



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

VANESSA GOMES GONÇALVES

**ESTUDO DA OCORRÊNCIA DA BIODETERIORAÇÃO EM
FACHADAS POR BIOFILMES VERMELHOS NA CIDADE DE
SALVADOR-BA**

SALVADOR-BA

2023

VANESSA GOMES GONÇALVES

**ESTUDO DA OCORRÊNCIA DA BIODETERIORAÇÃO EM
FACHADAS POR BIOFILMES VERMELHOS NA CIDADE DE
SALVADOR-BA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Gabriel Santos Silva

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Lizandra Castilho Fabio

Agência Financiadora: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB)

SALVADOR-BA

2023

G635 Gonçalves, Vanessa Gomes.
Estudo da ocorrência da biodeterioração em fachadas por
biofilmes vermelhos na cidade de Salvador-Ba / Vanessa Gomes
Gonçalves. – Salvador, 2023.
141 f.: il. color.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Gabriel Santos Silva.
Coorientadora: Profa. Dra. Lizandra Castilho Fabio.

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil - Universidade Federal da Bahia - Escola Politécnica,
2023.

1. Biodeterioração. 2. Biofilme Vermelho. 3. Manchas Vermelhas.
4. Fachadas Modelo de Regressão Logística. I. Silva, Francisco Gabriel
Santos. II. Fabio, Lizandra Castilho. III. Universidade Federal da
Bahia. IV. Título.

CDD: 620.1

VANESSA GOMES GONÇALVES

**ESTUDO DA OCORRÊNCIA DA BIODETERIORAÇÃO EM FACHADAS POR
BIOFILMES VERMELHOS NA CIDADE DE SALVADOR-BA**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.

Aprovada em 20 de julho de 2023.

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Francisco Gabriel Santos Silva
Escola Politécnica da UFBA
SIAPE: 15224821

Prof.(a) Dr.(a) **Francisco Gabriel Santos Silva**

Orientador

PPEC-UFBA

Documento assinado digitalmente



LIZANDRA CASTILHO FABIO
Data: 21/07/2023 10:28:47-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof.(a) Dr.(a) **Lizandra Castilho Fabio**

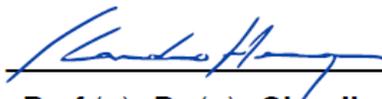
Coorientadora

PPEC- UFBA

Documento assinado digitalmente



CLAUDIO HENRIQUE DE ALMEIDA FEITOSA
Data: 23/07/2023 20:09:51-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>



Prof.(a) Dr.(a) **Claudio Henrique de Almeida Feitosa**

Pereira

PECC-UNB

Documento assinado digitalmente



ADRIANA OLIVEIRA MEDEIROS
Data: 25/07/2023 15:24:40-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof.(a) Dr.(a) **Adriana Oliveira Medeiros**

ECO - UFBA

Dedico este trabalho a mim mesma, a todo meu esforço.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por abrir caminhos e me proporcionar coragem, persistência e animo para prosseguir nessa jornada, a minha eterna gratidão.

Ao meu Pai, Pedro Lírio Gonçalves, por toda ajuda, paciência, orações e viagens dentro da cidade de Salvador, a minha eterna gratidão.

A minha mãe, Elizete Gonçalves, por suas orações e preces para que eu chegasse na etapa final e conclusão do meu mestrado, suas preces com certeza foram atendidas, gratidão Mamis.

Ao meu namorado, Newiton Braga, por toda ajuda, leitura e sugestões no enriquecimento do meu texto, gratidão amor!

Ao Professor orientador Francisco Gabriel, por todo suporte e aprendizado que me foi concedido, Gratidão.

A Professora Adriana Medeiros, por toda contribuição na delimitação da minha pesquisa, a Professora com certeza foi um anjo na parte inicial deste trabalho, gratidão pró!

Ao Professor Bruno Vilela que também foi fundamental no direcionamento inicial desta pesquisa, meu muito obrigada.

A Professora Lizandra Castilho minha coorientadora, por todo direcionamento, explicações e principalmente por toda paciência. Pró sinceramente eu não sei como agradecer todas as trocas que tivemos, muita gratidão.

Ao Professor José Marcos do laboratório LAMAR por toda sua contribuição, trocas e paciência, gratidão Professor!

Aos meus amigos de pós-graduação Jéssica Queiroz, Ingrid Santana e Darlan Duarte por todo o apoio, conversas e trocas maravilhosas que foram essenciais neste meu processo, vocês são demais!

Aos colegas do grupo SOG, especialmente para Vinícius Coelho, Abraham e Priscila Freitas que me ajudaram em etapas desta pesquisa.

A Carol, Técnica do laboratório Timoshenko, eu não tenho nem palavras para agradecer toda ajuda, paciência e conversas que tivemos, gratidão por demais Carol.

Ao seu Mariano da área de manutenção predial da Escola Politécnica, por toda ajuda e pelo material que me foi disponibilizado, gratidão!

A IBRATIN, pelos produtos disponibilizados para o desenvolvimento de uma parte da pesquisa.

Agradeço a todos e todas que diretamente e indiretamente me ajudaram nessa jornada, mas que não tiveram seus nomes citados neste texto.

E por fim agradeço a FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia), pelo suporte financeiro.

RESUMO

A biodeterioração em fachadas por biofilme vermelho é um tipo de dano caracterizado pela ação de microrganismos que afetam a integridade da película da tinta aplicada sobre o revestimento e conseqüentemente a sua estética. As manchas vermelhas provenientes deste tipo de biofilme podem trazer como impacto a desvalorização comercial dos empreendimentos. Devido isso, serviços de manutenções de fachadas podem ocorrer antes mesmo do período estimado. O biofilme vermelho é uma abordagem pouco explorada pela literatura, mas visível em edificações de diversos países como México, Portugal, Espanha, Irlanda, França etc. Deste modo, percebe-se a necessidade de estudos para a compreensão dessa temática, logo a presente pesquisa possui como objetivo inferir acerca da influência de fatores extrínsecos e intrínsecos à superfície das fachadas no surgimento do biofilme vermelho, considerando uma amostra da população de edifícios da cidade de Salvador -BA, bem como, identificar o microrganismo causador deste biofilme. O procedimento metodológico foi dividido em 3 fases: a primeira foi designada a uma análise estatística com uma amostra de 66 edifícios e aplicação do modelo de regressão logístico (MRL) para inferência das variáveis que influenciam no surgimento do biofilme vermelho; a segunda fase foi destinada a uma análise microbiológica, na qual foram coletadas 5 amostras do biofilme vermelho em uma das fachadas estudadas, para verificar se o microrganismo identificado coincide com o que é retratado pela literatura. Por fim, na terceira fase foi desenvolvido um modelo experimental que consistiu na lavagem de uma fachada afetada pelas manchas vermelhas e posteriormente a elaboração de 6 painéis com tratamentos e rugosidades distintas para avaliação do tempo de recorrência do dano. O MRL obtido apresentou que as variáveis anos após última pintura, número de pavimentos e altitude influenciam significativamente no surgimento do biofilme vermelho, quanto mais velha a pintura, maior o número de pavimento e maior a altitude, maiores serão as chances do surgimento do dano estudado. A partir da análise morfológica do material coletado, constatou-se que o microrganismo responsável pelas manchas vermelhas é uma alga do gênero *trentepohlia* sp. da família *trentepohliaceae*, fato este que coincide com o que é abordado pela literatura. Por meio do modelo experimental não foi possível observar o desenvolvimento das manchas nos painéis tratados durante o período de 1 ano.

Palavras-chave: Biodeterioração. Biofilme vermelho. Manchas vermelhas. Fachadas. Modelo de regressão logístico.

