:

<<https://www.google.com.br/maps/place/Observat%C3%B3rio+Astron%C3%B4mico+da+UFRGS/@30.0322493,-51.222825,374m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x95197907650dc833:0xffc9383e177798c2!8m2!3d-30.0321541!4d-51.2218086>>. Acessado em 09 de setembro de 2018.



A Praça Independência, hoje chamada Argentina, fazia divisa à esquerda com a área doada à EE, onde haviam dois pavilhões do Estado, da Grande Exposição Agropecuária de 1901. Além da construção do IAM (antiga denominação do OA), outras duas edificações foram executadas na mesma época para compor o Instituto Técnico Profissional, nomeados de Château e Castelinho. Elas foram projetadas tendo como referência a locação do Observatório, visto que ele precisou ser arquitetado atendendo rigorosamente à posição dos pontos cardeais, em função das atividades à que ele se destina. A área de acesso deste conjunto denomina-se Largo Paganini, que era composto por ajardinamento, circundado por um muro com grade de ferro. Em 1996 foi incluída neste local, uma escultura da artista plástica Tina Felice, pelo centenário da EE<sup>25</sup>. Na figura 32, pode-se observar a disposição dos prédios com relação ao OA e ao Largo Paganini e na figura 33, a fachada do Largo.

Figura 32- Largo Paganini e o conjunto dos três prédios: OA (destacado em amarelo), Château e Castelinho.

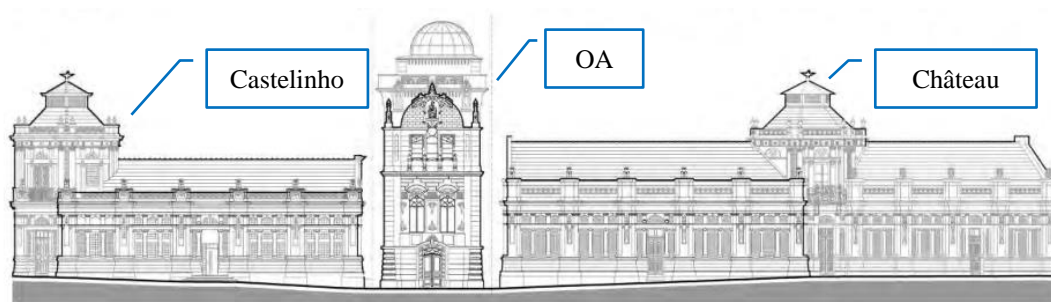


(fonte: MORAES, 2003, p. 35)

<sup>25</sup> OA– Situação e Ambiente. Disponível em:

<<https://www.ufrgs.br/patrimoniohistorico/observatorio-astronomico/>>. Acesso em 10 de março de 2018.

Figura 33- Fachada do Largo Paganini



(fonte: TONIOLI, 2014, p. 113<sup>26</sup>)

Agora, tendo uma visão mais ampla, vislumbrando o entorno do OA, pode-se imaginar que no início do século XX, a paisagem era bem diferente da atual. Pelo que citam Vasconcellos *et al.* (2008, p. 25) é possível se ter uma noção.

“Sentados na Praça Independência, embaixo de uma árvore, provavelmente no fim da primavera ou do verão, se podia perceber, à direta, uma pequena cerca na praça. Olhando-se em direção à Rua da Redenção era possível ver a arquitetura eclética do Instituto Gymnasial Julio de Castilhos. Por outro lado, é gratificante observar-se, hoje, que o Campus Histórico tenha sido preservado em sua essência. Da vista obtida pelo visitante no ano de 1927, apenas os prédios da Estação Meteorológica Principal e do Instituto Gymnasial Julio de Castilhos não mais existem. Esta vista basicamente se mantém nos dias de hoje. Diferentes Institutos da Escola de Engenharia e de outras Escolas foram incorporados à Universidade de Porto Alegre, no ano de 1934; e, em 1952”.

A figura 34, apresenta o Instituto Gymnasial a partir da Praça Independência, vista hoje possível apenas em registro fotográfico.

<sup>26</sup> Essa fachada faz parte dos Projetos de restauração do Castelinho, Observatório Astronômico e Château: fachada frontal do conjunto planejada (voltada para o Largo Paganini). Edison Zanckin Alice, década de 2000.

Figura 34 – Instituto Gymnasial a partir da Praça Independência



(fonte: VASCONCELLOS *et al.*, 2008, p. 25)

A Praça Argentina ficava em frente ao OA e na lateral esquerda deste prédio encontrava-se a Av. do Bom Fim, atualmente Av. Osvaldo Aranha, segundo o Setor de Patrimônio Histórico da UFRGS - SPH (2018)<sup>27</sup>. Deste local pode-se observar as grandes alterações das áreas vizinhas, que anteriormente eram compostas por residências baixas e ruas mais estreitas, onde os carros e os bondes trafegavam tranquilamente. Havia ainda, o quartel do 8º Batalhão de Infantaria. O terreno amplo da Santa Casa estava na época praticamente vazio (figura 35), bem diferente do que se vislumbra hoje em dia, em 2018 (figura 36).

---

<sup>27</sup> OA– Situação e Ambiência. Disponível em:

<<https://www.ufrgs.br/patrimoniohistorico/observatorio-astronomico/>>. Acesso em 10 de março de 2018.

Figura 35 – 1º Quarteirão do Campus Centro da UFRGS: vista norte, final da década de 1900. Em destaque o OA e a localização de parte do terreno da Santa Casa.



(fonte: TONIOLI, 2014, p. 67)

Figura 36 – 1º Quarteirão do Campus Centro da UFRGS: vista norte, em 2017. Em destaque o OA e a localização de parte do terreno da Santa Casa, antropizado praticamente em sua totalidade.



(fonte: GOOGLE MAPS, 2018<sup>28</sup>)

Ainda, conforme o SPH (2018), pode-se listar como mudanças de maior relevância nas proximidades do OA: a redução de tamanho e outras alterações realizadas na praça Argentina; sistema viário sendo rearranjado, como exemplo, o alargamento da Av. João Pessoa e

<sup>28</sup>Disponível em:

<<https://www.google.com.br/maps/place/Observat%C3%B3rio+Astron%C3%B4mico+da+UFRGS/@30.0322493,-51.222825,374m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x95197907650dc833:0xffc9383e177798c2!8m2!3d-30.0321541!4d-51.2218086>>. Acessado em 09 de setembro de 2018.

construção de dois viadutos; bem como, ao mesmo tempo que ocorriam demolições, altos edifícios iam sendo construídos resultando na verticalização das edificações.

Quanto ao clima da localidade do OA, pode-se dizer que é subtropical úmido, com temperatura média anual de 19,5 °C podendo atingir de - 2,4°C a 40,7°C. Tratando-se de umidade relativa do ar média, ela é de 75,9% e permanece elevada ao longo do ano. Quanto à exposição do sol, no verão prevalece nas Fachadas Leste e Oeste e no inverno na Fachada Norte; já os ventos predominantes são Leste (de dezembro a abril); Sudeste (especialmente entre setembro e novembro - período que as velocidades dos ventos são maiores) e oeste (de maio a julho); a precipitação pluviométrica distribui-se uniformemente ao longo do ano, ocorrendo durante o inverno, chuvas menos intensas, mas, prolongadas, diferente do verão, quando são mais intensas e de curta duração (LERSCH, 2003; MASCARÓ, 2009; LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, 2014).

#### **6.1.4 Características arquitetônicas**

O *Art Nouveau*, foi um movimento considerado de vanguarda na Europa, no final do século XIX, sendo um estilo arquitetônico que se define por linhas orgânicas e curvas na composição de fachadas, nas esquadrias e em outros elementos que compõem uma construção. Esse estilo foi incluído no contexto do ecletismo, visto que, ocorreu junto aos estilos historicistas, sendo uma vertente estilística, que inicia sua representatividade em Porto Alegre simultaneamente à parte central brasileira, mas, um pouco atrasada em relação à Europa. Na capital rio-grandense o *Art Nouveau* foi mais empregado em ornamentos nas fachadas e pode ser identificado principalmente nas construções de Manoel Itaquí (SCHÄFFER, 2011).

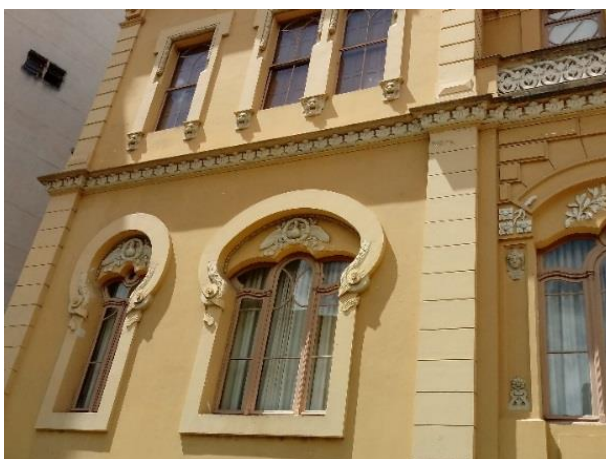
O Engenheiro-Arquiteto Manoel Itaquí, nascido em 1876 e falecido em 1945, foi um dos primeiros a inserir o estilo *Art Nouveau* em Porto Alegre e o OA- primeiro grande instituto de pesquisas da UFRGS- foi a primeira edificação projetada por ele, além de ser um dos poucos exemplares, cujos elementos decorativos são neste estilo, na capital rio-grandense (MORAES, 2003).

Conforme Vasconcellos *et al.* (2008) e Schäffer (2011) a arquitetura *Art Nouveau* está representada nos prédios como Château, Castelinho e no OA e, pode ser observada na aplicação de uma decoração profusa, com detalhes que mesclam referências clássicas a rebuscados

ornamentos florais. O arquiteto trabalha com composição simétrica a partir do centro da edificação, no meio da fachada ou na esquina. Existe alguma divergência quanto a denominação do estilo arquitetônico adotado para estes prédios, contudo, mesmo sendo estilos empregados no mesmo período, não é possível classificá-los como eclético classicista ou neobarroco, pois, os elementos de arquitetura utilizados na composição estética não ressaltam nenhum desses estilos.

No OA, o estilo *Art Nouveau* pode ser apreciado nas peças ornamentais, especialmente na fachada principal, mas, não somente nela. Pode-se observar na composição, linhas orgânicas, onduladas e assimétricas, baseadas na natureza com decorações inspiradas em plantas e animais. Em destaque, pode-se observar na platibanda os signos do zodíaco representados, as esquadrias em formato de arco ômega (figura 37), os acabamentos em renda e a imagem tridimensional da musa da Astronomia, Urânia (figura 38), localizada na parte mais elevada da fachada de acesso deste prédio, em um nicho centrado no frontão, marcando o eixo de simetria. (MORAES, 2003; VASCONCELLOS *et al.*, 2008; SCHÄFFER, 2011).

Figura 37 – Esquadrias em formato arco ômega



(fonte: foto da autora)

Figura 38 – Estátua de Urânia, musa da Astronomia, no alto da fachada principal.



(fonte: GAMBA, data indefinida<sup>29</sup>)

<sup>29</sup> Imagem coletada da Homepage do OA. Foto: Sheron Gamba. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/observastro/tour/>>. Acesso em 02 de setembro de 2018.

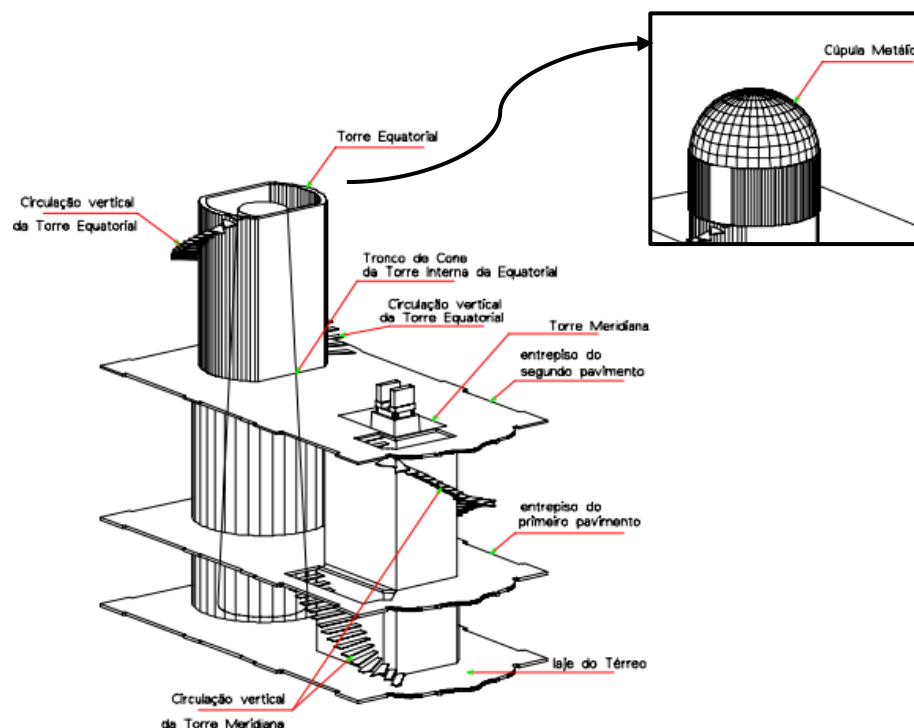


### 6.1.5 Descrição do OA

A tipologia funcional do OA, tinha como objetivo comportar o IAM da EE. O instituto possuía função tanto educacional, quanto de prestação de serviços ao Estado do Rio Grande do Sul e a Porto Alegre, logo o prédio foi concebido e posicionado, de acordo com a sua função específica, de abrigar equipamentos destinados à observação e registro dos fenômenos astronômicos. O OA da UFRGS foi um dos primeiros construídos no Brasil, tornando-se um marco histórico na pesquisa e desenvolvimento científico tanto, para a cidade, quanto para o Estado, mas também, para o país (MORAES, 2003; TONIOLI, 2014; BEVILACQUA, 2014).

A composição formal do OA foi desenvolvida para satisfazer a complexidade de suas funções e de maneira a suportar os equipamentos muito sensíveis instalados no local (lunetas equatorial e meridiana). Cada luneta possui uma torre contendo estrutura independente da do prédio a fim de proteger os equipamentos de possíveis trepidações. O projeto compreende um volume de proporção vertical, composto por quatro pavimentos com diferentes pés-direitos, livre de compartimentações, organizados em função da circulação vertical, formada por escadas que oferecem acesso aos equipamentos: à luneta meridiana no terceiro pavimento e à equatorial no quarto (figura 39), com uma cúpula giratória construída em ferro e revestida de madeira (MORAES, 2003; TONIOLI, 2014).

Figura 39 – Desenho esquemático das torres do OA (destaque para a cúpula sobre a torre Equatorial)



(fonte: MORAES, 2003, p. 38 e 41)

Segundo Moraes (2003) e Tonioli (2014), o OA está posicionado rigorosamente conforme os pontos cardeais, para possibilitar a instalação correta dos equipamentos, especialmente na sala do círculo meridiano. A fachada principal fica à Oeste. No hall, situado no térreo, pode-se ver a parede da torre da meridiana, e a partir dela há dois caminhos, à esquerda, uma escada que conduz ao primeiro andar, onde encontra-se um ambiente amplo reservado à secretaria, entre as duas torres; ou à direita que direciona a um grande espaço destinado as manutenções dos equipamentos e onde está a base da torre equatorial, ao fundo. O acesso ao segundo pavimento, se dá pela escada, que contorna a torre meridiana e leva a sala da meridiana e às sotéias; na torre equatorial ao fundo, há uma escada helicoidal em madeira, com balaustradas ricamente torneadas que a circunda parcialmente, possibilitando acesso ao ponto mais alto do OA.

Sobre a tipologia construtiva, pode-se informar que as paredes espessas do prédio (em média 50 centímetros) são de alvenaria estrutural de tijolos maciços rejuntados com argamassa, assentadas sobre fundação direta, de sapatas corridas de granito e as torres das lunetas Meridiana e Equatorial estão dispostas sobre bases de concreto. O forro e o piso foram



executados em madeira fixados nos barrotes nos pavimentos, somente o segundo é diferente, com forro de estuque moldurado. No hall de entrada, o piso é constituído de mosaico de fabricação nacional, assentado sobre laje de grês com espessura de 15 cm; nas sotéias, executadas com lajes de grês apoiadas sobre trilhos de ferro, respaldadas com argamassa de cimento e duas camadas de tijoleiras (MORAES, 2003; TONIOLI, 2014).

Conforme Moraes (2003), as esquadrias e a caixilharia são de madeira e a cobertura é composta por sotéias possuindo piso em tijoleira de barro (figura 40). A cúpula de ferro giratória (projetada por Manoel Itaquí), encontra-se no ponto mais alto do OA, sobre a torre Equatorial. Segundo Pasqualotto (2012)<sup>30</sup>, o acabamento original, tanto nas paredes internas, quanto nas externas, foi executada com reboco e pintura à base de cal. Os ornamentos mais complexos das fachadas, foram feitos com cimento pré-moldado e as demais texturas e volumes executados in loco, com reboco de granulometria mais fina.

Figura 40 – Piso em tijoleira de barro



(fonte: foto da autora)

O OA, passou por poucas modificações, provavelmente por ser uma edificação com um tipo de uso muito específico e pouco alterado. De acordo com Vasconcellos *et al.* (2008), em 1921, os vidros foram substituídos e a pintura a óleo fervido das esquadrias também. Restaurações gerais foram feitas em 1966, visto que ocorreria um eclipse solar total e o Rio Grande do Sul seria

---

<sup>30</sup> Informações fornecidas pela SPH da UFRGS, através do acesso a relatórios e entrevistas com os arquitetos Edison Zanckin Alice e Luiz Francisco Perrone.

uma região favorável à observação, contudo, após pouco tempo a cobertura móvel da Sala Meridiana foi fechada. Vinte anos depois, em 1986, realizaram-se obras para conservação, em razão do estado degradado do prédio.

Em 2002, o OA foi um dos primeiros prédios a ser recuperado pelo SPH da UFRGS, por meio do Projeto de Resgate do Patrimônio Histórico e Cultural da UFRGS. De acordo com Pasqualotto (2012), não houve interferência intensa na edificação e sim uma obra de consolidação. Várias das ações executadas foram realizadas para solucionar problemas de umidade, visto que não havia impermeabilização nas fundações e cobertura. Com a pavimentação da rua e, por conseguinte, o aumento de nível, as águas das chuvas passaram a ser direcionadas para a base das paredes. Para resolver este problema foi realizada uma obra para melhoramento da drenagem no entorno do prédio, sendo executada uma vala próxima às fundações, com profundidade em torno de 70 centímetros e nela foi colocado um dreno envolto em geossintético e posteriormente foi realizado preenchimento com brita (figura 41).

Figura 41 – Obra de drenagem



(fonte: SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO, 2018)

O sistema de cristalização em que os poros do material são colmatados, bloqueando a passagem de água, foi o escolhido para a impermeabilização da base das paredes do térreo. Foram realizadas injeção do produto específico em furos inclinados, a cada 15 centímetros, em duas linhas intercaladas, com a distância de 10 centímetros entre elas. Para as sacadas e terraço, a impermeabilização foi executada com manta asfáltica (figura 42). A repintura do OA, interna e

externamente, foi feita com tinta PVA (tinta diferente da original), escolhida por possuir uma melhor resistência e durabilidade se comparada a original, à base de cal. A restauração da cúpula metálica, compreendeu também a troca de seu revestimento interno de madeira, para este trabalho, a cúpula foi retirada e após pronta, recolocada. Os pisos de madeira receberam tratamento para prevenção de cupins e as esquadrias foram repintadas. Houve ainda a restauração de uma pintura do mural no terceiro pavimento, feita à base de cal. (PASQUALOTTO, 2012). Pelas referencias supracitadas pode-se observar que o OA é uma edificação “robusta” e mesmo sendo centenária passou por poucas alterações.

Figura 42 – Impermeabilização na cobertura



(fonte: SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO, 2018)

## 6.2 DIRETRIZES PARA O DIAGNÓSTICO E INTERVENÇÃO

O diagnóstico de acordo com Lichtenstein (1986) e Gomide *et al.* (2005) se refere a etapa de entendimento dos fenômenos e pesquisas anteriormente realizadas, quanto à identificação das várias relações de causa e efeito que geralmente denotam uma manifestação patológica, na medida em que complementa o conhecimento. Nesta fase, a análise é mais pormenorizada, pois são determinados problemas ou interesses específicos com relação à edificação. A análise associada às informações obtidas durante a pesquisa de referenciais, somada àquelas produzidas nesta etapa de consolidação, são sintetizadas para elaboração do diagnóstico propriamente dito.

Inicialmente, foi realizada pesquisa bibliográfica para levantamento de referenciais teóricos acerca do tema. Em seguida, foi feita a investigação prévia das manifestações patológicas existentes na edificação, por análise visual, restringindo a pesquisa às manifestações patológicas específicas, presentes na construção histórica em análise. A descrição física e histórica do prédio foi realizada a partir dos materiais fornecidos pela própria Universidade, mas também, por outras fontes referenciais.

As diretrizes gerais que compõem a etapa de diagnóstico são: análise visual, mapeamento de danos; análise e avaliação do estado de conservação dos materiais, com a identificação dos principais agentes de degradação; realização de ensaios e testes para a análise dos materiais e manifestações patológicas existentes na edificação, tanto para compreensão dos danos aos materiais, como para definição de critérios para intervenção (GOMIDE *et al.*, 2005).

A partir do referencial teórico e inspeção visual, foram realizados os seguintes ensaios *in situ* e laboratoriais:

- a) termografia;
- b) análise por percussão;
- c) ensaio de reconstituição de traço;
- d) análise qualitativa de sais solúveis;
- e) observação de amostras com uso de lupa estereoscópica;
- f) prospecção de camadas de tintas.

Os ensaios supracitados, foram considerados adequados, dentre outras finalidades, para avaliação das manifestações patológicas referentes ao revestimento de argamassa, foco deste trabalho. Para complementação, além dos ensaios, realizou-se um método de mensuração da degradação.

A partir da análise visual, foi elaborado o mapeamento de danos, com representação gráfica das áreas deterioradas na planta de cobertura e nas fachadas, após a caracterização foi realizada, através de ensaios *in situ* e laboratoriais. Com auxílio dos dados obtidos, foram identificados os prováveis motivos da ocorrência das degradações, para posterior descrição das intervenções indicadas.

Provida com essas informações pode-se confeccionar as fichas de identificação das manifestações patológicas, onde são informados de maneira sucinta, o elemento danificado, método de sondagem, descrição, sugestão de soluções e foto ilustrando o problema.

Conforme Kanan (2008), a determinação de soluções para realização de intervenções é possibilitada pelo diagnóstico, que consiste na análise do comportamento e na origem dos danos identificados. Durante o desenvolvendo do diagnóstico, devem ser interpretadas as informações obtidas através das análises das características químicas, físicas, bem como, dos processos e agentes das manifestações patológicas, para então se definir critérios técnicos para as intervenções, visando à recuperação da edificação. Uma avaliação técnica e econômica deve ser realizada, relativa às possibilidades de intervenção, bem como os materiais a serem utilizados e as técnicas de reconstituição a serem executadas.

### **6.2.1 Análises e ensaios realizados**

Os ensaios realizados para análise das manifestações patológicas auxiliam a identificação do estado de conservação dos revestimentos antigos, desta forma propiciam subsídios para intervenções corretivas. Os ensaios realizados *in situ*, normalmente não são, ou são pouco destrutivos e oferecem avaliações qualitativas e/ou quantitativas de forma indireta das propriedades mais relevantes dos materiais e anomalias. Já para se realizar ensaios laboratoriais, como há necessidade de extração de amostras, são classificados como destrutivos (VEIGA *et al.*, 2004).

Os ensaios *in situ* e laboratoriais e ainda, a escolha de métodos e técnicas de análise devem ser pré-estabelecidas, pois, são determinantes para o conhecimento do número e requisitos exigidos das amostras a serem extraídas. Salienta-se que se deve aplicar o princípio de destruição mínima da edificação, ainda mais, quando se trata de construções históricas. Contudo, a quantidade de materiais retirados deve ser suficiente para as apreciações desejadas, bem como, após a retirada de material, com brevidade, deve-se fazer o fechamento com material compatível, a fim de se evitar mais degradações, no local onde já se deseja intervir corretivamente (VEIGA *et al.*, 2004).

Antes de qualquer ensaio é importante a realização de análise visual, visto que, ela permite que se observe que tipos de ensaios são adequados e, se for o caso, quais locais mais indicados para retirada de amostras para análises posteriores

#### 6.2.1.1 Análise visual, mapa de danos e mapeamento das manifestações patológicas

Quando se deseja realizar uma intervenção em uma edificação, o primeiro passo é inspecioná-la visualmente, com o objetivo averiguar indícios, mas também, sintomas de ocorrência de manifestações patológicas decorrentes de alguma atividade prejudicial ao bom desempenho dos elementos construtivos. Através da vistoria, pretende-se chegar a uma conclusão objetiva, para tanto, Lichtenstein (1986), recomenda que sejam verificadas a existência e a gravidade de danos, bem como, a extensão e alcance das manifestações patológicas, as características físico-químicas dos componentes e das deteriorações e por fim, se realizar registro dos resultados da visita.

De acordo com Gonçalves (2015), a análise visual tem como intuito, delimitar a área a ser estudada e identificar as manifestações patológicas mais perceptíveis, ela também auxilia no direcionamento das demais análises e ensaios a serem desenvolvidos. Este tipo de inspeção, possibilita a determinação da extensão das áreas danificadas, se ela se apresenta de forma contínua ou pontual. Durante a análise, deve-se realizar o registro de qualquer anomalia que seja identificada, descrevendo-se suas características, tais como, localização e extensão do problema.



Os registros podem ser realizados através de imagens feitas à mão (que posteriormente podem ser transferidos graficamente através de algum software, para arquivo digital), ou por fotografias, mas também, na forma escrita. Segundo Gomide (2005), a documentação fotográfica, tem como objetivo complementar a compreensão da construção, mas também, registrar o seu estado anterior à intervenção.

A análise visual é um dos procedimentos utilizados para se obter o mapeamento de danos, que consiste em um conjunto de processos investigativos, levantamentos e produção de uma base de dados que resulta em um mapa de danos, documento que tem por objetivo a representação fotográfica e gráfica que sintetiza os resultados dos procedimentos supracitados. Estas representações devem ser realizadas de maneira rigorosa e detalhada, exibindo todas as manifestações patológicas da construção, bem como as alterações estruturais e funcionais nos

insumos, nas técnicas, nos sistemas e demais componentes construtivos, relacionando os agentes e as causas (TINOCO, 2009; GOMIDE, 2005).

Conforme Tinoco (2009), o mapeamento de danos permite a produção de uma base de dados que é necessária para o desenvolvimento do mapa de danos. Esta base de dados é formada pelas Fichas de Identificação de Danos (FIDs), que, se tratando de um prédio histórico e de valor cultural, são os registros principais para a produção do mapa de danos. Estas FIDs são normalizadas com registros, peças gráficas e fotografias referentes aos danos presentes em uma edificação específica. A figura 43, exhibe um modelo de FID, neste caso denominado Ficha de Manifestações Patológicas.

Figura 43 – Modelo de FID utilizado para esta pesquisa

	<b>FICHA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS</b>	<b>FICHA</b>
	MANIFESTAÇÃO: <b>FISSURA NOS BORDOS DE JANELAS</b>	<b>6</b>
	PALAVRAS-CHAVE: <b>Cisalhamento; flexão</b>	<b>2017</b>
<b>1. DESCRIÇÃO DA MANIFESTAÇÃO</b> - Fissuras verticais nos cantos dos peitoris das janelas; - Presença de fissuras diagonais nos cantos das janelas; - Presença de fissuras verticais e horizontais nos entornos das janelas.	<b>4. MÉTODO DE SONDAGEM</b> Inspeção Visual	<b>5. FOTOS</b> 
<b>2. POSSÍVEIS CAUSAS</b> - Diferença de tensão na zona de cisalhamento entre os tijolos comprimidos abaixo das janelas (tensão reduzida pelo vão) e suas laterais (parede "cheia"); - Diferença de tensão de flexão nos tijolos; - Ausência de vergas e contravergas; - Contravergas não avançam suficientemente na horizontal (mínimo de 30 cm após os cantos das janelas).	<b>6. POSSÍVEIS SOLUÇÕES DE REPARO</b> - Retirar o revestimento em argamassa nesses locais e refazê-lo, reforçando com o uso de tela metálica eletrosoldada, semelhante à Figura 1 da Ficha 1 de Fissuras.	
<b>3. FACHADAS</b> 1 ( X ) 2 ( ) 3 ( X ) 4 ( X ) 5 ( X ) 6 ( X ) 7 ( X )		

(fonte: MASUERO *et al.*, 2017, p.99)

O SPH da UFRGS (área de pesquisa e documentação), cedeu gentilmente as plantas baixas e as fachadas planificadas do OA em CAD (computer aided design ou desenho auxiliado por computador), que para este trabalho, foram impressas em escala e levadas a campo para se efetuar o registro das manifestações patológicas identificadas através da análise visual. As quatro fachadas e a cobertura (análise limitada a parte externa do prédio) foram inspecionadas e fotografadas. Posteriormente, os registros realizados a mão foram transferidos para um software CAD, os diferentes tipos de manifestações patológicas observados foram representados nos desenhos das fachadas e cobertura, caracterizados por hachuras ou símbolos. Observação: alguns desenhos foram adaptados e alguns foram elaborados para complementar e melhorar a apresentação.

#### 6.2.1.2 Termografia

A termografia de infravermelho é um método de análise não destrutivo e realizado *in situ*, com uma câmera termográfica. Este ensaio colabora na identificação de manifestações patológicas superficiais, mas, de difícil percepção visual. O interessante deste ensaio é que para executá-lo não há necessidade de contato com a construção, pois ele pode e precisa ser realizado a certa distância. A mensuração das temperaturas na imagem, denominada de termograma, da área alvo de interesse pode ser feita em tempo real, com a câmera (BAUER; PAVÓN, 2015).

Com um conjunto de imagens termográficas, onde são exibidas a distribuição das temperaturas sobre a superfície de uma fachada, por exemplo, podem ser realizadas as análises, que auxiliam na determinação de parâmetros e índices. Através destes dados, há o favorecimento quanto a realização de inspeções com diferentes finalidades, de maneira mais rápida e hábil. Com auxílio da termografia, podem-se observar e demarcar fissuras, bem como, regiões de umidade, heterogeneidades superficiais, dentre outras anomalias e características presentes na edificação (BAUER; PAVÓN, 2015).

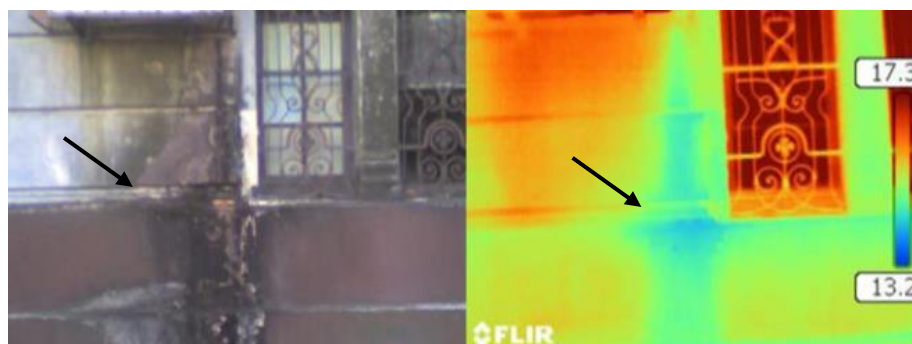
Para se adquirir imagens de qualidade e com informações pertinentes às análises, é importante levar-se em consideração o horário, bem como, a posição solar e se o período é seco ou úmido. Conforme Freitas *et al.* (2014), o horário mais aconselhado para se executar este ensaio seria durante a tarde, uma vez que, neste período, observa-se maior contraste nos gradientes de temperatura, permitindo a captura de termogramas com melhor definição. É necessário, também, considerar a orientação e incidência solar, para que seja mais favorável a percepção das manifestações patológicas. A incidência direta do sol pode provocar o aquecimento



excessivo, fazendo com que as superfícies a serem observadas não contenham diferenças de temperaturas consideráveis, desta forma, anomalias presentes no prédio podem ficar imperceptíveis.

Como exemplo de aplicação da termografia, apresenta-se na sequência, a figura 44, que, conforme Masuero *et al.* (2018a), nas áreas onde se verifica registro de cores mais frias e azuladas, na imagem obtida pela câmera termográfica, há indícios de umidade acidental provocada pelo vazamento, funcionamento inadequado ou ainda pela falta de dreno para o sistema de ar condicionado.

Figura 44 – Manifestação patológica identificada pelo ensaio de termografia.



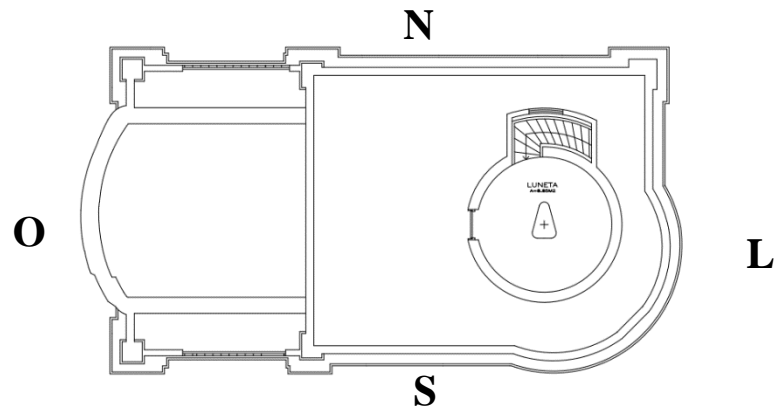
(fonte: MASUERO *et al.*, 2018a, sem página)

Para este trabalho, foi realizada a termografia passiva<sup>31</sup>. Nas fachadas Norte, Leste e Oeste os ensaios foram realizados no período da tarde, em três dias, após as dezessete horas e trinta minutos, a fim de, se capturar imagens com maiores diferenças de temperaturas e consequentemente termogramas mais nítidos e definidos. Os registros termográficos também foram realizados neste horário, ao final da tarde, pois, o sol não está mais incidindo de forma direta sobre as mencionadas fachadas, o que poderia prejudicar a precisão das informações obtidas. Nas figuras 45 e 46, pode-se verificar onde situam-se cada uma das 4 fachadas, sendo elas nomeadas de Fachadas: Norte (N); Sul (S); Oeste (O) e Leste (L).

---

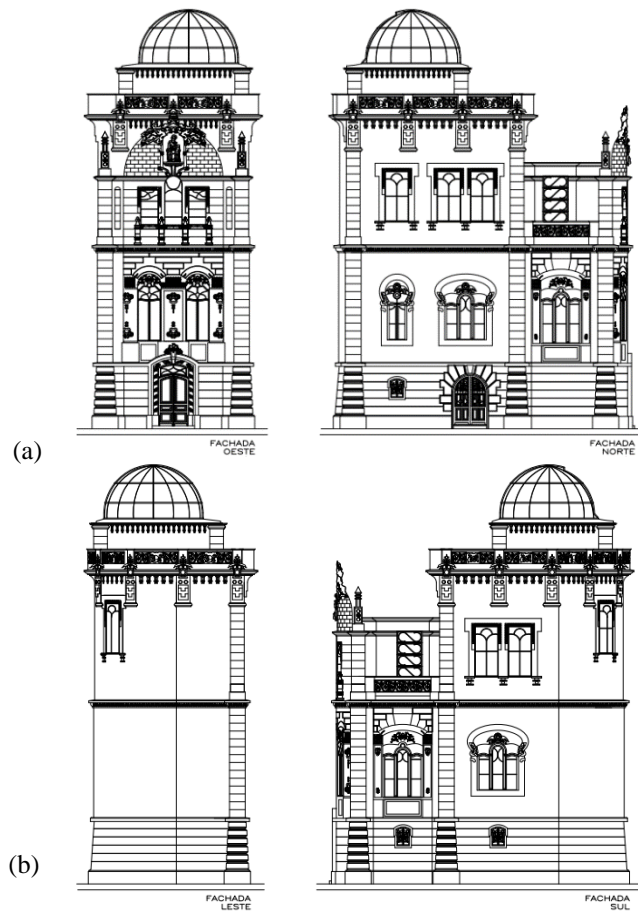
<sup>31</sup> Termografia passiva: quando existe um diferencial natural de temperatura entre a amostra (objeto alvo) e o meio no qual se encontra, ou seja, o caso onde não é utilizada uma estimulação térmica artificial para a detecção de anomalias (BAUER; PAVÓN, 2015, p. 94).

Figura 45 – Localização das fachadas N, S, L e O no OA



(fonte: adaptado pela autora, planta de cobertura - SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO, 2018)

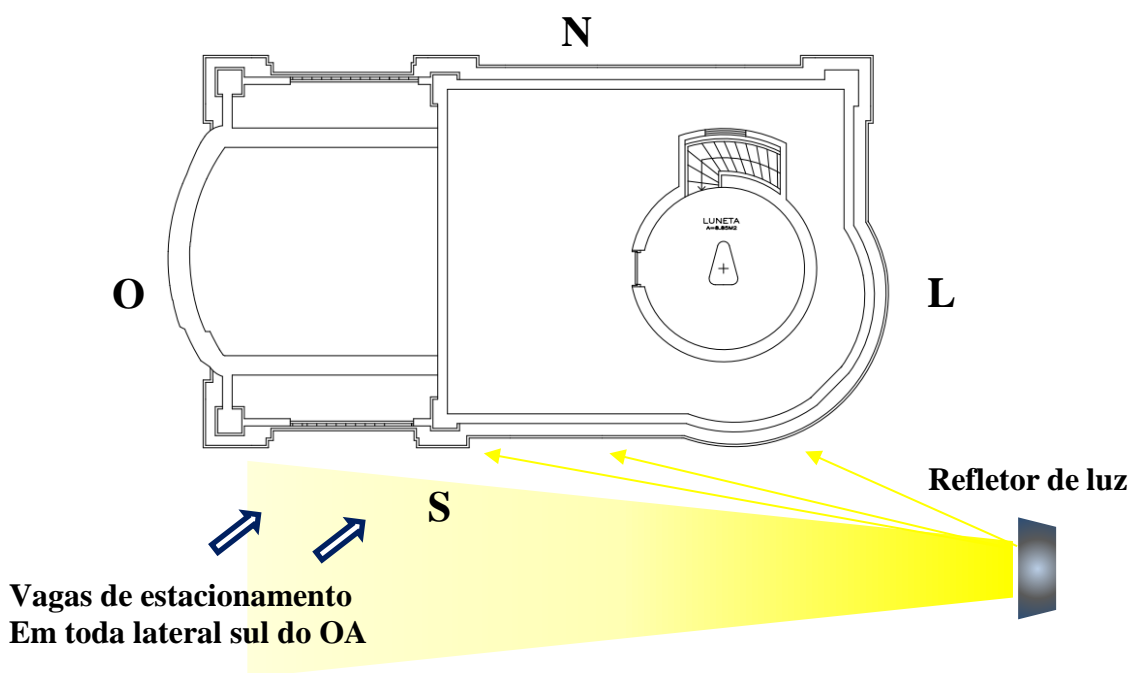
Figura 46 – Fachadas do OA: (a) O e N e (b) L e O



(fonte: SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO, 2018)

Na fachada Sul, os registros foram realizados parcialmente ao final da tarde, em virtude de haver um refletor de luz artificial que é acionado neste período e que ilumina esta fachada artificialmente, no sentido Leste-Oeste (figura 47). Desta forma, os detalhes salientes do OA, ao mesmo tempo que estão sendo iluminados, também geram sombra sobre o referido prédio, prejudicando a precisão das informações adquiridas para posterior análise. Outras imagens da fachada sul foram registradas durante a manhã, após as nove horas, quando a edificação já havia absorvido calor do sol, possibilitando uma visualização com maior contraste entre as temperaturas. Outro inconveniente na lateral sul foi a impossibilidade de se fotografar a base do prédio completamente, em função do espaço ser usado como estacionamento e sempre haver veículos.

Figura 47 – Ilustração de inconvenientes para ensaio de termografia na fachada Sul



(fonte: adaptado pela autora, planta de cobertura - SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO, 2018)

Todos os dias escolhidos para o desenvolvimento do ensaio foram secos e ensolarados. Para que as medições de temperatura fossem efetuadas de maneira precisa, parâmetros como a temperatura aparente refletida, a emissividade da superfície, a distância entre o equipamento e o objeto, a umidade relativa e a temperatura da atmosfera foram inseridas na câmera termográfica modelo FLIR T400 (figura 48).

Figura 48 – Câmera termográfica modelo FLIR T400



(fonte: foto da autora (1); (2)<sup>32</sup>)

Para dar início ao ensaio, primeiramente se faz a calibração do equipamento, de acordo com o manual. Também, considera-se o meio no qual está sendo desenvolvida a análise para inserção de dados microclimáticos.

Com um umidímetro e com o termômetro foram obtidas, respectivamente, a umidade relativa do ar e a temperatura ambiente e ambos dados foram inseridos na câmera. A distância entre a câmera e a fachada a ser fotografada, apesar de ser variável, ficou entre 5 a 8 metros, dado que também deve ser adicionado. A partir de um painel (figura 49), feito com superfície rugosa em papel alumínio, com refletividade fixada em 1,00, pôde-se obter, a temperatura aparente refletida mirando a câmera termográfica sobre este painel. Este parâmetro, que deve ser acrescentado na câmera, é empregado para determinação da temperatura refletida da superfície em análise.

---

<sup>32</sup> Frente da câmera termográfica, disponível em: <<https://www.pinterest.pt/pin/549650329495397071>>. Acessado em: 23 de setembro de 2018.

Figura 49 – painel com superfície rugosa em alumínio



(fonte: foto da autora)

Após a obtenção destes dados e adição dos mesmos na câmera, se troca o parâmetro de emissividade do alumínio para o da argamassa, de 0,92, visto que este é o principal material de interesse para este trabalho. Com a calibração do equipamento realizada, pôde-se iniciar o registro de imagens da direita para esquerda e de baixo para cima, em cada uma das quatro fachadas.

Importante salientar, que foi verificado durante as análises dos termogramas que estão apresentados a seguir, mas também, segundo Pavón (2017), que:

“A intensidade e sentido do fluxo de calor que atravessa o elemento vai determinar o momento em que é visível a anomalia e como a mesma vai aparecer no termograma, se é como uma zona mais fria ou mais quente”.

Portanto, uma mesma manifestação patológica quando for observada pode ser visualizada com temperaturas mais altas ou baixas, conforme o sentido do fluxo de calor. As anomalias poderão apresentar temperaturas mais frias ou quentes, dependendo do horário dos registros, condições climáticas dependendo da região, orientação solar e camadas que compõem os elementos.

### 6.2.1.3 Ensaio de Percussão

A percussão é um ensaio realizado *in situ*, não destrutivo ou pouco destrutivo, cuja técnica é expedita para a verificação de aderência ou a falta dela. Este ensaio, se realiza com a utilização de martelo, que pode ser tanto de borracha, quanto de madeira, através de batidas leves sobre o revestimento. Desta maneira, pode-se localizar áreas com som cavo ou oco, que indicam prováveis descolamentos. Evidencia-se que este ensaio não é somente para uma região pontual,

mas, precisa ser realizado em todas as fachadas e os golpes com o martelo devem ser efetuados na maior área possível (GALLETTO; ANDRELLO, 2013).

O ensaio de percussão foi executado com martelo de borracha (figura 50), efetuando-se batidas suaves sobre o revestimento, permitindo identificar facilmente onde havia som cavo. Através do tato pôde-se verificar a vibração próxima a região percutida, quando esta encontrava-se com falhas de aderência.

Figura 50 – Martelo de borracha utilizado no ensaio



(fonte: foto da autora)

O ensaio foi realizado em todas as fachadas, limitado à altura de quatro metros, com uso de escada (figura 51). O ideal é que seja realizado por duas pessoas, no mínimo, para que uma efetue as batidas com o martelo, enquanto a outra faz o contorno das áreas com problemas nos desenhos das fachadas impressas em escala.

Figura 51 – Ensaio de percussão



(fonte: foto da autora)

#### 6.2.1.4 Reconstituição de traço

O traço de uma argamassa, segundo Quarcioni *et al.* (1997), é a relação entre os teores de aglomerante e de agregado. O conhecimento dessa informação é importante, especialmente em casos de manifestações patológicas em obras inacabadas, ou em restauração/reparação de edificações históricas.

Através do ensaio de reconstituição de traço, a proporção dos materiais utilizados na dosagem da argamassa de revestimento pode ser obtida, por meio de ataque químico com ácido clorídrico (HCl). Este ácido provoca a dissolução do ligante em uma amostra do revestimento que se deseja caracterizar. Por meio de cálculo, pode-se determinar a quantidade de aglomerantes e agregados em unidade de massa (TEUTONICO (1988), manual do ICCROM). As informações adquiridas são bastante pertinentes para realizar-se intervenção em edificações históricas, visto que, sempre se deseja preservar sua originalidade, mas também, esse ensaio é interessante para o entendimento de potenciais geradores de manifestações patológicas (MASUERO *et al.*, 2017).

Este ensaio permitiu a identificação da distribuição granulométrica dos agregados e a proporção entre ligantes e agregados das argamassas empregadas para revestimento no OA, na época de sua construção. Com isto, pode-se propor um traço de argamassa a ser utilizado na intervenção, compatível com a histórica.

Neste trabalho, inicialmente foi pensada a quantidade e a localização das extrações das amostras, devido ao OA ser tombado. Para preservar sua integridade, foram escolhidas áreas próximas as que já apresentavam algum problema e que fossem de pouca visibilidade ao público em geral. Portanto, foram definidos apenas três pontos de retirada de material. A determinação do número e da localização da retirada de amostras ocorreu a partir, principalmente, dos ensaios de percussão, buscando-se pontos que estivessem mais íntegros e sem intervenções recentes.

A extração de amostras foi realizada com auxílio de serra copo, com cinco centímetros de diâmetro (figura 52).



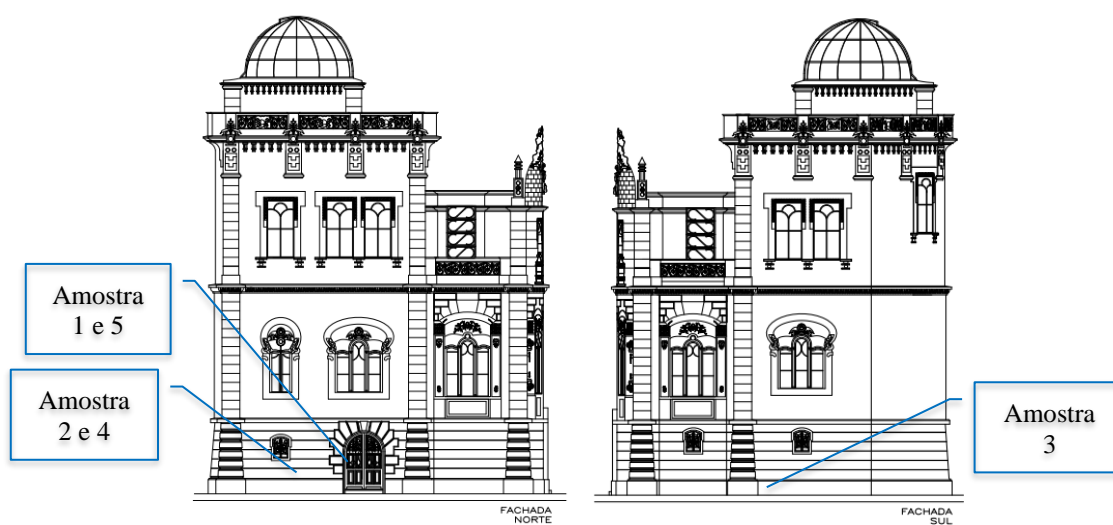
Figura 52 – Serra copo



(fonte: foto da autora)

Na figura 53, podem ser observadas as áreas de extração de amostras.

Figura 53 – Localização de extração de amostras



(fonte: Adaptado pela autora - SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO, 2018)

Para o ensaio de reconstituição de traço, indica-se uma quantidade mínima de 50g de cada amostra. As argamassas de revestimento das amostras 1 e 2 eram muito pulverulentas e de pouca espessura, desta maneira, não havia a quantidade mínima necessária, então, do mesmo local foram extraídas as amostras 5 e 4, respectivamente, para complementar a massa necessária. No quadro 1 estão caracterizados os materiais de análise.



Quadro 1 – Identificação, local de extração e massa das amostras

AMOSTRA (AM.)	Fachada	Local	Altura do solo (aproximadamente) – [m]	Espessura da amostra [cm]	Massa da amostra [g]
1 + 5	Norte	Lateral porta	AM 1- 1,25 / AM 5 - 1,14	2 cm	AM 1 – 30,9 AM 5 – 26,45
2 + 4	Norte	Corpo	AM 2 - 0,91 / AM 4 - 0,83	2 cm	AM 2 - 27 AM 4 – 35,55
3	Sul	Base	AM 3 – 0,52	2,5 cm	AM 3 – 65

(fonte: elaborado pela autora)

Todas as amostras foram extraídas de maneira similar, cada uma delas foi numerada; anotou-se a localização, mediu-se a altura do solo e a espessura *in loco*, posteriormente, todas foram pesadas. A figura 54, que se refere a amostra 1, exemplifica como foram realizadas estas coletas. Neste material além de revestimento de argamassa, também foi extraída uma pequena parte de argamassa de assentamento.

Figura 54 – Fotos da extração da amostra 1: (a) início da perfuração da amostra 1; (b) extração feita com serra copo, as laterais foram retiradas para complementar a amostra; (c) marcação da altura; (d) marcação da espessura; (e) amostra 1.



(fonte: fotos da autora)

Para realização da reconstituição de traço das amostras extraídas do OA, foi utilizada a metodologia descrita em Teutonico (1988), no Manual do ICCROM - International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property adaptado pelo Núcleo de Tecnologia da Preservação e da Restauração da Universidade Federal da Bahia (NTPR - UFBA). O ensaio foi desenvolvido da seguinte maneira:

- 1°. todas as amostras foram fotografadas na sua forma íntegra (figura 55 – Quadro 2);
- 2°. as amostras foram visualizadas em lupa estereoscópica;
- 3°. somente a camada de revestimento de argamassa é utilizado para este ensaio, logo, as camadas de tinta, argamassa de assentamento e pintura foram removidas antes das desagregações;
- 4°. as amostras foram cuidadosamente desagregadas com um martelo de borracha e bisturi em um almofariz cerâmico (figura 56 – Quadro 2). Durante o processo de desagregação, cuidou-se para não serem quebrados os agregados. A figura 57 – Quadro 2, exemplificada o antes e o depois da desagregação das amostras 1 e 5, as demais amostras apresentaram aspecto semelhante;
- 5°. após a desagregação, as amostras foram colocadas em béqueres (devidamente identificados) e pesadas em balança de precisão (máximo 2 kg), para obtenção da massa úmida;
- 6°. o material de cada amostra disposta nos béqueres passou por secagem em estufa a 60°C, por no mínimo 24h, sendo feito o primeiro registro da massa. Em seguida, as amostras foram colocadas novamente na estufa, com a mesma temperatura, por no mínimo uma hora e novamente pesadas para conferência da constância de massa (menor que 1%);
- 7°. com as amostras desagregadas e secas, pôde-se realizar o ataque químico para dissolução do ligante. Importante salientar que, antes de iniciar este processo, foram separados os equipamentos e materiais como, béqueres com as amostras, ácido clorídrico (HCl), água deionizada (para solução), pisseta, proveta e bastão de vidro, bem como, colocaram-se luvas e máscara de proteção (figura 58 – Quadro 2);
- 8°. a solução foi composta por ácido clorídrico (HCl) e água deionizada (proporção 1:4), para que a reação fosse completa e a dissolução do ligante ocorresse totalmente;

9°. antes de colocar a solução nas amostras elas foram umedecidas com água deionizada. Após a solução foi sendo adicionada aos poucos e com cuidado. O bastão de vidro foi utilizado para efetuar a mistura da solução e do material das amostras. Este processo ocorre até que a reação cesse. Na figura 59 – Quadro 2, pode ser observada a reação ocorrendo do início ao fim;

10°. com a dissolução do ligante realizada, pôde-se iniciar o processo de filtragem com papel filtro para retenção de finos e separação dos grãos de agregado, que devem ficar no fundo béquer. Foi disposto um papel filtro qualitativo 80 gramas, devidamente identificado e previamente pesado, em um funil, para separação entre os finos (retidos no filtro) e agregados (figura 60 – Quadro 2);

11°. a filtragem foi realizada lentamente e com cuidado para manter os agregados no béquer. Ao finalizar a suspensão a ser filtrada, os agregados foram sucessivamente lavados com água deionizada e a parte líquida era filtrada novamente (figura 61 – Quadro 2);

12°. a secagem dos filtros (com particulados finos) e dos agregados nos béqueres foram realizadas em estufa (60°C) até constância de massa (figura 62 – Quadro 2);

13°. o material fino e os agregados foram pesados em balança de precisão de 0,01 g, para pesagem de no máximo 2 kg;

14°. com a massa inicial das amostras, mas também, com as massas finais do ligante (consumido pelo ácido), particulados finos e agregados, foi possível determinar-se a reconstituição de traço. As equações 1, 2, 3, 4 e 5 demonstram os cálculos utilizados para obtenção dos possíveis traços originais;

$$M_{CaCO_3} = M_{inicial\ seca} - M_{agregados} - M_{finos} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$M_{CaCO_3}$  = massa de Carbonato de Cálcio (ligante endurecido) (g);

$M_{inicial\ seca}$  = massa inicial da amostra desagregada e seca, antes da adição da solução (HCl+H<sub>2</sub>O) (g);

$M_{agregados}$  = massa de agregados após ataque com solução ácida, filtragem e secagem (g);

$M_{finos}$  = massa de particulados finos retidos pelos filtros e secos em estufa (g).

$$M_{hidróxido} = \frac{M_{CaCO_3} \times M_{molar\ do\ hidróxido}}{100} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

$M_{hidróxido}$  = massa de hidróxido (g);

$M_{molar\ de\ hidróxido}$  = massa molar de hidróxido (g/mol);

$$M_{ligante} = M_{finos} + M_{hidróxido} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

$M_{ligante}$  = massa de ligante (g).

$$\text{traço} = \frac{M_{hidróxido}}{M_{hidróxido}} : \frac{M_{finos}}{M_{hidróxido}} : \frac{M_{agregados}}{M_{hidróxido}} \quad (\text{Equação 4})$$

$$\text{traço final} = 1:m \rightarrow 1: \frac{M_{agregado}}{M_{finos} + M_{hidróxido}} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

1:m = proporção de agregados para uma medida de aglomerante, sendo “m”, a proporção de agregados (traço de argamassa → aglomerante: areia).

15°. para a distribuição granulométrica, efetuou-se o peneiramento dos agregados com base na Associação Brasileira de Normas Técnicas NM 248 (ABNT, 2003), empregando a série normal. Primeiramente, as peneiras foram limpas e pesadas, após os agregados foram adicionados ao conjunto (figura 63 – Quadro 2), com auxílio de vibração manual e pela gravidade, o material ultrapassou as malhas até ser retido na peneira, cuja, dimensão fosse inferior à do agregado; após, pesaram-se as massas retidas em cada peneira, calcularam-se as porcentagens em relação ao total de agregado e fez-se análise gráfica. A seguir no quadro 2 apresenta-se, o passo a passo com fotos do ensaio realizado.

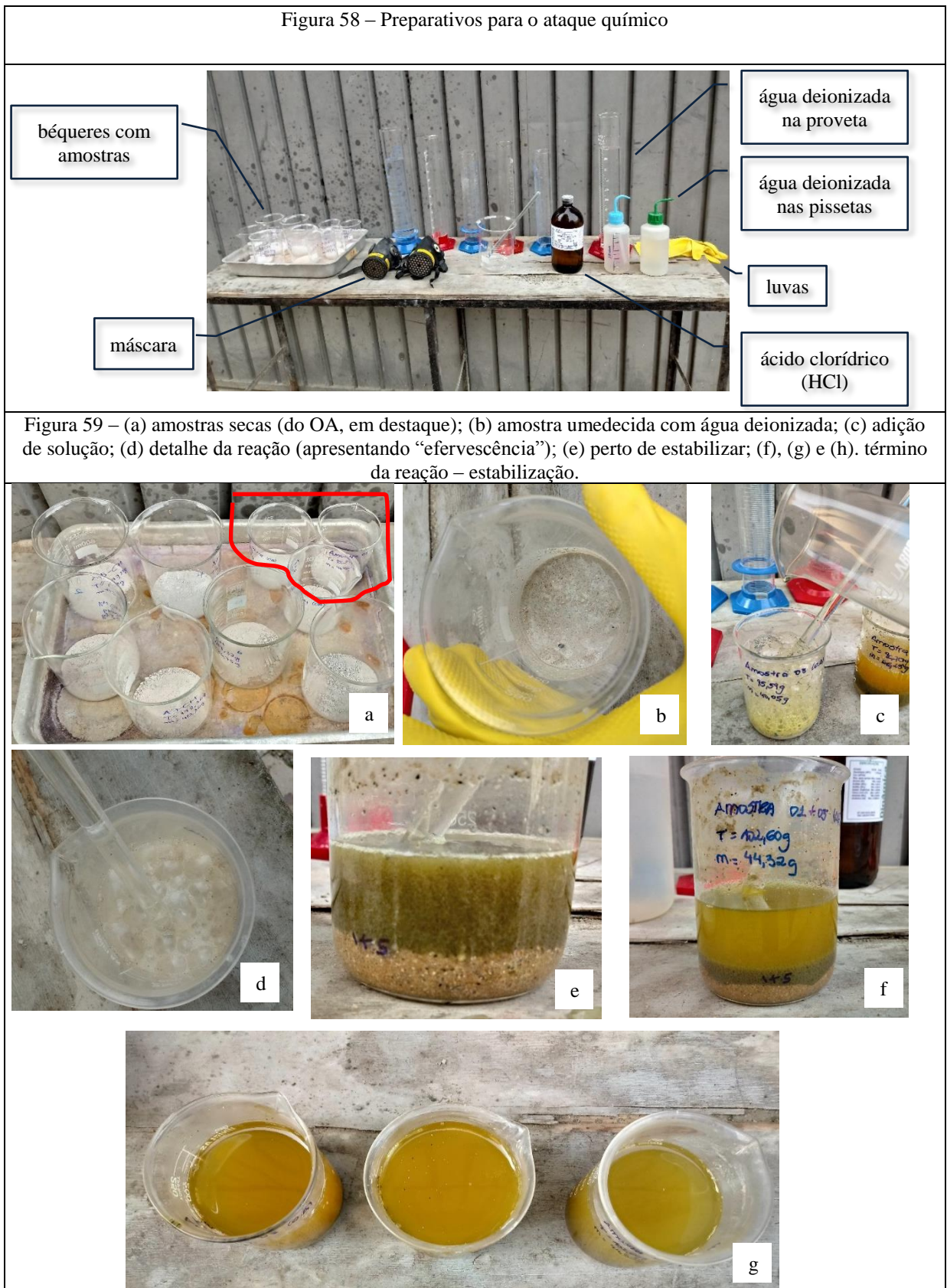
Quadro 2 – Fotos do ensaio de reconstituição de traço



continua



## Quadro 2 – Fotos do ensaio de reconstituição de traço - Continuação



Quadro 2 – Fotos do ensaio de reconstituição de traço - Continuação



Figura 60 – Na frente, os béqueres com as amostras; ao fundo, os Erlenmeyers com os funis e os papéis filtro.

Figura 61 – Fim da filtragem, nos béqueres, apenas agregados e água deionizada



Figura 62 – (a) filtros com particulados finos; (b) béquer com agregados após serem retirados da estufa

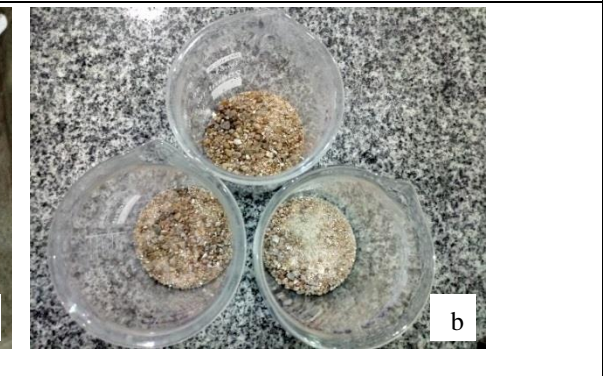
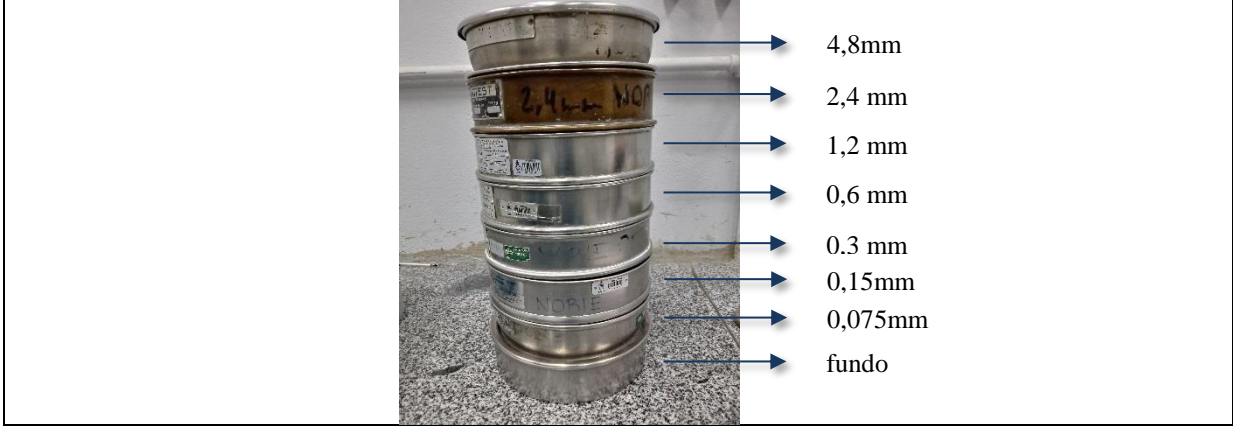


Figura 63 – Peneiras utilizadas



(fonte: fotos da autora)

#### 6.2.1.5 Análise qualitativa de sais

De acordo com Teutonico (1988), através da análise qualitativa de sais solúveis se obtêm dados relativos aos tipos de íons, tais como, sulfatos, cloretos e nitratos, que estejam presentes em amostras coletadas de revestimento de argamassa. Com estas informações pode-se determinar com mais precisão que tipo de deterioração encontra-se em andamento, bem como as suas causas.

Para a análise qualitativa de sais presentes nas amostras de argamassa extraídas do OA, também foram consideradas as recomendações constantes no Manual do ICCROM, de acordo com Teutonico (1988) e adaptado pelo NTPR - UFBA.

Os testes realizados para este trabalho foram qualitativos, com o intuito de se verificar a ausência ou presença de sais solúveis, permitindo verificar a intensidade da ocorrência de sais por comparação entre as amostras durante o ensaio.

As amostras corresponderam a uma pequena parcela das extraídas para reconstituição de traço, exceto das amostras 3 e 5, em virtude da quantidade de material necessária. Os testes foram desenvolvidos da seguinte maneira:

#### **NITRATO**

- 1º. para o teste, as amostras secas foram desagregadas, colocadas em béqueres e pesadas (cerca de 10g cada). A desagregação foi realizada da mesma forma que no ensaio de reconstituição de traço, com o uso do almofariz e martelo de borracha. Da amostra 1, foram selecionadas 10 g de argamassa de assentamento e 10 g de argamassa de revestimento; as amostras 2 e 4 também foram utilizadas, 10 g de cada;
- 2º. Posicionaram-se os Erlenmeyers e filtros, bem como os béqueres com suas respectivas amostras (figura 64).;



Figura 64 – Erlenmeyers, funis, filtros e béqueres com suas respectivas amostras



(fonte: foto da autora)

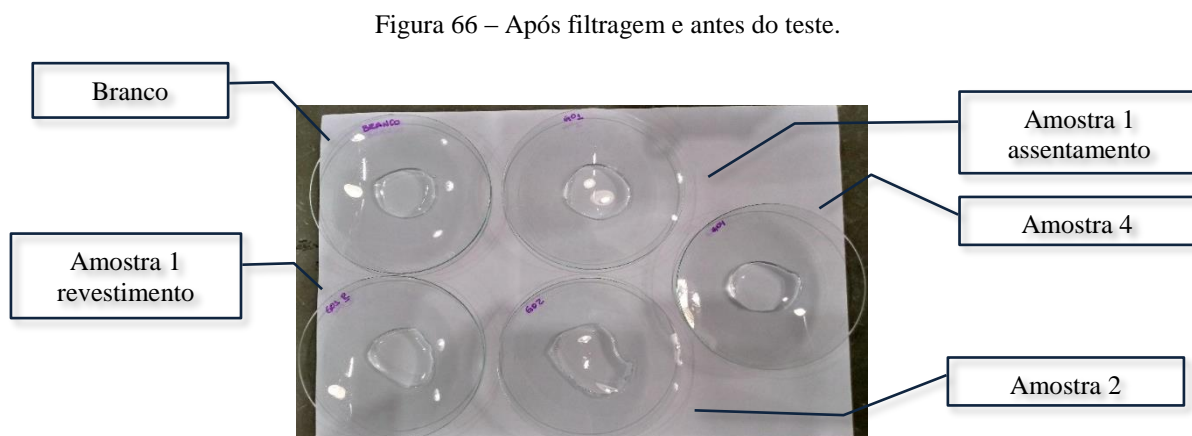
- 3°. a diluição da amostra ocorreu com adição de 80 ml de água deionizada e, foram adicionados mais 20 ml para lavagem do béquer (proporção 10g/100ml);
- 4°. a água deionizada e o material foram misturados vigorosamente com auxílio de bastão de vidro e, em seguida, filtrados em papel filtro qualitativo (80g);
- 5°. após o término da filtragem, os funis com os filtros puderam ser dispensados. Observação: o líquido que fica depositado nos Erlenmeyers deve ser transparente, caso apresente turbidez, o mesmo deve ser mantido em descanso, por no mínimo 24h, para decantação dos particulados. Outra opção é a realização da centrifugação do líquido. Na figura 65, pode-se verificar a transparência, após a primeira filtragem do material.

Figura 65 – Após filtragem.



(fonte: foto da autora)

6°. separaram-se cinco vidros de relógios, um para realização de teste em branco com água deionizada e os outros quatro para colocação de um pouco do filtrado límpido de cada amostra (figura 66).

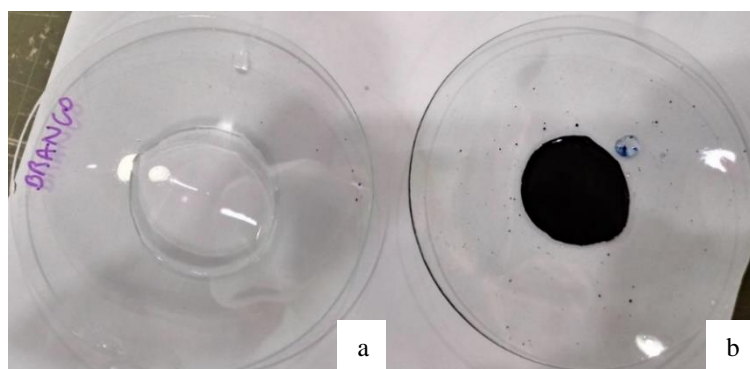


(fonte: foto da autora)

7°. adicionaram-se cinco gotas do reativo de 1% Difenilamina em  $H_2SO_4$  (ácido Sulfúrico) concentrado, para verificar o aparecimento de uma coloração azulada, que indicaria presença de nitrato. A figura 67, exemplifica a reação que ocorre entre a solução de 1% Difenilamina em  $H_2SO_4$  e o nitrato de prata, utilizado como teste neste exemplo.

8°. o teste em branco com água deionizada foi realizado para verificação de contaminantes.

Figura 67 – (a) Teste em branco (sem contaminantes); (b) Coloração azulada caracterizando presença de nitrato.



(fonte: foto da autora)

## **CLORETO**

- 1°. um pouco do filtrado de cada amostra do item anterior, foi adicionado em um tubo de ensaio, devidamente identificado e posicionado na estante (figura 68);

Figura 68 – Tubos de ensaio com líquidos filtrados



(fonte: foto da autora)

- 2°. reservou-se um tubo de ensaio para o teste em branco com água deionizada;
- 3°. aos tubos de ensaio, adicionaram-se cinco gotas de  $\text{HNO}_3$  (ácido nítrico) concentrado;
- 4°. também, acrescentaram-se cinco gotas da solução de 1%  $\text{AgNO}_3$  (nitrato de prata) em água deionizada;
- 5°. verificou-se a ocorrência de turbidez, através de um precipitado branco, indicativo de presença de cloreto, o precipitado de  $\text{AgCl}$  (cloreto de prata);
- 6°. para determinação da intensidade do sal identificado, fez-se comparação entre o tubo para teste em branco e os demais.

## **SULFATO**

- 1°. um pouco do líquido filtrado de cada amostra, foi adicionado em um tubo de ensaio, devidamente identificado e posicionado na estante;
- 2°. como nos testes anteriores, um tubo foi utilizado para o teste em branco com água deionizada;

- 3°. adicionaram-se aos tubos, cinco gotas de HCl (ácido clorídrico) concentrado;
- 4°. posteriormente, se acrescentaram cinco gotas da solução de 5% BaCl<sub>2</sub> (cloreto de bário) em água deionizada;
- 5°. verificaram-se a ocorrência de turbidez, por meio de um precipitado branco, que caracterizaria presença de sulfato, precipitado de BaSO<sub>4</sub> (sulfato de bário);
- 6°. a comparação com o ensaio em branco, foi realizada, como no ensaio anterior.

#### 6.2.1.6 Observação de amostras com uso de lupa estereoscópica

A utilização da lupa estereoscópica, possibilitou a observação das interfaces entre as camadas de revestimento nas amostras. Pode-se visualizar aspectos dos agregados e aglomerantes, presença de microrganismos entre outros detalhes não visíveis sem auxílio de lentes ou de instrumentos ópticos. O LAMTAC/NORIE (Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído/ Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação) da UFRGS, conta com uma lupa estereoscópica Zeiss Stemi 508doc Stereo Microscope, com aumento máximo de 100x, através de uma lente ocular de aumento 10x e lente objetiva de duplo aumento.

Todas as cinco amostras extraídas do OA foram observadas, em sua forma íntegra, na lupa estereoscópica acima mencionada, para verificação de camadas, presença de impurezas, entre outros detalhes. Também, examinaram-se os agregados ampliados, obtidos das amostras, após o ensaio de reconstituição de traço. As imagens microscópicas são vistas diretamente na tela do computador no software ZEN (fornecido pelo fabricante), este programa permite além da visualização, a captura de imagens e indicação de escala.

Para uma melhor visualização das camadas distintas, pequenos pedaços das amostras 1, 3 e 4 foram preparados em uma resina, lixados e polidos na politriz, para posterior observação na lupa estereoscópica. O pouco material restante das amostras 2 e 5, não apresentavam camadas distintas para serem analisadas. Os passos da preparação até a análise estão descritos, a seguir:

- 1°. as pequenas porções de material foram dispostas em uma forma de silicone, cada cubo medindo de lado 32 mm (figura 69);
- 2°. a resina cristal poliéster acelerada, misturada a 20% de catalisador (figura 70), foi adicionada até cobrir as pequenas porções de amostras. Salienta-se que, antes de derramar

a resina, cuidou-se para manter o posicionamento da amostra, de maneira que as camadas ficassem perpendiculares ao fundo da forma;

3°. Após o enrijecimento da resina (figura 71), pôde-se desenformar facilmente as amostras;

4°. Para poder fazer o lixamento e polimento na politriz do LACER/UFRGS (Laboratório de Materiais Cerâmicos da UFRGS), foram utilizadas lixas de gramatura mínima de 80 (mais grossa), 120, 220, 600 e 1200 (mais finas). Todas as lixas utilizadas foram do tipo d'água, de papel, que possibilita lixamentos úmidos e são indicadas para superfícies metálicas, materiais compostos, plásticos, entre outros. No quadro 3, são apresentadas figuras para demonstração do passo a passo realizado.

Quadro 3 – Preparação das amostras com resina



continua

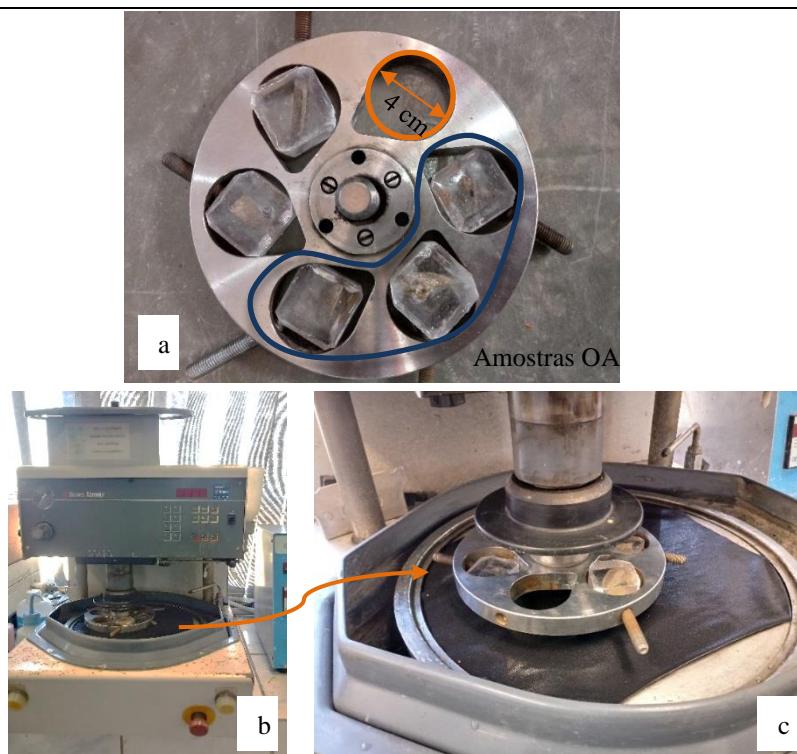


## Quadro 3 – Preparação das amostras com resina – Continuação

Figura 71 – (a) Amostras embutidas na resina com catalisador; (b) material desenformado.



Figura 72 – (a) Amostras no equipamento; (b) politriz; (c) detalhe das amostras na politriz, sobre uma lixa.



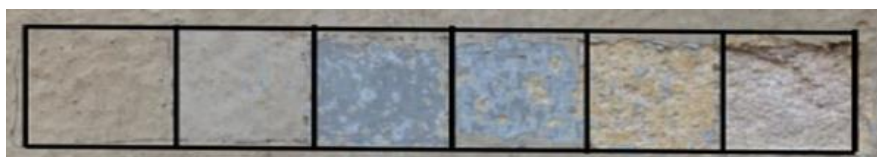
(fonte: fotos da autora)

### 6.2.1.7 Prospecção estratigráfica de pinturas e composição de cores

As prospecções visam complementar os dados obtidos por meio da pesquisa histórica, do levantamento de referenciais teóricos e de registros fotográficos. Através desse ensaio podem ser realizadas análises e hipóteses de diagnósticos, bem como determinar alternativas de soluções de projeto (GOMIDE, 2005).

De acordo com Genovez (2012), a prospecção estratigráfica de pinturas é uma tarefa realizada pontualmente e, por meio dela, pode-se obter a sequência cronológica relativa de forma precisa, pois, permite verificar que camada veio após a outra (figura 73). Antes de se iniciar a prospecção, é interessante que sejam identificadas as técnicas de pinturas utilizadas, para então se definir o instrumento de investigação, geralmente, pode ser um bisturi, quando se trata de pintura a seco, com formação de película, neste caso, cada película é raspada cuidadosamente e a raspagem deve ser interrompida antes que se prejudique as camadas abaixo.

Figura 73 – Faixa estratigráfica.



(fonte: MASUERO *et al.*, 2017)

A prospecção estratigráfica de camadas de pintura, possibilita a verificação e registro das várias tonalidades de tintas que já foram aplicadas em uma edificação a cada uma das intervenções realizadas. O número de pontos depende do tamanho da fachada, da complexidade, repetição ou não das camadas observadas e de elementos com diferentes tons de cores. As tonalidades de cada camada de cor encontrada podem ser aferidas por comparação visual, com um catálogo de cores (FONSECA, 2006).

Este tipo de análise, além do registro histórico das camadas encontradas, serve de embasamento para propostas de cores quando da renovação do revestimento. Após realização das prospecções e das comparações de cores com catálogo na edificação, há possibilidade de se realizar misturas com cores básicas, a fim de chegar num tom mais próximo possível dos identificados nas fachadas. Quando se chega nesse tom, pinta-se em papel branco uma amostra de tamanho

4x4cm para registro da coloração verificada no levantamento. Deve-se levar em conta que após a secagem a cor muda sensivelmente de aparência (MASUERO *et al.*, 2017).

As prospecções estratigráficas realizadas no OA, foram executadas com um bisturi com lâmina nº 10 (figura 74). Foram utilizados luvas e óculos para proteção durante a execução do ensaio.

Figura 74 – Bisturi



(fonte: foto da autora)

O procedimento para realização das prospecções está descrito abaixo:

- 1°. para a escolha dos locais onde seriam realizadas as prospecções, teve-se cuidado de que fossem menos aparentes ao público em geral, onde a pintura estivesse mais íntegra, bem como, possivelmente, foi mais difícil, durante a preparação para novas pinturas, realizar-se o lixamento, desta maneira preservando as camadas posteriores (anteriores), como nos cantos, ou espaços menores, por exemplo. Outro fator considerado, foi de optar-se por lugares onde houvesse diferentes tonalidades de tinta, além de pertencer a elementos variados, como em ornamentos, pilares e paredes;
- 2°. as diferentes camadas foram delimitadas por quadros, medindo aproximadamente um centímetro de lado. Cada quadro foi numerado, sendo a camada mais superficial com o número 1 e as demais em ordem crescente, sendo a última, corresponde a camada de reboco;
- 3°. o catálogo de cores utilizado para identificação de tonalidades de tinta, foi um de aplicação comercial, disponível no NORIE (figura 75). Salienta-se que, o ideal seria usar uma classificação internacional de cores, como, Natural Colour System (NCS), da Suécia, o Optical Society of America Uniform Color Scales (OSA/UCS), dos Estados Unidos, Coloroid System, da Hungria, e o mais famoso deles, o norte-americano Munsell System, mas, estes ainda não



foram adquiridos pelo laboratório em função do alto custo (BEZERRA *et al.*, 2012; FONSECA, 2006).

Figura 75 – Catálogo de tintas comercial



(fonte: foto da autora)

### 6.2.2 Método de mensuração de degradação (MMD)

Neste capítulo se fará referência a uma das técnicas de avaliação e quantificação de degradação em fachadas e coberturas. Diversas metodologias são utilizadas para inspeção de fachadas, elas podem ser estabelecidas pelo profissional ou pesquisador, de maneira que as particularidades da edificação em estudo possam ser abrangidas. Fatores como a localização, história, materiais constituintes e porte da construção são determinantes para a escolha do melhor método. A metodologia descrita visa estabelecer uma ferramenta que permita a análise dos fenômenos geradores das manifestações patológicas, bem como, a evolução da degradação das fachadas (SILVA, 2014).