ABSTRACT

Biodeterioration on facades due to red biofilm is a type of damage characterized by the action of microorganisms that affect the integrity of the paint film applied to the coating, consequently impacting its aesthetics. The red stains originating from this type of biofilm can lead to a commercial devaluation of the developments. Because of this, facade maintenance services may occur even before the estimated period. The red biofilm is a scarcely explored subject in the literature, but visible in buildings from various countries such as Mexico, Portugal, Spain, Ireland, France, etc. Thus, there is a recognized need for studies to comprehend this topic. Therefore, the present research aims to infer about the influence of extrinsic and intrinsic factors on the facade surfaces in the emergence of red biofilm, considering a sample from the population of buildings in Salvador, Bahia, Brazil. Additionally, the research aims to identify the microorganism causing this biofilm. The methodological procedure was divided into three phases: the first was dedicated to statistical analysis using a sample of 66 buildings, applying a logistic regression model (LRM) to infer the variables influencing the emergence of red biofilm. The second phase involved a microbiological analysis, in which five samples of red biofilm were collected from one of the studied facades, aiming to verify if the identified microorganism coincides with the one depicted in the literature. Lastly, the third phase encompassed the development of an experimental model, involving the cleaning of a facade affected by red stains and subsequently creating six panels with different treatments and roughness to assess the recurrence time of the damage. The obtained LRM showed that variables such as years since the last painting, number of floors, and altitude significantly influence the emergence of red biofilm. The older the paint, the higher the number of floors, and the greater the altitude, the higher the chances of the studied damage occurring. Through the morphological analysis of the collected material, it was determined that the microorganism responsible for the red stains is an algae of the *Trentepohlia* sp. genus from the *Trentepohliaceae* family, which coincides with what is addressed in the literature. However, the experimental model did not allow the observation of stain development on the treated panels during the one-year period.

Keywords: Biodeterioration. Red biofilm. Red stains. Facades. Logistic regression model.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Manchas vermelha proveniente do biofilme vermelho.....	17
Figura 2- Mancha de umidade de infiltração	25
Figura 3- Sujidade na textura abaixo do peitoril	26
Figura 4- Microrganismos concentrado na base das paredes e peitoril	27
Figura 5 - Alteração cromática da película de tinta devido ação da radiação	27
Figura 6 – Destruição de calçadas pelas raízes de árvore	28
Figura 7 – Muro de concreto com a presença de musgo	29
Figura 8 - Esquema função da pingadeira.....	32
Figura 9- Biofilme com traços de cores diferentes (preto, verde, amarelo)	33
Figura 10 - Biofilme vermelho em fachada - Brasil.....	36
Figura 11 - Biofilme vermelho em fachada - Irlanda.....	36
Figura 12 - Biofilme vermelho colonizando o arenito da torre.....	37
Figura 13 - Biofilme vermelho em fachada - Santa Catarina, Brasil.	38
Figura 14 – Filamento unisseriados, prostrado (A) e ereto (B e C)	40
Figura 15 - alga do gênero trentepohlia em diferentes perspectivas	41
Figura 16 - Constituintes básicos das tintas	42
Figura 17 - Localização de Salvador no Mapa	48
Figura 18 - Esquema do procedimento metodológico da pesquisa	49
Figura 19 – Variáveis da pesquisa.....	50
Figura 20 – Checklist.....	50
Figura 21 - Raio gerado para contabilizar a área de vegetação densa	51
Figura 22 - Delimitação da região estudada.....	53
Figura 23 - Pontos aleatórios na região delimitada para o estudo.....	54
Figura 24 - Análise do entorno com o Google Earth	55
Figura 25 – Localização dos edifícios do estudo.....	58
Figura 26 – Locais de coleta das amostras	61
Figura 27 – A) Coleta de amostra/ B) Tipo de lâmina de bisturi utilizada	62
Figura 28 – Material em água	63
Figura 29 – Amostras em placa de vidro	63
Figura 30 – Fachada escolhida (imagem adquirida no formato ultra angular)	64
Figura 31 – Difusor de sabão de 250ml.....	65
Figura 32 - Antes e depois da lavagem da fachada com o sabão Yellow Pine.....	65
Figura 33 – Divisão das regiões de trabalho e áreas demarcadas.....	66
Figura 34 - Demarcações com os tratamentos das áreas estudadas.....	68
Figura 35 – ImageJ. A: Contorno da área tratada; B: Contorno do dano	69

Figura 36 - Boxplot da altitude	70
Figura 37 - Boxplot da área de cobertura vegetal	71
Figura 38 - Boxplot da distância do mar	72
Figura 39 - Boxplot da idade dos edifícios.....	74
Figura 40 - Boxplot da quantidade anos pós-pintura.....	75
Figura 41 - Boxplot do número de pavimentos dos edifícios	76
Figura 42 – Concentração das manchas vermelhas nos pavimentos superiores	80
Figura 43 - Gráfico do envelope simulado no software R	82
Figura 44 - A-F: Microrganismo predominante nas amostras. Barras de escala = 10µm.	84
Figura 45 - Células em filamentos unisseriados e ramificado com coloração vermelha; A-C: GONÇALVES, 2023; G:LIU <i>et al.</i> , 2012. Barra de escala A - C= 10µm, G = 20 µm.....	85
Figura 46 - D, H: Cultura de filamentos; D: GONÇALVES 2023; H:LIU <i>et al.</i> , 2012. Barra de escala D = 10µm, H = 20 µm.	85
Figura 47 - E, I: Filamento com esporângio vazio; E: GONÇALVES, 2023; I:SATPATI; PAL., 2016. Barra de escala E = 10µm, I = 20 µm.	86
Figura 48 - F, J: Células formando esporângios; F: GONÇALVES, 2023; J:SATPATI; PAL., 2016. Barra de escala F = 10µm, J = 20 µm.	87
Figura 49 - Cianobactéria <i>Chroococcus</i> sp. Barra de escala = 10µm	88
Figura 50 - Cianobactéria <i>Coelosphaeriopsis</i> sp. Barra de escala = 10µm.....	88
Figura 51 – Microrganismo entrelaçado no revestimento	88
Figura 52 – Processo de dissociação	88
Figura 53 - Fotografias da área de tratamento A1	90
Figura 54 - Fotografias da área de tratamento A2	90
Figura 55 - Fotografias da área de tratamento A3	90
Figura 56 - Fotografias da área de tratamento A4	91
Figura 57 - Fotografias da área de tratamento A5	91
Figura 58 - Fotografias da área de tratamento A6	92
Figura 59 – Evolução dos resquícios das manchas com uma tonalidade rosa.....	92

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - VUP e níveis de desempenho do sistema de vedação e revestimento	22
Quadro 2 - Tipos de aditivos e suas respectivas funções	46
Quadro 3 – Ordem de tratamentos realizados nas áreas demarcadas	66
Quadro 4 – Especificações das Tintas e Textura	66
Quadro 5 – Especificações do sanitizante.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantitativos de pontos descartados e mantidos na pesquisa.....	55
Tabela 2 - Levantamento de amostras para estudo piloto	56
Tabela 3 -Tamanho das amostras mediante a função pwr.t.test em R	58
Tabela 4 – Quantidade de edifícios com ausência ou presença do B.V	59
Tabela 5 - Medidas resumo referente ao boxplot altitude	70
Tabela 6 - Medidas resumo referente ao boxplot área de cobertura vegetal	71
Tabela 7 - Medidas resumo referente ao boxplot distância do mar	72
Tabela 8 - Distribuição de frequências da orientação geográfica mais atingida	73
Tabela 9 - Medidas resumo referente ao boxplot a idade dos edifícios	74
Tabela 10 - Medidas resumo referente ao boxplot da quantidade anos pós-pintura	75
Tabela 11 - Distribuição de frequência (período de surgimento do BV)	75
Tabela 12 - Medidas resumo referente ao boxplot número de pavimentos dos edifícios	77
Tabela 13 - Distribuição de frequência (presença/ausência do BV e tipo de acabamento)...	77
Tabela 14 - Parâmetros e valores de p estimados usando o MLG	78
Tabela 15 - Intervalo de confiança para ODDS.....	82

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivos.....	19
1.1.1 Objetivo geral	19
1.1.2 Objetivos específicos	19
1.2 Hipóteses.....	19
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 Conceitos fundamentais	20
2.1.1 Vedação vertical externa - Fachada	20
2.1.2 Sistema de revestimento	20
2.1.3 Desempenho	21
2.1.4 Durabilidade e vida útil	22
2.2 Acabamento decorativo em pintura (ADP)	23
2.3 Manifestações patológicas em fachadas com ADP.....	24
2.3.1 Manchas	25
2.4 Classificação da biodeterioração	28
2.4.1.1 Biodeterioração física ou mecânica	28
2.4.1.2 Biodeterioração química	29
2.4.1.3 Biodeterioração estética	29
2.4.2 Fatores que influenciam na biodeterioração	29
2.4.2.1 incidência solar.....	30
2.4.2.2 Temperatura.....	30
2.4.2.3 Umidade.....	31
2.4.2.4 Nutrientes.....	32
2.4.2.6 Outros fatores.....	32
2.5 Biofilme.....	33
2.5.1 Microrganismo presentes no biofilme	34
2.5.1.1 Algas	34
2.6 Biofilme vermelho	36
2.6.1 Algas Trentepohlias.....	39
2.7 Bioreceptividade	42
2.8 Tintas.....	42
2.8.1 Composição das tintas	44
2.8.1.1 Pigmentos	44