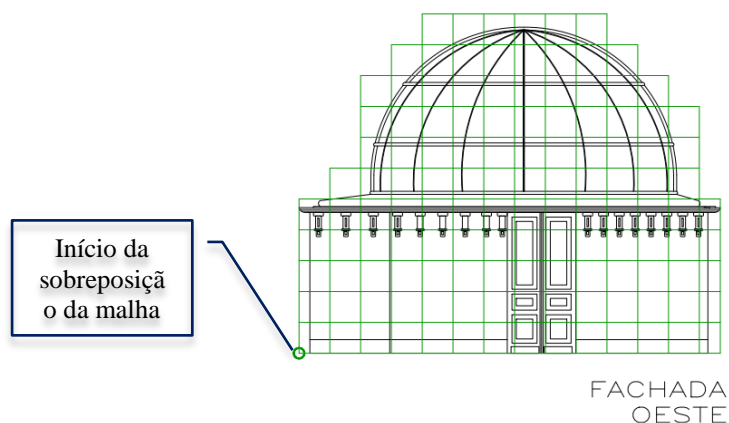
O Método de Mensuração de Degradação serve para se realizar a quantificação das manifestações patológicas. Souza (2016), determinou a padronização do MMD através de procedimentos básicos, tais como, a sobreposição de uma malha sobre a representação da amostra; divisão das unidades da malha por regiões da fachada; quantificação dos problemas observados para posterior preenchimento de ficha das manifestações patológicas presentes na edificação.

### 6.2.2.1 Sobreposição de uma malha sobre as fachadas e cobertura

Para realização da sobreposição das malhas é utilizado um método gráfico, com um traçado sobre a representação gráfica das fachadas. Uma das formas de se sobrepor a malha sobre as fachadas, pode ser, conforme foi realizado por Silva (2014), com unidades, cujas dimensões foram de 0,50m x 0,50m, equivalente a uma área de 0,25 m<sup>2</sup>, a mesma foi adotada para este trabalho. A adoção desta área foi determinada, a partir de testes em malhas com outras dimensões e se fez refinamento da resolução até chegar na dimensão satisfatória, para a proposta.

A sobreposição das malhas foi iniciada na parte inferior esquerda das fachadas e as dimensões adotadas, para utilização do método neste trabalho, foram as mesmas que as referenciadas acima. A figura 76, exemplifica a sobreposição da malha sobre uma das fachadas do OA.

Figura 76 – Sobreposição de Malha – Fachada Oeste (cobertura)



(fonte: Adaptado pela autora - SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO, 2018)

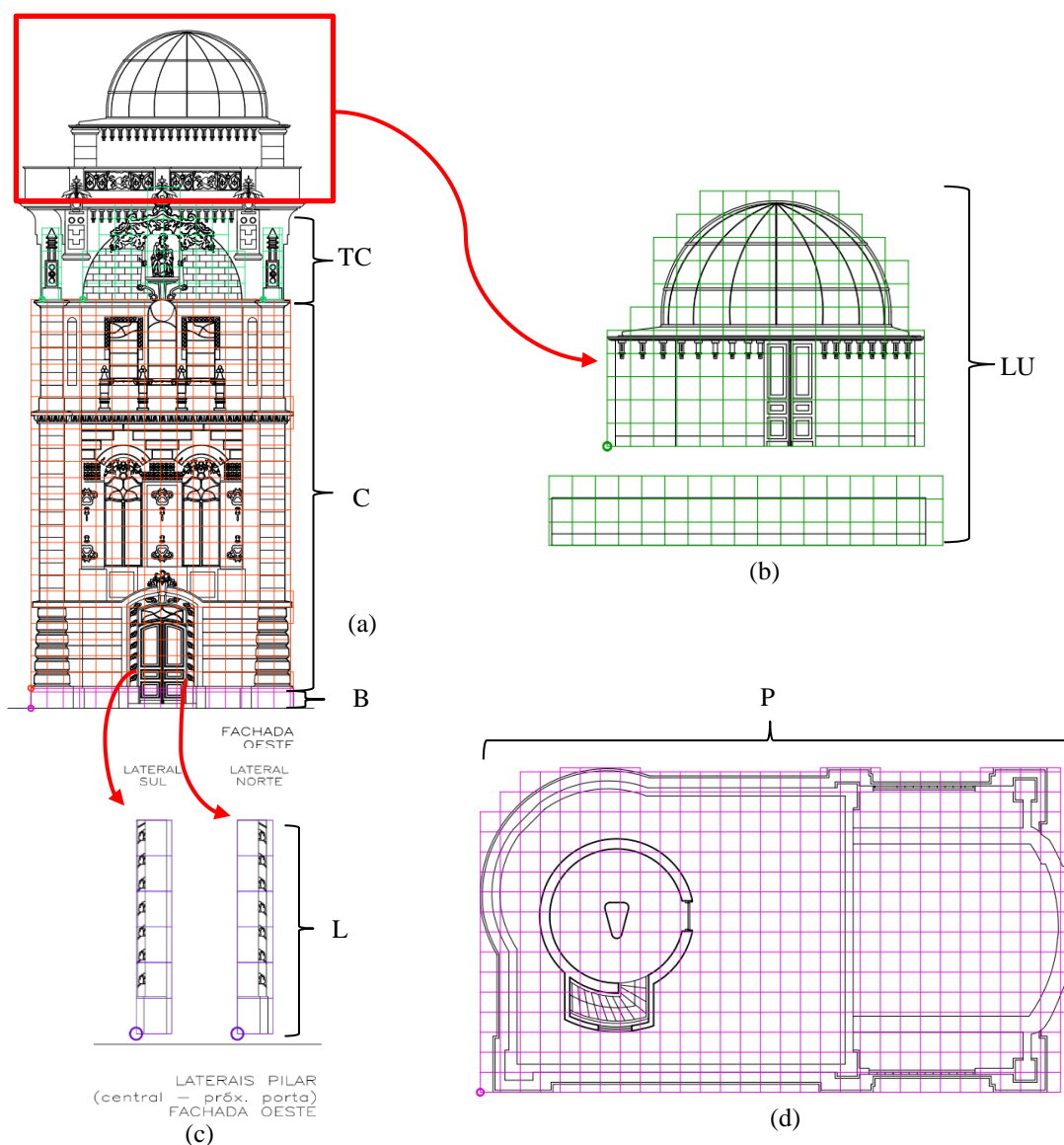
### 6.2.2.2 Divisão da fachada em regiões

A divisão das fachadas por regiões pode ser realizada após a sobreposição da malha, esta divisão é determinante para os cálculos dos índices de degradação e permite a verificação da magnitude, do estado da degradação, frequência de ocorrência de danos nas fachadas estudadas, bem como, analisar as regiões incidentes (PINHEIRO, 2016).

O OA foi dividido em seis regiões, como na figura 77, sendo elas:

- a) base (B) – região inferior do prédio;
- b) corpo (C) – parte intermediária do prédio;
- c) laterais (L) – regiões não visíveis na planificação em verdadeira grandeza (VG);
- d) luneta (LU) – parte construída na cobertura e platibanda;
- e) torres e coroamento (TC) – região superior do OA;
- f) piso da cobertura (P)

Figura 77 – Divisão das fachadas em regiões: (a) fachada oeste; (b) fachada oeste (luneta e platibanda – cobertura); (c) fachada oeste (laterais da porta) e (d) cobertura



(fonte: Adaptado pela autora - SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO, 2018)

### 6.2.2.3 Quantificação da ocorrência de manifestações patológicas e ficha de quantificação

A quantificação da ocorrência das manifestações patológicas é feita através do desenvolvimento de planilhas onde as amostras são organizadas, identificadas e classificadas, para, então, se realizar um diagnóstico inicial, a partir do Fator de Dano (FD) referente à cada tipo de manifestação patológica verificada. O cálculo que determina a ocorrência de cada tipo de manifestação é realizado a partir dos registros fotográficos, do mapeamento e da sobreposição da malha (SILVA, 2014).

A figura 78, apresenta um modelo de ficha de quantificação de manifestações patológicas, que é estabelecida por prumada, empena, orientação, pavimento, tipo de dano e região analisada para uma amostra de fachada. As manifestações patológicas listadas neste modelo se referem as encontradas em um revestimento cerâmico.

Figura 78 – Modelo de Ficha de Quantificação

Edifício:		Idade:			Data ocupação:	
Endereço:					Data vistoria:	
Orientação:					Obs:	
Andar	Localização do dano	Tipo de manifestação patológica				
		Descol. Cerâm.	Falha de Rejunte	Fissuras	Eflorescência	Falha de Vedação
1º	Parede contínua					
	Aberturas					
	Sacadas					
	Cantos extrem.					
	Juntas					
Transiç. pav.						
2º	Parede contínua					
	Aberturas					
	Sacadas					
	Cantos extrem.					
	Juntas					
Transiç. pav.						
3º	Parede contínua					
	Aberturas					
	Sacadas					
	Cantos extrem.					
	Juntas					
Transiç. pav.						
4º	Parede contínua					
	Aberturas					
	Sacadas					
	Cantos extrem.					
	Juntas					
Transiç. pav.						
5º	Parede contínua					
	Aberturas					
	Sacadas					
	Cantos extrem.					
	Juntas					
Transiç. pav.						
6º	Parede contínua					
	Aberturas					
	Sacadas					
	Cantos extrem.					
	Juntas					
Transiç. pav.						
Topo						

(fonte: SILVA, 2014, p. 89)

Para quantificação de danos no OA foram contabilizadas as manifestações patológicas listadas:

- a) descolamento (DC);
- b) deslocamento (DS);
- c) desagregação (DG);
- d) degradação da pintura (DP)
- e) fissuras (FI);
- f) vesículas (V);
- g) sujidade (S);
- h) biodeterioração (B);
- i) umidade (U).

A escolha das manifestações patológicas a serem quantificadas foram definidas a partir do mapeamento de danos, previamente desenvolvido. Salienta-se que este estudo não tem como objetivo avaliar o desempenho dos elementos especificadamente, como das esquadrias, da cúpula, ou dos ornatos.

#### 6.2.2.4 Cálculo do fator de danos (FD)

De acordo com Silva (2014), o FD de área de fachada possibilita a quantificação do primeiro estágio da manifestação patológica, bem como, o estabelecimento de um parâmetro inicial de análise da degradação, visto que, relaciona a área danificada em função da área total de fachada (Equação 7). Cálculos de FD para fachadas, que resultarem em valores maiores, são as mesmas onde ocorre um processo de degradação mais avançado. Importante, salientar que para fins de cálculo cada fachada, norte, sul, leste e oeste, corresponde a uma amostra.

$$FD = \frac{A_d}{A} \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

FD = Fator de Dano da fachada (%);

$A_d$  = Área de manifestação patológica observada na amostra de fachada ( $m^2$ );

$A$  = Área total da amostra de fachada ( $m^2$ ).

#### 6.2.2.5 Fator de Danos da Região Corrigido ( $FD_{RC}$ )

Segundo Souza (2016), o  $FD_{RC}$  é uma derivação do  $FD$ ; contudo é direcionado à análise das regiões, que podem possuir variações de áreas em uma mesma fachada. A fim de se obter comparação apropriada da extensão das manifestações patológicas nas diferentes regiões, foi estabelecido um fator de equivalência entre regiões, denominado Coeficiente de Correção das regiões ( $CCr$ ), possibilitando a correção da proporcionalidade das regiões componentes da fachada. O cálculo do  $CCr$ , corresponde a razão entre a área da região de menor área e a área da região em análise (Equação 8). A  $A_r(m)$  é a região que apresenta menor área em cada uma das amostras (fachadas). Por exemplo, em uma das fachadas a região de base (B) pode ser a que apresenta menor área, então esta, corresponderá a  $A_r(m)$  desta amostra. O  $A_r(x)$ , é diretamente a área da região analisada. Logo, as regiões com menores áreas receberam pesos maiores.

$$CCr = \frac{A_r(m)}{A_r(x)} \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:

$CCr$  = Coeficiente de Correção das regiões (adimensional);

$A_r(m)$  = Área da região de menor área ( $m^2$ );

$A_r(x)$  = Área da região em análise ( $m^2$ );

Com a determinação do valor do  $CCr$ , o  $FD_{RC}$  pode ser calculado (Equação 9). O valor resultante, permite a verificação do nível de degradação da região analisada. Importante salientar, que o  $CCr$  independe do tipo de anomalia.

$$FD_{RC} = \left( \frac{\sum Ad_r(n)}{A_t} \right) \times CCr \quad (\text{Equação 9})$$

Onde:

$Ad_r(n)$  = Área danificada por uma determinada manifestação patológica (n) em uma região específica (m<sup>2</sup>);

$A_t$  = Área total da amostra (m<sup>2</sup>);

$CCr$  = Coeficiente de Correção das regiões (adimensional).

## **7 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE DE RESULTADOS E PROPOSTAS DE INTERVENÇÕES**

A apresentação e análise de resultados, compreende a identificação da situação atual das fachadas e cobertura do OA, quanto à ocorrência de manifestações patológicas, através de análises e ensaios realizados, bem como, pelo método de mensuração de degradação. Neste capítulo, também são indicadas as possíveis causas das deteriorações e são propostas intervenções para solucionar tais problemas. Por meio destes estudos, foi possível se ter conhecimento de algumas características específicas do OA, como alguns dos traços de argamassa de revestimento já utilizados, possivelmente originais.

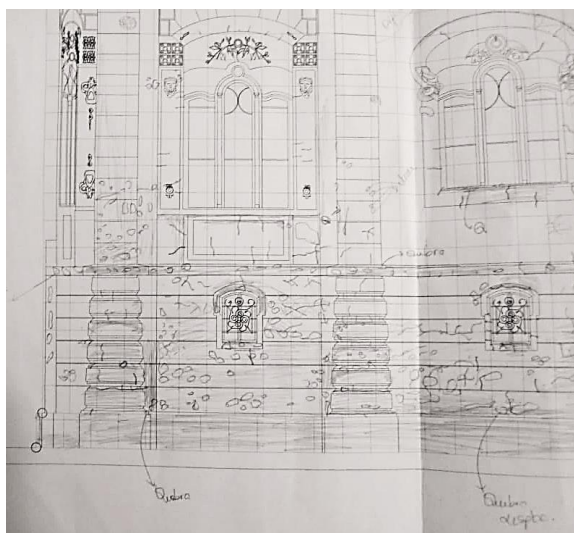
### **7.1 RESULTADOS DE ANÁLISES E ENSAIOS**

Os resultados das análises e ensaios efetuados para o OA podem ser vislumbrados a seguir, na seguinte ordem: análise visual, mapa de danos, termografia, ensaio de percussão, reconstituição de traço, análise qualitativa de sais, prospecção estratigráfica de pinturas e MMD. Apresenta-se também discussão acerca dos dados obtidos, em alguns casos, inclusive, comparando-se com resultados de estudos realizados anteriormente, em outros prédios históricos.

### 7.1.1 Análise visual e mapa de danos

As representações das manifestações patológicas observadas nas fachadas e na planta de cobertura, foram feitas à mão livre nas pranchas impressas, buscando-se considerar sua localização mais aproximada possível, também a sua extensão e intensidade, para a elaboração de um mapa de danos mais fidedigno. A figura 79 exemplifica os registros feitos *in loco*, onde pode ser visualizada parcialmente a prancha com a fachada sul planificada com registro das manifestações patológicas.

Figura 79 – Detalhe dos registros das manifestações patológicas na região inferior esquerda da Fachada Sul



(fonte: foto da autora)

Durante a análise visual, também foram feitos registros fotográficos, tanto para auxiliar na confecção do mapa de danos, quanto para arquivamento da situação do OA antes de uma possível intervenção. A figura 80 é um compilado, que representa uma amostra dos registros fotográficos feitos pela autora. A primeira faixa apresenta fotos da Fachada Oeste (principal); a segunda da Fachada Leste; a terceira da Fachada Sul; a quarta da Fachada Norte e a última da cobertura.



Figura 80 – Exemplos dos registros fotográficos das fachadas: a. Oeste; b. Leste; c. Sul; d. Norte; e. cobertura



(a)



(b)



(c)



(d)

continua

Figura 80 – Continuação



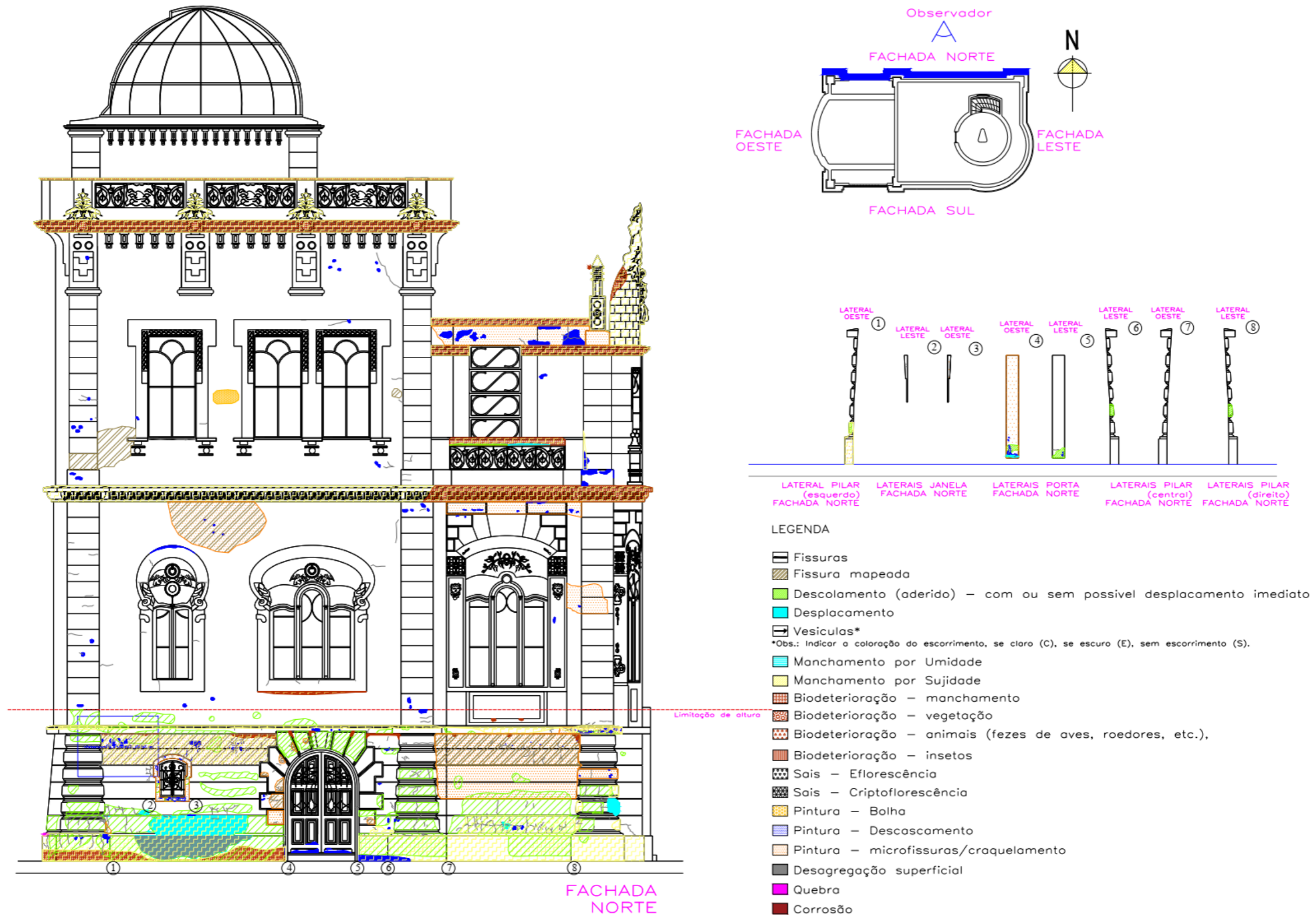
(e)

(fonte: fotos da autora)

Com os registros manuais e fotográficos foi possível a elaboração do mapa de danos que pode ser observado nas figuras 81, 82, 83, 84, 85, 86 e 87.

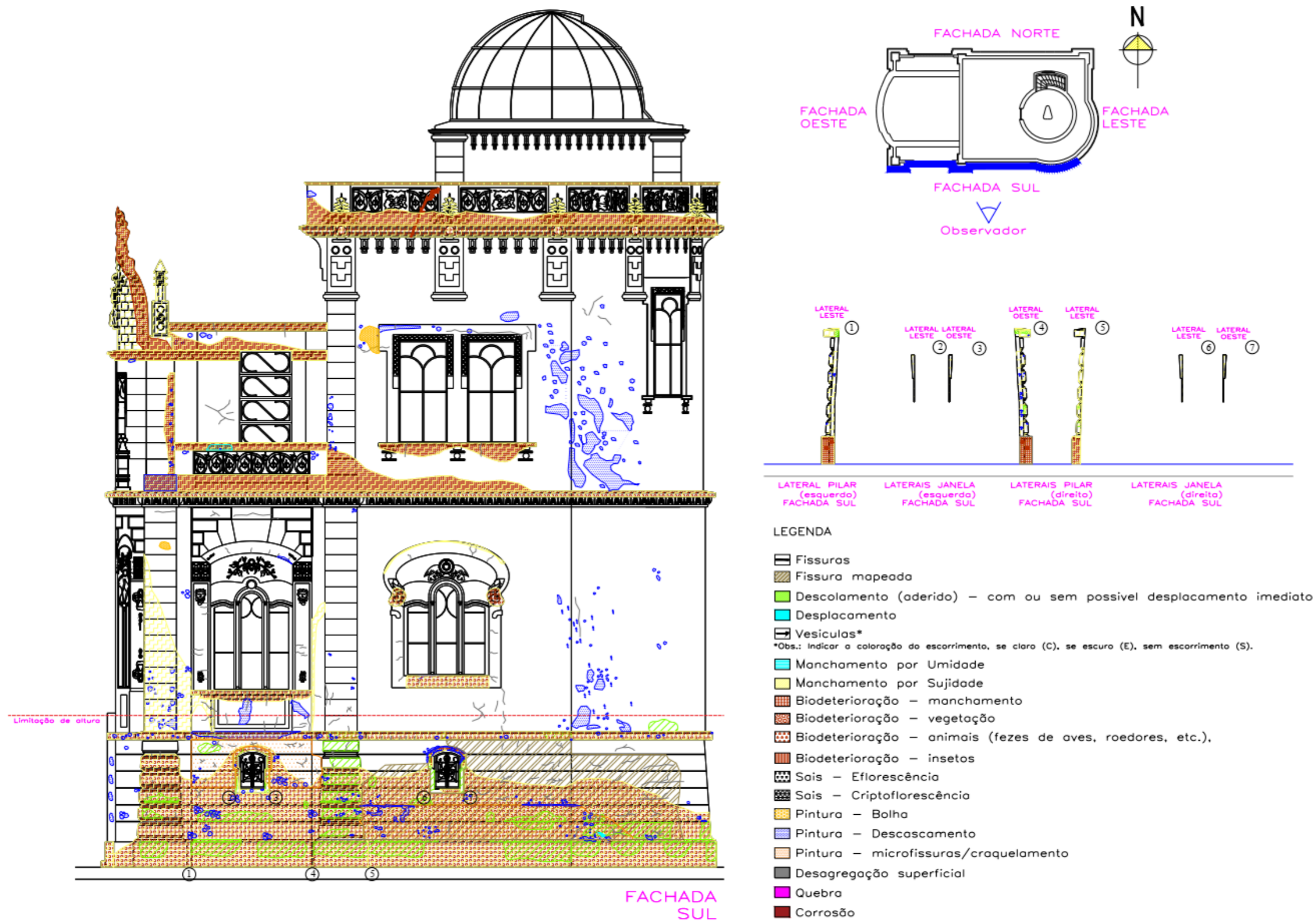


Figura 81 – Mapa de danos da Fachada Norte do OA



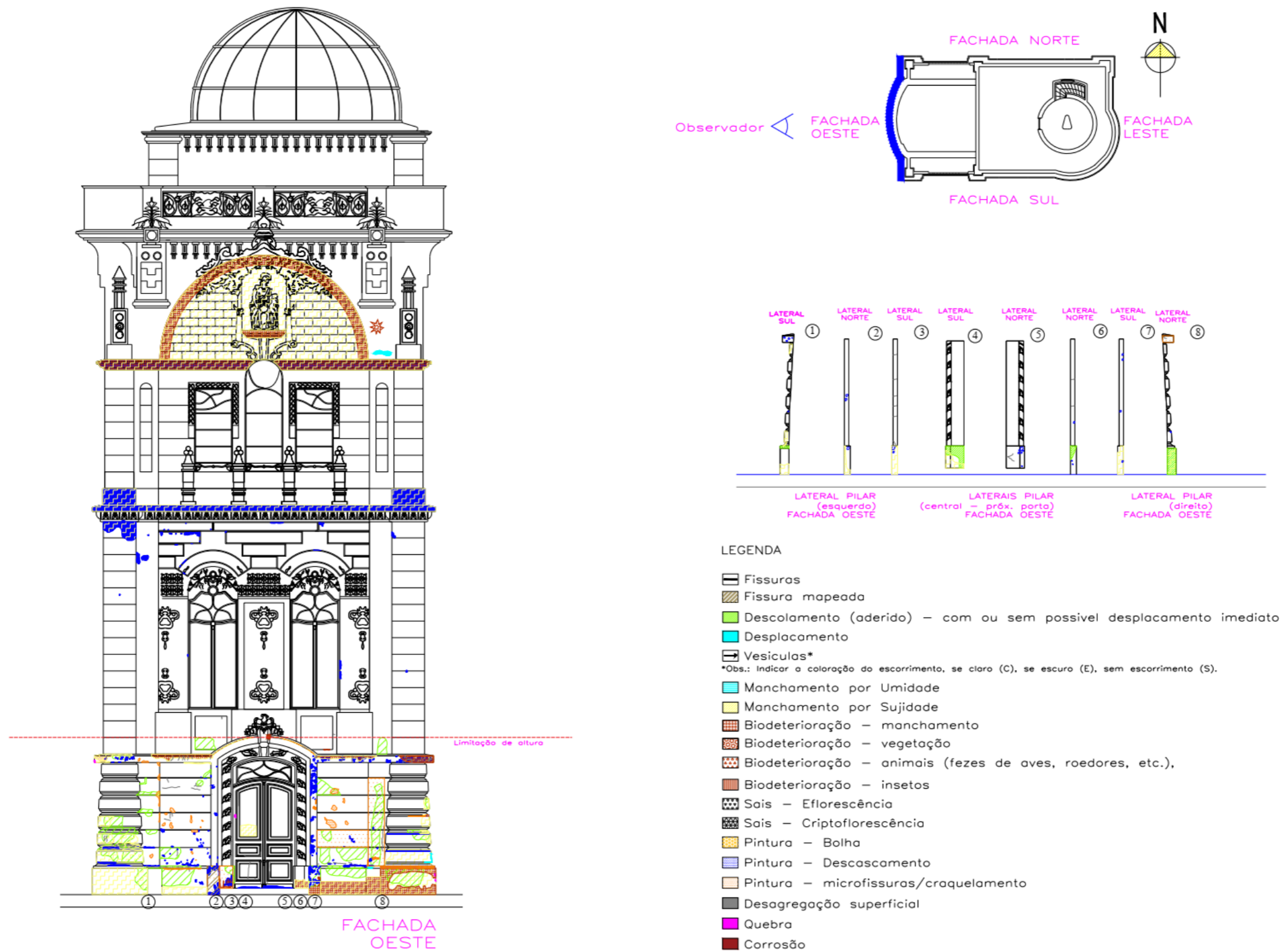
(fonte: Mapa de danos elaborado pela autora – plantas e fachadas fornecidas pelo: SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO, 2018))

Figura 82 – Mapa de danos da Fachada Sul do OA



(fonte: Mapa de danos elaborado pela autora – plantas e fachadas fornecidas pelo: SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO, 2018))

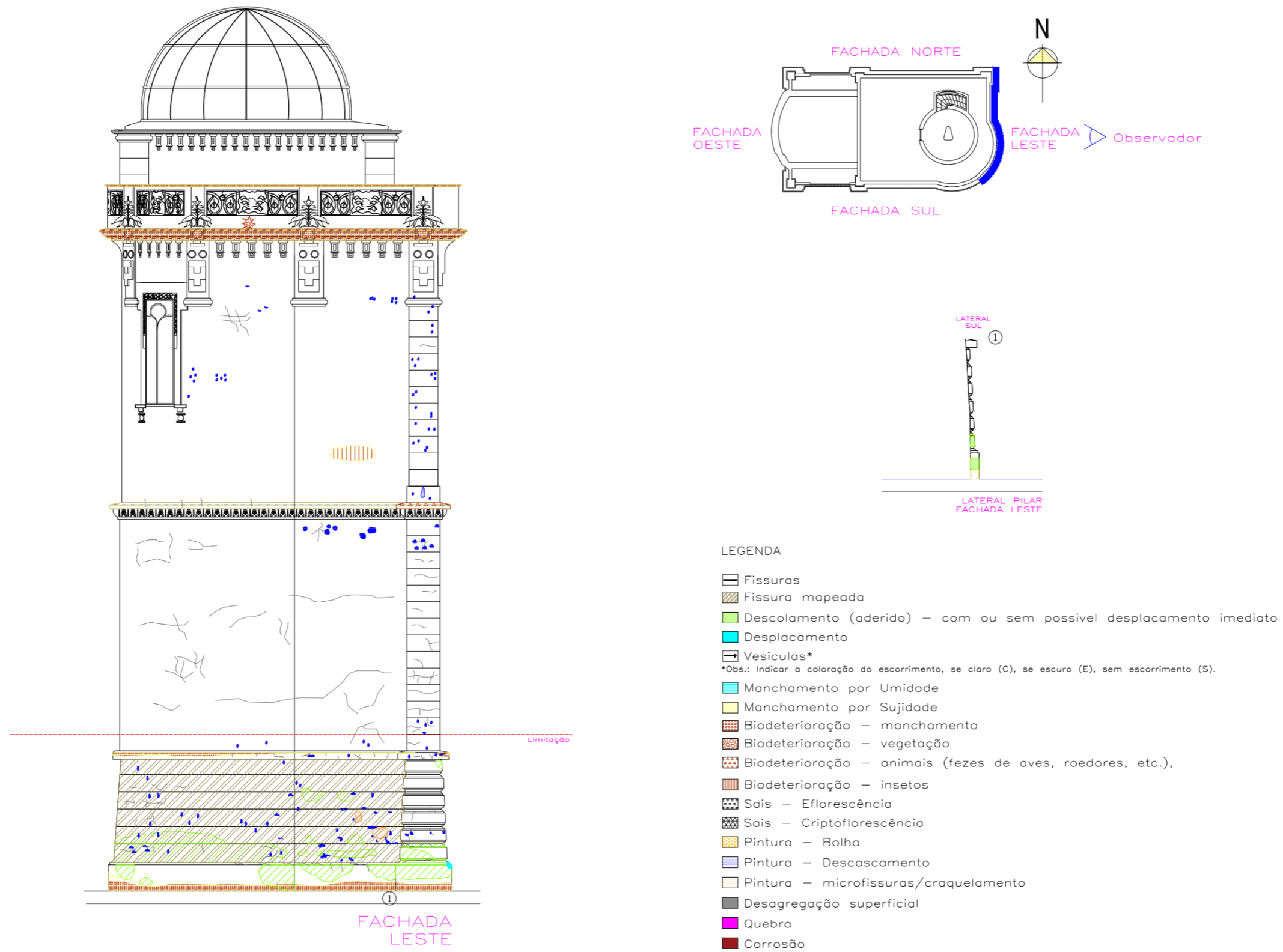
Figura 83 – Mapa de danos da Fachada Oeste do OA



(fonte: Mapa de danos elaborado pela autora – plantas e fachadas fornecidas pelo: SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO, 2018))

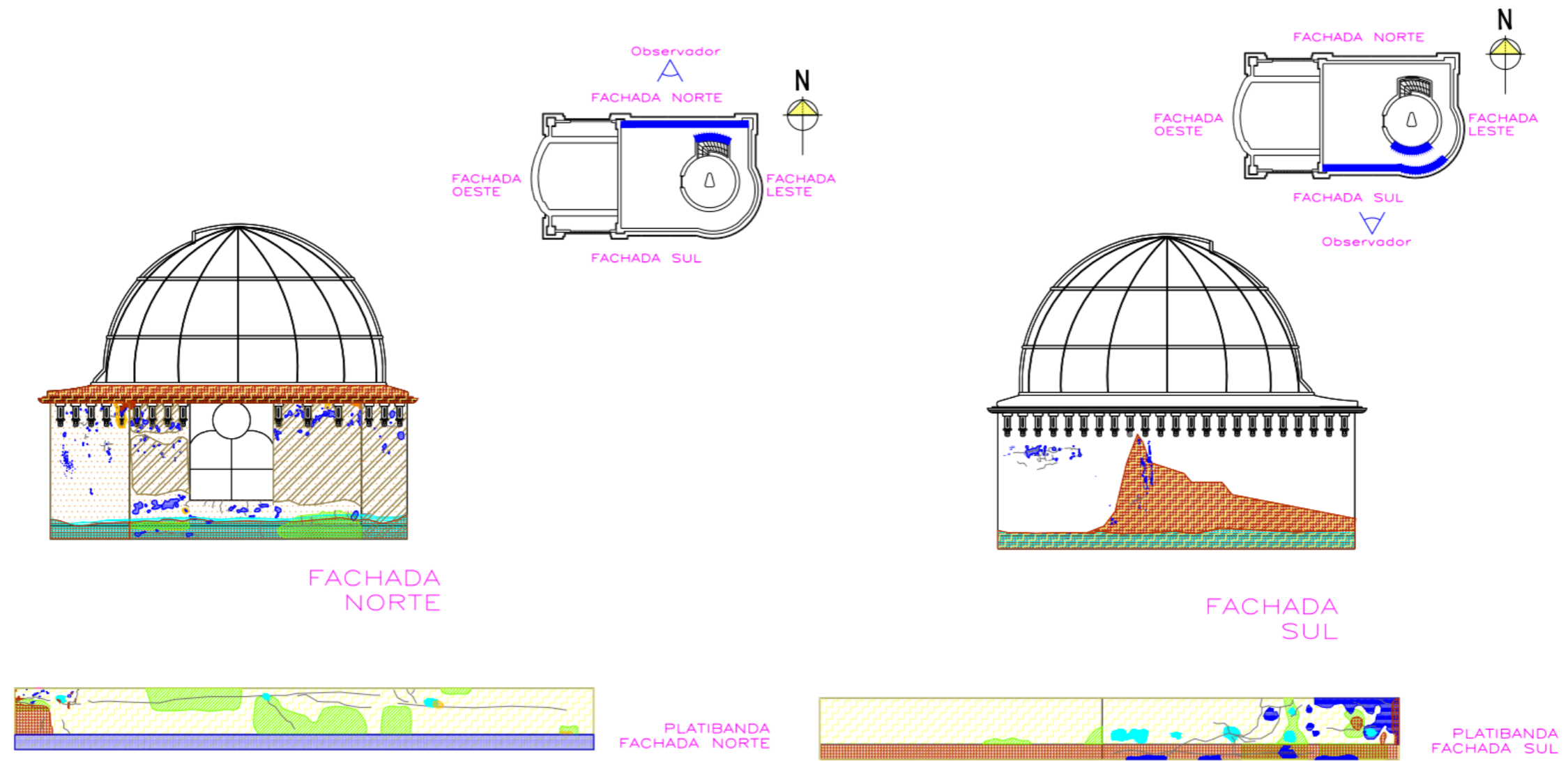


Figura 84 – Mapa de danos da Fachada Leste do OA



(fonte: Mapa de danos elaborado pela autora – plantas e fachadas fornecidas pelo: SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO, 2018))

Figura 85 – Mapa de danos da cobertura - fachada norte e sul do OA

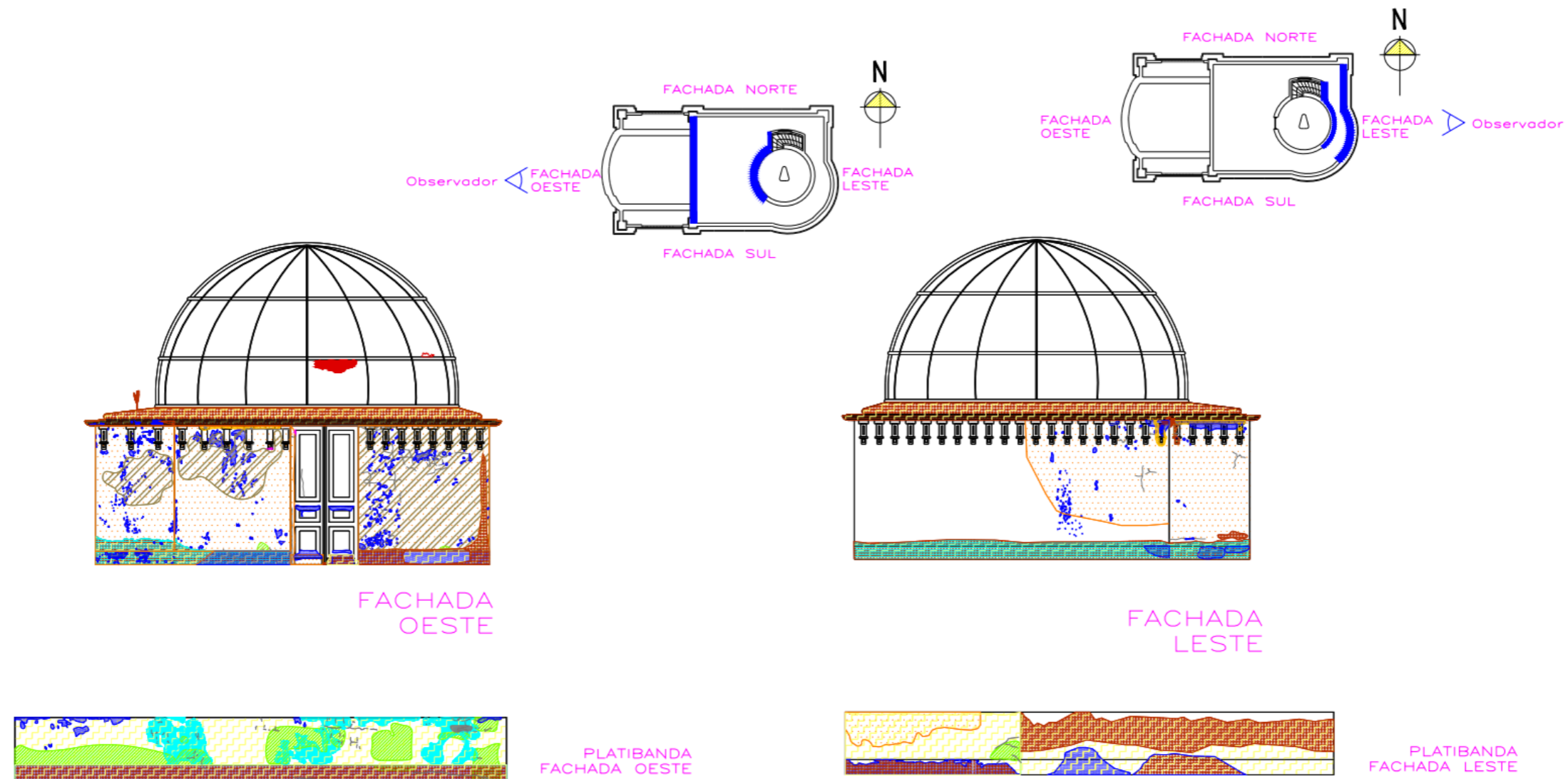


LEGENDA

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li> Fissuras</li> <li> Fissura mapeada</li> <li> Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato</li> <li> Deslocamento</li> <li> Vesículas*</li> <li><small>*Obs.: Indicar a coloração do escorrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escorrimento (S).</small></li> <li> Manchamento por Umidade</li> <li> Manchamento por Sujidade</li> <li> Biodeterioração – manchamento</li> <li> Biodeterioração – vegetação</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li> Biodeterioração – animais (fezes de aves, roedores, etc.),</li> <li> Biodeterioração – insetos</li> <li> Sais – Eflorescência</li> <li> Sais – Criptoflorescência</li> <li> Pintura – Bolha</li> <li> Pintura – Descascamento</li> <li> Pintura – microfissuras/craquelamento</li> <li> Desagregação superficial</li> <li> Quebra</li> <li> Corrosão</li> </ul> |
|--|---|

(fonte: Mapa de danos elaborado pela autora – plantas e fachadas fornecidas pelo: SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO, 2018))

Figura 86 – Mapa de danos da cobertura - fachadas oeste e leste do OA



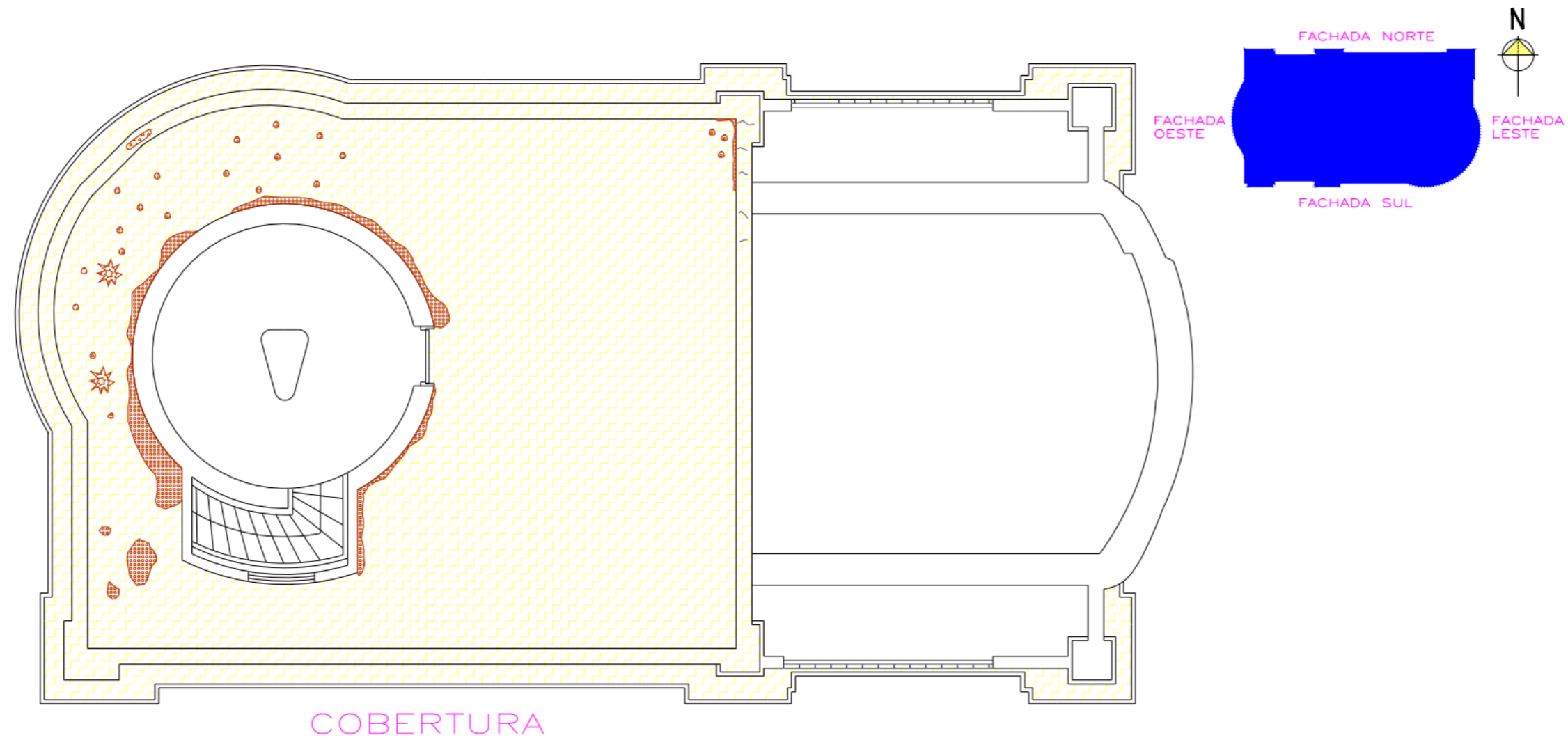
LEGENDA

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li> Fissuras</li> <li> Fissura mapeada</li> <li> Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato</li> <li> Deslocamento</li> <li> Vesículas*</li> <li><small>*Obs.: Indicar a coloração do escorrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escorrimento (S).</small></li> <li> Manchamento por Umidade</li> <li> Manchamento por Sujidade</li> <li> Biodeterioração – manchamento</li> <li> Biodeterioração – vegetação</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li> Biodeterioração – animais (fezes de aves, roedores, etc.),</li> <li> Biodeterioração – insetos</li> <li> Sais – Eflorescência</li> <li> Sais – Criptoflorescência</li> <li> Pintura – Bolha</li> <li> Pintura – Descascamento</li> <li> Pintura – microfissuras/craquelamento</li> <li> Desagregação superficial</li> <li> Quebra</li> <li> Corrosão</li> </ul> |
|--|---|

(fonte: Mapa de danos elaborado pela autora – plantas e fachadas fornecidas pelo: SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO, 2018))



Figura 87 – Mapa de danos do Piso da Cobertura do OA



LEGENDA

- Fissuras
- Fissura mapeada
- Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato
- Deslocamento
- Vesículas\*
- \*Obs.: Indicar o coloração do escoamento, se claro (C), se escuro (E), sem escoamento (S).
- Manchamento por Umidade
- Manchamento por Sujidade
- Biodeterioração – manchamento
- Biodeterioração – vegetação

- Biodeterioração – animais (fezes de aves, roedores, etc.),
- Biodeterioração – insetos
- Sais – Eflorescência
- Sais – Criptoflorescência
- Pintura – Bolha
- Pintura – Descascamento
- Pintura – microfissuras/craquelamento
- Desagregação superficial
- Quebra
- Corrosão

(fonte: Mapa de danos elaborado pela autora – plantas e fachadas fornecidas pelo: SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO, 2018))

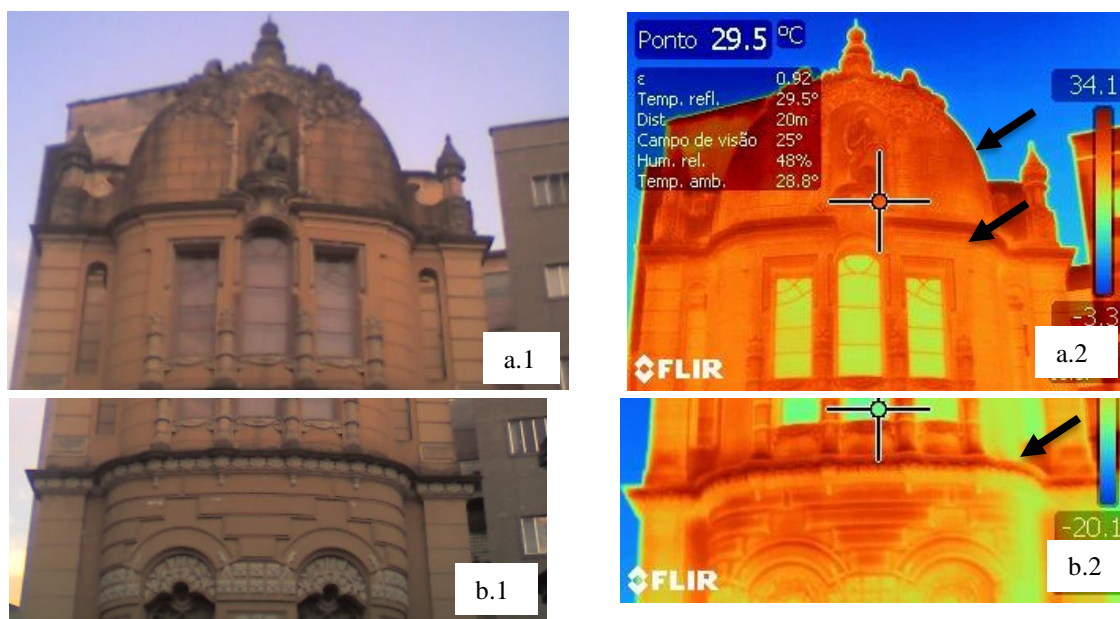
### 7.1.2 Termografia

Os registros realizados com a câmera termográfica estão apresentados nas figuras 88 até 108 e se referem as fachadas e cobertura do OA. Nestas fotografias, podem ser observadas manifestações patológicas identificadas em outras análises ou ensaios efetuados neste trabalho.

As fotografias com final “1”, se referem aos registros digitais das áreas inspecionadas e as de final “2”, dos respectivos termogramas.

Fachada Oeste: figuras 88 e 89. Por se tratar da fachada oeste, ela recebe os raios solares durante a maior parte da tarde, logo, as temperaturas superficiais são mais altas, visto que, as fotografias foram registradas, após as 17 horas e 30 minutos, quando o sol já não incidia diretamente, então as maiores temperaturas superficiais registradas foram vistas nesta fachada.

Figura 88 – a.1, a.2, b.1 e b.2: Fachada Oeste (parte superior)

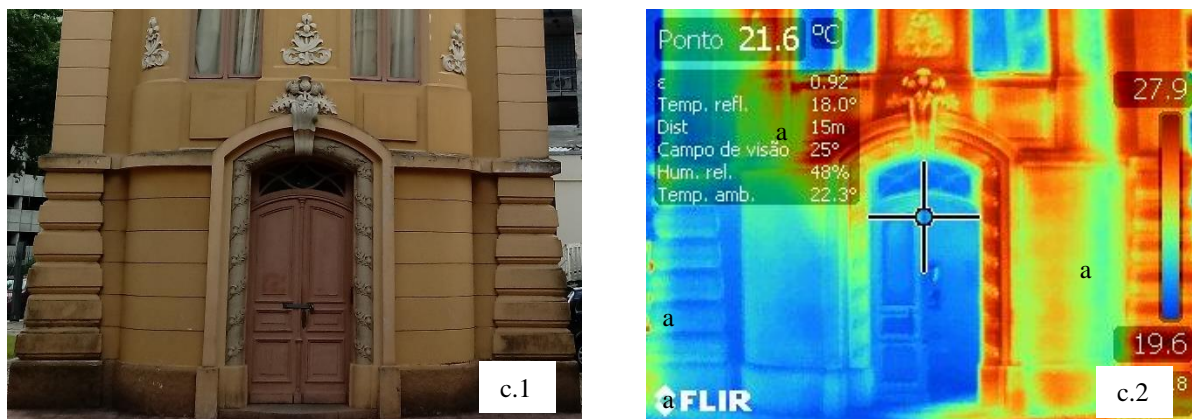


(fonte: foto da autora)

Nas figuras a.2 e b.2, podemos verificar áreas de cores mais intensamente avermelhadas (mais quentes), localizadas em regiões onde há maiores concentrações de manchamento por sujeidade, mas também, por biodeterioração, que tendem a ser as mais úmidas, logo, tenderiam a ser zonas

de menor temperatura (coloração fria), no entanto por serem manchas escuras, podem reter mais calor, resultando na imagem termográfica vista acima.

Figura 89 – c.1 e c.2: Fachada Oeste (parte inferior)

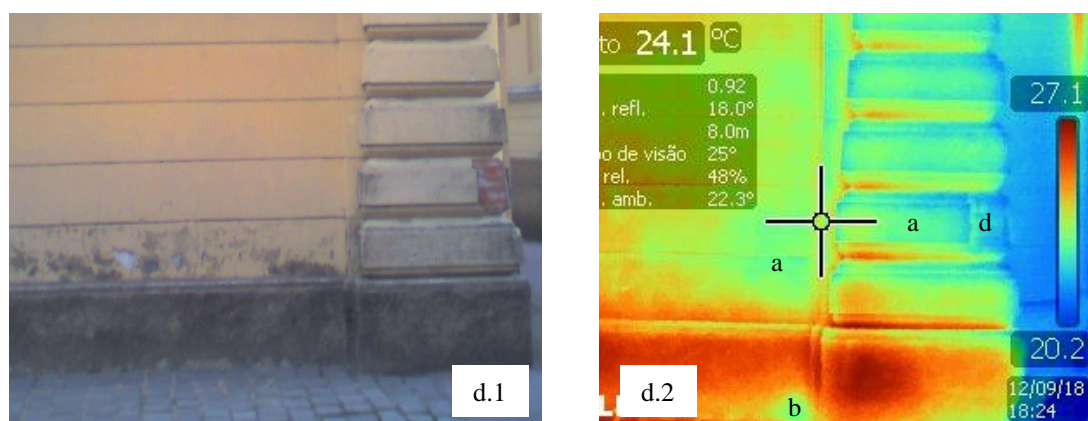


(fonte: foto da autora)

- a) cores mais claras (temperaturas mais baixas), indicando descolamento de revestimento nesta região, que pode ser verificado no ensaio de percussão também. Nas áreas de descolamento, há uma camada de ar entre substrato e o revestimento que pode provocar a redução de temperatura. Na figura c.1, não é possível constatar, somente com análise visual, esta anomalia.

Fachada Norte: figuras 90 até 94. A incidência de sol na fachada norte é bastante intensa principalmente ao meio dia. Pôde-se verificar, tanto nos termogramas, quanto posteriormente no ensaio de percussão, que esta é a fachada com maior ocorrência de descolamento de revestimento, talvez pela variação de temperatura ou devido às temperaturas altas. Inclusive há áreas onde houve deslocamento.

Figura 90 – d.1 e d.2: Fachada Norte (parte inferior direita)



(fonte: foto da autora)

- a) cores mais claras (temperaturas mais baixas) indicando descolamento de revestimento nesta região, que pode ser verificado no ensaio de percussão também.
- b) presença de vegetação e bolores.
- c) manchamento proveniente de sujeira e biodeterioração.
- d) deslocamento.

Figura 91 – e.1 e e.2: Fachada Norte (parte inferior à direita da porta)

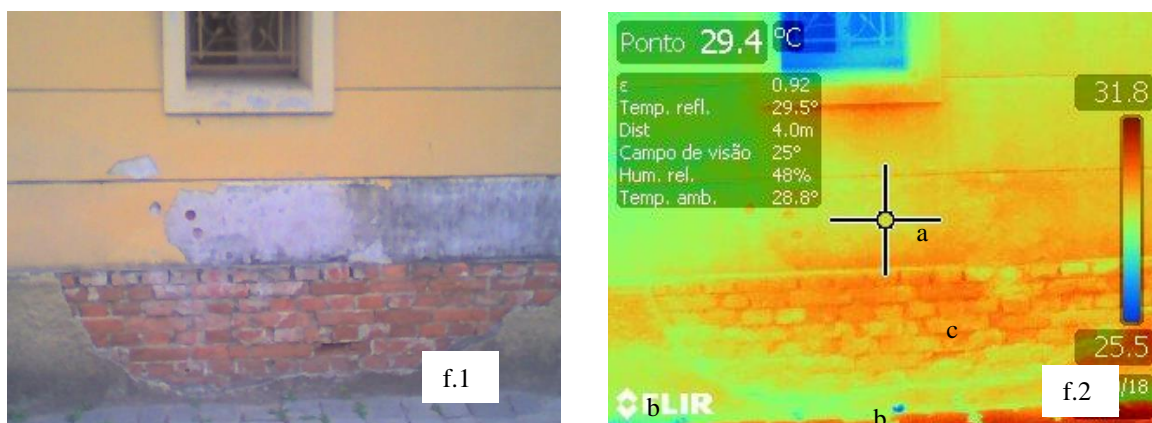


(fonte: foto da autora)



- a) cores azuladas (temperaturas mais baixas) indicando descolamento de revestimento nesta região, que pôde ser verificado no ensaio de percussão também.
- b) presença de vegetação e bolores.
- c) Desplacamento.

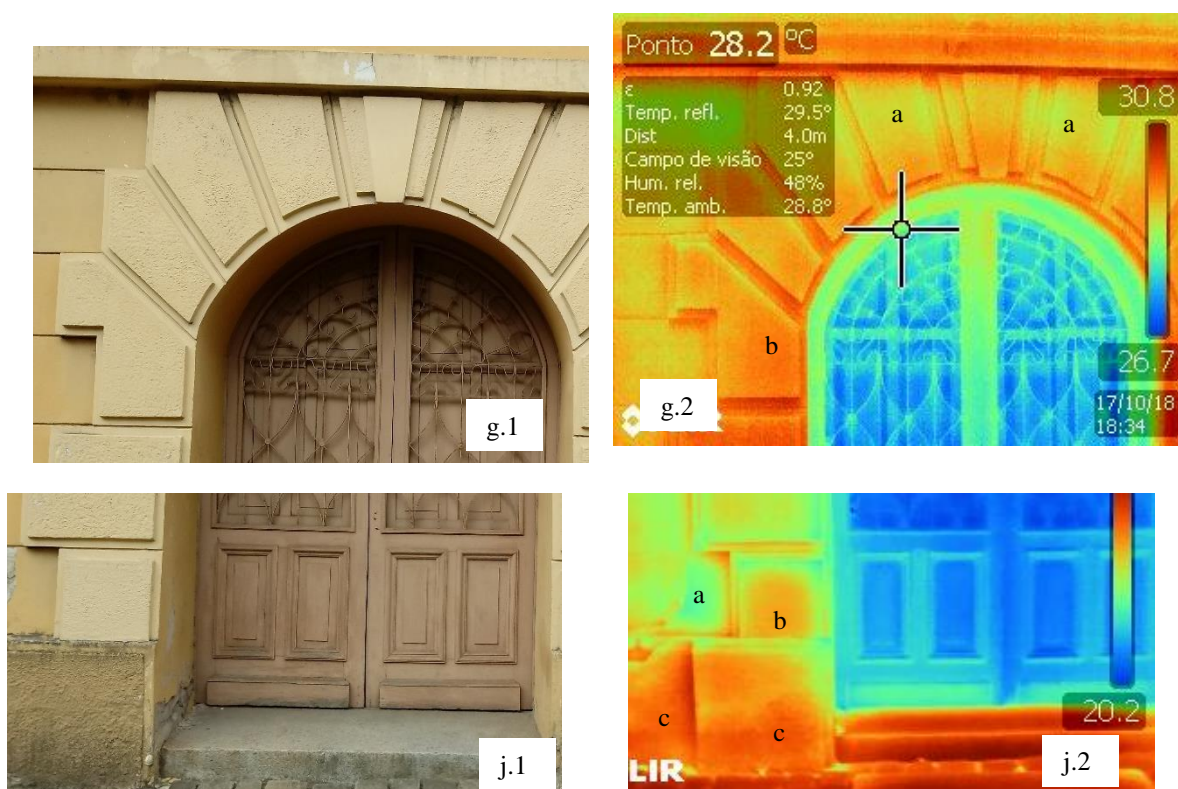
Figura 92 – f.1 e f.2.: Fachada Norte (parte inferior à esquerda da porta)



(fonte: foto da autora)

- a) deslocamento de reboco.
- b) presença de vegetação, bolores e manchamento por sujeira.
- c) deslocamento total do reboco. Blocos cerâmicos visíveis.

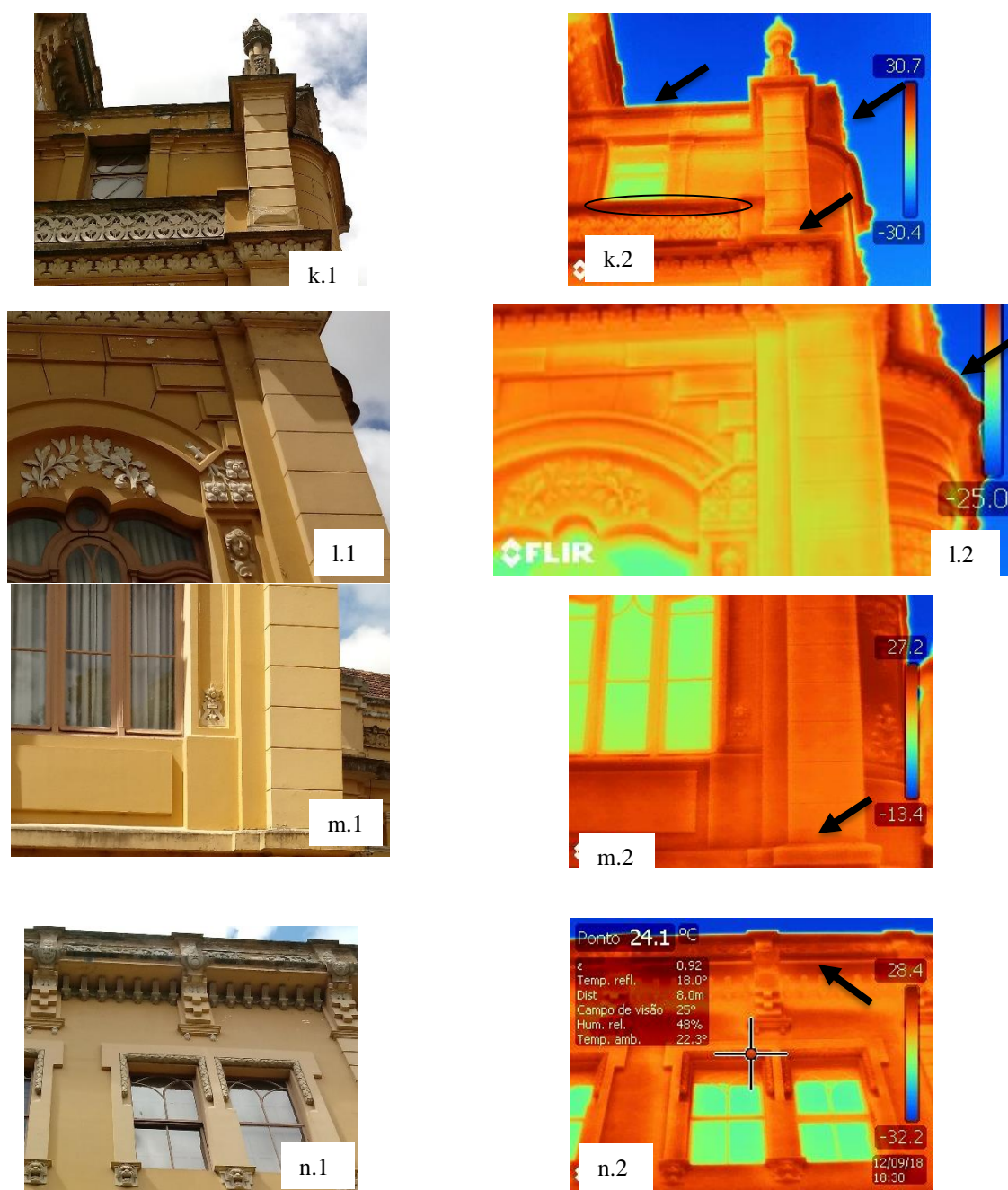
Figura 93 – g.1, g.2, j.1 e j.2: Fachada Norte (região da porta – parte superior)



(fonte: foto da autora)

- a) cores em tons mais claros (temperaturas mais baixas) indicando descolamento de revestimento nesta região, que pode ser verificado no ensaio de percussão também.
- b) manchamento por sujeidade.
- c) presença de bolores e manchamento por sujeidade.

Figura 94 – k.1, k.2, l.1 e l.2: Fachada Norte (região da porta – parte superior) e m.1 e m.2 (região da janela da direita)

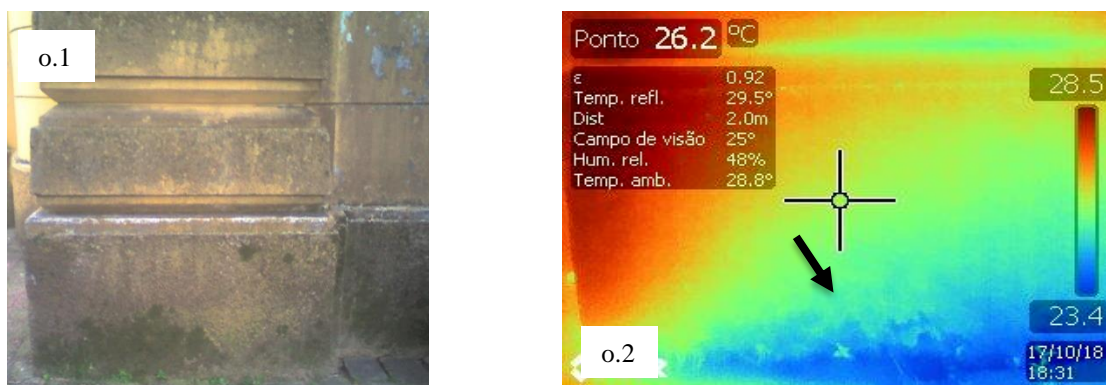


(fonte: foto da autora)

As fachadas, no geral estão cobertas por manchas de sujidades, no entanto, nas regiões cuja coloração se apresenta em tom avermelhado mais intenso, indica concentração maior de sujeidade, inclusive com manchamento por biodeterioração. Na figura k.2 está circulada uma área onde há fissura, deslocamento, inclusive com armadura aparente.

Fachada Sul: figuras 95 até 98. Na fachada sul não há incidência direta dos raios solares, desta maneira a umidade permanece por mais tempo, estes fatores colaboram para a ocorrência de crescimento microbológico, bem como, presença de vegetação que propiciam a biodeterioração. Os ventos provenientes do Sul, também carregam partículas que favorecem o manchamento por sujidade. Quando a umidade relativa do ar exterior é elevada (principalmente no período de inverno), ocorre condensação nestas superfícies mais frias (onde não há a secagem por incidência solar), formam-se então, zonas de retenção de umidade, favorecendo o acúmulo de sujidade e crescimento biológico. Na análise visual, pôde-se notar estas características, que foram confirmadas com os termogramas.

Figura 95 – o.1 e o.2.: Fachada Sul (parte inferior esquerda)

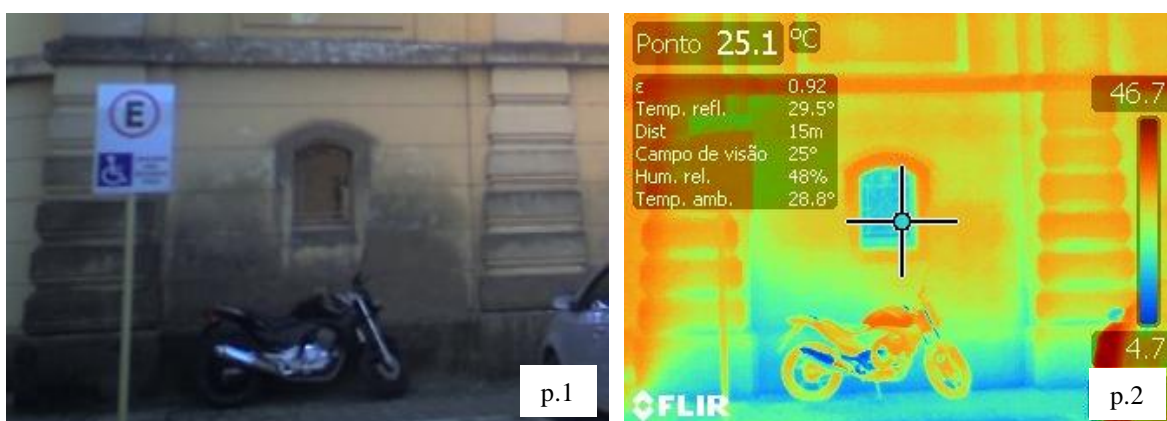


(fonte: foto da autora)

Em destaque, provável área com presença de umidade ascensional; na região destacada, também há desenvolvimento de bolores, além de vegetação próxima a base. Podem ser verificados manchamento por sujidade e biodeterioração. A zona de coloração avermelhada mais intensa, faz parte da interface com a fachada oeste, cuja incidência de raios solares permanece por períodos mais longos, pela tarde.



Figura 96 – p.1 e p.2.: Fachada Sul (parte inferior esquerda)



(fonte: foto da autora)

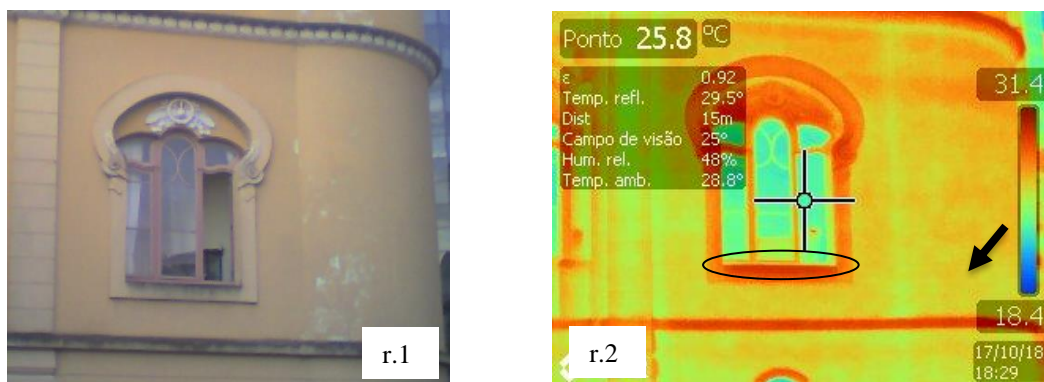
Na figura 96, observam-se cores azuladas (temperaturas mais baixas) na base, indicando provável presença de umidade ascensional. Pode-se verificar que, conforme mais afastada da base a coloração torna-se avermelhada com temperaturas mais altas.

Figura 97 – q.1 e q.2.: Fachada Sul (parte superior direita)



(fonte: foto da autora)

Figura 98 – r.1 e r.2.: Fachada Sul (parte intermediária direita)

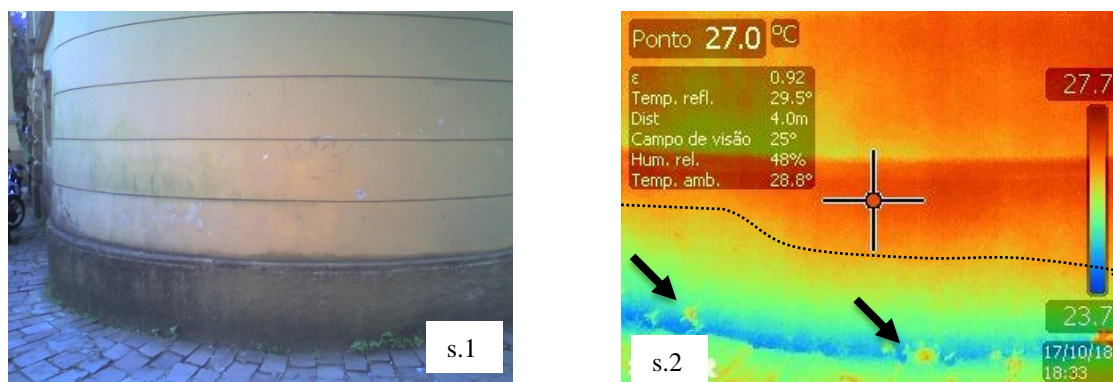


(fonte: foto da autora)

Nas figuras 97 e 98 foram observadas áreas com coloração avermelhada intensa, apresentando manchamento por sujeidade e biodeterioração. Região indicada por seta, caracterizada por descascamentos de tinta. No peitoril da janela, com cor avermelhada escura (área mais quente), há várias fissuras por onde água pode ingressar, se fosse o caso, dos registros terem sido feitos em período de incidência de chuva, provavelmente a coloração seria fria (azulada), em virtude da umidade.

Fachada Leste: figura 99. Na fachada há pouca incidência direta dos raios solares, uma vez que, o edifício da Engenharia Nova gera sombreamento sobre esta lateral.

Figura 99 – s.1 e s.2.: Fachada Leste (parte inferior)



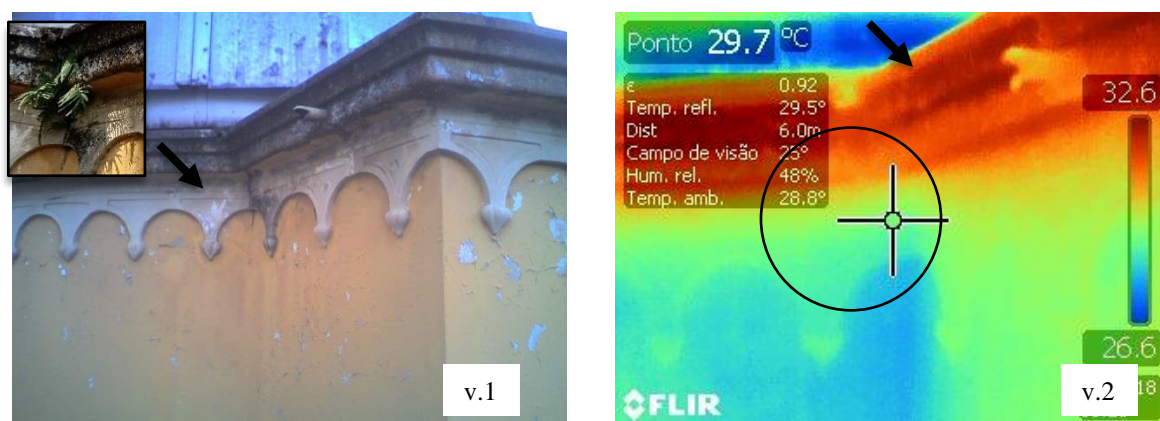
(fonte: foto da autora)

As setas na figura 99, indicam presença de vegetação em desenvolvimento. A coloração azulada na base sugere umidade ascensional; a região acima da linha pontilhada e com cores mais

intensas, apresentam descolamento. A base como um todo apresenta manchamento por sujeira e biodeterioração.

Cobertura: figuras 100 até 108. A cobertura compreende a construção que comporta a cúpula e a platibanda.

Figura 100 – v.1 e v.2.: Fachada Leste (cobertura)



(fonte: foto da autora)

A região circulada na figura 100 - v.2, apresenta cores mais claras, com temperaturas mais baixas, devido a umidade de infiltração, visto que, há uma fissura e uma vegetação em desenvolvimento (em destaque na figura v.1). Bolhas na pintura e processo de biodeterioração, também podem ser visualizados nesse local. As temperaturas mais altas (tons avermelhados), estão concentradas nas áreas onde predominam sujeira e biodeterioração.

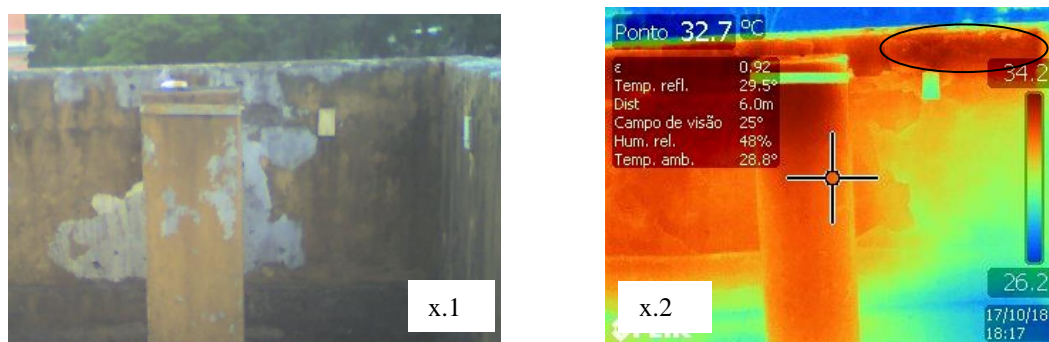
Figura 101 – w.1 e w.2.: Fachada Leste (cobertura – parte inferior)



(fonte: foto da autora)

Na figura 101, visualiza-se a coloração mais intensamente azulada (caracterizando temperaturas mais frias), indicando a retenção de maior umidade, presença de bolor, manchamento por sujeira, mas também, por biodeterioração, inclusive com fezes de insetos e aves. Por ser no piso, pode haver algum problema quanto ao caimento e condução de água da chuva. O piso é cerâmico e pode estar poroso, retendo maior umidade. Também é uma zona sombreada, o que dificulta a secagem por incidência solar, além de ser de difícil ventilação (secagem pelo vento).

Figura 102 – x.1 e x.2.: Fachada Oeste (platibanda – parte interna direita)



(fonte: foto da autora)

A região circulada na figura 102, apresenta fissura e umidade por infiltração.

Figura 103 – y.1 e y.2.: Fachada Oeste (platibanda – parte interna esquerda)

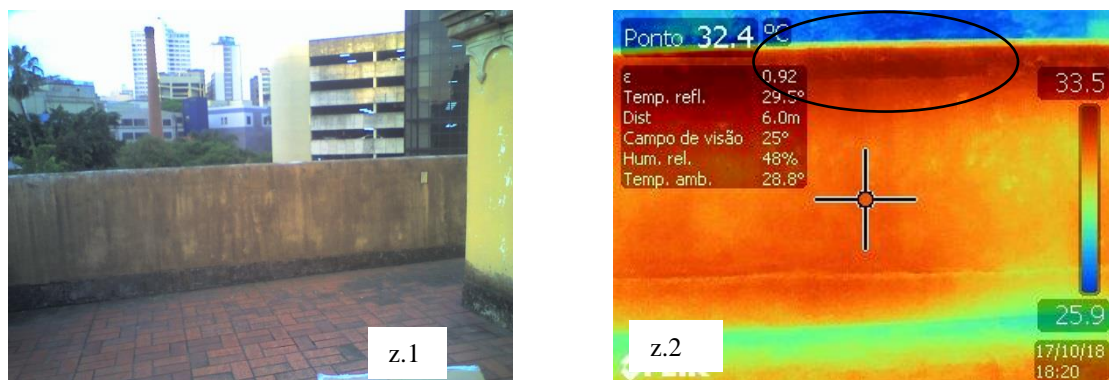


(fonte: foto da autora)

A região em azul claro (zona mais fria) na figura 103, destaca presença de manchamento por sujeira e biodeterioração. Área circulada identifica descolamento de revestimento e setas indicam temperaturas quentes onde há deslocamento de reboco.



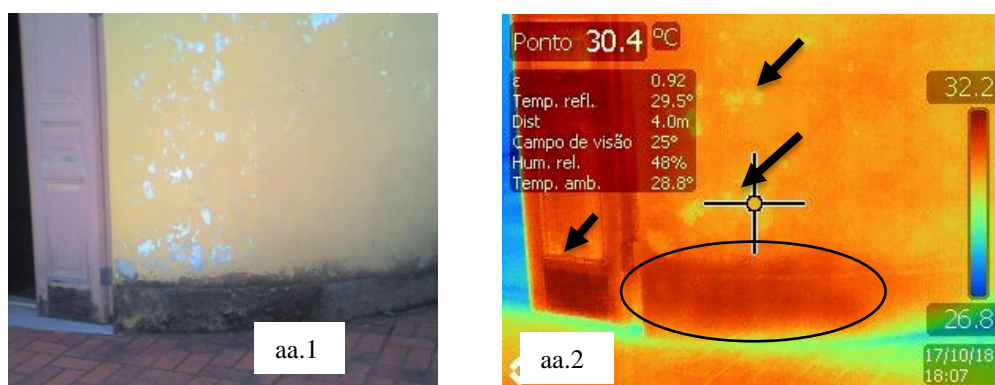
Figura 104 – z.1 e z.2.: Fachada Norte (platibanda – parte interna)



(fonte: foto da autora)

Na figura 104, a coloração avermelhada intensa (áreas mais quentes) onde há fissuras horizontais, se fosse período de chuvas, provavelmente estaria mais fria, em virtude, da presença de umidade de infiltração. Regiões em azul claro indicam presença de umidade, sujidade e biodeterioração. A região circulada destaca descolamento.