2.8.1.2 Resina	44
2.8.1.3 Solventes	45
2.8.1.4 Aditivos.....	46
2.8.2 Biocidas	46
2.9 Aspectos geográficos e climatológicos da cidade de Salvador	47
3. METODOLOGIA.....	49
3.1 Estudo estatístico	50
3.2 Coleta microbiológica.....	61
3.3 Modelo experimental	63
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	69
4.1 Estudo estatístico	69
4.1.1 Análise descritiva dos dados coletados	70
4.1.1.1 Variáveis extrínsecas a superfície da fachada.....	70
4.1.1.1 Variáveis intrínsecas a superfície da fachada.....	74
4.1.2 Seleção do Modelo de regressão logístico.....	77
4.2 Coleta microbiológica	83
4.2.1 Análise dos microrganismos detectados nas amostras.....	83
4.2.2 Demais análises das amostras	88
4.3 Modelo experimental	89
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	94
5.1 Conclusões.....	94
5.2 Sugestões para trabalhos futuros	95
6. REFERÊNCIAS	96
APÊNDICE	105

1. INTRODUÇÃO

A biodeterioração é um mecanismo que resulta na modificação indesejável das propriedades dos materiais e é oriunda da atividade de organismos vivos. Nas fachadas a sua iniciação ocorre por meio da fixação dos microrganismos sobre o material de acabamento, que serve como suporte para o desenvolvimento do biofilme, película composta por variados organismos, causadora da desfiguração estética da superfície (DI GIUSEPPE, 2013).

As pinturas em fachadas continuam sendo o acabamento decorativo de maior utilização no Brasil, isto devido ao seu baixo custo de aplicação (BREITACH, 2013), todavia é percebido que o problema da biodeterioração se tornou mais evidente neste tipo de acabamento, causando a indesejável estética desses sistemas. A literatura revela diferentes grupos de microrganismos colonizadores da superfície das fachadas, são eles: fungos, algas, cianobactérias e bactérias (BARBEROUSSE, 2016; ISIOFIA *et al.*, 2022; LABRES, 2019; MORILLAS *et al.*, 2015; STANASZEK-TOMAL, 2017). Gomes (2006), relata que as algas e os fungos são particularmente adaptados para sobreviver sob condições de exposição à radiação UV e a repetidos eventos de secagem e reidratação, como aqueles que frequentemente acontecem nas fachadas e áreas externas das edificações.

A presença do biofilme em fachadas é visível por intermédio das manchas, que podem ocorrer em distintas colorações, sendo as mais frequentes nas cores preta, marrom, verde e vermelha, esta última é proveniente do biofilme vermelho (Figura 1), uma abordagem pouco mencionada pela literatura. Devido isso, existe a importância de entender mais a respeito dessa temática, sobre o tipo de microrganismo responsável pelo surgimento dessas manchas vermelhas, bem como, compreender a influência que alguns fatores extrínsecos e intrínsecos à superfície das fachadas exercem no seu aparecimento.

No que tange ao tipo de microrganismo causador do biofilme vermelho, materiais encontrados na literatura e internet apontam que as manchas vermelhas são descendentes de uma alga verde do gênero *Trentepohlia* sp., que possui grandes quantidades de carotenoides, pigmento natural responsável pelas cores vermelhas, laranja e amarela (MORILLAS *et al.*, 2015; BARBEROUSSE *et al.*, 2005; GAYLARDE *et al.*, 2011; *Red Gable Cleaning*, 2021).

Figura 1- Manchas vermelha proveniente do biofilme vermelho



Fonte: Acervo da autora, 2021

Em relação aos fatores intrínsecos a superfície das fachadas, Barberousse *et al.*, (2006) e Labres, (2019), abordam que o desenvolvimento do biofilme em edifícios depende das condições do substrato (porosidade e rugosidade), já como fatores extrínsecos os autores expõem as características locais (orientação geográfica e vegetação), clima regional (umidade, temperatura, precipitação) e fontes de nutrientes. Quando somados estes atributos, os efeitos da biodeterioração ocorrem de forma mais intensa.

Outra condição intrínseca à superfície das fachadas são os constituintes dos revestimentos, pois estes também podem influenciar no desenvolvimento de microrganismos, estimulando ou inibindo o seu crescimento. Segundo Allsopp *et al.*, (2004) materiais derivados de celulose podem atuar como nutrientes para células fúngicas, enquanto solventes orgânicos e metais pesados em pigmentos podem afetá-los adversamente. Isso aponta como é importante conhecer os constituintes do revestimento utilizado.

As tintas são produtos que podem constituir o acabamento decorativo do sistema de revestimento, sendo a camada mais externa desse sistema, na qual os microrganismos biodeterioradores se fixam e se desenvolvem resultando na redução do desempenho dessa camada. É importante mencionar que hoje existem aditivos incorporados às tintas, denominados como biocidas, com o objetivo de inibir o crescimento de microrganismos, como bactérias, algas e fungos.

A aplicação de biocidas específicos apresenta um custo inicial mais elevado para produção de tintas, pois é necessária uma identificação precisa dos agentes microbiológicos atuantes, além do mais as tecnologias biocidas são desenvolvidas por multinacionais especializadas, que mesmo tendo grande interesse na venda de seus produtos, não buscam adequações ao mercado brasileiro, cujo território possui enorme variação climática (BREITACH, 2013). Isto fortalece a necessidade do conhecimento do microrganismo causador do biofilme vermelho, bem como das características do ambiente onde as tintas serão empregadas, para o desenvolvimento de biocidas que possuam eficácia no combate do biofilme vermelho.

É importante ressaltar que o custo médio de uma fachada pode representar um quarto do custo total da construção (KOVACIC *et al.*, 2016), isto é esperado devido às grandes dimensões que este sistema possui. Sendo a área do revestimento muito extensa os custos financeiros para renovação dessas vedações externas serão elevados. Caso as manchas vermelhas apareçam antes da Vida útil de Projeto (VUP) do sistema será necessário precocemente uma renovação da fachada que além de impactar em recursos financeiros afeta o meio ambiente, fugindo da abordagem da sustentabilidade na aplicação de materiais duráveis, que é primordial ao desenvolvimento do setor da construção civil.

Esta pesquisa será realizada na cidade de Salvador - BA, um município litorâneo que possui clima tropical úmido, com médias térmicas anuais relativamente altas (SANTOS, 2018), cujas características da cidade podem propiciar o aparecimento desses microrganismos. Em virtude da alta frequência do surgimento da biodeterioração por biofilme vermelho em fachadas com acabamento final em pintura na cidade de Salvador, observa-se uma demanda crescente pela compreensão da temática para que avanços no desenvolvimento de materiais e tecnologias sejam feitos com o objetivo de mitigar este problema e conseqüentemente aumentar a vida útil dos revestimentos com acabamento em pintura, além do mais esta pesquisa pode ser considerada uma adição valiosa a literatura, isto devido a pouca abordagem da manifestação patológica em estudo.

Vale salientar que nesta pesquisa foi realizada uma análise estatística a partir do modelo de regressão logístico, que é utilizado na modelagem de dados binários cujo objetivo neste trabalho é obter explicação sobre a chance da ocorrência do biofilme vermelho nas fachadas dos edifícios, levando em considerações fatores intrínsecos e extrínsecos as envoltórias estudadas.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Inferir sobre a influência de fatores extrínsecos e intrínsecos à superfície das fachadas no surgimento do biofilme vermelho em uma amostra da população de edifícios de Salvador - BA, bem como, identificar o microrganismo causador deste biofilme.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar por meio do modelo de regressão linear logísticos os fatores intrínsecos e extrínsecos que influenciam no aparecimento do biofilme vermelho nas fachadas de edifícios da cidade de Salvador.
- Identificar se os microrganismos encontrados em fachadas com biofilmes vermelhos na cidade de Salvador coincidem com o apresentado pela literatura;
- Avaliar a partir de um modelo experimental o tempo de recorrência do biofilme vermelho em dois tipos de acabamento em pintura com rugosidade superficial distintas (lisa e texturizada), e em três tipos de produtos cuja composições diferem.