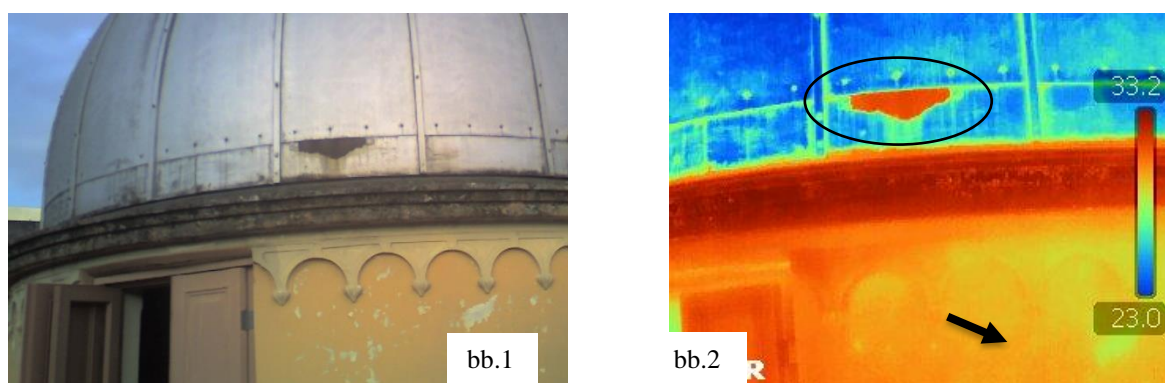
Figura 105 – aa.1 e aa.2.: Fachada Oeste (lateral direita da porta)



(fonte: foto da autora)

As setas na figura 105, indicam regiões que apresentam descascamento da pintura. Áreas com coloração vermelho intenso, com colônias de bolor, além de sujidade.

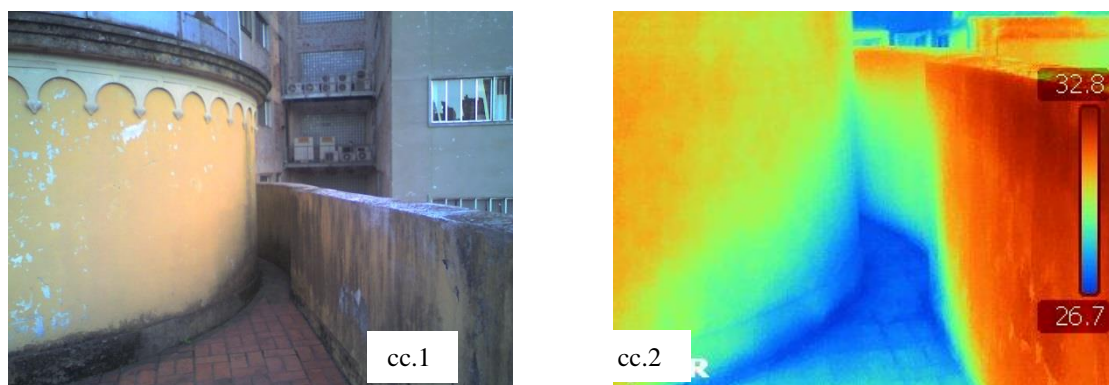
Figura 106 – bb.1 e bb.2.: Fachada Oeste (cúpula)



(fonte: foto da autora)

Regiões com coloração avermelhada intensa caracterizando manchamento por biodeterioração e sujeidade; a área circulada indica, na figura 106 (bb.2), corrosão na cúpula metálica e seta indicando descasamento de pintura.

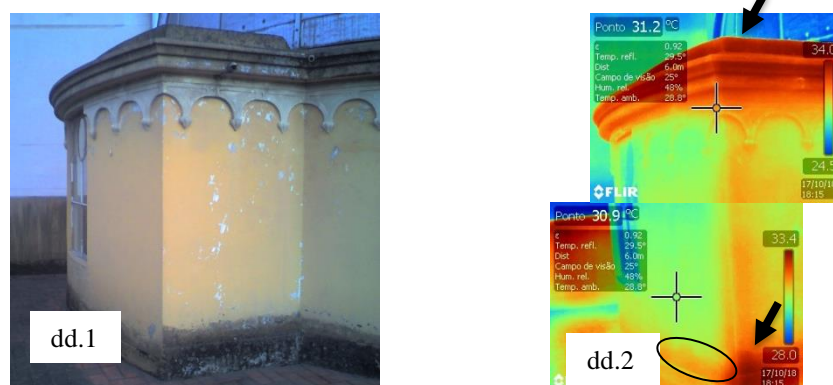
Figura 107 – cc.1 e cc.2.: Fachada Sul (lateral direita da porta)



(fonte: foto da autora)

As regiões em azul da figura 107, indicam sujidades, biodeterioração por bolores e fezes de insetos e aves.

Figura 108 – dd.1 e dd.2.: Fachada Norte



(fonte: foto da autora)

Na figura 108, a seta inferior indica provável umidade de infiltração; área circulada apresenta descolamento. Seta superior, região de concentração de sujeira e biodeterioração.

### 7.1.3 Percussão

O ensaio de percussão complementa a análise visual e a termográfica. As imagens das digitalizações resultantes das regiões marcadas previamente à mão, *in loco*, estão disponíveis no item 7.1.1, no mapa de danos, como descolamento, representados por linhas inclinadas em verde.

### 7.1.4 Reconstituição de traço

O ensaio de reconstituição de traço possibilitou a verificação dos prováveis traços, na tabela 1. Através deste ensaio também foram obtidos a distribuição granulométrica e o módulo de finura, disponíveis nas tabelas 2, 3 e 4. Na tabela 5, estão apresentados a média da composição granulométrica, dimensão máxima e módulo de finura do agregado. As curvas granulométricas dos agregados resultantes, podem ser conferidas na figura 112. Por meio das mencionadas informações, pôde-se conhecer melhor as propriedades dos agregados presentes nos traços de argamassas encontrados.



Tabela 1 – Traços prováveis

Amostra	Massa total seca (g)	Massa agregados (g)	Massa finos (g)	Massa carbonato de cálcio (g)	Massa molar do hidróxido (g)	Massa de hidróxido (g)	Proporção			Traço final (ligante:agregado)
							Hidróxido	Finos	Agregados	
1+5	44,21	32,16	2,36	9,69	74,00	7,17	1,00	0,33	4,48	1:3,37
2+4	65,45	45,63	6,38	13,44	74,00	9,95	1,00	0,64	4,59	1:2,79
3	39,43	19,63	10,92	8,88	74,00	6,57	1,00	1,66	2,99	1:1,12

(fonte: elaborada pela autora)

Da tabela 1, a amostra três se destaca pela riqueza do traço, com uma alta proporção de ligante, com relação a de agregado, relembrando que esta amostra 3 pertencia ao revestimento de argamassa da base do OA, na fachada sul. Os traços da amostra 1+5 e da 2+4 são bastante similares a outros obtidos através de ensaio de reconstituição de traço, realizados com amostras de outros prédios históricos.

Para comparação dos resultados obtidos, com os de outros estudos desenvolvidos em outras edificações históricas, pode-se citar o ensaio de reconstituição de traço realizado por Masuero *et al.* (2017) no Instituto Eletrotécnico pertencente ao Campus Central da UFRGS. Interessante informar que esta edificação, também foi projetada por Dr. Manoel Itaqui e começou a ser construída em 1908, ano da conclusão das obras do OA.

Os traços resultantes deste ensaio para a primeira fase da construção do Instituto Eletrotécnico, foram de 1:2,33 e 1:2,51 e para segunda fase de construção (mais recente), obteve-se o traço recuperado de 1:4,70. Exceto o traço de recuperação, os demais são próximos do resultado obtido para as amostras do OA, cuja média fica em torno de 1:2,43.

O relatório técnico referente a análise do revestimento das fachadas do prédio da Rádio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, foi elaborado por Masuero *et al.* (2018b) e para o ensaio de reconstituição de traço, também utilizou o método do ICCROM (TEUTONICO, 1988). Este prédio foi executado entre 1920 e 1921 e projetado em 1919 por Adolph Alfred Stern. Do ensaio realizado, os traços constatados foram os apresentados na figura 109.

Figura 109 – Proporções ligante: agregado – Rádio/UFRGS

IDENTIFICAÇÃO	PROVÁVEL PROPORCIONAMENTO (LIGANTE:AGREGADO)
AMOSTRA 1	1:2,96
AMOSTRA 2	1:2,89
AMOSTRA 3	1:3,48
AMOSTRA 4	1:2,76
AMOSTRA 5	1:2,38
AMOSTRA 6	1:2,51
AMOSTRA 7	1:2,31
AMOSTRA 8	1:1,91

(fonte: MASUERO *et al.*, 2018b)

Para os resultados da figura 109, o traço provável da argamassa de revestimento foi a média dos traços das amostras 1 a 7, que são mais similares, resultando em 1:2,66 (aglomerante: agregado, em massa). Verifica-se que, assim como os traços obtidos no Instituto eletrotécnico, os resultados obtidos para a Rádio são próximos aos do OA.

Com estes comparativos podem ser percebidas similaridades, bem como, a existência de variabilidade entre os traços de uma mesma construção, dependendo da localização de extração de amostra ou da época da execução do revestimento, ou ainda, se é material de reparo realizado em outro período posterior ao executado primeiramente. Por esta razão, para escolha do local de coleta de amostra, procura-se por local onde a argamassa de revestimento seja provavelmente original.

O ensaio de reconstituição de traço possibilitou a determinação dos traços das três amostras extraídas do OA, cujo traço médio é de 1:2,43 (ligante: agregado, em massa). Com este ensaio pôde-se realizar também a composição granulométrica do agregado utilizado originalmente.

As figuras 110 (a), (b) e (c) mostram a distribuição granulométrica das amostras, onde podem ser verificadas a coloração e a morfologia semelhantes, evidenciando que, provavelmente, as argamassas das diferentes amostras foram moldadas em um mesmo período, demonstrando ser originais. Na figura 111 (a), (b) e (c), apresenta-se os grãos em lupa estereoscópica, observa-se que possuem formato mais arredondado e a coloração dos grãos é clara, em tons brancos e roseados. Na imagem 111 (b), os grãos estão pouco mais escuros, que (a) e (c), provavelmente, em razão da iluminação, no momento do registro.

Figura 110 – Distribuição granulométrica: a. amostra 1+5; b. amostra 2+4; c. amostra 3



(fonte: fotos da autora)

Figura 111 – Grãos visualizados com lupa estereoscópica: a. amostra 1+5; b. amostra 2+4; c. amostra 3



(fonte: fotos da autora)

Tabela 2 – Composição granulométrica – amostra 1+5

Granulometria (g) - 26/07/2018 - Amostra 1+5						
Abertura de malha Peneiras (mm)	Tara (g)	m + t (g)	massa	Fração	Retido	Retido
		1+5	1+5	1+5	1+5	1+5
4,8	559,92	560,21	0,29	0,009	0,91%	0,91%
2,4	469,19	471,49	2,30	0,072	7,20%	8,11%
1,2	377,27	381,13	3,86	0,121	12,09%	20,20%
0,6	346,31	350,11	3,80	0,119	11,90%	32,10%
0,3	351,50	363,22	11,72	0,367	36,71%	68,81%
0,15	294,96	303,50	8,54	0,267	26,75%	95,55%
0,075	387,61	388,75	1,14	0,036	3,57%	99,12%
Fundo	305,22	305,50	0,28	0,009	0,88%	100,00%
<b>Massa total agregados (g):</b>			<b>31,93</b>	<b>1,00</b>	<b>100%</b>	
<b>Módulo de finura:</b>			<b>3,25</b>			

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 3 – Composição granulométrica – amostra 2+4

<b>Granulometria (g) - 26/07/2018 - Amostra 2+4</b>						
<b>Abertura de malha Peneiras (mm)</b>		<b>m + t</b>	<b>massa</b>	<b>Fração</b>	<b>Retido</b>	<b>Retido</b>
	<b>Tara (g)</b>	<b>02+04</b>	<b>02+04</b>	<b>02+04</b>	<b>02+04</b>	<b>02+04</b>
4,8	559,92	560,12	0,20	0,004	0,44%	0,44%
2,4	469,19	474,16	4,97	0,109	10,88%	11,32%
1,2	377,27	387,26	9,99	0,219	21,88%	33,20%
0,6	346,31	353,85	7,54	0,165	16,51%	49,72%
0,3	351,50	363,64	12,14	0,266	26,59%	76,30%
0,15	294,96	303,16	8,20	0,180	17,96%	94,26%
0,075	387,61	389,99	2,38	0,052	5,21%	99,47%
Fundo	305,22	305,46	0,24	0,005	0,53%	100,00%
<b>Massa total agregados (g):</b>			<b>45,66</b>	<b>1,00</b>	<b>100,00%</b>	
<b>Módulo de finura:</b>		<b>3,65</b>				

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 4 – Composição granulométrica – amostra 3

<b>Granulometria (g) - 26/07/2018 - Amostra 2+4</b>						
<b>Abertura de malha Peneiras (mm)</b>		<b>m + t</b>	<b>massa</b>	<b>Fração</b>	<b>Retido</b>	<b>Retido</b>
	<b>Tara (g)</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
4,8	559,92	560,01	0,09	0,005	0,46%	0,46%
2,4	469,19	470,66	1,47	0,075	7,53%	8,00%
1,2	377,27	381,56	4,29	0,220	21,99%	29,98%
0,6	346,31	349,35	3,04	0,156	15,58%	45,57%
0,3	351,50	358,02	6,52	0,334	33,42%	78,99%
0,15	294,96	297,93	2,97	0,152	15,22%	94,21%
0,075	387,61	388,64	1,03	0,053	5,28%	99,49%
Fundo	305,22	305,32	0,10	0,005	0,51%	100,00%
<b>Massa total agregados (g):</b>			<b>19,51</b>	<b>1,00</b>	<b>100,00%</b>	
<b>Módulo de finura:</b>		<b>3,57</b>				

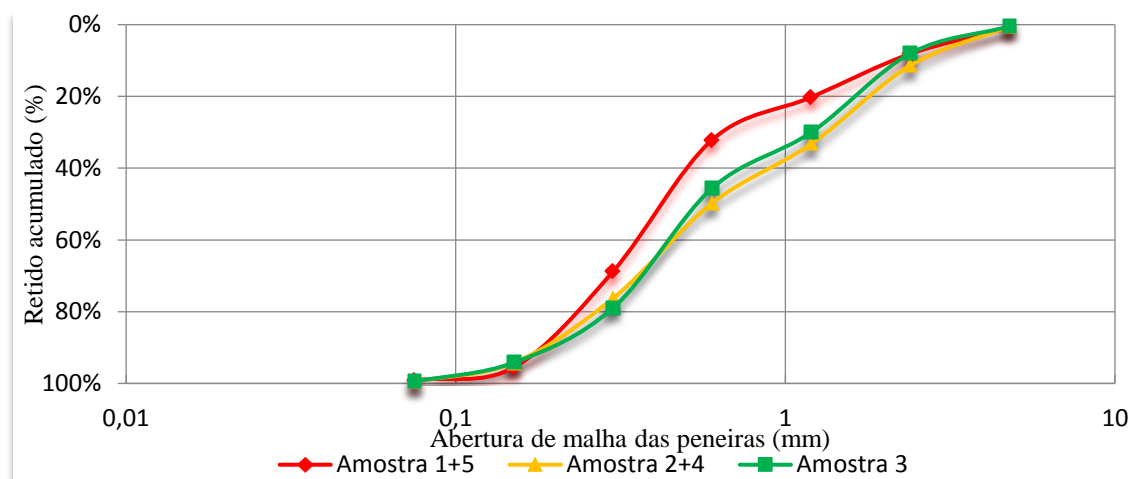
(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 5 – Média da composição granulométrica, dimensão máxima e módulo de finura do agregado

Abertura de malha Peneiras (mm)	Retido - média (%)
4,8	0,60%
2,4	8,54%
1,2	18,65%
0,6	14,67%
0,3	32,24%
0,15	19,98%
0,075	4,69%
Dimensão máx.	<b>4,80</b>
Módulo de finura:	<b>3,49</b>

(fonte: elaborada pela autora)

Figura 112 – Curva granulométrica



(fonte: elaborado pela autora)

Analisando a figura 112, as composições granulométricas e as curvas granulométricas mostram que os agregados são predominantemente silicosos, considerando a porcentagem retida acumulada, pode-se caracterizar a areia utilizada nas argamassas como sendo de granulometria média ou grossa, de acordo com classificação indicada em versão anterior da ABNT NBR 7211 (1983), sendo majoritariamente agregados miúdos, passantes da malha de 4,8mm.

Para realização de intervenção futura nos revestimentos de argamassa, o ensaio de reconstituição de traço é altamente necessário, visto que, a partir das informações adquiridas

pode-se propor um traço a ser utilizado, mais compatível entre as argamassas novas para reparo e as antigas que ainda permaneceram.

### 7.1.5 Análise de sais

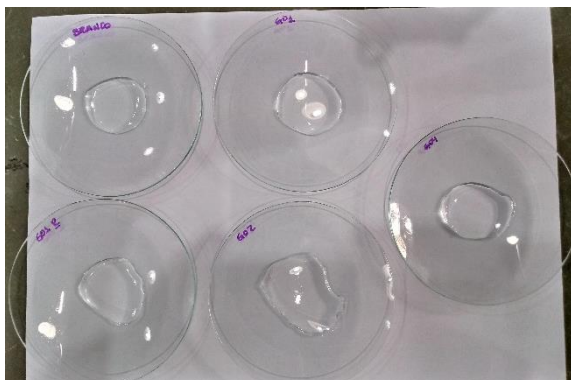
No quadro 4, estão apresentados os resultados do ensaio qualitativo de sais solúveis. Na figura 113, observa-se que não houve reação que indicasse a presença de nitrato; na figura 114 (a-d), referente ao ensaio de cloretos e as figuras de 115 (a-d) ao de sulfatos, verifica-se as comparações com teste em branco, para avaliação da quantidade de sais presentes.

Para análise qualitativa de sais, foram utilizadas pequenas porções das amostras 1 (argamassa de assentamento e revestimento), 2 e 4, extraídas para reconstituição de traço.

Quadro 4 – Resultados dos testes qualitativos de sais solúveis				
AMOSTRA (AM.)	1 - Assentamento	1 - Revestimento	2	4
Nitrato	-	-	-	-
Cloreto	+	+++	++	++
Sulfato	-	+	+++	-
LEGENDA	-	+	++	+++
	ausência	pequena quantidade	média quantidade	grande quantidade

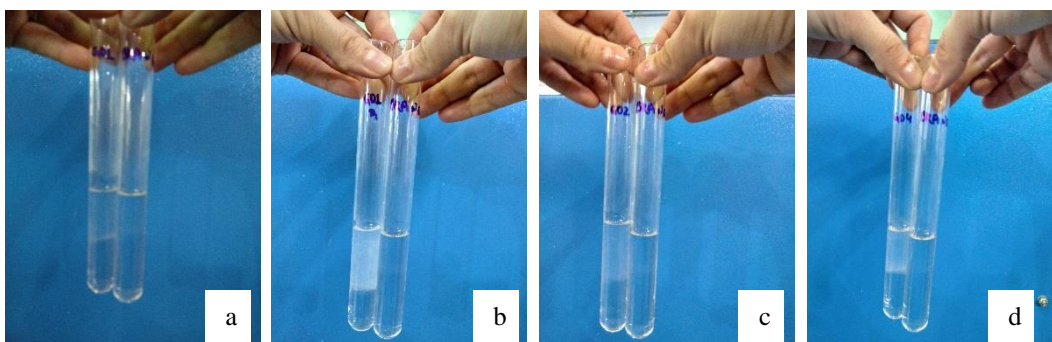
(fonte: elaborado pela autora)

Figura 113 – Resultado do teste para verificação de presença de nitrato – não reativo



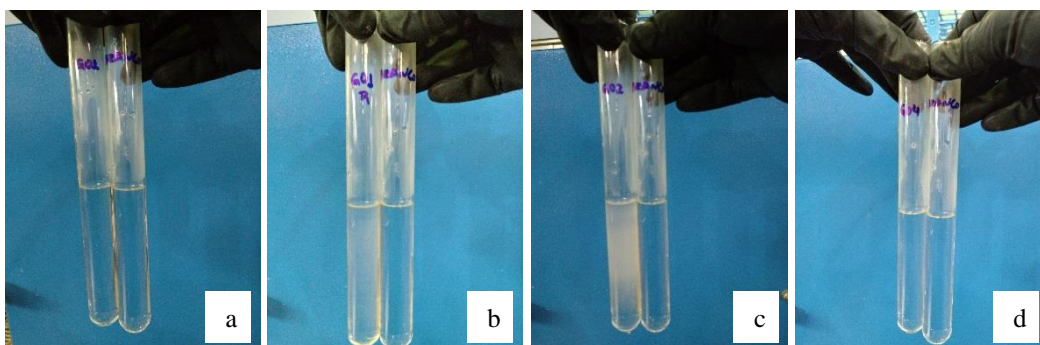
(fonte: foto da autora)

Figura 114 – Resultado do teste para verificação de presença de cloreto: a. amostra 1 – assentamento; b. amostra 1 – revestimento; c. amostra 2; d. amostra 4.



(fonte: foto da autora)

Figura 115 – Resultado do teste para verificação de presença de sulfato: a. amostra 1 – assentamento; b. amostra 1 – revestimento; c. amostra 2; d. amostra 4.



(fonte: foto da autora)

Para comparação dos resultados obtidos, com os de outros estudos realizados em outras edificações históricas, cabe citar a análise qualitativa de sais efetuada por Masuero *et al.* (2017), no Instituto Eletrotécnico pertencente ao Campus Central da UFRGS, utilizando as mesmas recomendações de Teutonico (1988).

Como verificado no OA, no Instituto Eletrotécnico não houve presença de nitratos em nenhuma das amostras coletadas e a de cloretos foi a predominante, apenas em uma das fachadas não foi observada a ocorrência de sulfatos. Conclui-se que os resultados apresentados foram bastante similares a este. Assim como para o OA, nos pontos de análise não haviam efluorescências, mas, em ambas construções, se as regiões entrarem em contato com a umidade, os sais presentes nos revestimentos, podem solubilizar, migrar e cristalizar, resultando nesta manifestação patológica.



Para a Igreja Nossa Senhora das Dores, em Porto Alegre, foi realizada análise quantitativa de sais solúveis, por Masuero *et al.* (2009) e para determinação dos teores de sais (cloretos e sulfatos), foram adotados os padronizados pelo LACOR – Laboratório de Corrosão, Proteção e Reciclagem de Materiais da UFRGS. Esta construção histórica foi concluída em 1901.

Para o método adotado na Igreja Nossa Senhoras da Dores, há uma classificação quanto a possibilidade de ocorrência de danos causados pela presença de sais, do nível 0 (dificilmente aparecerá danos) ao 4 (exagerada carga de sais), ou seja, quanto maior o nível, maior presença de sais e conseqüentemente, probabilidade de manifestações patológicas se desenvolverem. Para o ensaio de cloretos, das 18 amostras coletadas, sete foram identificadas como nível 3, três como nível 4 e em oito amostras não foi detectada presença de cloretos. Já para o ensaio de sulfatos, das 18 amostras, apenas uma foi de nível 4, duas foram de nível 3, três de nível 2, nove de nível 1 e três de nível 0. Não foram realizados testes para detecção de nitratos.

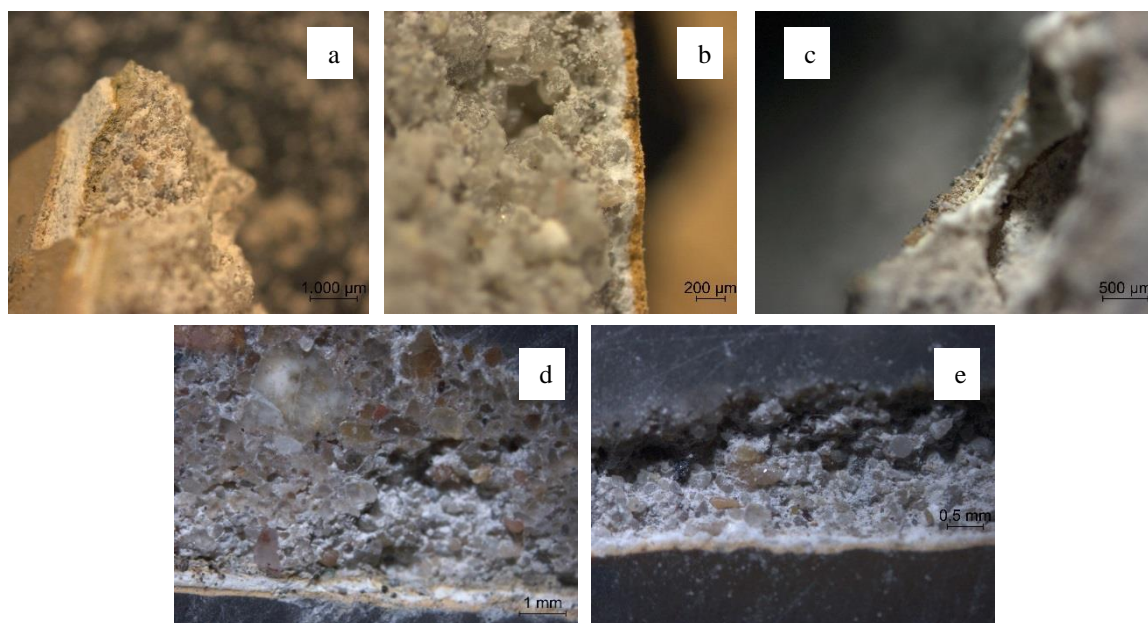
Desta maneira, pode-se observar que, tanto na Igreja Nossa Senhora das Dores, quanto no OA e no Instituto Eletrotécnico os cloretos são predominantes, com relação aos sulfatos. Importante salientar, que o método utilizado para fazer a análise de presença de sais solúveis neste trabalho, método qualitativo, embora relevante, poderia ser complementado pela análise quantitativa de sais, para classificação do nível de danos prováveis no revestimento.

### **7.1.6 Prospecção estratigráfica de pintura**

Através das amostras íntegras extraídas, foram observadas as diferentes camadas de tinta em lupa estereoscópica. Pequena parcela das amostras foram embutidas em resina para lixamento e polimento, para verificação mais precisa das camadas. A prospecção estratigráfica de pinturas permite a visualização das camadas paralelas e em ordem cronológica, desta forma, complementando as análises realizadas.

Na figura 116 de (a) até (e), pode-se observar as camadas de revestimentos em argamassa, selante e pinturas.

Figura 116 – Amostras íntegras: (a) 1; (b) 2; (c) 3 / Amostras embutidas em resina: (d) 1; e (e) 4

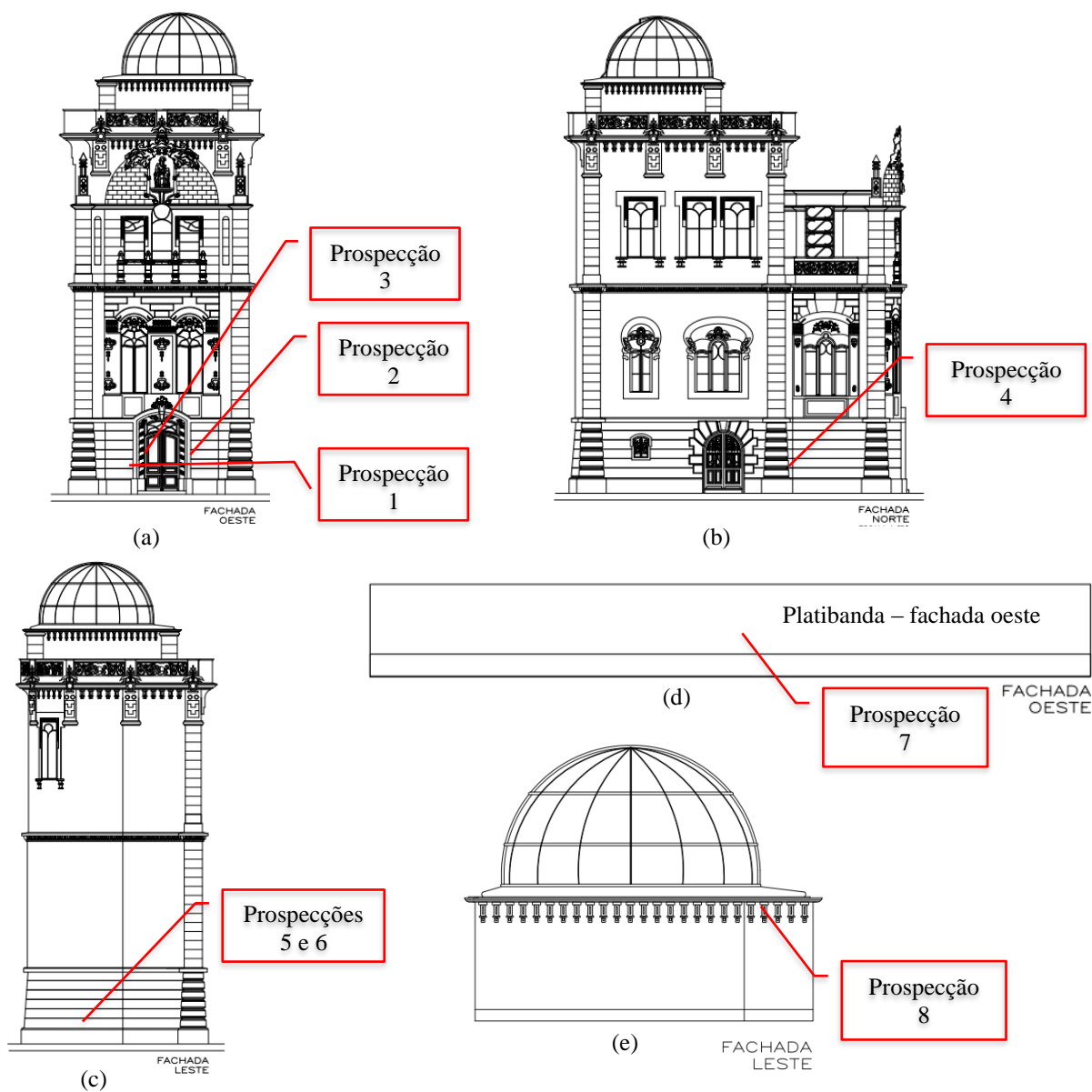


(fonte: fotos da autora)

As figuras visualizadas acima (figura 116), permitem ter uma boa noção do número de camadas, desde o revestimento até o acabamento em tinta, até mesmo os tons, mas, em pequenas faixas, pela imagem ser perpendicular. Com a prospecção estratigráfica de pinturas, as camadas de revestimento de tinta foram visualizadas, contabilizadas e comparadas com catálogo para determinação de composição de cores mais fidedigna a original.

A localização das prospecções realizadas no OA, está apresentada na figura 117. Através das prospecções estratigráficas de pintura, realizadas em pontos distintos do OA, foram desenvolvidas composições de cores, escolhidas por semelhança com as cores originais.

Figura 117 – Localização de extração de amostras: (a) Fachada Oeste - (1) Lateral esquerda da porta, (2) Lateral a direita da porta, (3) Ornamento da porta (a esquerda); (b) Fachada Norte – (4) Lateral do pilar a direita da porta; (c) Fachada Leste – (5 e 6) parede; (d) Fachada Oeste cobertura – (7) mureta; (e) Fachada Leste cobertura – (8) ornamento.



(fonte: Adaptado pela autora - SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO, 2018)

As prospecções estratigráficas de pintura foram realizadas cuidadosamente com bisturi e o catálogo utilizado foi um comercial nacional. Algumas das características de cada ponto estão descritas a seguir e na sequência no quadro 5, há identificação do ponto, fotos tanto das camadas de tinta, quanto das cores catalogadas.

Prospecção - ponto 1: realizada em uma parede da fachada oeste, apresenta na terceira camada, um tom avermelhado, que provavelmente não corresponde a uma coloração de pintura que o OA já tenha tido, mas, devido à pichação.

Prospecção – ponto 2: localizado na lateral do arco liso da porta da fachada oeste, onde pode-se notar um tom acinzentado na terceira camada.

Prospecção – ponto 3: realizado na lateral do ornamento da porta principal (fachada oeste), de coloração acinzentada, pode-se notar também um tom laranja claro/salmão, na segunda camada, indicando a possível coloração anterior à presente. A terceira camada, pode corresponder a uma base para pintura ou a própria pintura em tom mais branco.

Prospecção – ponto 4: localizado em um pilar da fachada oeste, foram encontradas duas camadas em tons de amarelo, a camada 3, acinzentada e a 2, provavelmente de uma tinta que serve como base para posterior pintura de acabamento.

Prospecção – ponto 5: na camada 4 deste ponto, pode-se notar um tom mais acinzentado, essa coloração não foi encontrada em todas as prospecções realizadas nas paredes, provavelmente, devido à preparação não homogênea, com lixamento por exemplo, antes de aplicar uma nova camada de tinta. Indicado com seta, uma cor avermelhada pode ser observada como na prospecção 1, a ocorrência pode ser devido a pichação.

Prospecção – ponto 6: as prospecções 5 e 6, são da parede da mesma fachada, a leste, e apresentam algumas variações de tonalidades e ausência da segunda camada em tom amarelado.






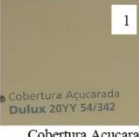
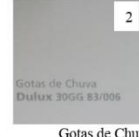

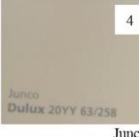

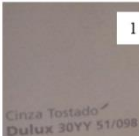
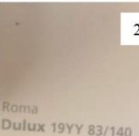




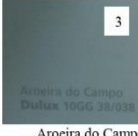



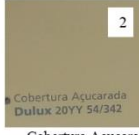

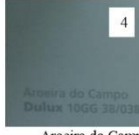


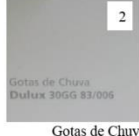
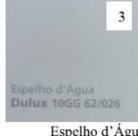
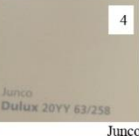
Prospecção – ponto 7: esta prospecção se refere a mureta da fachada oeste da cobertura.

Prospecção – ponto 8: esta prospecção se refere ao ornamento da fachada leste, na cobertura.

A partir das prospecções estratigráficas de pintura, sugere-se que o OA, foi pintado ao menos duas vezes em tons de amarelo e uma vez de tom acinzentado. Em registros fotográficos, presentes ao longo do trabalho, observa-se que o OA, já foi pintado com coloração amarelada ou laranja/salmão claro, mas, essa camada, não foi encontrada nos pontos analisados, provavelmente por ter sido lixada para preparação da base, para nova pintura. Os tons mais próximos do branco, supõe-se que sejam tintas de base, mas, não se descarta que o OA, possa ter sido pintado com estes tons também.





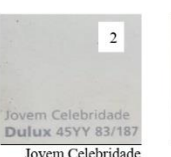

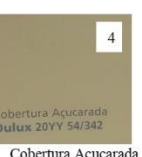
Sugere-se que em camadas, aparentemente do mesmo período, até mesmo do atual, que apresentam tonalidades diferentes de uma mesma cor, seja devido a insolação, umidade, falta de manutenção, fatores que impedem que a coloração da pintura seja homogênea em todas as fachadas.

Quadro 5 – Prospecções estratigráficas de pinturas

Ponto	Prospecção estratigráfica de pintura	Cores catalogadas
1		  <p>3 Coloração avermelhada, provavelmente devido a pichação</p>  <p>Bronze Toscano (pág. 105)      Gotas de Chuva (pág. 18)      Alucinação (pág. 105)</p>
2		    <p>Cobertura Açucarada (pág. 104)      Gotas de Chuva (pág. 18)      Suvenir (pág. 276)      Junco (pág. 104)</p>
3		   <p>Cinza Tostado (pág. 265)      Roma (pág. 84)      Gotas de Chuva (pág. 18)</p>
4		    <p>Milho Indiano (pág. 104)      Gotas de Chuva (pág. 18)      Aroeira do Campo (pág. 276)      Junco (pág. 104)</p>
5		    <p>Cobertura Açucarada (pág. 104)      Cobertura Açucarada (pág. 104)      Gotas de Chuva (pág. 18)      Aroeira do Campo (pág. 276)</p>
6		    <p>Grand Canyon (pág. 105)      Gotas de Chuva (pág. 18)      Espelho d'Água (pág. 276)      Junco (pág. 104)</p>

Continua

Quadro 5 – continuação

7		 Baby Day Dulux 40YY 83/129 Baby Day (pág. 108)	 Suvenir Dulux 10GG 53/030 Suvenir (pág. 276)	 Marfim Palácio Dulux 45YY 83/125 Marfim Palácio (pág. 13)	
8		 Cinza Fóssil Dulux 30YY 56/060 Cinza Fóssil (pág. 263)	 Jovem Celebridade Dulux 45YY 83/187 Jovem Celebridade (pág. 102)	 Gotas de Chuva Dulux 30GG 83/006 Gotas de Chuva (pág. 18)	 Cobertura Açucarada Dulux 20YY 54/342 Cobertura Açucarada (pág. 104)

(fonte: elaborado pela autora)

## 7.2 Resultados MMD

A sobreposição de uma malha sobre as fachadas e cobertura 0,50m x 0,50m, pode ser verificada no apêndice A.

As tabelas auxiliares para quantificação de manifestações patológicas estão disponíveis no anexo B. A tabela 6, apresenta a área total por fachada e a tabela 7 as áreas danificadas e os resultados de FD.

Tabela 6 – Área total da malha

Área total da malha - Fachadas			
Fachada	Nº Quadros	Área/quadro	Área total
Norte	1192	0,25	298,00
Sul	1181	0,25	295,25
Leste	793	0,25	198,25
Oeste	706	0,25	176,5
Cobertura	480	0,25	120
$\Sigma$	<b>4352</b>	<b>1,25</b>	<b>1088,00</b>

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 7 – Área total danificada

<b>FD - Área total danificada</b>				
<b>Fachada</b>	<b>Nº Quadros</b>	<b>Área/quadro</b>	<b>Área total</b>	<b>FD (%)</b>
Norte	638	0,25	159,50	53,50
Sul	764	0,25	191,00	64,70
Leste	417	0,25	104,30	52,60
Oeste	384	0,25	96,00	54,40
Cobertura	301	0,25	75,30	62,70
<b>Σ</b>	<b>2501,75</b>		<b>625,44</b>	<b>57,50</b>

(fonte: elaborada pela autora)

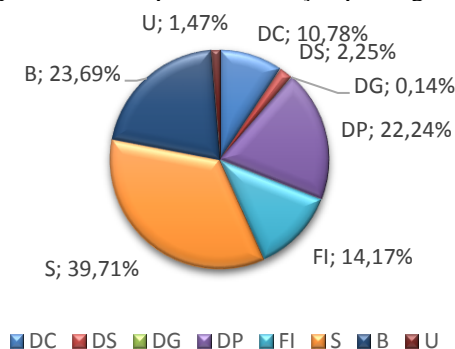
Como as fachadas que resultaram em valores maiores de FD, são as mesmas onde ocorre um processo de degradação mais avançado, pode-se observar, que a fachada sul e a cobertura, são as mais degradadas, atingido valores de 64,7% e 62,70%, respectivamente, já a fachada que estaria menos danificada seria a fachada leste, mas também apresenta um valor alto, superior a 50%.

Os FDs por manifestação patológica estão na tabela 8 e o gráfico representativo na figura 118.

Tabela 8 – FD – manifestações patológicas

<b>FD – Percentual de ocorrência de manifestações patológicas (%)</b>							
<b>DC</b>	<b>DS</b>	<b>DG</b>	<b>DP</b>	<b>FI</b>	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>U</b>
10,78	2,25	0,14	22,24	14,17	39,71	23,69	1,47
<b>LEGENDA:</b>							
DC – Descolamento				FI – Fissura			
DS – Desplacamento				S – Sujidade			
DG – Desagregação				B – Biodeterioração			
DP – Degradação da pintura				U - Umidade			

Figura 118 – FD por manifestação patológica



(fonte: elaborada pela autora)



De acordo com a tabela 8 e a figura 118, referentes a condição geral do OA, frente as referidas manifestações patológicas, a mais representativa é a sujidade, seguida da biodeterioração e degradação da pintura, sendo as três relacionadas a falta de manutenção adequada. Para quantificar a sujidade e a biodeterioração que são difíceis de serem diferenciadas, o critério utilizado foi considerar ocorrência de biodeterioração, somente em locais que seriam mais propícios ao aparecimento de danos causados por fatores biológicos, como fezes de animais e presença de micro ou macroorganismos (ex. mofos e vegetação). Cabe salientar, que estas manifestações patológicas, também podem afetar a mesma região simultaneamente.