1.2 Hipóteses

1. Em relação ao estudo estatístico, espera-se que as variáveis que afetam no aumento da umidade local, tais como a distância do mar, área de cobertura vegetal próxima aos edifícios e altitude influenciem nas maiores chances do surgimento do biofilme vermelho.
2. O causador do biofilme vermelho na cidade de Salvador retrata um tipo de alga do gênero *trentepohlia* da família *Trentepohliaceae*.
3. O tempo de recorrência das manchas vermelhas em fachadas tratadas pode ocorrer antes do período de 1 ano.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceitos fundamentais

2.1.1 Vedação vertical externa - Fachada

A fachada é um elemento construtivo de vedação vertical externa de uma edificação. Sua principal função consiste em separar o ambiente interno do ambiente externo, entretanto conforme a NBR 15575-4 (ABNT, 2013), deve possuir outros objetivos, são eles:

- Assegurar estanqueidade à água;
- Proteção térmica;
- Proteção acústica;
- Capacidade de fixação de peças suspensas;
- Capacidade de suporte a esforços de uso;
- Proteção contra a propagação do fogo, etc.

As vedações verticais são os principais subsistemas que condicionam o desempenho da edificação e ocupam posição estratégica entre os componentes dos edifícios. Mesmo não possuindo uma função estrutural, as vedações podem desempenhar um papel de contraventamento para estruturas reticuladas, ou mesmo sofrer as ações decorrentes das deformações das estruturas, requerendo-se sempre a análise conjunta do desempenho dos elementos que interagem (NBR 15575-4: ABNT, 2013).

2.1.2 Sistema de revestimento

As fachadas são constituídas por uma camada de revestimento que possui funções de proteção e acabamento final. As atribuições de proteção estão atreladas às exigências de durabilidade dos elementos estruturais, buscando proteger a estrutura e os elementos de vedação de agentes agressivos externos, evitando deste modo uma ação direta sobre estes (CHAVES, 2009). Já o acabamento final está relacionado ao aspecto estético e à valorização econômica do edifício e das demais funções relacionadas ao uso da edificação, como por exemplo a higiene e segurança dos utilizadores (CHAVES, 2009).

De acordo com a NBR-13529 (ABNT, 2013), o sistema de revestimento é denominado como “o conjunto formado pelo revestimento de argamassa e o

acabamento decorativo”. No qual o revestimento argamassado é o cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final. O acabamento decorativo é o revestimento decorativo aplicado sobre o argamassado, como a pintura, materiais cerâmicos, pedras naturais, placas laminadas, têxteis e papel”. A presente pesquisa irá focar o estudo no acabamento decorativo de pintura, que são os substratos mais atingidos pelo surgimento do biofilme vermelho.

2.1.3 Desempenho

Desempenho pode ser definido como o comportamento em uso. No caso de uma edificação pode ser compreendido como as condições mínimas de habitabilidade (como por conforto térmico, acústico e lumínico; higiene, segurança, entre outras) necessárias para que um ou mais indivíduos possam usufruir da edificação durante um período de tempo (POSAN; DEMOLINER, 2013).

No Brasil a norma brasileira de desempenho de edificações habitacionais NBR 15575-1 (ABNT, 2013), apresenta estes requisitos mínimos que os sistemas construtivos devem atender para promover qualidade de vida aos seus usuários. Esta norma é dividida em 6 partes, são elas:

- 15575-1: Requisitos gerais;
- 15575-2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- 15575-3: Requisitos para os sistemas de pisos;
- 15575-4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;
- 15575-5: Requisitos para os sistemas de coberturas;
- 15575-6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

No que tange ao desempenho das fachadas, o comportamento em uso é discretizado na parte 4 da NBR 15575-2013. Nesta norma pode ser visto os métodos de avaliação do desempenho com o objetivo de verificar os requisitos de desempenho previstos, os ensaios laboratoriais, ensaios de tipo, ensaios em campo, inspeções, simulações e análises de projetos para que desta forma possam ser obtidos resultados que fundamentam o documento de avaliação do desempenho em função dos requisitos e critérios avaliados (CERQUEIRA, 2017).

O Quadro 1 apresenta a vida útil de projeto (VUP) e seus respectivos níveis de desempenho mínimo e superior para o sistema de vedação vertical das edificações, que foram determinados pela NBR 15575-1 (ABNT, 2013), os níveis mínimos são obrigatórios para o atendimento de cada requisito, considerando a possibilidade de melhoria da qualidade da edificação.

Quadro 1 - VUP e níveis de desempenho do sistema de vedação e revestimento

Parte da edificação	Exemplos	VUP anos	
		Mínimo	Superior
Vedação externa	Paredes de vedação externas, painéis de fachada, fachadas-cortina	≥ 40	≥ 60
Vedação interna	Paredes e divisórias leves internas, escadas internas, guarda-corpos	≥ 20	≥ 30
Revestimento de fachada aderido e não aderido	Revestimento, molduras, componentes decorativos e cobre-muros	≥ 20	≥ 30
Pintura	Pintura de fachadas, pinturas e revestimentos sintéticos texturizados	≥ 8	≥ 12

Fonte: adaptado da ABNT NBR 15575-1,2013

Antunes (2010) aborda que a presença dos requisitos mínimos de desempenho para os empreendimentos atrelada aos indicadores na avaliação da conformidade de produtos e processos com a qualidade especificada na fase de produção e utilização contribui com a prevenção de manifestações patológicas e, como consequência traz a consolidação das técnicas construtivas adequadas e produtivas visando a uma maior durabilidade das edificações.

Vale ressaltar que a perda do desempenho das vedações verticais pode estar atrelado ao processo de degradação, e contrapartida, a degradação provocada pelo surgimento dos danos, geralmente, são resultantes da não observância aos critérios e exigências de desempenho determinados pela norma (NBR 15575: ABNT, 2013).

2.1.4 Durabilidade e vida útil

De acordo com a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), a durabilidade é a “capacidade da edificação ou de seus sistemas, desempenhar suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas”. Já a vida útil é denominada pelo “período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando a periodicidade e correta

execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção”.

A NBR 15575-1 (ABNT, 2013), relata que a durabilidade de um edifício e de seus sistemas é uma exigência econômica do usuário, pois está diretamente interligada ao custo global do bem imóvel. A durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de cumprir as funções que lhe forem designadas, seja pela degradação que o conduz a um estado insatisfatório de desempenho, ou seja por obsolescência funcional. O período de tempo compreendido entre o início de operação ou utilização de um produto e o momento em que o seu desempenho deixa de atender às exigências do usuário pré-estabelecidas é denominado vida útil.

É possível perceber que a durabilidade está atrelada ao conceito de vida útil, pois o primeiro termo correlata ao desempenho da estrutura e seus componentes sob as condições de uso impostas durante a vida útil da edificação. Consoli (2006) aborda que a vida útil de um edifício é subordinada a vida útil de seus constituintes onde tais componentes devem ser especificados considerando as facilidades de manutenção, os custos, o grau de importância que cada componente desempenha dentro do sistema, os inúmeros fatores de degradação e a complexidade dos mecanismos de interferência.

Outro detalhe importante citado pelos pesquisadores John *et al.*, (2016), que abordam que a durabilidade não é uma propriedade intrínseca do material, mas sim uma resultante da interação do material com o ambiente que o cerca, acrescentando também as características do microclima. Os autores complementam que um mesmo material apresenta funções de desempenho/tempo diferentes para condições de exposição distintas e complementa que um mesmo material pode apresentar funções de desempenho/tempo diferentes mesmo quando as condições de exposição forem mantidas, mas existe uma modificação da função deste material.

2.2 Acabamento decorativo em pintura (ADP)

O acabamento decorativo em pintura (ADP) é obtido por meio de um sistema de pintura, que conforme Sabbatini e Barros *et al.* (2003), retrata um conjunto de tintas de fundo (seladores, primers anticorrosivo, fundos preparadores de superfície), massas de nivelamento (massa corrida, massa a óleo, massa para madeira), tintas e/ou vernizes de acabamento, que são formulados a partir de uma mesma resina.

Conforme Breitbach (2009), o ADP é tipo de acabamento decorativo mais empregado em fachadas brasileiras, isto devido ao seu baixo custo, pois a mão de obra utilizada é de pouca qualificada, em razão de ser um procedimento de simples execução, que promove uma relação custo-benefício muito acessível em contrapartida ao seu desempenho satisfatório.