A desagregação do revestimento de argamassa foi a de menor destaque. Salienta-se que a umidade resultou em uma baixa porcentagem, pois, foi considerado no mapa de danos, a umidade acidental ou em locais onde foi verificada presença de água visualmente. Provavelmente a umidade está associada a outras manifestações patológicas, como biodeterioração, descolamento, entre outras, o que resultaria em uma porcentagem maior de ocorrência, visto que, este tipo de manifestação patológica é um dos principais problemas verificados nas edificações históricas. No ensaio de termografia foram verificadas regiões onde possivelmente há umidade ascensional, mas, pela incerteza, preferiu-se não as contabilizar.

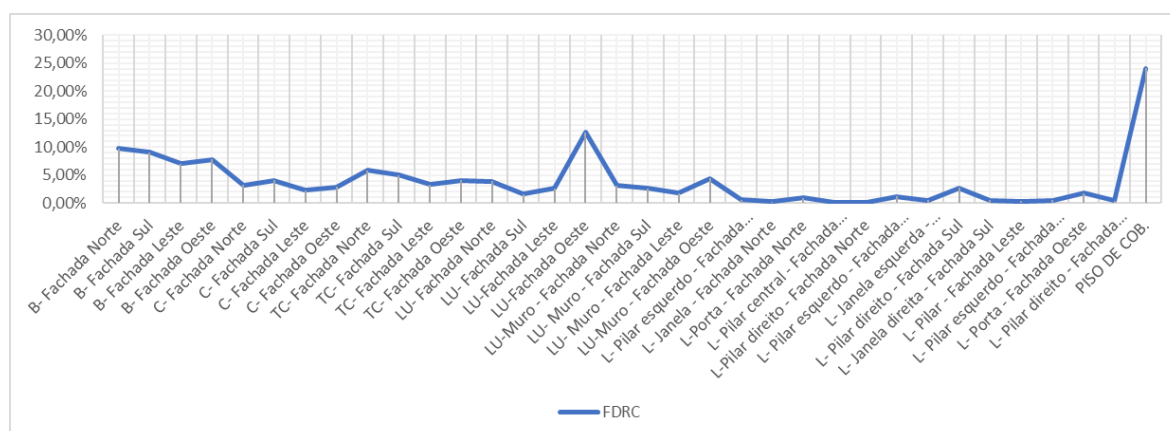
A ficha de quantificação de manifestações patológicas, está apresentada na figura 119, acompanhada dos valores de  $FD_{RC}$  que é uma derivação do FD, mas, direcionado a análise das regiões. Os resultados dos cálculos do  $FD_{RC}$  para cada região de cada fachada podem ser verificados na representação gráfica (figura 120).

Os valores referentes aos tipos de manifestações patológicas, que constam na ficha de quantificação são resultado da contagem do número de quadros (0,50 m x 0,50 m), da malha de cada região, onde foram identificados a existência de cada dano específico. Esses valores foram convertidos em área, para posteriormente serem utilizados para a determinação de cada  $FD_{RC}$ , dado em porcentagem. As áreas das regiões separadas por amostras (fachadas norte, sul, leste e oeste) e o cálculo do  $CCr$  estão disponíveis no apêndice B – Tabelas MMD.

Figura 119 – Resultados de FD<sub>RC</sub>

FICHA DE QUANTIFICAÇÃO										
Edificação:	Observatório Astronômico UFRGS									
Idade da construção:	110 anos - concluído em 1908.									
Região	Região por amostra (fachada)	Tipo de manifestação patológica								FDRC
		DC	DS	DG	DP	FI	S	B	U	
BASE	B- Fachada Norte	31	10	0	19	6	39	12	0	9,82%
	B- Fachada Sul	40	0	0	0	0	45	45	0	9,05%
	B- Fachada Leste	18	1	0	0	5	17	17	0	7,25%
	B- Fachada Oeste	15	1	0	10	3	17	10	0	7,93%
CORPO	C- Fachada Norte	110	15	0	164	137	182	106	0	3,23%
	C- Fachada Sul	79	1	0	214	144	348	303	0	4,09%
	C- Fachada Leste	32	1	0	88	116	80	42	0	2,27%
	C- Fachada Oeste	39	4	0	117	35	82	36	0	2,86%
TORRE E COROAMENTO	TC- Fachada Norte	0	0	0	9	3	90	30	0	5,86%
	TC- Fachada Sul	0	0	0	3	4	52	77	0	5,01%
	TC- Fachada Leste	0	0	0	0	0	27	28	0	3,40%
	TC- Fachada Oeste	0	1	0	0	0	44	24	0	4,07%
LUNETAS	LU- Fachada Norte	6	13	0	62	27	26	39	13	3,88%
	LU- Fachada Sul	0	0	1	11	9	28	28	13	1,58%
	LU- Fachada Leste	0	0	0	38	12	43	43	14	2,63%
	LU- Fachada Oeste	4	2	3	80	27	45	46	7	12,63%
	LU- Muro - Fachada Norte	27	5	0	26	25	60	6	0	3,11%
	LU- Muro - Fachada Sul	14	13	0	18	19	60	23	0	2,57%
	LU- Muro - Fachada Leste	3	0	0	24	4	41	30	0	1,79%
	LU- Muro - Fachada Oeste	32	30	2	51	22	51	17	17	4,39%
LATERAIS	L- Pilar esquerdo - Fachada Norte	2	0	0	3	0	2	0	0	0,57%
	L- Janela - Fachada Norte	0	0	0	2	1	0	0	0	0,25%
	L- Porta - Fachada Norte	2	1	0	7	1	0	0	0	0,90%
	L- Pilar central - Fachada Norte	1	0	0	0	0	0	0	0	0,08%
	L- Pilar direito - Fachada Norte	1	0	0	0	0	0	0	0	0,08%
	L- Pilar esquerdo - Fachada Sul	1	0	0	4	0	7	2	0	1,19%
	L- Janela esquerda - Fachada Sul	0	0	0	0	0	6	0	0	0,51%
	L- Pilar direito - Fachada Sul	4	0	0	6	4	14	4	0	2,71%
	L- Janela direita - Fachada Sul	0	0	0	0	0	6	0	0	0,51%
	L- Pilar - Fachada Leste	3	0	0	0	0	1	0	0	0,34%
	L- Pilar esquerdo - Fachada Oeste	1	0	0	1	0	5	0	0	0,46%
	L- Porta - Fachada Oeste	2	0	0	10	8	7	0	0	1,77%
	L- Pilar direito - Fachada Oeste	2	0	0	1	1	2	0	0	0,39%
PISO DE COB.	PISO DE COB.	0	0	0	0	4	301	63	0	24,13%

(fonte: elaborado da autora)

Figura 120 – Resultados de  $FD_{RC}$ 

(fonte: elaborado da autora)

O piso da cobertura constituiu uma região que possui maior percentual de danos corrigidos ( $FD_{RC}$ ), seguido da região denominada “Luneta” na fachada Oeste, que realmente se encontra bastante deteriorada. As regiões de L – laterais dos pilares, portas e janelas, são as que possuem menor representatividade. Destaca-se também, a base da edificação que possui percentual elevado, este é um dos pontos que, de modo geral, sofre bastante deterioração nas edificações históricas que, está evidente, inclusive nas imagens fotográficas e mapeamento.

### 7.3 OCORRÊNCIA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E PROPOSTAS DE INTERVENÇÕES

A ocorrência de diferentes manifestações patológicas no OA, pode ser verificada facilmente e visualmente, por qualquer transeunte do seu entorno, mesmo que desconhecendo os termos técnicos, pois, infelizmente, é notório que há necessidade de se intervir neste belo prédio histórico, para melhoramento de suas condições de preservação, principalmente quanto ao revestimento das fachadas.

Para especificação do tipo de manifestação patológica, da extensão dos danos, das possíveis causas e principalmente para propor-se soluções para execução de intervenção, análises e ensaios, como os que foram realizados neste trabalho são importantes, se não ainda, indispensáveis. Neste capítulo, serão propostas soluções para os problemas identificados. São

apresentadas fichas de manifestações patológicas, compostas pela descrição sucinta de cada manifestação, indicativo do método de análise, registro fotográfico (representativo) e sugestões de soluções simplificadas.

Tratando-se de uma edificação histórica, a primeira opção deve ser a conservação, que é a opção sustentável quanto ao ambiente da construção, mas também, geralmente a mais econômica. Contudo, dependendo da extensão e intensidade da manifestação patológica, a conservação se torna inviável, neste contexto, devem ser especificados sempre que possível, reparos pontuais, e optar-se por substituição parcial ou total como último recurso (COUTO, 2007).

Salienta-se que as soluções sugeridas neste trabalho não são as únicas disponíveis, mas sim, opções a serem consideradas para proposta de intervenção no OA, logo outras soluções para correção dos problemas podem ser avaliadas para a reparação dos danos, não estando limitadas, às apresentadas a seguir.

### **7.3.1 Perda de aderência de reboco**

Para execução de correções das manifestações patológicas, ocasionadas pela perda de aderência do reboco, como descolamentos em geral e deslocamento, primeiramente é importante que sejam identificados os causadores destes danos e que estes sejam eliminados. Para determinação das soluções a serem adotadas, a intensidade do dano também deve ser avaliada.

Para descolamento com empolamento, umas das soluções, de acordo com Cincotto (1988), seria a renovação da camada de reboco e de pintura. Importante salientar, que para qualquer intervenção com aplicação de revestimento de argamassa, deve-se considerar o traço já utilizado no revestimento adjacente, obtido através de ensaio de reconstituição de traço, para que a argamassa nova e a antiga possam ser compatíveis e nenhuma provocar danos a outra, a argamassa nova, não deve ser mais resistente que a histórica.

Para deslocamento e descolamento em placas, recomenda-se a renovação do revestimento da seguinte maneira: primeiramente realizar apicoamento da base, após efetuar aplicação de chapisco ou outro recurso capaz de melhorar a aderência e por fim refazer demais camadas de revestimento de argamassa. Outra solução possível, no caso de descolamento em placas, a depender da intensidade, se dá pela injeção de resinas ou argamassas, nas regiões do

revestimento que apresentarem som cavo (pode ser verificado no ensaio de percussão), necessita-se que as resinas a serem aplicadas sejam poliméricas, ou ainda com maior módulo de deformação. Para descolamento com pulverulência, também é recomendado a renovação da camada de reboco (CINCOTTO, 1988; TORRACA, 2009; MASUERO *et al.* 2017).

Para os casos, em que se faz necessária a substituição de uma determinada área de reboco, o IPHAN (2005) recomenda:

- a) que o trecho danificado seja cortado, com corte esquadrejado, até atingir-se a base da alvenaria;
- b) após o corte, todo o material solto ou com pouca aderência, bem como, as eflorescências e qualquer tipo de crescimento biológico, devem ser removidos com escovação vigorosa, com escova de cerdas duras, fungicidas devem ser colocados, se houver indícios de ataque biológico;
- c) para redução de sucção, principalmente quando o clima está quente, deve-se umedecer a superfície da alvenaria, para posterior aplicação da argamassa;
- d) a primeira camada a ser executada é a do emboço, cujo traço, em argamassa de cal e areia grossa, pode ser realizado nos traços 1:2 ou 2,5. O emboço deve ser texturizado com uma desempenadeira dentada, para melhoramento da aderência do reboco de acabamento.
- e) ao reboco, última camada de argamassa, sendo ela de cal e areia fina de traço 1:3 (sugerido pelo IPHAN, 2005). Salienta-se que a argamassa para reparação de áreas danificadas não deve ter resistência superior a argamassa histórica adjacente, logo, o traço deve ser compatível com esta exigência, para evitar o rompimento do revestimento antigo.

As fichas 1 até 4, relacionadas a este tipo de manifestação patológica, estão dispostas a seguir.

### 1. DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS:

Separação efetiva entre argamassa e seu suporte, ocasionando a sua queda e descontinuidade na superfície. Esta manifestação patológica, normalmente acontece em rebocos já fraturados, descolados da base ou da camada anterior, sob o efeito da gravidade, mas também, às deformações do material.

### 4. MÉTODO DE ANÁLISE:

Inspeção visual e ensaio de percussão (entorno do deslocamento).

### 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO:



### 2. CAUSAS POSSÍVEIS:

- Falta de chapisco, ou chapiscos preparados com areia fina;
- Argamassa com espessura exagerada ou rica em cimento;
- Emboço preparado inadequadamente e argamassas com resistência imprópria, aplicada na camada errada.

### 6. SUGESTÃO DE SOLUÇÕES:

- Apicoamento da base;
- Aplicação de chapisco ou outro recurso capaz de melhorar a aderência;
- Renovação das demais camadas de revestimento de argamassa, considerando as características do revestimento adjacente, a nova não deve ser mais resistente que a existente.

### 3. FACHADA:

- ( ) PISO COBERTURA                      (X) MURO COBERTURA – FACHADA NORTE                      (X) FACHADA NORTE  
 ( ) COBERTURA - FACHADA NORTE    (X) MURO COBERTURA - FACHADA SUL                      (X) FACHADA SUL  
 ( ) COBERTURA - FACHADA SUL        ( ) MURO COBERTURA - FACHADA LESTE                      (X) FACHADA LESTE  
 ( ) COBERTURA - FACHADA LESTE    (X) MURO COBERTURA - FACHADA OESTE                      (X) FACHADA OESTE  
 ( ) COBERTURA - FACHADA OESTE

### 1. DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS:

O reboco se afasta da base, sua ocorrência pode ser aferida através do som cavo que emite quando percutido. A tensão superficial da argamassa a mantém coesa, porém, normalmente o revestimento pode sofrer queda parcial ou total, não havendo vestígios de aderência do revestimento ao substrato.

### 4. MÉTODO DE ANÁLISE:

Inspeção visual, ensaio de percussão e termografia.

### 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO:



### 2. CAUSAS POSSÍVEIS:

- Os locais onde foram identificados a maior parte dos descolamentos do revestimento, apresentavam elevada concentração de fissuras, originadas por causas diversas. A presença de umidade pode ter favorecido a falta de aderência ao substrato.

- Argamassa com espessura exagerada;
- Variações de temperaturas;
- Superfície da base muito lisa;
- Ausência de chapisco.

### 6. SUGESTÃO DE SOLUÇÕES:

A solução adotada deve considerar a intensidade e extensão do dano.

- Apicoamento da base; eliminação da base hidrófuga (com jato de areia e água em alta pressão); aplicação de chapisco ou outro recurso capaz de melhorar a aderência; aplicação de revestimento de argamassa nova, sendo que esta não deve ser mais resistente que a antiga.
- Outra opção é a impregnação com argamassa ou resinas poliméricas ou com maior módulo de deformação, onde o revestimento apresentar descolamento.

### 3. FACHADA:

- ( ) PISO COBERTURA                      (X) MURO COBERTURA - FACHADA NORTE                      (X) FACHADA NORTE  
 (X) COBERTURA - FACHADA NORTE    (X) MURO COBERTURA - FACHADA SUL                      (X) FACHADA SUL  
 ( ) COBERTURA - FACHADA SUL        (X) MURO COBERTURA - FACHADA LESTE                      (X) FACHADA LESTE  
 ( ) COBERTURA - FACHADA LESTE    (X) MURO COBERTURA - FACHADA OESTE                      (X) FACHADA OESTE  
 (X) COBERTURA - FACHADA OESTE



### 1. DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS:

O reboco se afasta da base, sua ocorrência pode ser aferida através do som cavo que emite quando percutido; caracterizada pelo esfarelamento da argamassa ao ser pressionada até mesmo pelas mãos.

### 4. MÉTODO DE ANÁLISE:

Inspeção visual, ensaio de percussão e termografia.

### 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO:



### 2. CAUSAS POSSÍVEIS:

- Pintura realizada antes da ocorrência de carbonatação da cal da argamassa;
- Substituição de cal hidratada por adições que não contêm características de aglomerante;
- Falta de aglomerantes na argamassa, ou excesso de cal;
- Presença de sais solúveis expansivos;
- Presença de umidade.

### 6. SUGESTÃO DE SOLUÇÕES:

- Primeiramente, se o causador da manifestação for a umidade, a fonte deve ser eliminada. Podendo ser com o uso de barreiras físicas ou químicas, ou no caso de umidade ascensional, executar sistema de drenagem.
- Geralmente, se recomenda a renovação do revestimento da área afetada, com apicoamento, raspagem; aplicação de chapisco e revestimento de argamassa nova, sendo que esta não deve ser mais resistente que a antiga.

### 3. FACHADA:

- PISO COBERTURA                       MURO COBERTURA - FACHADA NORTE                       FACHADA NORTE  
 COBERTURA - FACHADA NORTE     MURO COBERTURA - FACHADA SUL                       FACHADA SUL  
 COBERTURA - FACHADA SUL             MURO COBERTURA - FACHADA LESTE                       FACHADA LESTE  
 COBERTURA - FACHADA LESTE     MURO COBERTURA - FACHADA OESTE                       FACHADA OESTE  
 COBERTURA - FACHADA OESTE

	<b>FICHA DE MANIFESTAÇÕES</b>	<b>FICHA</b>
	MANIFESTAÇÃO: DESCOLAMENTO POR EMPOLAMENTO	<b>4</b>
	PALAVRAS-CHAVE: Falta de aderência, empolamento	<b>2018</b>

### 1. DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS:

Caracteriza-se pela variação da geometria do reboco, normalmente pela formação de convexidade para o exterior, que se deve geralmente à gravidade do descolamento da argamassa, especialmente quando são pouco rígidas, este estado pode anteceder a queda do revestimento. Este tipo de deformação pode acontecer ainda para o interior, na forma de esmagamento por ação mecânica.

Apresenta som cavo, sob percussão.

### 4. MÉTODO DE ANÁLISE:

Inspeção visual, ensaio de percussão e termografia.

### 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO:



### 2. CAUSAS POSSÍVEIS:

- Cal parcialmente hidratada ou contendo óxido de magnésio, logo, este tipo de descolamento pode ser verificado passados vários meses ou anos após o término da construção, na ocorrência da hidratação de óxidos que provocam expansões na argamassa já curada;
- Presença de umidade.

### 6. SUGESTÃO DE SOLUÇÕES:

- Primeiramente, se o causador da manifestação for a umidade, a fonte deve ser eliminada. Podendo ser com o uso de barreiras físicas ou químicas, ou no caso de umidade ascensional, executar-se sistema de drenagem.
- Geralmente, se recomenda a renovação do revestimento da área afetada, com apicoamento, raspagem; aplicação de chapisco e revestimento de argamassa nova, sendo que esta não deve ser mais resistente que a antiga.

### 3. FACHADA:

- PISO COBERTURA                       MURO COBERTURA - FACHADA NORTE                       FACHADA NORTE  
 COBERTURA - FACHADA NORTE     MURO COBERTURA - FACHADA SUL                       FACHADA SUL  
 COBERTURA - FACHADA SUL             MURO COBERTURA - FACHADA LESTE                       FACHADA LESTE  
 COBERTURA - FACHADA LESTE        MURO COBERTURA - FACHADA OESTE                       FACHADA OESTE  
 COBERTURA - FACHADA OESTE

### 7.3.2 Fissuras

Tratando-se de recuperação de fissuras, recomenda-se considerar que elas estão sempre ativas, visto que, mesmo que as causas do surgimento das mesmas tenham sido corrigidas, movimentações na abertura perseveram, em virtude das alterações térmicas e higroscópicas tanto da alvenaria, quanto do próprio revestimento (LORDSLEEM Jr., 1997).

O envelhecimento sempre estará associado ao aumento da porosidade do material e da fissuração causada pela retração por secagem da água ou oriunda do processo de carbonatação, aspecto a ser considerado na deterioração dos materiais à base de cal, como os revestimentos das fachadas do OA IPHAN (2010). As degradações dos materiais, como o aparecimento de fissuras nos revestimentos originais desta edificação, podem estar relacionadas a acomodações estruturais (estrutura global autoportante), mas também, por ações químicas, físicas e biológicas, que podem ser aceleradas por poluição, tráfego e ações climáticas, ou seja, por mudanças exteriores. Desta forma, percebe-se que a estabilização das características dos materiais é muito importante para conservação de edifícios históricos, logo um programa de manutenção é essencial, pois, mesmo que a prevenção ou redução, da velocidade do aparecimento de manifestações patológicas seja difícil, é habitualmente mais complicado, ou mesmo impossível, recuperar as propriedades perdidas dos materiais (ICOMOS, 2002).

Segundo Cincotto (1988), as fissuras mapeadas, que possuem formas variadas e distribuem-se por toda superfície das paredes, podem ser reparadas, com renovação do revestimento e da pintura. Já Masuero *et al.* (2017) indica que as fissuras geométricas (mapeadas) podem ser corrigidas com preenchimento com nata de cal, ou argamassa com aditivo expensor, ou ainda com selantes flexíveis, nos locais de ocorrência, visto esta última solução ser menos invasiva, supõe-se que seria a mais indicada para se adotar no OA. Importante, sempre verificar-se a compatibilidade entre materiais novos e originais.

O IPHAN (2010), apresenta no Projeto Monumenta, métodos de reparos de fissuras que foram utilizados em outras construções históricas, tais como o Palácio Piratini (construído entre 1909 e 1928) e o Memorial do Rio Grande do Sul (construído entre 1910 e 1913). Alguns dos métodos são sugeridos a seguir, para aplicação no OA:

- a) aplicação de resina acrílica transparente ou epóxi (para fissuras com largura igual ou superior a 1 mm), por meio de injeções para o tratamento de fissuras,

bem como, colmatação das argamassas superficialmente, para garantir sua impermeabilização, a fim de, impedir a entrada de umidade e evitar o prosseguimento da degeneração;

- b) grampeamento: técnica utilizada para unir partes soltas e em fissuras;
- c) para fissuras de menor calibre (inferiores a 1mm) aplicação, com pincel ou rolo, de verniz acrílico em dispersão aquosa;
- d) fissuras com maior abertura (superior a 1mm) podem ser obturadas com argamassa de revestimento, após a injeção de resina acrílica;
- e) no caso de fissuras geradas por expansão da armadura aparente, em processo de corrosão, deve-se efetuar limpeza por abrasão tanto da argamassa, quanto do material metálico corroído, colmatação de fissuras com resina acrílica, restituição da seção original, fixação de trechos do revestimento com pinos de resina epóxi e proteção superficial ou retenção com colocação de arames de aço inoxidável, fixados por parafusos igualmente de aço inoxidável, constituindo um tipo de armadura de pele.

Salienta-se que o uso de argamassas fluidas (cal, cimento, resinas, produtos especiais, etc.), injetadas para consolidar a alvenaria e resolver problemas de fissuras, entre outros tipos de degradações, depende das características dos materiais, portanto, deve ser verificada a compatibilidade entre materiais originais e materiais novos (ICOMOS, 2002).

Podem ser observadas, que em algumas das janelas do OA, conforme mapa de danos e registros fotográficos apresentados, há fissuras, tanto verticais (cantos e meio do peitoril), quanto diagonais (cantos do peitoril), mas também, fissuras verticais e horizontais nos entornos das janelas. Essa manifestação patológica pode se ocasionada por flexão negativa, decorrentes de paredes que contenham janelas e transmitam tensões diferenciadas de compressão ao solo, geradas por cargas menores nos peitoris e maiores nas laterais da janela. Tais tensões, podem provocar recalques diferenciais e, por conseguinte, as fissuras verticais; a ocorrência de diferença de tensão de flexão nos tijolos e contravergas insuficientes, também podem provocar este tipo de dano (THOMAZ, 1988; DUARTE, 1998).

Uma das soluções que pode ser adotada é a retirada do revestimento dos locais afetados e a renovação com reforço de tela de náilon na pintura, bandagens no revestimento, mas, somente em casos de degradação muito avançada, devido, a edificação ser histórica. Para recuperação de fissuras ativas, se as movimentações não forem muito acentuadas, a própria pintura pode resolver o problema, desde que, seja reforçada com tela finíssima de náilon ou polipropileno, com uma faixa aproximada de 10 cm, e aplicação de 6 a 8 demãos de tinta elástica. Contudo, é mais recomendável, sempre que possível recuperar-se fissuras, com aplicação de selantes

flexíveis, fazendo-se uma abertura em “V”, no local da trinca, 20x10 (mm), largura e profundidade, respectivamente (THOMAZ, 1988; DUARTE, 1998).

Assim, como no caso anterior, quando a fissura ocorre devido a movimentações iniciais acentuadas, ou movimentações hidrotérmicas da própria parede, Thomaz (1992) recomenda, utilização de tela metálica ou inserção de bandagem que proporcione dessolidarização entre revestimento e o substrato da região fissurada, salientando-se que deve ser verificada a necessidade efetiva deste tipo de intervenção, frente a gravidade dos problemas, visto que, se trata de uma medida invasiva. As etapas de recuperação com bandagem compreendem:

- a) o revestimento da região que apresenta fissura deve ser removido, com uma faixa 10 a 15 cm de largura;
- b) a bandagem (saco de estopa, bandagem pré-moldada) deve ser aplicada de maneira uniforme sobre a fissura, a faixa de bandagem pode ser entre 2 a 10cm;
- c) o local deve ser chapiscado e o revestimento refeito (salienta-se, que esta argamassa, deve ter baixo módulo de deformação, mas também, ser compatível com as adjacentes, não podendo ser mais resistente que a antiga).

As fichas 5 até 8, relacionadas a este tipo de manifestação patológica, estão dispostas a seguir.

## 1. DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS:

Fissuras com distribuição uniforme, apresentando linhas mapeadas, que se cruzam praticamente de modo perpendicular.

## 4. MÉTODO DE ANÁLISE:

Inspeção visual.

## 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO:



## 2. CAUSAS POSSÍVEIS:

- Retração da argamassa;
- Excesso de finos (aglomerante ou agregado) no traço;
- Desempenamento excessivo ou antes do tempo.

## 6. SUGESTÃO DE SOLUÇÕES:

- Preenchimento com nata de cal, ou argamassa com aditivo expansor, ou com selantes flexíveis nos locais afetados. (Observação: sempre verificar a real necessidade desta inserção de novo material, bem como a compatibilidade física e químicas destes materiais novos com os antigos);
- Dependendo da intensidade e abrangência da manifestação, pode ser recomendada a renovação do revestimento e da pintura. Salientando-se que, a argamassa nova não deve ser mais resistente que a existente, se houver regiões de encontro de ambas.

## 3. FACHADA:

- ( ) PISO COBERTURA                      (X) MURO COBERTURA - FACHADA NORTE                      (X) FACHADA NORTE  
 (X) COBERTURA - FACHADA NORTE    (X) MURO COBERTURA - FACHADA SUL                      (X) FACHADA SUL  
 (X) COBERTURA - FACHADA SUL        (X) MURO COBERTURA - FACHADA LESTE                      (X) FACHADA LESTE  
 (X) COBERTURA - FACHADA LESTE    (X) MURO COBERTURA - FACHADA OESTE                      (X) FACHADA OESTE  
 (X) COBERTURA - FACHADA OESTE

## 1. DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS:

Fissuras horizontais que podem aparecer com dimensões variadas. Se esta manifestação não for solucionada, pode haver descolamento do revestimento em placas. A área afetada apresenta som cavo no ensaio de percussão e geralmente pode ser verificada na parte superior das paredes. Neste caso, na região destacada há fissuras, deslocamento e armadura exposta.

## 4. MÉTODO DE ANÁLISE:

Inspeção visual, ensaio de percussão e termografia.

## 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO:



## 2. CAUSAS POSSÍVEIS:

- Retração oriunda do processo de carbonatação ou secagem da água;
- Acomodações estruturais (estrutura global autoportante);
- Ações químicas, físicas e biológicas, que podem ser aceleradas por poluição, tráfego e ações climáticas;
- Expansão de armadura.

## 6. SUGESTÃO DE SOLUÇÕES:

- A solução é dependente do grau de expansão, em que a área danificada se encontra.
- No caso de fissuras geradas por expansão da armadura: limpeza por abrasão tanto da argamassa, quanto do material metálico corroído, colmatação de fissuras com resina acrílica, restituição da seção original, fixação de trechos do revestimento com pinos de resina epóxi e proteção superficial ou retenção com colocação de arames de aço inoxidável, fixados por parafusos igualmente de aço inoxidável, constituindo um tipo de armadura de pele.

## 3. FACHADA:

- PISO COBERTURA                       MURO COBERTURA - FACHADA NORTE                       FACHADA NORTE  
 COBERTURA - FACHADA NORTE     MURO COBERTURA - FACHADA SUL                       FACHADA SUL  
 COBERTURA - FACHADA SUL             MURO COBERTURA - FACHADA LESTE                       FACHADA LESTE  
 COBERTURA - FACHADA LESTE        MURO COBERTURA - FACHADA OESTE                       FACHADA OESTE  
 COBERTURA - FACHADA OESTE



### 1. DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS:

Geralmente, ocorre em paredes longas, platibandas, muretas de terraços e muros extensos com topo livre. Em alguns trechos da fissura, podem ser observados destacamentos do revestimento, inclusive com armadura aparente.

### 4. MÉTODO DE ANÁLISE:

Inspeção visual e ensaio de percussão.

### 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO:



### 2. CAUSAS POSSÍVEIS:

- Fissuras por movimentação higrotérmicas, provocada pela contração de paredes, podendo gerar aberturas verticais;
- Dilatação e retração da alvenaria;
- Acomodações estruturais (estrutura global autoportante);
- Ações químicas, físicas e biológicas, que podem ser aceleradas por poluição, tráfego e ações climáticas; Expansão de armadura.

### 6. SUGESTÃO DE SOLUÇÕES:

- Limpeza por abrasão tanto da argamassa, quanto da armadura exposta, colmatação de fissuras com resina acrílica. Verificar atividade das fissuras e, se há necessidade de remoção do revestimento, aplicação de tela ou bandagem, chapisco e refazer o revestimento (salienta-se que, esta argamassa, deve ter baixo módulo de deformação, mas também, ser compatível com as adjacentes, não podendo ser mais resistente que a antiga).

### 3. FACHADA:

- |   |  |   |
|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> PISO COBERTURA                       | <input checked="" type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA NORTE | <input checked="" type="checkbox"/> FACHADA NORTE |
| <input type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA NORTE            | <input checked="" type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA SUL   | <input type="checkbox"/> FACHADA SUL              |
| <input checked="" type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA SUL   | <input type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA LESTE            | <input type="checkbox"/> FACHADA LESTE            |
| <input type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA LESTE            | <input checked="" type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA OESTE | <input checked="" type="checkbox"/> FACHADA OESTE |
| <input checked="" type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA OESTE |  |   |

### 1. DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS:

- Verificação de fissuras nas janelas, tanto verticais (cantos e meio do peitoril), quanto diagonais (cantos do peitoril);
- Presença de fissuras verticais e horizontais nos entornos das janelas.

### 4. MÉTODO DE ANÁLISE:

Inspeção visual.

### 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO:



### 2. CAUSAS POSSÍVEIS:

- Flexão negativa, decorrentes de paredes que contenham janelas e transmitam tensões diferenciadas de compressão ao solo, geradas por cargas menores nos peitoris e maiores nas laterais da janela. Tais tensões, podem provocar recalques diferenciais e, por conseguinte, as fissuras verticais;
- Diferença de tensão de flexão nos tijolos;
- Contravergas não avançam suficientemente na horizontal.

### 6. SUGESTÃO DE SOLUÇÕES:

- Aplicação de resina acrílica transparente ou epóxi
- Verificar se a fissura é a ativa ou não, mas também há necessidade de renovação do revestimento da área afetada, com reforço de tela.

### 3. FACHADA:

- PISO COBERTURA                       MURO COBERTURA - FACHADA NORTE                       FACHADA NORTE  
 COBERTURA - FACHADA NORTE                       MURO COBERTURA - FACHADA SUL                       FACHADA SUL  
 COBERTURA - FACHADA SUL                       MURO COBERTURA - FACHADA LESTE                       FACHADA LESTE  
 COBERTURA - FACHADA LESTE                       MURO COBERTURA - FACHADA OESTE                       FACHADA OESTE  
 COBERTURA - FACHADA OESTE

### 7.3.3 Degradação da pintura

A pintura do OA encontra-se bastante degradada em algumas regiões, o prédio como um todo, necessita de nova pintura, visto que há várias ocorrências de descascamento, craquelamento e desgaste da tinta. Como ação corretiva para descolamento de pintura, que pode se manifestar na forma de falta de aderência da película, pulverulência com perda de aderência, ou ainda pela escamação da película, Uemoto (1988) recomenda a renovação da pintura, executada de forma compatível com a tinta existente e o substrato. A preparação da superfície e a repintura devem atender as seguintes indicações:

- a) superfícies a serem pintadas devem estar devidamente secas e endurecidas, sem presença de contaminações e manifestações patológicas; a preparação para a pintura, deve atender as recomendações do fabricante;
- b) caso houver contaminação na superfície, deve-se seguir as seguintes instruções: remoção de sujeiras, algas e fungos, com 2.700 ml de água, 80 g de fosfato trissódico, 30 ml de detergente neutro e 90 ml de hipoclorito de sódio (a 10%) (IPHAN, 2010);
- c) efetuar enxague com água em abundância, mas somente o necessário, a fim de evitar molhar muito o substrato;
- d) caso a contaminação seja por gordura, a mesma deve ser removida com solventes, como os a base de hidrocarbonetos;
- e) se houver material eflorescente, escovação na superfície seca, deve ser realizada com cerdas macias;
- f) não efetuar aplicação da tinta, sem respeitar o tempo exigido de cura em substratos que contenham argamassa (mínimo 28 dias) (FAZENDA, 2010);
- g) a tinta deve ser aplicada de maneira a formar uma película porosa e resistente a álcalis;
- h) quando a superfície a ser pintada for muito lisa, como se deve evitar essa condição, busca-se preparar esta base, o tratamento pode ser químico, com solução de ácido muriático, posteriormente lavagem abundante com água, ou por jato de areia e remoção de partículas soltas;
- i) já quando a superfície for muito porosa, indica-se a aplicação de tinta de fundo, para gerar homogeneidade na porosidade do substrato.

Para o caso de defeito na película de pintura, Uemoto (1988) recomenda que pintura seja removida, de forma compatível com o tipo de tinta e substrato, para preparação da superfície e repintura, as instruções do fabricante devem ser seguidas, bem como as indicações a seguir:

- a) quando a aplicação de tinta for externa, deve possuir boa resistência a radiação solar;

- b) quando houver alta incidência de umidade, a tinta não deve colaborar para desenvolvimento de bolores;
- c) superfícies devem estar endurecidas, sem sinais de contaminação e deterioração. A remoção de contaminantes pode seguir as recomendações anteriormente mencionadas;
- d) aguardar cura suficiente da superfície para aplicação de pintura;
- e) aplicar tinta de maneira a formar película porosa, mas também, resistente a alcalinidade;
- f) em ambiente externo, as pinturas não devem ser realizadas durante chuvas ou na ocorrência de ventos fortes;
- g) a tinta aplicada, deve ser espalhada uniformemente, em camadas mais finas possíveis, sem escorrimento e cada demão deve ser efetuada, somente após a secagem da anterior.

O OA apresenta, em boa parte de suas fachadas descascamento da pintura, para solução deste problema, Fazenda (2010) recomenda, que seja realizada raspagem ou escovação da superfície até a remoção total das partes soltas ou mal aderidas, para posteriormente, aplicar-se uma demão de Fundo Preparador para Paredes, diluído conforme indicado pelo fabricante. A ficha 9, relacionada a este tipo de manifestação patológica, está disposta a seguir.

### 1. DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS:

Superfície de paredes apresentando falhas na pintura ou escamação. Perda de tonalidade. Escurecimento aparente da pintura, devido a sujeidade.

### 4. MÉTODO DE ANÁLISE:

Inspeção visual.

### 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO:



### 2. CAUSAS POSSÍVEIS:

- Variações de temperatura, radiações, ataque químico e/ou biológico;
- Preparação inadequada da superfície de aplicação, que propicia a falta de aderência e o consequente desprendimento;
- Pouca qualidade do produto;
- Umidade e presença de sais;
- Falta de manutenção.

### 6. SUGESTÃO DE SOLUÇÕES:

- Renovação da pintura, executada de forma compatível com a tinta e o substrato;
- Preparação para pintura deve seguir as recomendações do fabricante;
- Limpeza da base: remoção de sujeiras (2.700 ml de água, 80 g de fosfato trissódico, 30 ml de detergente neutro e 90 ml de hipoclorito de sódio (a 10%)); descontaminação de gordura (solventes, com base de hidrocarbonetos); remoção de fungos e algas (escovação c/ cerdas duras);
- Preparação da base e aplicação da tinta, segundo orientações do fabricante.

### 3. FACHADA:

- |   |  |   |
|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> PISO COBERTURA                       | <input checked="" type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA NORTE | <input checked="" type="checkbox"/> FACHADA NORTE |
| <input checked="" type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA NORTE | <input checked="" type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA SUL   | <input checked="" type="checkbox"/> FACHADA SUL   |
| <input checked="" type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA SUL   | <input checked="" type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA LESTE | <input checked="" type="checkbox"/> FACHADA LESTE |
| <input checked="" type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA LESTE | <input checked="" type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA OESTE | <input checked="" type="checkbox"/> FACHADA OESTE |
| <input checked="" type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA OESTE |  |   |

### 7.3.4 Sujidade

A sujidade é uma das manifestações patológicas mais perceptíveis e que pode ser verificada em todas as fachadas e cobertura do OA, com intensidades e extensões variadas, sendo a fachada sul, a mais atingida.

De acordo com o manual de conservação preventiva para edificações do IPHAN (2005), quando a umidade relativa local está alta, após a parede ser molhada por chuva, ou outra fonte, há dificuldade na eliminação da umidade pela falta de radiação solar direta nas fachadas sul, em virtude deste problema, para evitar ou minimizar os efeitos da sujidade, recomenda-se raspar a parede perante o aparecimento inicial das manchas. Outra solução, é a aplicação prévia de fungicida específico antes da nova camada de pintura.

As recomendações acima, podem ser aplicadas em qualquer fachada atingida por essa manifestação patológica. No caso de haver impregnação da sujidade, pode ser necessária a remoção da camada superficial e a renovação da mesma, para redução de permeabilidade. Masuero *et al.* (2017) recomenda a aplicação de hidrófugos, como silicatos, fluorsilicatos de magnésio, zinco, ou ainda, alumínio. Salienta-se que para aplicação de qualquer produto para limpeza, deve sempre ser verificada a compatibilidade com o revestimento. A ficha 10 relacionada a este tipo de manifestação patológica, está disposta a seguir.

## 1. DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS:

Manifestação patológica muito comum, que pode ser observada em cidades de qualquer porte e se apresenta como manchamento, gerado pelo recobrimento dos revestimentos externos de edificações, por poeira, fuligem e partículas contaminantes dispersas na atmosfera, geradas pela ação do homem, ou ainda envolvendo crescimento biológico. Estas partículas cobrem as superfícies das fachadas, alterando a tonalidade delas.

## 4. MÉTODO DE ANÁLISE:

Inspeção visual.

## 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO:



## 2. CAUSAS POSSÍVEIS:

- Contaminantes atmosféricos;
- Organismo vivos ou biológicos;
- Fuligem.

## 6. SUGESTÃO DE SOLUÇÕES:

- Raspar a parede e realizar-se nova pintura ou perante o aparecimento inicial das manchas, outra solução, é a aplicação prévia de fungicida específico, antes da nova camada de pintura;
- No caso de haver impregnação da sujidade, pode ser necessária a remoção da camada superficial e a renovação da mesma. Para redução de permeabilidade, se aplicam hidrófugos, como silicatos, fluorsilicatos de magnésio, zinco, ou ainda, alumínio.

## 3. FACHADA:

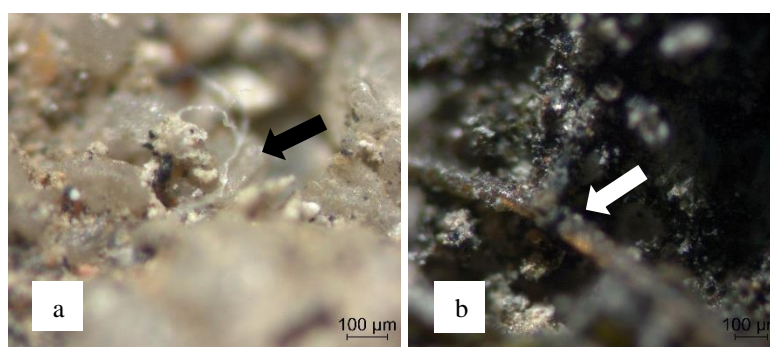
- |   |  |   |
|---|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> PISO COBERTURA            | <input checked="" type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA NORTE | <input checked="" type="checkbox"/> FACHADA NORTE |
| <input checked="" type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA NORTE | <input checked="" type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA SUL   | <input checked="" type="checkbox"/> FACHADA SUL   |
| <input checked="" type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA SUL   | <input checked="" type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA LESTE | <input checked="" type="checkbox"/> FACHADA LESTE |
| <input checked="" type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA LESTE | <input checked="" type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA OESTE | <input checked="" type="checkbox"/> FACHADA OESTE |
| <input checked="" type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA OESTE |  |   |



### 7.3.5 Biodeterioração

A biodeterioração pode ser gerada por animais, insetos, vegetação e por microorganismos. Na figura microscópica 121 (a), em destaque prováveis filamentos de estruturas biológicas e na figura 121 (b), filamentos de estruturas biológicas ou impurezas. A coloração esverdeada e/ou preta, pode indicar a ocorrência de biodeterioração. Estas imagens são de amostras 2 e 3 extraídas do OA, sendo a 2, do corpo (fachada norte) e a 3 da base (fachada sul).

Figura 121 – Amostras com prováveis filamentos de estruturas biológicas: (a) 2; (b) 3



(fonte: fotos da autora)

A biodeterioração é uma das manifestações patológicas que pode ser vista com frequência no OA. Quanto a biodeterioração ocasionada por fungos, Cincotto (1988), para correção deste problema, recomenda eliminação de infiltração de umidade, lavagem com solução de hipoclorito e reparo de revestimento, se este se encontrar pulverulento. Fazenda (2010), indica como essa lavagem deve ser procedida, da seguinte forma:

- a) Lava-se toda área com presença de bolores, com escova de náilon ou pano e a mistura de hipoclorito de sódio e água potável (proporção 1:2), sendo que essa solução deve agir por quatro horas aproximadamente;
- b) Para retirada da mistura, efetuar-se enxague com água;
- c) a e b, devem ser repetidos, até a eliminação total desta manifestação patológica.
- d) tratando-se de área externa, indica-se o uso de hidrojateamento;
- e) após secagem, nova pintura pode ser executada.

Na cobertura do OA, em alguns elementos decorativos próximos a cúpula, na parte alta da parede, há manifestação patológica provavelmente provocada por fungos liquens e bactérias. Para correção deste problema, o IPHAN (2005), indica que sejam eliminadas fontes de água e

posteriormente, aplicar tratamento com biocida, efetuar limpeza à seco da peça degenerada, eliminando todos os resíduos da superfície do material, na sequência, pode-se efetuar nova pintura, na superfície bem seca. A limpeza e manutenção frequentes são essenciais.

Na cobertura, também pode-se verificar a existência de excrementos (de pássaros, roedores, entre outros), penas de pássaros, teias de aranha, nas paredes, ornamentos, que beirais, favorecem a biodeterioração destes locais. Não há solução simples para este problema, mas, o IPHAN (2005) recomenda a limpeza, e quando possível a aspiração mecânica, de toda área, principalmente nos elementos decorativos das fachadas. Os repelentes de animais, tem eficiência apenas temporária.

Já no pavimento térreo do OA, manchamentos escuros na base das paredes externas, podem ser observados, provavelmente devido a presença de vegetação de pequeno porte nas proximidades da edificação. No manual do IPHAN (2005), recomenda-se a retirada dessas plantas.

Em alguns elementos decorativos e cantos de paredes, também podem ser encontradas vegetações de pequeno porte, que são prejudiciais ao OA. Masuero *et al.* (2017), recomenda, que sejam removidas com cuidado e que seja realizada limpeza da superfície. No caso de plantas de maior porte, há necessidade de se injetar herbicida na raiz, para que elas sequem e possam ser removidas; a fim de evitar novo crescimento no local, o ideal é que seja aplicado biocida; se necessário, faz-se a reparação do revestimento, com características similares ao existente, neste caso, a pintura precisará ser refeita, também com características semelhante a existente. As fichas 11 até 13 relacionadas a este tipo de manifestação patológica, estão dispostas a seguir.

### 1. DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS:

Desenvolvimento de vegetação junto ao substrato da edificação, tanto na base do prédio, quanto nos ornatos e cantos, que facilitam a infiltração de água na construção, através de suas raízes; também geram sombreamento, dependendo do porte. Dessa forma colaboram para o surgimento ou agravamento de outras manifestações patológicas, como biofilme, fissuras e descolamento por pulverulência.

### 4. MÉTODO DE ANÁLISE:

Inspeção visual.

### 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO:



### 2. CAUSAS POSSÍVEIS:

- Presença de umidade e nutrientes;
- Negligência na conservação da construção;
- Sombreamento excessivo em fachadas.

### 6. SUGESTÃO DE SOLUÇÕES:

- Remoção cuidadosa da vegetação e limpeza da superfície.
- No caso de plantas de maior porte, injetar herbicida na raiz, para que elas sequem e possam ser removidas;
- A fim de evitar novo crescimento no local, o ideal é que seja aplicado biocida;
- Se necessário, faz-se a reparação do revestimento, com características similares ao existente, neste caso, a pintura precisará ser refeita, também com características semelhantes a existente.

### 3. FACHADA:

- |   |  |   |
|---|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> PISO COBERTURA            | <input checked="" type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA NORTE | <input checked="" type="checkbox"/> FACHADA NORTE |
| <input checked="" type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA NORTE | <input type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA SUL              | <input checked="" type="checkbox"/> FACHADA SUL   |
| <input type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA SUL              | <input type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA LESTE            | <input checked="" type="checkbox"/> FACHADA LESTE |
| <input checked="" type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA LESTE | <input type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA OESTE            | <input checked="" type="checkbox"/> FACHADA OESTE |
| <input type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA OESTE            |  |   |

### 1. DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS:

Animais, geralmente de pequeno porte, como algumas aves, insetos e roedores, podem colaborar na biodeterioração. De forma direta, por suas fezes, que são altamente ácidas, ocasionando ataque químico nos componentes do revestimento onde ficam depositadas. De maneira indireta, a colaboração à deterioração biológica, ocorre por meio de desenvolvimento de outros organismos, uma vez que, os compostos de azoto (amônia) e fósforo, contidos nas fezes, servem de substrato para eles.

### 4. MÉTODO DE ANÁLISE:

Inspeção visual.

### 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO:



### 2. CAUSAS POSSÍVEIS:

- Falta de limpeza ou manutenção.

### 6. SUGESTÃO DE SOLUÇÕES:

- Limpeza e quando possível, a aspiração mecânica, de toda área, principalmente nos elementos decorativos das fachadas. Os repelentes de animais, tem eficiência apenas temporária.

### 3. FACHADA:

<input checked="" type="checkbox"/> PISO COBERTURA	<input checked="" type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA NORTE	<input checked="" type="checkbox"/> FACHADA NORTE
<input checked="" type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA NORTE	<input checked="" type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA SUL	<input checked="" type="checkbox"/> FACHADA SUL
<input checked="" type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA SUL	<input checked="" type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA LESTE	<input checked="" type="checkbox"/> FACHADA LESTE
<input checked="" type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA LESTE	<input checked="" type="checkbox"/> MURO COBERTURA - FACHADA OESTE	<input checked="" type="checkbox"/> FACHADA OESTE
<input checked="" type="checkbox"/> COBERTURA - FACHADA OESTE		

### 1. DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS:

- Desenvolvimento de biofilme colorido, ocasionado por microrganismos específicos, em especial líquens, mas também por meio de algas, cianobactérias fungos, bactérias ou comunidades diversas. Esse dano no revestimento, pode se incorporar à imagem como um todo do prédio, considerado como parte da sujeidade.

### 4. MÉTODO DE ANÁLISE:

Inspeção visual.

### 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO:



### 2. CAUSAS POSSÍVEIS:

- Presença de umidade;
- Disponibilidade de nutrientes;
- Ausência de manutenção.

### 6. SUGESTÃO DE SOLUÇÕES:

- Eliminação das fontes de umidade, lavagem com escova de náilon ou pano com mistura de hipoclorito de sódio e água potável (proporção 1:2), a solução deve agir por quatro horas aproximadamente, após, enxague com água em abundância. Reparo do revestimento, se este se encontrar pulverulento.
- Nos elementos decorativos próximos a cúpula, na parte alta da parede, sugere-se que sejam eliminadas as fontes de água e posteriormente aplicar tratamento com biocida, efetuar limpeza à seco da peça degenerada, eliminando todos os resíduos da superfície do material, na sequência, pode-se efetuar nova pintura, na superfície bem seca.

### 3. FACHADA:

- (X) PISO COBERTURA      (X) MURO COBERTURA - FACHADA NORTE      (X) FACHADA NORTE  
 (X) COBERTURA - FACHADA NORTE    (X) MURO COBERTURA - FACHADA SUL    (X) FACHADA SUL  
 (X) COBERTURA - FACHADA SUL    (X) MURO COBERTURA - FACHADA LESTE    (X) FACHADA LESTE  
 (X) COBERTURA - FACHADA LESTE    (X) MURO COBERTURA - FACHADA OESTE    (X) FACHADA OESTE  
 (X) COBERTURA - FACHADA OESTE

### 7.3.6 Umidade

A partir das análises e ensaios feitos, presume-se que a grande parcela dos problemas relacionados a umidade no OA, são devido a falhas nos mecanismos para eliminação da umidade, principalmente na base do prédio, mas também, foram verificados danos provavelmente causados ou agravados por umidade de infiltração. Originalmente, não havia nenhum sistema que impedisse a ascensão de água por capilaridade do solo, contudo, como já mencionado anteriormente, em 2002, sistemas de impermeabilização e de drenagem foram executados no entorno do prédio, mas, com o reaparecimento de algumas manifestações patológicas, pode-se supor que o sistema não está funcionando plenamente. O ideal seria verificar a situação do sistema drenagem, mas também, se o caimento do passeio está correto; neste caso, a incidência de chuva pode estar colaborando para retenção de umidade próxima a base, percolando por capilaridade. A proposição é que seja executado reforço da impermeabilização com hidrofugantes, como uma barreira química.

Além das técnicas citadas, o IPHAN (2005) lista técnicas para impedir ou reduzir a ascensão de água, sendo elas:

- a) rebaixamento do nível do lençol freático através de drenagem, ou por meio de poços absorventes;
- b) redução da seção absorvente;
- c) barramento físico e/ ou químico;
- d) execução de contra-muro.

Para execução de qualquer uma das técnicas acima mencionadas, há necessidade de se consultar especialista. No caso “a” e “b”, um especialista em solos, visto que, o rebaixamento do nível d’água provoca readaptação do terreno, podendo afetar as fundações. A determinação da distância entre o dreno e a fundação, depende do tipo de solo. O êxito deste sistema depende do volume do lençol freático, mas também, da existência de um canal adequado de escoamento. Como se trata de uma solução invasiva, uma análise quanto a gravidade do problema deve ser realizada, antes de se executar tal serviço.

Quando a solução a ser adotada for por barreiras físicas, também deve-se consultar especialistas, devido a esta técnica ser de difícil execução, mas também, de alto custo e pode comprometer profundamente a estabilidade do edifício. No caso de barreira química, o

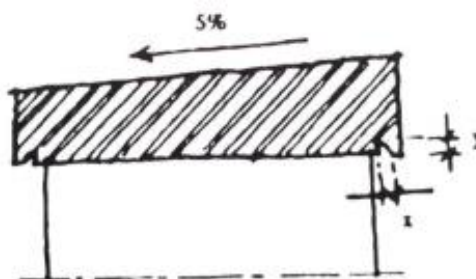


acompanhamento de profissional especializado, também é necessário para que haja um controle preciso para a sua execução e tem alto custo. Para proposição deve ser verificada a intensidade dos danos, para se possível, optar por sistemas menos invasivos.

A umidade de infiltração também pode ser observada no OA, em alguns locais da mureta da cobertura e em locais onde há fissuras, como em algumas molduras de janelas (a solução para esse problema, pode ser visualizada na seção de fissuras 7.3.2). De acordo com o manual do IPHAN (2005), a infiltração de água pelas paredes ocorre geralmente nos elementos sacados, onde a água pode se acumular e há ocorrência frequente de fissuras no reboco; mas, para este problema a solução recomendada é relativamente simples, visto que, após a identificação dos pontos onde constam manchamentos indicadores de infiltração, se efetua a retirada do reboco úmido, se faz o selamento das fissuras e impermeabiliza-se as juntas e se executa novo reboco, que não deve ser mais resistente que o adjacente.

O ideal seria fazer coroamento na mureta da cobertura com inclinação adequada (mínima de 5%), com lacrimal ou pingadeira (figura 122); nas molduras das fachadas entre pavimentos que acumulam sujidade, biodeterioração e umidade também seria interessante a adição de inclinação e lacrimal (ZUCCHETTI, 2016). Essas últimas soluções protegeriam mais a construção, contudo, alterariam parcialmente a aparência do OA. Como este prédio é tombado, há necessidade de se preservar suas características originais, portanto, a solução a ser adotada deve ser sutil, sendo a utilização de peças pré-moldadas, integradas aos elementos, como já sugerido por Pasqualotto (2012), uma boa alternativa. De qualquer forma, para que estas propostas possam ser aplicadas, elas precisam ser analisadas pelo IPHAN. As fichas 14 e 15 relacionadas a este tipo de manifestação patológica, estão dispostas a seguir.

Figura 122 – coroamento



(fonte: SQCC-MRT, 1993)



## FICHA DE MANIFESTAÇÕES

FICHA  
14

MANIFESTAÇÃO: UMIDADE ASCENCIONAL

PALAVRAS-CHAVE: capilaridade, impermeabilização

2018

### 1. DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS:

A umidade ascensional é gerada pelo transporte de água do solo por capilaridade e geralmente, manifesta-se em fachadas que se encontram em contato com o solo e desprotegidas, pela falta de impermeabilização. Manchamentos, eflorescências, bolores, entre outras, são manifestações provenientes de umidade ascensional.

**\*OBSERVAÇÃO (a ocorrência desta manifestação patológica, na área indicada na fachada sul, é apenas uma hipótese).**

### 4. MÉTODO DE ANÁLISE:

Inspeção visual e termografia.

### 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO:



### 2. CAUSAS POSSÍVEIS:

- Falta ou ineficiência dos sistemas de drenagem ou impermeabilização.

### 6. SUGESTÃO DE SOLUÇÕES:

- Verificação de sistema de drenagem, impermeabilização e caimento da calçada;
- Após verificação, sugere-se reforço da impermeabilização com hidrofugantes.

### 3. FACHADA:

- PISO COBERTURA                       MURO COBERTURA - FACHADA NORTE                       FACHADA NORTE  
 COBERTURA - FACHADA NORTE                       MURO COBERTURA - FACHADA SUL                       FACHADA SUL  
 COBERTURA - FACHADA SUL                       MURO COBERTURA - FACHADA LESTE                       FACHADA LESTE  
 COBERTURA - FACHADA LESTE                       MURO COBERTURA - FACHADA OESTE                       FACHADA OESTE  
 COBERTURA - FACHADA OESTE

## FICHA DE MANIFESTAÇÕES

**FICHA  
15**

MANIFESTAÇÃO: UMIDADE DE INFILTRAÇÃO

PALAVRAS-CHAVE: água da chuva, fissuras, permeabilidade

**2018**

### 1. DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS:

A umidade de infiltração é ocasionada pela água da chuva absorvida por meio das fissuras e pela mureta da cobertura. Gera manifestações patológicas do tipo mancha de umidade, expansão de armaduras, entre outras, favorece biodeterioração e sujidade. Problemas relacionados a este tipo de umidade, são os mais recorrentes e são iniciados geralmente nas fachadas.

### 4. MÉTODO DE ANÁLISE:

Inspeção visual e termografia.

### 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO:



### 2. CAUSAS POSSÍVEIS:

- Água da chuva que é absorvida pelos elementos externos das construções, por meio de fissuras, revestimentos com alta permeabilidade e/ou acabamento ineficientes.

### 6. SUGESTÃO DE SOLUÇÕES:

- Identificação dos pontos onde constam manchamentos indicadores de infiltração, retirada do reboco úmido, selamento das fissuras, impermeabilização das juntas, por fim, execução de novo reboco, que não deve ser mais resistente que o existente;

- O ideal seria fazer coroamento na mureta da cobertura com inclinação adequada (mínima de 5%), com lacrimal ou pingadeira e adição de inclinação e lacrimal também, nas molduras das fachadas entre pavimentos. Sugestão: peças pré-moldadas.

### 3. FACHADA:

( ) PISO COBERTURA                      (X) MURO COBERTURA - FACHADA NORTE                      ( ) FACHADA NORTE  
 ( ) COBERTURA - FACHADA NORTE    (X) MURO COBERTURA - FACHADA SUL                      (X) FACHADA SUL  
 ( ) COBERTURA - FACHADA SUL        (X) MURO COBERTURA - FACHADA LESTE                      ( ) FACHADA LESTE  
 ( ) COBERTURA - FACHADA LESTE    (X) MURO COBERTURA - FACHADA OESTE                      ( ) FACHADA OESTE  
 ( ) COBERTURA - FACHADA OESTE

### 7.3.7 Eflorescência e criptoflorescência

Não foram verificadas externamente, ocorrências de eflorescências nas fachadas e na cobertura do OA. Pode ser que na fachada norte, na região de deslocamento na base, onde tijolos encontram-se aparentes e se desagregando, esteja ocorrendo criptoflorescência, mas, isto é, apenas uma hipótese, seriam necessárias mais análises para comprovação.

A amostra 2, extraída próxima do local, na análise qualitativa de sais, apresentou grande quantidade de sulfatos. Salienta-se que, partes pequenas da amostra foram utilizadas e estas continham um pouco de material particulado, proveniente dos blocos cerâmicos da parede. Essa amostra apresentou grande quantidade de sulfato e sabe-se, a partir das referências, que este é um dos sais mais causadores da criptoflorescência, uma vez que, em contato com a água, expande, aumentando consideravelmente de volume, desta maneira provocando degradação dos blocos cerâmicos, mas também dos revestimentos.

Caso haja efetivamente criptoflorescência, sugere-se que seja realizada a dessalinização da área onde há essa manifestação patológica. A remoção dos sais solúveis a partir da superfície ou do interior da alvenaria (na forma de cristal ou de solução), pode ser feita com o emprego de compressas de celulose (alto custo, utilizado apenas em esculturas e afrescos), de cal (mais utilizada) ou de lama bentonítica; sistemas eletro-osmóticos (pouco usado, pelo custo elevado); reboco de cal (ou de sacrifício); dessalinização química (não é mais utilizada por utilizar metais pesados); aplicação de argamassas de recuperação (POSSER, 2004). A ficha 16 relacionada a este tipo de manifestação patológica, está disposta a seguir.

## FICHA DE MANIFESTAÇÕES

FICHA  
16

MANIFESTAÇÃO: CRIPTOFLORESCÊNCIA

PALAVRAS-CHAVE: sais solúveis, cristalização

2018

### 1. DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS:

A criptoflorescência ocorre quando os cristais de sais solúveis são desenvolvidos no interior dos poros e capilares do substrato, provocando expansão e gerando tensões sob a camada de material que tende a romper-se. Quando ocorre a desagregação, há perda de resistência mecânica do material, bem como, do substrato ou revestimento.

**\*OBSERVAÇÃO** (a ocorrência desta manifestação patológica, na área de deslocamento na fachada norte, é apenas uma hipótese).

### 4. MÉTODO DE ANÁLISE:

Inspeção visual e análise qualitativa de sais.

### 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO:



### 2. CAUSAS POSSÍVEIS:

- Presença de umidade e sais solúveis.

### 6. SUGESTÃO DE SOLUÇÕES:

- A fonte de umidade deve ser estancada.

- Sugere-se que seja realizada a dessalinização da área onde há essa manifestação patológica. Para remoção dos sais solúveis, a partir da superfície ou do interior da alvenaria, podem ser utilizadas compressas de celulose, de cal, ou de lama bentonítica; sistemas eletro-osmóticos; ou aplicação de argamassas de recuperação.

### 3. FACHADA:

- PISO COBERTURA                       MURO COBERTURA - FACHADA NORTE                       FACHADA NORTE  
 COBERTURA - FACHADA NORTE                       MURO COBERTURA - FACHADA SUL                       FACHADA SUL  
 COBERTURA - FACHADA SUL                       MURO COBERTURA - FACHADA LESTE                       FACHADA LESTE  
 COBERTURA - FACHADA LESTE                       MURO COBERTURA - FACHADA OESTE                       FACHADA OESTE  
 COBERTURA - FACHADA OESTE

## **8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

A partir dos estudos realizados, constatou-se que, o OA, apresenta uma quantidade acentuada de diferentes tipos de manifestações patológicas e de acordo com o fator de danos calculado, mais de cinquenta por cento das fachadas estariam danificadas. Esta situação ainda não gerou comprometimento das suas funções, entretanto, salienta-se que, a prática de se executar as manutenções e recuperações necessárias, como as indicadas neste trabalho, bem como, a conservação deste belo prédio histórico, com 110 anos, em condições tanto estéticas, quanto funcionais adequadas é imprescindível, visto suas atividades e seu valor histórico e cultural.

Durante as conclusões deste trabalho, em novembro de 2018, houve uma ocorrência de deslocamento, de parte do revestimento de argamassa do terceiro pavimento da fachada sul e este material caiu em um local utilizado como estacionamento, situação muito preocupante, uma vez que, poderia ter danificado algum veículo, ou mais grave, provocado ferimentos em algum transeunte desta região. Este fato, reforça a importância de se intervir o quanto antes neste prédio, pois, já oferece riscos ao seu entorno.

Não se quer que este bem patrimonial chegue a condições de abandono, para que não sejam perdidos conhecimentos importantes, podendo acarretar na privação de informações de relevância, também relacionada às técnicas tradicionais desenvolvidas previamente, mas também, para evitar repetição de erros já cometidos. Quanto mais tempo se aguardar para realização de intervenção, maiores custos estarão envolvidos, bem como, haverá provavelmente agravamento dos danos presentes, além da necessidade de medidas mais invasivas para sua recuperação, prejudicando a preservação das suas características originais, contrariando a intenção do tombamento.

Para os estudos das manifestações patológicas mais frequentes em prédios históricos, foi encontrada vasta bibliografia e estudo de casos, e pôde-se verificar que o causador mais problemático, bem como, muitas vezes, mais difícil de solucionar foi a umidade, que favorece manifestações patológicas em revestimentos, nas pinturas, nas próprias alvenarias, afeta negativamente a conservação da limpeza da edificação, proporciona ambiente mais adequado ao aparecimento de biodeterioração, conduz sais solúveis prejudiciais pelos capilares das paredes, penetra pelas fissuras, as agravando. Mesmo que tenha sido realizada pequena obra de

drenagem no entorno do OA e executada impermeabilização na cobertura, ainda assim, a umidade segue provocando danos. As condições dos sistemas precisariam ser analisadas. Entende-se que a manutenção, reparação ou adição de novos sistemas que impeçam o ingresso prejudicial de água na edificação precisam ser realizados o quanto antes, esta ação já resolveria ou amenizaria boa parte dos problemas.

Outra manifestação patológica complicada, que pode ocasionar outras, é o aparecimento de fissuras, visto que, por elas a água entra na construção, a sua atividade propicia danos aos revestimentos, suas aberturas podem se tornar ambientes perfeitos ao desenvolvimento de micro e macroorganismo, além de problemas estéticos. Para tanto, foram sugeridas soluções, mas, seria necessário estudo mais minucioso das origens do aparecimento das fissuras e análise pontual delas para definição correta das intervenções necessárias.

Para reparar os revestimentos, primeiramente, problemas como fissuras, umidade, biodeterioração e presença de sais, precisariam ser resolvidos. Durante ensaios de percussão, observou-se várias áreas com descolamentos, confirmados pelos termogramas. Seria interessante intervir, antes que esta manifestação patológica evolua para o deslocamento do revestimento. Como mencionado, deve haver muito cuidado, com o traço de argamassa a ser utilizado na renovação, a fim de, não se prejudicar o original que permanecer. Pelo ensaio de reconstituição de traço foram obtidos traços prováveis, considerados coerentes. O ensaio qualitativo de sais, foi realizado com parte das amostras coletadas para reconstituição, logo, seria interessante, obter mais estudos para apontamentos mais representativos e se possível, se realizar análise quantitativa. As análises microscópicas dos agregados, também pode auxiliar na dosagem e escolha do tipo de material a ser utilizado em nova argamassa para recuperação.

Quanto à pintura, precisaria ser renovada em todo prédio, em poucas regiões ela se encontra íntegra, mas, antes de se realizar este serviço, é importante salientar, que como indicado, as causas das degradações das pinturas precisam ser sanadas. As prospecções realizadas oferecem sugestão de paleta de cores que poderiam ser utilizadas, para repintura do prédio. Seria necessário realizar prospecções em mais pontos, em locais onde não foi possível, pela limitação de altura, ou mesmo nas demais fachadas, onde não foram efetuadas.

Os resultados das análises e ensaios, foram satisfatórios e corresponderam ao esperado. O mapa de danos e a aplicação do método de MMD, proporcionaram a verificação do quanto o OA está

danificado, mas, não há estudos referentes as intensidades desses danos, portanto, fica como sugestão para estudos futuros, bem como o aprofundamento, das demais análises.

Outras propostas para trabalhos posteriores seriam: a realização de análises laboratoriais microestruturais para identificação do ligante das argamassas, que para este estudo não foi possível efetuar, bem como, o desenvolvimento de testes para avaliação das argamassas, a partir dos traços obtidos, para verificação de compatibilidade.



## REFERÊNCIAS

ABREU FILHO, S. B. **Porto Alegre como Cidade Ideal: Planos e Projetos Urbanos para Porto Alegre**. 2006. 357 p. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura – PROPARG, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/8600>>. Acesso em 10 de março de 2018.

AGUIAR, J.; TAVARES, M.; VEIGA, M. do R. **Consolidação de revestimentos exteriores (Rebocos e Barramentos) de edifícios antigos- reflexões para um plano de estudo**. Lisboa, LNEC, Relatório 216/2001 – NA.

ALLSOPP, D.; SEAL, K. J.; GAYLARDE, C. **Introduction to biodeterioration**. Second edition. New York: Cambridge University Press, 2010. 237p.

ALVES, A. **A construção do porto de Porto Alegre 1895-1930: modernidade urbanística como suporte de um projeto de estado**. 2005. 181 p. – Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/5135>>. Acesso em 10 de março de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: Manutenção das edificações – Requisitos para o sistema de gestão da manutenção. Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR 13749**: Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1**: Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 7211**: Agregado para concreto - Especificação. ABNT: 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. ABNT: 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 7211**: Agregado para concreto - Especificação. ABNT: 1983.

BARBOSA, R. **Arquitetura de Porto Alegre no Período Positivista (1889-1930)**. 2009. Disponível em: <<https://arqfeevale.wordpress.com/2009/04/16/arquitetura-de-porto-alegre-no-periodo-positivista-1889-1930/>>. Acesso em: 22 de abril de 2018.

BASTOS, P. K. X. **Retração e Desenvolvimento de Propriedades Mecânicas de Argamassas Mistas de Revestimento**. São Paulo, 2001. 172 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana. Disponível em: <[https://icposgrados.weebly.com/uploads/8/6/0/0/860075/tese\\_pedro\\_k1\\_\\_x\\_\\_bastos.pdf](https://icposgrados.weebly.com/uploads/8/6/0/0/860075/tese_pedro_k1__x__bastos.pdf)>. Acessado em: 12 de agosto de 2018.

BAUER, E.; PAVÓN, E. **Termografia de Infravermelho na Identificação e Avaliação de Manifestações Patológicas em Edifícios**. Concreto e Construções: Durabilidade do Concreto - Requisitos de Projeto, Normalização e Execução para Estruturas com Longa Vida Útil, São Paulo, v. 79, p.93-98, jul. 2015.

BAUER, R. J. F. **Patologia em revestimentos de argamassa inorgânica**. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. 1997. Salvador: CETA/ANTAC, 1997. p. 321-331. Disponível em: < <https://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/69-patologia-em-revestimento-de-argamassa-inorganica>>. Acesso em: 15 de maio de 2018.

BEVILACQUA, C. M. (OA/UFRGS); MATSUURA, O.T. (Org.); TOLMASQUIM, A.T. [*et al.*] (comissão editorial). 2014. **História da Astronomia no Brasil (2013)**. Vol. I. 666 p. Companhia Editora de Pernambuco - Cepe. Recife. Disponível em: <[http://site.mast.br/HAB2013/historia\\_astronomia\\_1.pdf](http://site.mast.br/HAB2013/historia_astronomia_1.pdf)>. Acesso em 2 de março de 2018.

BEZERRA, A. L. F.; NAPPI, S. C. B. **Identificação das cores de fachadas de edificações históricas**. Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Museologia e Patrimônio – PPG-PMUS Unirio | MAST - vol. 5 nº 1, 2012.

BONIN, L. C. (Coord.). **Manuais de referência técnica**. In: SEMINÁRIO QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL - Gestão e tecnologia, 2., 1993, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: Curso de pós-graduação em Engenharia Civil, NORIE, UFRGS, 1993.

BRAGANÇA, S. R.; BERGMANN, C. P. **Análise da Microestrutura de Porcelanas**. Anais do 47º Congresso Brasileiro de Cerâmica. 2003.1228-1300 p. João Pessoa/PB, 2003.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações determinadas pelas Emendas Constitucionais de Revisão nos 1 a 6/94, pelas Emendas Constitucionais nos 1/92 a 91/2016 e pelo Decreto Legislativo no 186/2008. Brasília, DF: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2016. 496 p. Disponível em: <[https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88\\_Livro\\_EC91\\_2016.pdf](https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf)>. Acesso em 25 de maio de 2018.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto-Lei n. 25**, de 30 de novembro de 1937. Organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional. Rio de Janeiro, 1937. Não paginado. Disponível em: <[http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Decreto\\_Lei\\_n\\_25\\_de\\_30\\_de\\_novembro\\_de\\_1937\\_pdf.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Decreto_Lei_n_25_de_30_de_novembro_de_1937_pdf.pdf)>. Acesso em 25 de maio de 2018.

CANEVA, G.; NUGARI, M. P.; SALVADORI, O. **La biología en la restauración**. Traducción de Rosalía Gómez. 2 ed. Sevilla: NEREA, 2000. 274p

CAPORRINO, C. F. **Artigo: patologia das anomalias em alvenarias e revestimentos argamassados**. Revista Técnica: PINI. 2016. Disponível em: <<https://techne.pini.com.br/2016/05/artigo-patologia-das-anomalias-em-alvenarias-e-revestimentos-argamassados/>>. Acesso em 31 de maio de 2018.

CINCOTTO, M. A. **Patologia das argamassas de revestimento. Análise e Recomendações**. In: TECNOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES. São Paulo: Pini/IPT, 1988. p. 549 - 554.

\_\_\_\_\_. **Patologia das argamassas de revestimento. Análise e Recomendações.** 2. Ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989. 13 p.

COUTO, A. B.; COUTO J. P. **Especificidades e exigências das argamassas na reabilitação de edifícios antigos.** Congresso Nacional de Argamassas de Construção, 2, Lisboa, Portugal, 2007 – “Sob a égide da reabilitação: actas do Congresso Nacional de Argamassas de Construção”. [Lisboa: APFAC, 2007]. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1822/8347>>. Acesso em 14 de novembro de 2018.

DAL MOLIN, D. C. C. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais.** Ed. G. C. Isaia. – São Paulo: IBRACON, 2007. 2v.

D’OSSAT, G. A. **Guide to the Methodical Study of Monuments and Causes of their Deterioration.** Roma: ICCROM, 1972. Disponível em: <[https://www.iccrom.org/sites/default/files/2018-02/1982\\_deangelis\\_methodical\\_study\\_eng-ita\\_20799\\_light.pdf](https://www.iccrom.org/sites/default/files/2018-02/1982_deangelis_methodical_study_eng-ita_20799_light.pdf)> Acessado em 20 de maio de 2018.

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

FAZENDA, J. M. R. **Tintas imobiliárias de qualidade:** livro de rótulos da ABRAFATI. 2. ed. São Paulo: Ed. Blücher, 2010.

FONSECA, D.B. **Tintas e pigmentos no patrimônio urbano pelotense: um estudo dos materiais de pinturas das fachadas do século XIX.** Dissertação. Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade federal da Bahia, Salvador, 2006. 206p

FREITAS, D. **O homem que inventou a ditadura no Brasil.** 2009. Porto Alegre: Editora Sulina.

FREITAS, J. G.; CARASEK, H.; CASCUDO, O. **Utilização da Termografia Infravermelha para a Avaliação de Fissuras em Fachadas com Revestimento de Argamassa e Pintura.** Ambiente Construído, Porto Alegre, p.57-73, jan. 2014.

GALLETTO, A.; ANDRELLO, J. M. **Manifestações Patológicas na Construção: Patologias em fachadas com revestimentos cerâmicos.** 2013. 11p. Anais do IX Congresso Internacional sobre Patologia e Recuperação de Estruturas – CINPAR 2013. João Pessoa – PB. Disponível em: <[http://www.casadagua.com/wp-content/uploads/2014/02/A1\\_077.pdf](http://www.casadagua.com/wp-content/uploads/2014/02/A1_077.pdf)>. Acesso em 30 de maio de 2018.

GASPAR, P. L.; FLORES-COLEN, I.; BRITO, J. **Técnicas de Diagnóstico e Classificação de Anomalias por Perda de Aderência em Rebocos.** 2007. 10p. 2º Congresso de Argamassas de Construção de Lisboa. Disponível em: <[http://www.apfac.pt/congresso2007/comunicacoes/Paper%2056\\_07.pdf](http://www.apfac.pt/congresso2007/comunicacoes/Paper%2056_07.pdf)>. Acesso em 15 de maio de 2018.

GAYLARDE C.C.; GAYLARDE, P.M. **Biodeterioration Of Historic Buildings In Latin America.** 2002. 9 p. Dept. Biophysics & MIRCEN, Federal Uni Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

GENOVEZ, S. C. **Análise estratigráfica: uma contribuição ao projeto de restauro.** 2012. 210 p. Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: História e Fundamentos da Arquitetura e Urbanismo) – FAUUSP. São Paulo.

GOMIDE, J. H.; SILVA, P. R.; BRAGA, S. M. N. **Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural.** Brasília, DF: Ministério da Cultura, Instituto do Programa Monumenta, 2005. 76 p. (Programa Monumenta, cadernos técnicos 1).

GRATWICK, R. T. **La humedad en la construccion: sus causas y remedios.** Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1971. 334 p.

HENRIQUES, F. M. A. **Humidade em paredes.** Lisboa: LNEC, 2007.

ICOMOS. **Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Patrimônio Arquitectónico,** Lisboa, junho, 2002

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (IPHAN). **O Iphan.** 2014. Disponível em: < <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/872>>. Acessado em: 25 de abril de 2018.

\_\_\_\_\_. **Manual de conservação preventiva para edificações.** Brasília, DF, 2005.

\_\_\_\_\_. **Programa Monumenta: Porto Alegre /** Org. de BICCA, B. – Brasília, DF, 2010. 240 p.: il. color.; 23 cm. – (Registro).

JUNGINGER, M. **Rejuntamento de revestimentos cerâmicos: influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis.** São Paulo, 2003. Edição Revisada. 141 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

KANAN, M. I. **Manual de conservação e intervenção em argamassas e revestimentos à base de cal.** Brasília, DF: Iphan / Programa Monumenta, 2008.172 p.: il.; 20cm. – (Cadernos Técnicos; 8).

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** 2014. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora: ELETROBRAS/PROCEL.

LERSCH, I. M. **Contribuição para a identificação dos principais fatores e mecanismos de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre.** 2003. 184p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/3674>>. Acesso em 20 maio de 2018.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das Construções.** Boletim Técnico 06/86 – Patrocinado pela Companhia de Cimento Portland Itaú. 1986. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

LORDSLEEM Jr., A. C. **Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação: avaliação da capacidade de deformação.** São Paulo, 1997. 174 p. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

MAGALHÃES, A. C. A. **Degradação de revestimentos de paredes de edifícios antigos: metodologia de diagnóstico**. 2013. 160p. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia. Salvador.

MASCARÓ, L., MASCARÓ, J. **Ambiência Urbana**. 3. ed. Porto Alegre: Masquatro. 2009.

MASUERO, A. B.; NUNES, G.; SILVESTRO, L.; SANTOS, I. L. **Investigação e mapeamento das manifestações patológicas das fachadas do instituto de ciências básicas da saúde – ICBS**. 2018a. 10p. 6º Conferência sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios. PATORREB 2018, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.nppg.org.br/patorreb/files/artigos/80640.pdf>>. Acesso em 31 de maio de 2018.

MASUERO, A. B.; ZUCCHETTI, L.; LAMEGO GUERRA, F.; GIORDANI, C; SOCOLOSKI, F. **Relatório técnico: Análise do revestimento das fachadas do prédio da Rádio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**. 2018b. 22p. NORIE – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação /LAMTAC – Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre.

MASUERO, A. B, turma de patologia das edificações (programa de pós-graduação em engenharia civil). **Diagnóstico das Manifestações Patológicas das Fachadas do Instituto Eletrotécnico**. 2017. 132p. Elaborado pela turma de Patologia das Edificações 2017. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. PPGCI. Porto Alegre.

MASUERO, A. B, turma de patologia das edificações (programa de pós-graduação em engenharia civil). **Contribuição ao estudo da evolução construtiva e da manutenção da conservação do monumento Igreja Nossa Senhora das Dores**. 2009. 72p. Elaborado pela turma de Patologia das Edificações 2009. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. PPGCI. Porto Alegre.

MORAES, G. A. **A contribuição de Manoel Itaquí para a arquitetura gaúcha**. 2003. 142 p.: II. – Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/4770>>. Acesso em 10 de março de 2018.

PASQUALOTTO, N. **Mapeamento de manifestações patológicas em edificação histórica: estudo no prédio do Observatório Astronômico da UFRGS**. 2012. 139 p. Trabalho de Diplomação (Graduação). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

PAVÓN, E. **Critérios e padrões de comportamento para avaliação de descolamentos cerâmicos com termografia de infravermelho**. 2017. Tese de Doutorado, Publicação E.TD-6A/17. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília- DF, 250p

POLITO, G. **Principais sistemas de pintura e suas patologias**. Dissertação (Graduação). Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

PEREIRA, L. M. **Avaliação das patologias e da biodeterioração na biblioteca central da UFSM**. 2012. 126p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

PEREZ, A.R. **Umidade nas edificações: recomendações para a prevenção da penetração de água pelas fachadas (1º parte)**. In: TECNOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES. São Paulo: Pini/IPT, 1988. p. 571-574.

PETRUCCI, H. M. C. **A alteração da aparência das fachadas dos edifícios: Interação entre as condições ambientais e a forma construída**. 2000. 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/1555>>. Acesso em 14 de agosto de 2018.

PINHEIRO, P. I. S. **Aplicação do Método de Mensuração da Degradação (MMD) ao Estudo das Fachadas de Edifícios em Brasília**. 2016. 83p. Monografia de Projeto Final, Publicação, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

POLISSENI, A. E. **Método de campo para avaliar a capacidade impermeabilizante de revestimentos de parede: método do cachimbo**. 1985. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

POLITO, G. **Principais sistemas de pintura e suas patologias**. Dissertação (Graduação). Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

POSSER, N.D. **Proporcionamento de argamassas de reboco de recuperação**. 2004. 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/4750>>. Acesso em 14 de agosto de 2018.