Durante muito tempo, as edificações eram pintadas apenas por razões estéticas, todavia nos dias de hoje, essa não é a única razão, pois foi percebido que é preciso proteger as fachadas contra diversos fatores que provocam e aceleram a sua degradação, como por exemplo os agentes externos, poluição etc. (AMARO, 2007).

Na aplicação do acabamento decorativo em pintura, não são levadas em consideração as consequências da falta de conhecimento das características dos materiais e produtos de pintura, que, somadas às condições ambientais adversas durante a pintura, se traduzem na prática pelo surgimento de anomalias ou efeitos estéticos indesejáveis no revestimento (AMARO, 2007).

Outro aspecto importante que deve ser ressaltado é o fato de que, no Brasil, as tintas são desenvolvidas com a mesma formulação para serem comercializadas e aplicadas em qualquer local do território nacional. Diante da enorme diversidade biológica e climática do país é compreensível que estas tintas apresentem desempenho desigual e insatisfatório nas diferentes regiões, o que resulta na degradação prematura e frequentes serviços de limpeza e aplicação de nova pintura (BREITBACH, 2009).

2.3 Manifestações patológicas em fachadas com ADP

As manifestações patológicas são consideradas todas aquelas intercorrências que venham porventura prejudicar o desempenho esperado de um edifício e/ou de suas partes, assim como seus subsistemas, elementos e componentes. Sendo assim, as manifestações patológicas podem ocorrer em toda a estrutura do edifício, desde a fundação até os revestimentos (PEREIRA, 2015).

O nível de degradação das fachadas com acabamento em pintura é altamente influenciado pela idade e pelas condições de exposição ambiental, entre outros fatores (Garrido *et al.*, 2012). Os fatores que afetam as tintas em revestimentos podem ser de origem física, química, ambiental ou humana. Eles também podem ocorrer em

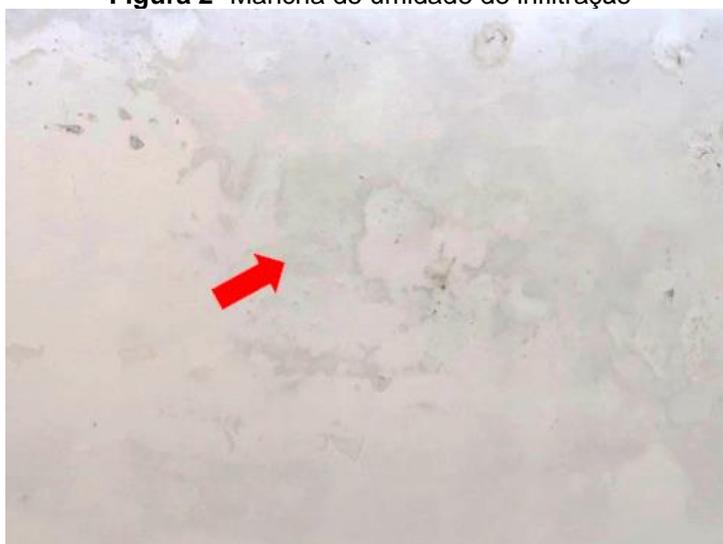
associação com problemas como inadequação ou ausência de manutenção (PRIETO, 2018). As manifestações patológicas normalmente mais observadas nas pinturas de fachadas são: manchas, pulverulência, descolamento da película de pintura, bolhas e fissuras. Dentre as manifestações patológicas citadas, se enquadram no escopo desta pesquisa as manchas originadas pelo crescimento biológico de microrganismos.

2.3.1 Manchas

As manchas são designadas por alterações na coloração, tonalidade ou brilho de uma determinada região do revestimento em contraste com regiões vizinhas, que influenciam na qualidade visual da fachada (OLIVEIRA JÚNIOR, 2020). Esta manifestação patológica pode estar associada a diversos fatores, como por exemplo: umidade, sujeira, ações de microrganismos e degradação do revestimento.

Conforme Peres (2001), a umidade pode se manifestar de formas variadas, são elas: umidade de obra originada na fase de execução das edificações, que permanecem ali mesmo após o término da construção, diminuindo depois gradualmente até desaparecer; umidade de absorção e capilaridade, derivada da absorção da água existente no solo pelas fundações, migrando para as fachadas e pisos; umidade por infiltração (Figura 2), decorrente da água da chuva; umidade de condensação, procedente do vapor d'água que se condensa nas superfícies ou no interior dos elementos da edificação; e a umidade acidental, ocasionada pelo vazamento do sistema de distribuição ou coleta de água.

Figura 2- Mancha de umidade de infiltração



Fonte: Acervo da autora, 2021

Os manchamento de sujeidade (Figura 3) está associado à deposição de partículas presentes na atmosfera como a poeira e fuligem e dependerá dos mecanismos de transporte das partículas (vento, chuva) e as características do revestimento (tipo de textura e sua porosidade) que influenciam a adesão das partículas (POYASTRO, 2011).

Figura 3- Sujidade na textura abaixo do peitoril



Fonte: Acervo da autora, 2021

As manchas provenientes da ação dos microrganismos (Figura 4), são causadas pelo desenvolvimento de sujeidade biológica e surgem quando existem condições ambientais propícias (MOTA, 2021) e, provocam desfiguração estética do material e podem causar também a deterioração do material, como ocorre com o filme seco das tintas aplicadas em fachadas. Estes tipos manchas estão geralmente associados ao desenvolvimento de microrganismos como fungos, algas e musgos, os quais formam manchas escuras de diferentes tonalidades. O seu surgimento depende de fatores biológicos e climáticos, como temperatura, luz, umidade e condições nutritivas. Ocorre, principalmente, em ambientes úmidos, mal ventilados e mal iluminados, causando a proliferação de fungos, algas, cianobactérias e líquens (SOUSA, 2008).

Figura 4- Microorganismos concentrado na base das paredes e peitoril



Fonte: Braga, 2010

As manchas também podem ser consequentes das alterações cromáticas (Figura 5) decorrentes da degradação da película da tinta devido a ação da radiação ultravioleta (UV), que está diretamente subordinada à natureza dos pigmentos e ao teor, ao tipo e à qualidade da resina utilizada. A ação da radiação UV pode gerar a quebra das ligações poliméricas da resina promovendo uma fácil lixiviação da película externa pela água das chuvas, degradando o revestimento (BREITBACH, 2009).

Figura 5 - Alteração cromática da película de tinta devido ação da radiação



Fonte: Braga, 2010

As manchas provenientes da ação dos microrganismos é um processo de biodeterioração frequente em fachadas de edifícios com acabamento em pintura e, conforme Oliveira Júnior (2020) caso não sejam tratadas podem com o tempo evoluir ou fomentar o surgimento de outros danos que trazem como consequência o declínio da funcionalidade do revestimento.

2.4 Classificação da biodeterioração

A biodeterioração pode ser classificada de quatro formas, são elas: física ou mecânica, química (assimilatória e não assimilatória) e estética, estas serão abordadas a seguir.

2.4.1.1 Biodeterioração física ou mecânica

Este tipo de biodeterioração ocorre quando há o rompimento do material devido à pressão exercida em sua superfície correspondente ao crescimento ou movimento dos organismos. Refere-se à redução das propriedades físicas e mecânicas de um material. Como consequência, materiais anteriormente duráveis tornam-se quebradiços e frágeis (STANASZEK-TOMAL, 2020).

Um exemplo de biodeterioração física ou mecânica por microrganismos é a expansão da massa microbiana entre as camadas de rocha, levando à fragmentação da superfície da rocha. Por macrorganismos incluem rachaduras de tubos subterrâneos pelas raízes de árvores, destruição de cabos elétricos por roedores, destruição de calçadas pelas raízes de árvores (Figura 6).

Figura 6 – Destruição de calçadas pelas raízes de árvore



Fonte: Disponível em < <https://encr.pw/1xLfl>>

2.4.1.2 Biodeterioração química

A biodeterioração química inclui processos de assimilação e dissimilação. O primeiro processo ocorre quando o material é degradado devido ao conteúdo de substâncias nutritivas (STANASZEK-TOMAL, 2020), neste tipo de biodeterioração existe a liberação de ácidos e outros compostos químicos que danificam o material. O último processo ocorre quando os metabólitos de organismos danificam a estrutura do material, mas não como resultado da ingestão direta de nutrientes pelo organismo (KUMAR; KUMAR, 1999).