POYASTRO, P. C. **Avaliação da influência da volumetria e das condições de entorno a edificação no manchamento e infiltração de água em fachadas por ação de chuva dirigida**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/56570>>. Acesso em 14 de agosto de 2018.

QUARCIONI, V. A.; CINCOTTO, M. A.; MATAVELLI, M. A.; CHOTOLI, Fabiano F. **Reconstituição de Traço de Argamassas: Aplicações e Limitações da Análise Química**. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. 1997. Salvador, 1997. p. 411-422. Disponível em: <<https://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/77-reconstituicao-de-tracos-de-argamassas-aplicacoes-e-limitacoes-da-analise-quimica>>. Acesso em: 15 de maio de 2018

RABELLO, S. **O tombamento**. In: REZENDE, M. B.; GRIECO, B.; TEIXEIRA, L.; THOMPSON, A. (Orgs.). Dicionário IPHAN de Patrimônio Cultural. 1. ed. Rio de Janeiro, Brasília: IPHAN/DAF/Copedoc, 2015. (termo chave Tombamento). ISBN 978-85-7334-279-6.

RECENA, F. A. P. **Conhecendo Argamassa**. 2. ed. Porto Alegre: ediPUCRS, 2011. v. 500. NDp.

SCHÄFFER, B. **Porto Alegre, Arquitetura e Estilo - 1880 a 1930**. 2011. 177 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/49939>>. Acesso em 10 de maio de 2018.

SEGAT, G. T. **Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa: estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de Caxias do Sul (RS)**. 2005. 164 p. Dissertação (Mestrado profissional) – Mestrado Profissionalizante em Engenharia, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10139/000521616.pdf>>. Acesso em 12 de março de 2018.

SEMINÁRIO DE QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL II (segundo). **Manuais de Referência Técnica (MRT/ SQCC)**. Revestimentos em argamassa, 1993.

SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO (UFRGS) - ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO. Acervo atual (2018) do OA/UFRGS.

SILVA, E. M. **Manifestações patológicas em revestimentos: análise e terapia**. 2016. 62 p. Trabalho de conclusão, apresentado ao Curso de Engenharia Civil, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria/RS. Disponível em: <[http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2\\_2016/TCC\\_ELISEU%20MEZZOMO%20DA%20SILVA.pdf](http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2016/TCC_ELISEU%20MEZZOMO%20DA%20SILVA.pdf)> Acesso em 30 de maio de 2018.

SILVA, M. N. B. **Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada – aplicação ao caso de Brasília/DF**. Tese (Doutorado). Universidade de Brasília, 2014.

SIQUEIRA FILHO, A. V. **Estudo da patologia do amarelamento pós-pintura nos pré-moldados de gesso**. Universia. 25 jun. 2010. Disponível em: <[http://biblioteca.universia.net/html\\_bura/ficha/params/id/30903987.html](http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/id/30903987.html)>. Acesso em 28 de maio de 2018.

SOCOLOSKI, R. F. **Tratamento de Umidade Ascensional em Paredes Através de Inserção de Barreiras Químicas por Gravidade**. 2015. 130 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/127881>>. Acesso em 20 maio. 2018.

SOUZA, J. S. **Evolução da degradação de fachadas - efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação 07A/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 114p, 2016.

TAVARES, M. V.; AGUIAR, J.; VEIGA, R. **Uma Metodologia de Estudo para a Conservação de Rebocos Antigos - O Restauro Através da Técnica de Consolidação**. 2005. p. 692 – 700. VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. I International Symposium



on Mortars Technology. Florianópolis. Disponível em: <<http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/302-uma-metodologia-de-estudo-para-a-conservacao-de-rebocos-antigos-o-restauro-atraves-da-tecnica-de-consolidacao?start=60>>. Acesso em 28 de maio de 2018.

TERRA, R. C. **Levantamento de manifestações patológicas em revestimentos de fachadas das edificações da cidade de Pelotas**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

TEUTONICO, J. M. **A laboratory manual for architectural conservators**. Roma: International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property, 1988.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo, Ed. PINI, 1992.

\_\_\_\_\_. **Trincas em edificações: causas e mecanismos de formação**. In: TECNOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES. São Paulo: Pini/IPT, 1988. p. 555 – 560.

TINOCO, J. E. L. **Mapa de Danos – Recomendações Básicas**. Textos para Discussão. V. 43 – Série 2: Gestão de Restauro. 2009. 21 p. Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada. Olinda. ISSN: 1980-8267

TOLMASQUIM, A. T. (IBICT/MCTI) MATSUURA, OSCAR, T. (Org.). **As influências filosóficas na implantação da astronomia no Brasil**. 2014. **História da Astronomia no Brasil (2013)**. Vol. I. 666 p. Companhia Editora de Pernambuco - Cepe. Recife. Disponível em: <[http://site.mast.br/HAB2013/historia\\_astronomia\\_1.pdf](http://site.mast.br/HAB2013/historia_astronomia_1.pdf)>. Acesso em 2 de março de 2018.

TONIOLI, R. M. **Cidade e Universidade: Arquitetura e configuração urbana do Campus Centro da UFRGS**. 2014. 238 p. Dissertação (Pós-Graduação em Arquitetura) – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

TORRACA, G. **Porous building materials**. 3ed. Rome, ICCROM, 2005.

TORRADA, G. **Lectures on Materials Science for Architectural Conservation**. The Getty Conservation Institute. Los Angeles, 2009

UEMOTO, K. L. **Problemas de pintura na construção civil**. In: TECNOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES. São Paulo: Pini/IPT, 1988a. p. 589-592.

\_\_\_\_\_. **A pintura na manutenção de edifícios**. In: TECNOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES. São Paulo: Pini/IPT, 1988b. p. 615-618.

\_\_\_\_\_. **Patologia: danos causados pela eflorescência**. In: TECNOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES. São Paulo: Pini/IPT, 1988c. p. 561-564.

VASCONCELLOS, C. A. Z.; BERNASIUK, C.; BICA, E. L. D. **O Observatório Astronômico da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: 100 anos**. 2008. 33 p.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1ª Edição. Porto Alegre. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/observastro/website/wp-content/uploads/2014/11/OA-100-anos-Parte-1.pdf>> (Parte I); <<https://www.ufrgs.br/observastro/website/wp-content/uploads/2014/11/OA-100-anos-Parte-2.pdf>> (Parte II). Acesso em 08 de abril de 2018.

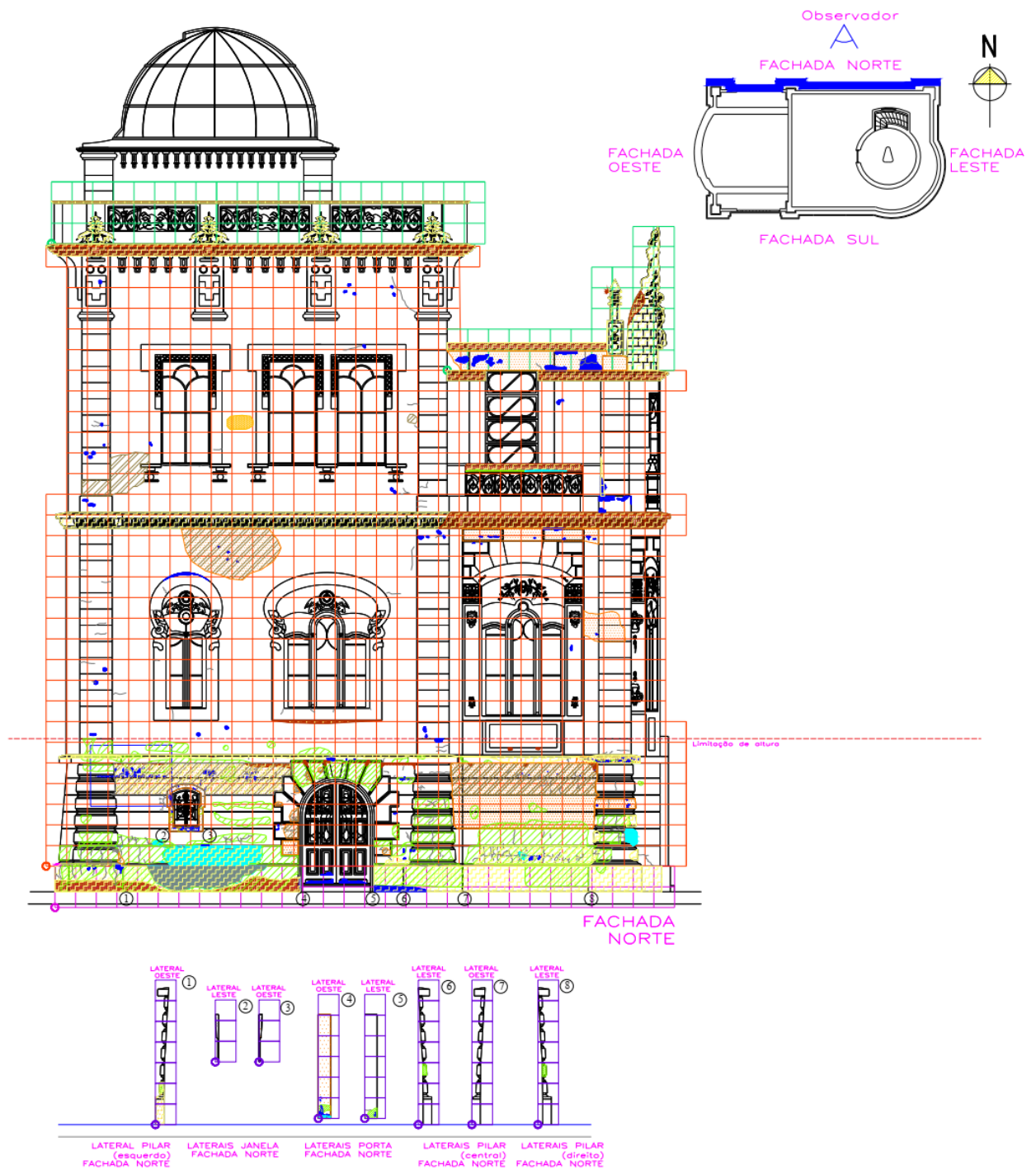
VEIGA, M. R.; AGUIAR, J.; SILVA, A. S.; CARVALHO, F. **Conservação e Renovação de Revestimentos de Paredes de Edifícios Antigos**. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Divisão de Edições e Artes Gráficas. Lisboa, 2004.

VEIGA, M. R. **Argamassas de alvenarias históricas. Funções e características**. CIREA2012 – Conferência Internacional sobre Reabilitação de Estruturas Antigas de Alvenaria. Universidade Nova de Lisboa, 2012. Eds: Fernando Pinho, Váler Lúcio, Carlos Rodrigues, António Ramos, Paulina Faria, Manuel Baião, Paulo Lourenço, Humberto Varum, Ângela Nunes e Luís Moura. Pp. 17-27. ISBN: 978-989-20-3080-7.

VIEIRA, A. A. **Influência dos Detalhes Arquitetônicos no Estado de Conservação das Fachadas - Edificações do Patrimônio Cultural do Centro Histórico de Porto Alegre – Estudo de Caso**. 2005. 162 p. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia). Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

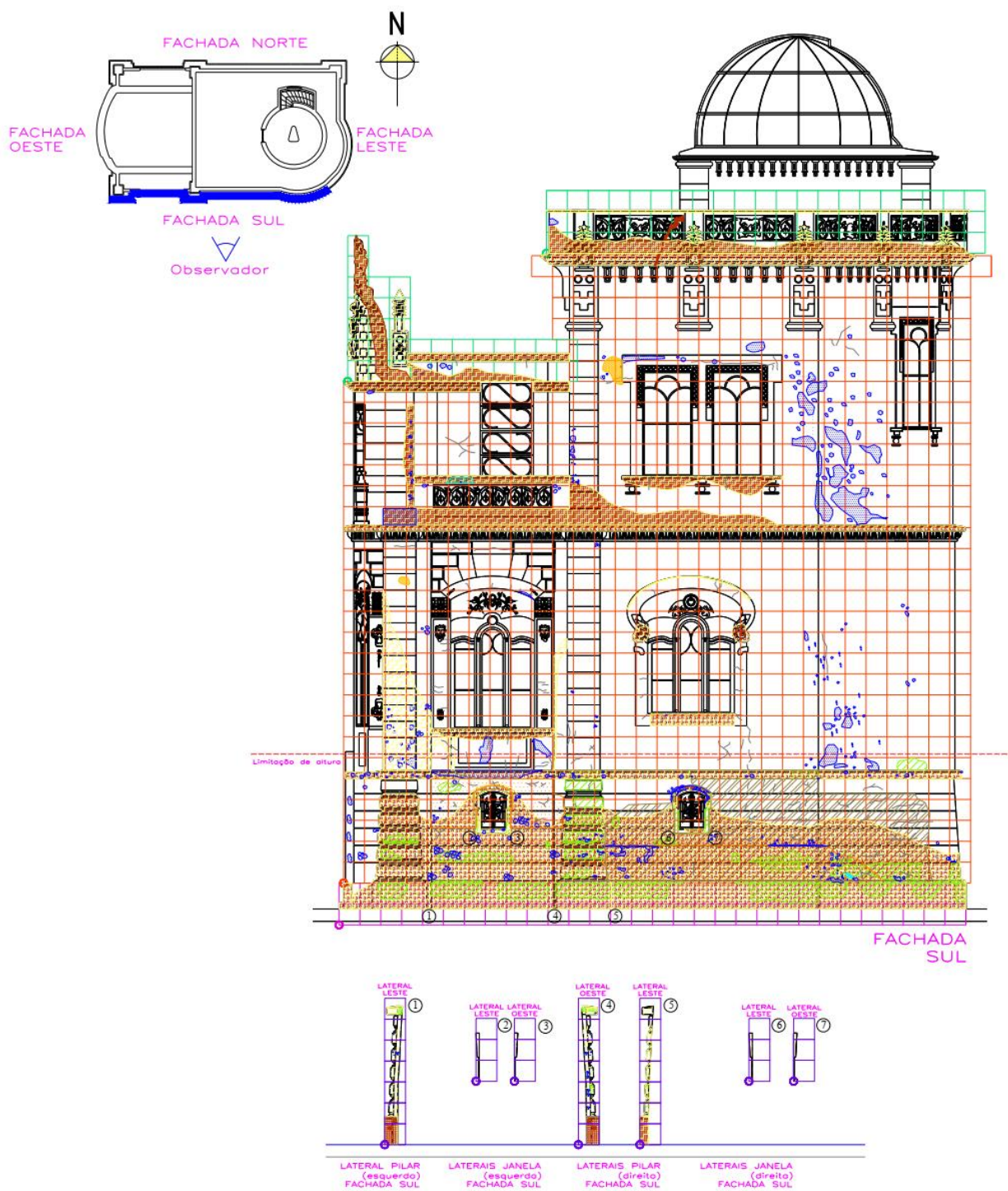
ZUCCHETTI, L. **Influência das características do peitoril no molhamento dos paramentos próximos às janelas frente à chuva dirigida**. 2016. 175 p. Dissertação (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/156782>>. Acesso em 18 de setembro de 2018.

## **APÊNDICE A – Sobreposição da malha**



LEGENDA

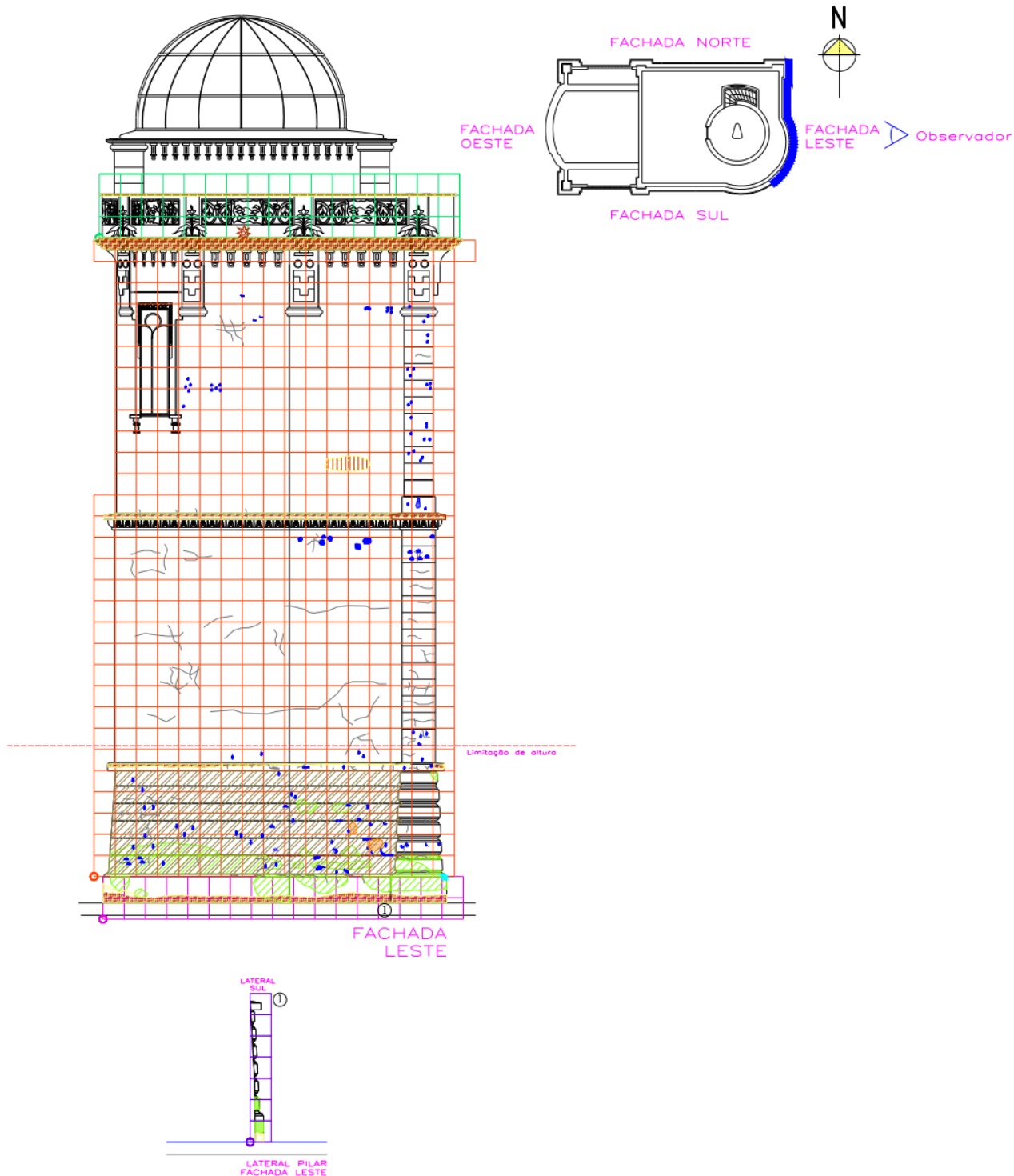
- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li> Fissuras</li> <li> Fissura mapeada</li> <li> Descolamento (aderido) - com ou sem possível deslocamento imediato</li> <li> Deslocamento</li> <li> Vesículas*</li> <li> Manchamento por Umidade</li> <li> Manchamento por Sujidade</li> <li> Biodeterioração - manchamento</li> <li> Biodeterioração - vegetação</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li> Biodeterioração - animais (fezes de aves, roedores, etc.).</li> <li> Biodeterioração - insetos</li> <li> Sais - Eflorescência</li> <li> Sais - Criptoflorescência</li> <li> Pintura - Bolha</li> <li> Pintura - Descascamento</li> <li> Pintura - microfissuras/craquelamento</li> <li> Desagregação superficial</li> <li> Quebra</li> <li> Corrosão</li> </ul> |
|---|---|
- \*Obs.: indicar o coloração do escorrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escorrimento (S).



## LEGENDA

- Fissuras
- Fissura mapeada
- Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato
- Deslocamento
- Vesículas\*
- \*Obs.: Indicar o coloração do escorrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escorrimento (S).
- Manchamento por Umidade
- Manchamento por Sujidade
- Biodeterioração – manchamento
- Biodeterioração – vegetação

- Biodeterioração – animais (fezes de aves, roedores, etc.),
- Biodeterioração – insetos
- Sais – Eflorescência
- Sais – Criptoflorescência
- Pintura – Bolha
- Pintura – Descascamento
- Pintura – microfissuras/craquelamento
- Desagregação superficial
- Quebra
- Corrosão

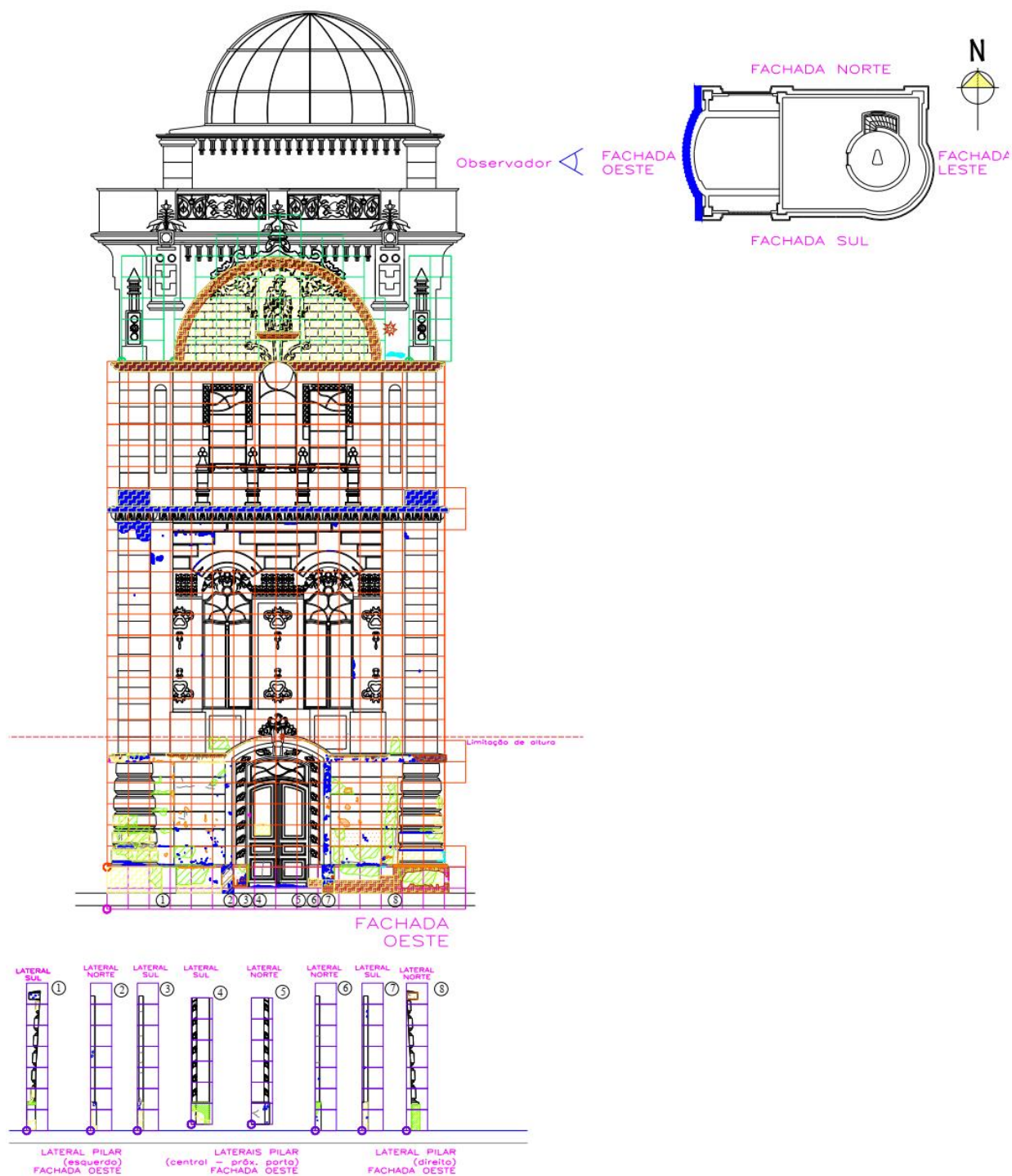


LEGENDA

- Fissuras
- Fissura mapeada
- Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato
- Deslocamento
- Vesículas\*
- \*Obs.: indicar a coloração do escorrimento, se clara (C), se escura (E), sem escorrimento (S).
- Manchamento por Umidade
- Manchamento por Sujidade
- Biodeterioração – manchamento
- Biodeterioração – vegetação

- Biodeterioração – animais (fezes de aves, roedores, etc.),
- Biodeterioração – insetos
- Sais – Eflorescência
- Sais – Criptoflorescência
- Pintura – Bolha
- Pintura – Descascamento
- Pintura – microfissuras/craquelamento
- Desagregação superficial
- Quebra
- Corrosão



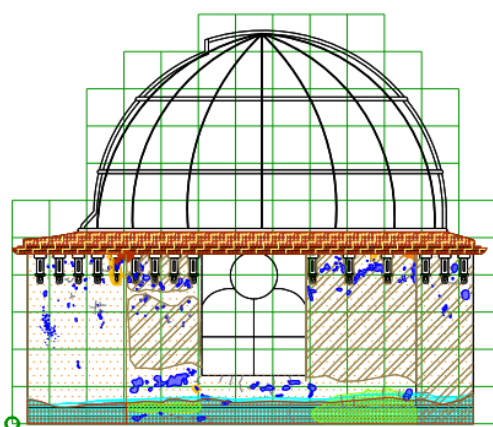


LEGENDA

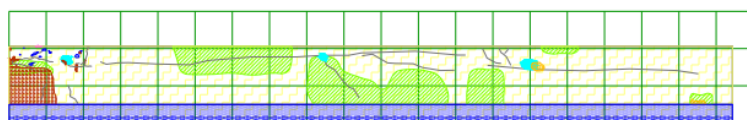
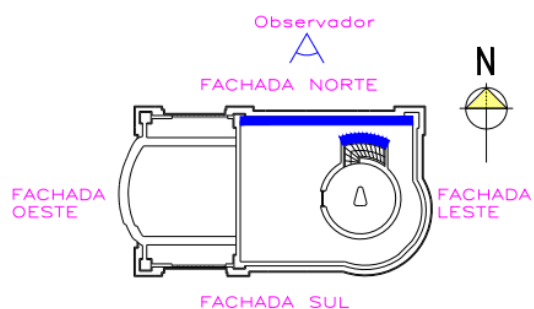
- Fissuras
- Fissura mapeada
- Descolamento (aderido) - com ou sem possível deslocamento imediato
- Deslocamento
- Vesículas\*
- \*Obs.: Indicar a coloração do escorrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escorrimento (S).
- Manchamento por Umidade
- Manchamento por Sujidade
- Biodeterioração - manchamento
- Biodeterioração - vegetação

- Biodeterioração - animais (fezes de aves, roedores, etc.).
- Biodeterioração - insetos
- Sais - Eflorescência
- Sais - Criptoflorescência
- Pintura - Bolha
- Pintura - Descascamento
- Pintura - microfissuras/craquelamento
- Desagregação superficial
- Quebra
- Corrosão

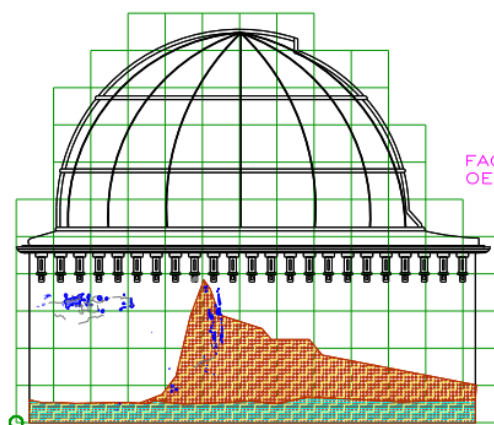




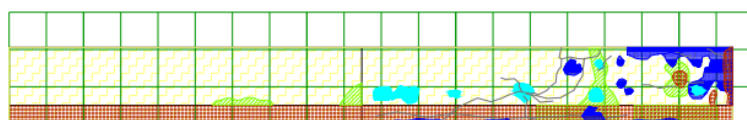
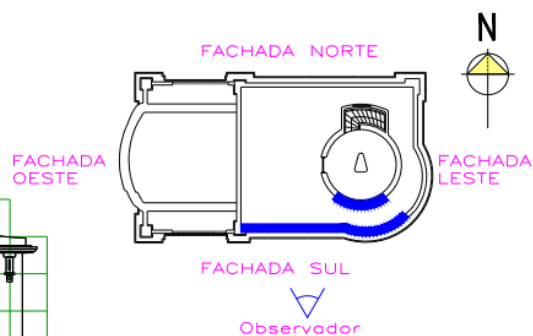
FACHADA NORTE



PLATIBANDA FACHADA NORTE



FACHADA SUL

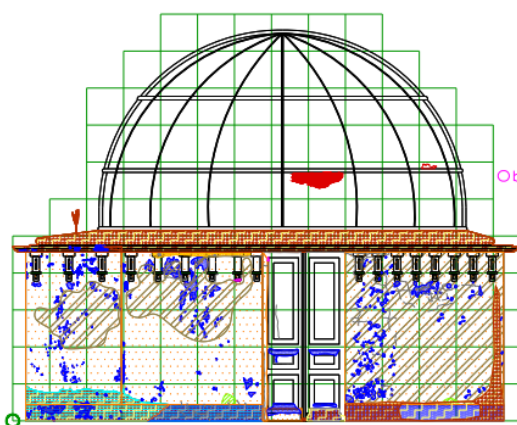


PLATIBANDA FACHADA SUL

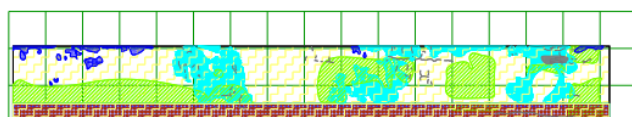
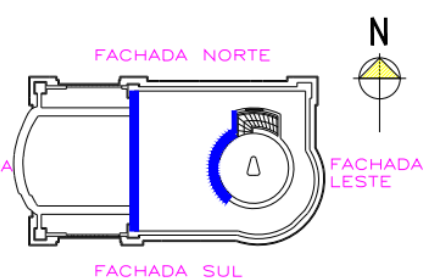
## LEGENDA

	Fissuras
	Fissura mapeada
	Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato
	Deslocamento
	Vesículas*
*Obs.: indicar a coloração do escorrimento, se clara (C), se escura (E), sem escorrimento (S).	
	Manchamento por Umidade
	Manchamento por Sujidade
	Biodeterioração – manchamento
	Biodeterioração – vegetação

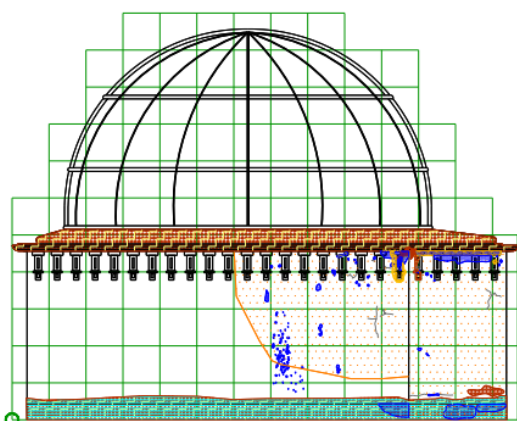
	Biodeterioração – animais (fezes de aves, roedores, etc.),
	Biodeterioração – insetos
	Sais – Eflorescência
	Sais – Criptoflorescência
	Pintura – Bolha
	Pintura – Descascamento
	Pintura – microfissuras/craquelamento
	Desagregação superficial
	Quebra
	Corrosão



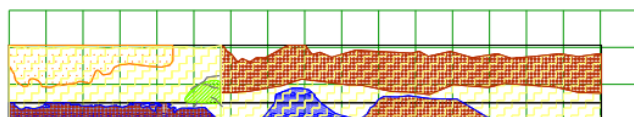
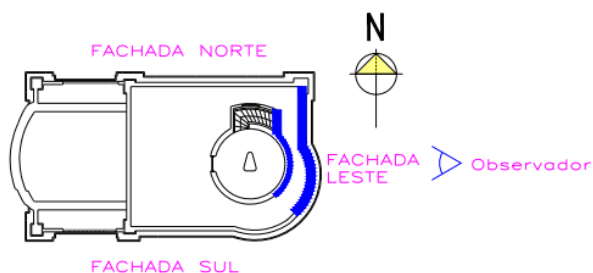
FACHADA OESTE



PLATIBANDA FACHADA OESTE



FACHADA LESTE

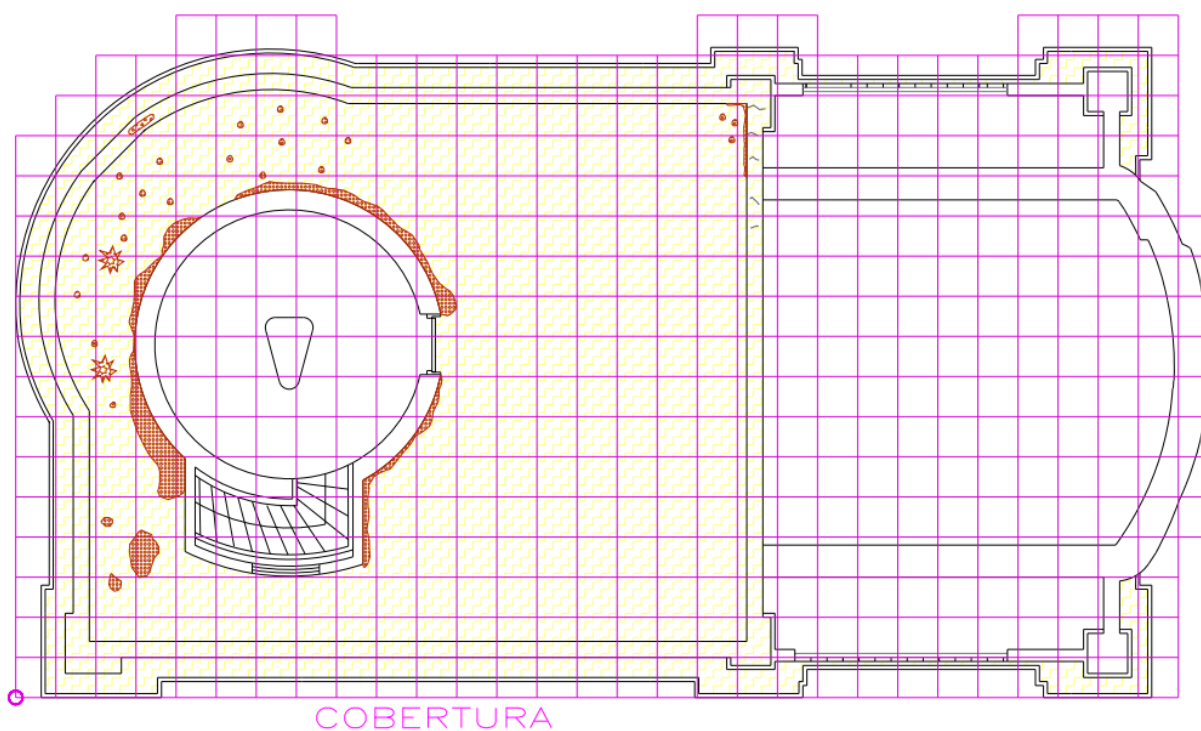
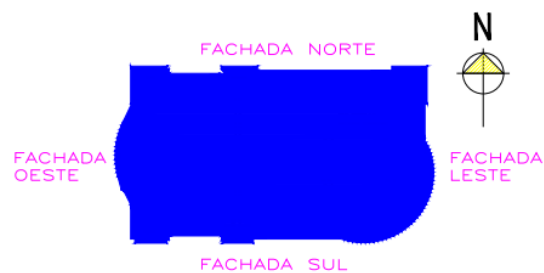


PLATIBANDA FACHADA LESTE

LEGENDA

- Fissuras
- Fissura mopeada
- Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato
- Deslocamento
- Vesículas\*
- \*Obs.: Indicar a coloração do escorrimento, se clara (C), se escura (E), sem escorrimento (S).
- Manchamento por Umidade
- Manchamento por Sujidade
- Biodeterioração – manchamento
- Biodeterioração – vegetação

- Biodeterioração – animais (fezes de aves, roedores, etc.),
- Biodeterioração – insetos
- Sais – Eflorescência
- Sais – Criptoflorescência
- Pintura – Bolha
- Pintura – Descascamento
- Pintura – microfissuras/craquelamento
- Desagregação superficial
- Quebra
- Corrosão



## LEGENDA

Fissuras	Biodeterioração - animais (fezes de aves, roedores, etc.).
Fissura mapeada	Biodeterioração - insetos
Descolamento (aderido) - com ou sem possível deslocamento imediato	Sais - Eflorescência
Deslocamento	Sais - Criptoflorescência
Vesículas*	Pintura - Bolha
*Obs.: Indicar a coloração do escorrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escorrimento (S).	Pintura - Descascamento
Manchamento por Umidade	Pintura - microfissuras/craquelamento
Manchamento por Sujidade	Desagregação superficial
Biodeterioração - manchamento	Quebra
Biodeterioração - vegetação	Corrosão

## **APÊNDICE B – Tabelas MMD**

Figura 123 – Áreas das regiões

<b>Área total da malha - Regiões</b>			
<b>Região</b>	<b>Nº Quadros</b>	<b>Área/quadro (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área total (m<sup>2</sup>)</b>
Base – Norte	45	0,25	11,25
Base – Sul	45	0,25	11,25
Base – Leste	25	0,25	6,25
Base – Oeste	25	0,25	6,25
Corpo – Norte	835	0,25	208,75
Corpo – Sul	835	0,25	208,75
Corpo – Leste	500	0,25	125
Corpo – Oeste	388	0,25	97
Luneta – Norte	181	0,25	45,25
Luneta – Sul	179	0,25	44,75
Luneta – Leste	180	0,25	45
Luneta – Oeste	179	0,25	44,75
Torres e coroamento – Norte	85	0,25	21,25
Torres e coroamento – Sul	85	0,25	21,25
Torres e coroamento – Leste	51	0,25	12,75
Torres e coroamento – Oeste	60	0,25	15
Laterais – Norte	46	0,25	11,5
Laterais – Sul	37	0,25	9,25
Laterais – Leste	37	0,25	9,25
Laterais – Oeste	54	0,25	13,5
Piso da Cobertura	480	0,25	120
<b>Σ</b>	<b>4352</b>		<b>1088</b>

(fonte: elaborado da autora)

Figura 124 – Cálculo do CCr

<b>Determinação do CCr= Ar(m)/Ar(x)</b>			
<b>Região</b>	<b>Ar(m)</b>	<b>Ar(x)</b>	<b>CCr</b>
Base – Norte	11,25	11,25	1,00
Base – Sul	9,25	11,25	0,82
Base – Leste	6,25	6,25	1,00
Base – Oeste	6,25	6,25	1,00
Corpo – Norte	11,25	208,63	0,05
Corpo – Sul	9,25	208,63	0,04
Corpo – Leste	6,25	125,00	0,05
Corpo – Oeste	6,25	97,00	0,06
Luneta – Norte	11,25	45,25	0,25
Luneta – Sul	9,25	44,75	0,21
Luneta – Leste	6,25	45,00	0,14
Luneta – Oeste	6,25	44,75	0,14
Torres e coroamento – Norte	11,25	21,25	0,53
Torres e coroamento – Sul	9,25	21,25	0,44
Torres e coroamento – Leste	6,25	12,75	0,49
Torres e coroamento – Oeste	6,25	15,00	0,42
Laterais – Norte	11,25	11,50	0,98
Laterais – Sul	9,25	9,25	1,00
Laterais – Leste	6,25	9,25	0,68
Laterais – Oeste	6,25	13,50	0,46
Piso da Cobertura	120,00	120,00	1,00

(fonte: elaborado da autora)