Segundo Stanaszek -Tomal (2020) no processo de biodeterioração química pode ocorrer a alteração estética do material e liberação de metabólitos tóxicos.

2.4.1.3 Biodeterioração estética

A biodeterioração estética é apresentada somente na superfície do substrato. De acordo Sanmartin *et al.* (2021) limita-se aos efeitos visuais da presença de microrganismos e seus produtos que alteram a aparência cromática do material. A Figura 7 apresenta um exemplo da biodeterioração estética, na qual a presença de musgo em um muro de concreto altera sua coloração.

Figura 7 – Muro de concreto com a presença de musgo



Fonte: Disponível em < <https://11nq.com/JNyLU>>

2.4.2 Fatores que influenciam na biodeterioração

Existem diversos fatores que influenciam no crescimento e desenvolvimento dos microrganismos nos materiais de construção. Saad (2002) em sua pesquisa

aponta alguns exemplos, são eles: a umidade; falta de ventilação; uso; qualidade do ar interno; condições térmicas; ar externo; variações sazonais; temperatura; microclimas internos; projetos de construção; tipos de materiais utilizados na construção; tipo de acabamentos; distribuição geográfica; materiais orgânicos; ocupação; manutenção e gerenciamento.

Sabe-se que os materiais de construção em geral estão submetidos a esforços mecânicos e a fatores naturais, que propiciam o processo de deterioração de uma edificação (PEREIRA, 2012). Dentre os quais deve-se destacar: a Incidência solar, a temperatura, umidade e nutrientes.

2.4.2.1 incidência solar

Quanto menor for a incidência solar no substrato, maior será a propensão ao desenvolvimento de microrganismos. Isto é visto nos estudos de Breitbach, (2011) e Silva (2007), ambos autores afirmam que as fachadas relacionadas com a orientação sul, tais como sudeste e sudoeste, são as que menos recebem incidência solar, e foram as mais afetadas pelos microrganismos. A baixa incidência de luz solar afeta na evaporação da umidade superficial do revestimento, contribuindo no desenvolvimento de algas, bactérias, fungos, entre outros.

A baixa incidência solar em fachadas se torna uma condição favorável no surgimento de manchas escuras proveniente de sujidades e proliferação de microrganismos. Segundo Santos (2011), os pigmentos escuros de melanina sintetizada por muitas espécies de fungos, representa um mecanismo de defesa, atuando e protegendo contra a ação dos raios UV, esta condição possibilita aos fungos a deterioração estética dos materiais.

2.4.2.2 Temperatura

Dos fatores provenientes da atmosfera, a temperatura é um dos agentes mais agressivos aos revestimentos de fachadas, pois provoca variações físicas e químicas dos materiais, acarretando fissuras, deslocamentos e rupturas principalmente nos revestimentos porosos, por absorverem água, umidade e radiação solar, gerando grandes tensões nas interfaces dos componentes (CONSOLI, 2006).

A viscosidade da tinta se opõe àquelas tensões sendo capaz de reduzir ou eliminar as movimentações, prevenindo anomalias de aparência (BREITBACH, 2011).

Todavia, quando essas tensões não são reduzidas ou eliminadas pode haver a fissura, que se tornam caminho livres para água, provocando umidade e contribuindo para a biodeterioração.

2.4.2.3 Umidade

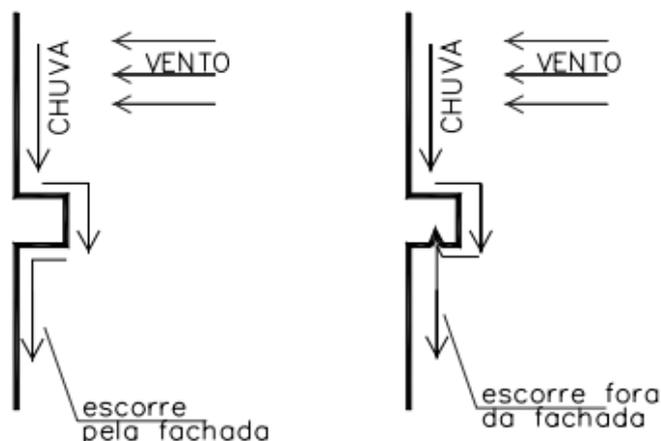
A água é um fator imprescindível ao desenvolvimento de qualquer forma de vida. Um dos fatores fundamentais para a determinação do tipo de microrganismos e seu desenvolvimento é a relação da quantidade de água disponível, existente no meio, com a capacidade de absorção do material (SHIRAKAWA, *et al.* 1998).

É importante salientar que a maioria dos microrganismos se nutrem apenas quando as substâncias químicas que necessitam estão dissolvidas, pois somente desta maneira conseguem absorver os nutrientes necessários para seu desenvolvimento (STANASZEK-TOMAL, 2020). Isto reforça a ideia de a água ser essencial.

A presença da água nas superfícies externas dos edifícios é uma condição natural, devido às chuvas. A propagação das águas pluviais nas fachadas depende de fatores geométricos como inclinação e configuração das superfícies, bem como, das características físicas do substrato (DI GIUSEPPE, 2013).

No que tange os fatores geométricos, Santos (2011) afirma que a construção de estruturas de proteção é necessária para evitar o acúmulo de água, impedindo o seu escoamento na superfície, o que pode diminuir o crescimento biológico. A utilização de pingadeiras, peitoris segundo Colen e Brito (2003) são detalhes construtivos que podem influenciar decisivamente na maior ou menor severidade da exposição à ação da água da chuva e vento. As pingadeiras possuem como função “quebrar” a linhas d’água, evitando que esta escorra pelas fachadas, e podem fazer parte do peitoril (OLIVEIRA, 2002), conforme a Figura 8.

Figura 8 - Esquema função da pingadeira



Fonte: Oliveira, 2002

No que tange às características da superfície, Barberrouse *et al.* (2007) apontam fatores como a porosidade, rugosidade e composição do material do substrato influenciam na retenção da água da chuva.

O teor de umidade da superfície de alvenaria é o parâmetro mais importante na determinação do padrão de crescimento dos organismos, pois este depende das condições climáticas locais e estação do ano, bem como da localização da edificação em regiões mais protegidas da ação do vento. Os teores elevados de umidade proporcionam maior crescimento de microrganismos (BREITBACH, 2009).

2.4.2.4 Nutrientes

Os microrganismos necessitam de nutrientes e fontes de energia para que possam se desenvolver. Na vedação, o material do substrato possui um papel complexo e de grande relevância na influência do crescimento microbiano, pois este pode fornecer nutrientes, como é o caso dos filmes de tintas à base de água, em que a presença de plastificantes, estabilizadores à base de amônia e de éteres de celulose, pode ser fontes de nutrientes. A rugosidade e a porosidade dos materiais também podem influenciar o tempo em que a superfície permanece úmida, pois podem alterar a capacidade de acúmulo de água e a disposição de poluentes atmosféricos, o que se torna uma fonte de nutrientes (SHIRAKAWA *et al.*, 2008).

2.4.2.6 Outros fatores

Shirakawa *et al.* (1998), apontam que o oxigênio é o fator determinante para a seleção dos microrganismos, sendo sua presença fundamental para os microrganismos aeróbicos, como os fungos, e sua ausência é determinante para o crescimento das bactérias anaeróbicas.

Saad (2003) aborda que Fatores como pH, concentração de oxigênio e o intervalo de tempo são determinantes no desenvolvimento e na seleção da comunidade microbiológica que pode desencadear o mecanismo de biodeterioração.

2.5 Biofilme

A biodeterioração é o resultado da formação do biofilme (Figura 9), que conforme Eyssautier-Chuine *et al.* (2020) é o resultado de várias comunidades microbiana assentadas e ancoradas em um substrato.

Figura 9- Biofilme com traços de cores diferentes (preto, verde, amarelo)



Fonte: Di Giuseppe, 2013

A formação de um biofilme normalmente se inicia com a fixação de organismos autotróficos a uma superfície. Na qual os primeiros colonos aderem à superfície inicialmente por meio de forças fracas e reversíveis de Van der Waals e, se não forem novamente separados diretamente da superfície, podem ancorar-se de forma mais permanente usando moléculas de adesão celular. Os primeiros colonos propiciam a chegada de outros organismos construindo uma matriz que mantém o biofilme unido (DI GIUSEPPE, 2013).

De acordo Santos (2011) o biofilme é um fenômeno natural que, muitas vezes, aparece nas formas de microfilmes e/ou macrofilmes visíveis na superfície. O

microfilme refere-se aos microrganismos, já o macrofilme refere-se a organismos maiores. Sabe-se que tanto superfícies naturais quanto artificiais são suscetíveis à colonização de microrganismos, formando uma fina camada de biofilmes microbianos.

Di Giuseppe (2013), aborda que o biofilme pode ser encontrado em qualquer edifício e pode estar localizado em uma área poluída ou não, apresentando vestígios de diversas cores (preto, verde, vermelho etc.) que pode estender-se por toda a fachada. Conforme Dubosc (2000) normalmente leva cerca de um ano para aparecer nas paredes.

Em fachadas com acabamento em pintura a presença do biofilme pode ocasionar a deterioração do filme da tinta, sendo as algas e os fungos os principais causadores, mais do que bactérias (BREITBACH, 2009). O autor complementa que a colonização resultante da ação do biofilme, que afeta o desempenho do material, é capaz de metabolizar alguns componentes constituintes das formulações das tintas assim como obter nutrientes a partir da sujeira do ar e substâncias orgânicas, em áreas de alta umidade.

2.5.1 Microrganismo presentes no biofilme

O biofilme é formado pela ação dos agentes biodeteriorantes (algas, bactérias, fungos etc.), que são os microrganismos responsáveis pelo processo de biodeterioração, estes organismos se adaptam aos mais diversos substratos, como por exemplo madeira, pedras, alguns tipos de tintas, por conta da disponibilidade de nutrientes (GAYLARDE *et al.*, 2011).

Esses microrganismos também são facilmente encontrados em biofilmes nas fachadas das edificações em regiões da América Latina, constituindo uma biomassa composta por algas, bactérias, fungos e outros organismos simbióticos como líquens (GAYLARDE; GAYLARDE, 2000).

Como abordado anteriormente, a literatura expõe que os biofilmes vermelhos são originados por um tipo de alga, logo nesta seção será abordado apenas sobre as algas.

2.5.1.1 Algas

As algas geralmente são conhecidas principalmente em habitats marinhos e de água doce, no entanto esses organismos também ocorrem em ambientes

terrestres, no qual a luz e a umidade do ar são consideradas os fatores ecológicos mais influentes no crescimento e desenvolvimento desses organismos, que podem crescer em vários tipos de superfícies, tais como rochas, paredes, metais, cascas de árvores, folhas etc. (SILVA *et al.*, 2010).

As algas são organismos com estrutura celular eucariótica (que possui membrana nuclear e estrutura complexa), sendo classificadas nutricionalmente como seres fotoautotróficos, embora algumas espécies possam crescer heterotroficamente. A sua morfologia varia desde um simples e pequeno talo unicelular até talos de grandes complexidades (GUERRA *et al.*, 2011).

A reprodução das algas pode ocorrer por métodos vegetativo, assexuado e sexuado (BICUDO; MENEZES, 2010). No processo vegetativo ocorre divisões celulares do tipo mitose sem alterações no número de cromossomos das células, nas algas multicelulares, este tipo de reprodução pode acontecer por meio fragmentação das células ou talos. O processo assexuado engloba a formação de células especializadas, os esporos, que podem ser móveis, os zoósporos, ou imóveis, os aplanósporos. Esses esporos são formados no interior de esporângios, geralmente por meio de divisões mitóticas, e originam diretamente novos indivíduos. O processo sexuado está relacionado a fusão de gametas com formação de zigoto e algumas vezes de um embrião (BICUDO; MENEZES, 2010).

Como as algas são organismos fototróficos, podem se desenvolver sem recorrer a nutrientes orgânicos e são encontrados na maioria dos biofilmes de tinta externa. Seu crescimento nas superfícies externas dos edifícios pode causar descoloração e deterioração físico-química (GAYLARDE; GAYLARDE, 2000).

Biofilmes fototróficos proliferam especialmente em paredes cuja umidade atmosférica é elevada (BARBEROUSSE, 2016). De acordo Saraiva (et. al 2018) Esses processos têm aumentado expressivamente, principalmente em áreas urbanas, devido ao aumento da poluição ambiental, pois os compostos químicos presentes na atmosfera poluída a exemplo do carbono servem como nutrientes para as algas.

A presença de um tapete de algas irá pavimentar o caminho para o estabelecimento de outros organismos como fungos, líquens ou musgos, e em um estágio final, se nada for feito para interromper a colonização, samambaias e plantas superiores (BARBEROUSSE, 2016).

2.6 Biofilme vermelho

O biofilme vermelho em fachadas se apresenta por meio das manchas vermelhas (Figuras 10 e 11), dano este que vem sendo encontrado com constância em fachadas com acabamento em pintura. Todavia é importante salientar que essas manchas retratam uma manifestação patológica com pouquíssimos estudos acerca dos fatores que propiciam o seu surgimento, bem como que tragam o tipo de microrganismo que está diretamente envolvido na formação desse biofilme. Deste modo, esta seção visa reunir os poucos achados nas literaturas e na internet a respeito desse tipo de dano, que acomete a parte estética das fachadas e trazem altos custos financeiros na renovação dessas vedações externas.

Figura 10 - Biofilme vermelho em fachada - Brasil



Fonte: Acervo da autora, 2022

Figura 11 - Biofilme vermelho em fachada - Irlanda



Fonte: Red Gable Cleaning, 2021

Conforme informações da *Red Gable Cleaning* (2021), empresa Irlandesa que presta serviços para remoção de manchamentos provenientes de biodeterioração em fachadas e telhados, as manchas vermelhas são provenientes das algas verde que obtêm a cor vermelha devido a grandes quantidades de carotenoides que constituem um dos mais importantes grupos de pigmentos naturais devido à ampla distribuição, diversidade estrutural e inúmeras funções. Os carotenóides são responsáveis pelas cores laranja, amarela e vermelha das frutas, hortaliças, flores, algas, bactérias, fungos, leveduras e animais, que apesar de não sintetizarem tais moléculas, podem obtê-las a partir do consumo de alimentos de origem vegetal (MORAIS, 2006).

Morillas *et al.*, (2015) buscaram em sua pesquisa compreender a natureza do principal colonizador e a composição dos compostos biogênicos presentes em um biofilme vermelho existente no revestimento de arenito da Fortaleza La Galea,

localizada na Espanha (Figura 12). Para isto, os autores utilizaram um microscópio de contraste de fase e um microscópio eletrônico de varredura para observação do principal colonizador do biofilme. Essas observações permitiram identificar a Alga do gênero *Trentepohlia* como a principal responsável pela formação do biofilme vermelho. Com o intuito de determinar os compostos orgânicos presentes nesse tipo de alga e aqueles excretados por elas, foi aplicado a espectroscopia micro-Raman ponto a ponto no substrato. As análises desse procedimento permitiram identificar não apenas β -caroteno como o principal pigmento biogênico, mas também carotenóides adicionais, como a *bacterioruberina*. Além disso, a identificação de *scytonemin* (metabólito secundário sintetizado por cianobactérias) sugere a presença de cianobactérias no biofilme.

Figura 12 - Biofilme vermelho colonizando o arenito da torre



Fonte: Morillas *et al.*, 2015

Os autores complementam que a presença de diferentes tipos de pigmentos biogênicos sugere que a alga *Trentepohlia* sofre intenso estresse, responsável pela excreção desses pigmentos biológicos. Considerando que a colonização se situa na fachada norte da torre, a luz solar não pode ser considerada o principal estressor. No entanto, estressores adicionais, como salinidade (edifícios próximos ao mar) e atmosfera ácida circundante podem ser considerados fatores em potencial no desencadeamento da excreção dos pigmentos biogênicos.

Barberousse *et al.*, (2006), buscaram identificar parâmetros que podem favorecer a formação de biofilme em edifícios usando análise multivariada. Para o desenvolvimento da pesquisa, os autores coletaram amostras de biofilmes de 71

edifícios localizado em toda a França, em 18 locais diferentes representando diversos climas, isso com o objetivo da amostra ser representativa da grande diversidade de manchas ocorrentes, em termos de cor, distribuição na fachada e a natureza dos substratos colonizados (origem mineral ou orgânica). Como apresentado anteriormente o objetivo dos autores não era o estudo das manchas vermelhas, todavia as amostras dos biofilmes coletadas nas fachadas dos edifícios estudados possuíam as cores verde, preta e vermelha. No decorrer dos estudos diferenças foram observadas entre a colonização microbiana de superfícies pintadas em ambientes costeiros e terrestres, os autores notaram que as construções próximas à costa atlântica que geralmente sofrem mais ventos e com o salitre, pode ser um fator especialmente importante para o desenvolvimento das algas *Trentepohlia* responsáveis pelas manchas vermelhas.

Gaylarde *et al.* (2011) relatam o aumento da abundância do biofilme vermelho à base de *Trentepohliales*, em revestimentos pintados de edifícios localizados na zona costeira do Brasil, México e Açores. A Figura 13 retirada do trabalho desses autores apresenta uma parede pintada na zona costeira no estado de Santa Catarina no Brasil.

Figura 13 - Biofilme vermelho em fachada - Santa Catarina, Brasil.



Fonte: Gaylarde *et al.*, 2011

Neto *et al.* (2020) estudaram fachadas compostas por gnaisse e granito de cinco edifícios históricos da cidade do Rio de Janeiro, para isso os pesquisadores

coletaram amostras das fachadas com o objetivo de compreender os mecanismos da meteorologia das superfícies rochosas, nos seus resultados conseguiram detectar algas da espécie *trentepohlia*, que conferem ao substrato uma coloração vermelha alaranjada.

Cerqueira *et al.* (2020) buscaram analisar a ocorrência das manchas rosas em fachadas de edifícios localizados na cidade de Salvador-BA. Neste estudo os autores realizaram catalogação de 6 edifícios e levantaram dados como: tipo de construção; idade; quantidade de pavimentos; acabamento da fachada; tipo de pintura/textura; ano da última pintura; além da quantificação da área com a presença do manchamento em relação a área total das fachadas. Com os resultados os pesquisadores perceberam que: as fachadas cuja orientação geográfica era sul, possuíam o maior índice das manchas; a maior incidência de manchas não está relacionada diretamente com maior idade; o período em que as fachadas passaram por manutenções mais recentes também não apresentam relação direta com a incidência de manchamento. Por fim Cerqueira *et al.* (2020), enfatizam a importância de aprofundar os estudos nesta área, no intuito de colaborar com um desempenho adequado das fachadas das edificações ao longo de sua vida útil.

Diante das informações abordadas nesta seção é possível perceber que há poucas informações a respeito das manchas vermelhas, os trabalhos encontrados relatam que este dano proveniente da alga *Trentepohlia*, torna-se fundamental conhecer um pouco mais acerca deste microrganismo.

2.6.1 Algas Trentepohlias

Trentepohlia é um gênero de algas verdes subaéreas, da família *Trentepohliaceae*, com cerca de 35 espécies (LIU *et al.*, 2012). São comuns em climas tropicais, subtropicais e temperados e crescem em diversos tipos de substratos tais como: casca de árvore, madeira, pedra, parede de concreto, folhas e etc. (LIU *et al.*, 2012).

Conforme Satpati e Pal (2016) a sua morfologia é composta por um taloide (corpo principal da alga), composto de filamentos unisseriados ramificados, eretos e prostrados (Figura 14).

Os filamentos unisseriados são repetidas divisões transversais das células nas quais originam um talo fino e longo com apenas uma fileira de células (KANAGAWA;

NEVES, 2011), de acordo com a Figura 14. A cor do talo varia de amarelo, verde-amarelado, laranja ou vermelho devido à presença de pigmentos hematocromos e carotenóides (SATPATI; PAL, 2016).

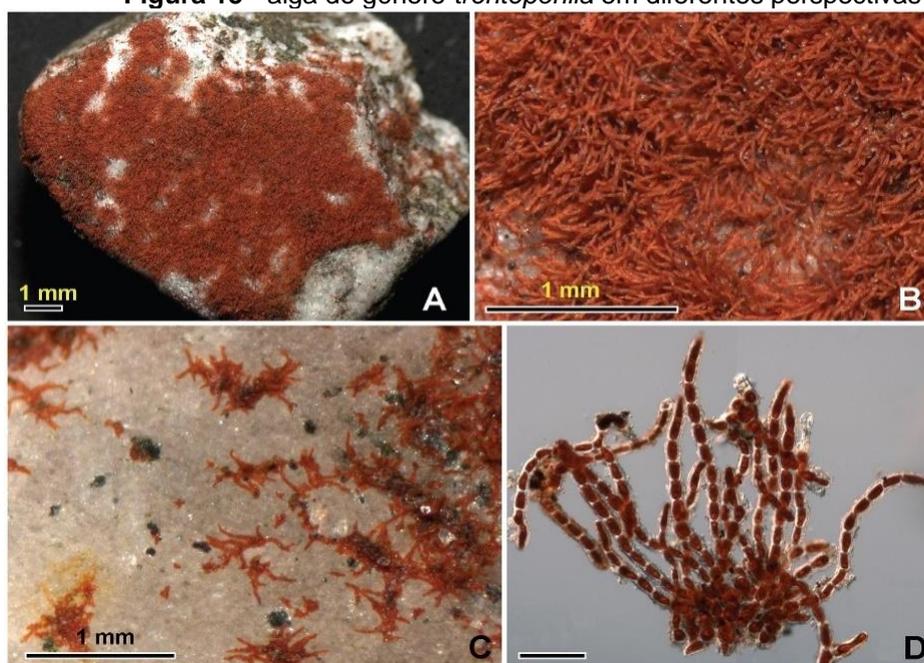
Figura 14 – Filamento unisseriados, prostrado (A) e ereto (B e C)



Fonte: Adaptado de Liu *et al.*,2012

Existem espécie que pode formar manchas vermelhas profundas e, em alguns anos, pode crescer até cobrir muitos metros quadrados de superfície, são espécies visualmente fáceis de reconhecer devido à sua aparência aveludada vermelho-escura com listras verticais irregulares (RINDI; GUIRY, 2002). A Figura 15 apresenta imagens de uma alga do gênero *trentepohlia* em diferentes perspectivas, na imagem **A e B** retrata a alga na superfície de uma rocha sob visão de um estereoscópio, já a imagem **C** apresenta os filamentos primários da alga e a imagem e **D** mostra os filamentos emaranhados da *Trentepohlia*.

Figura 15 - alga do gênero *trentepohlia* em diferentes perspectivas



Fonte: Liu *et al.*, 2012

A reprodução das algas do gênero *Trentepohlia* ocorre por métodos vegetativos, assexuados e sexuais (SAMIKSHA, 2018). Na reprodução vegetativa, fragmentos que se soltam do talo ou células arredondadas ou elipsoidais separadas do sistema prostrado são disseminados pelo vento, e este sob condições favoráveis dão origem a novos talos. A reprodução assexuada ocorre durante estações chuvosas, nas quais por meio dos zoósporos (esporos móveis por meio de flagelo, os esporos são as unidades de reprodução nas algas), formados dentro de esporângios elipsoidais ou ovais especiais, são originados novos talos. No que tange a reprodução sexuada, o autor aborda que esta ocorre em algumas espécies através da fusão de isogametas (SAMIKSHA, 2018).

Rindi e Guiry (2002) relatam que a forma e tamanho das células vegetativas, presença de células semelhantes a cabelos (cerdas), padrão de ramificação, posição e morfologia das estruturas reprodutivas são consideradas as características mais importantes para identificação em nível de espécie.

Como visto anteriormente as algas *Trentepohlia* são apontadas como a grande responsável pela origem do biofilme vermelho nas fachadas dos edifícios e, como esta pesquisa se desenvolve na vertente das fachadas com revestimento em pinturas se torna interessante conhecer os componentes presente na tinta que gera um filme habitável por esse tipo de microrganismo.

2.7 Bioreceptividade

A bioreceptividade é a predisposição de um material ser biologicamente colonizado e está relacionado às propriedades do material que contribuem para a ancoragem e desenvolvimento de diferentes tipos de organismos (DI GIUSEPPE, 2013).

Conforme Sanmartín *et al.* (2021), a colonização em materiais de construção é um processo complexo, pois é dinâmico no tempo e no espaço devido às inter-relações entre os organismos colonizadores, bem como entre suas populações, o substrato inorgânico e o ambiente heterogêneo circundante. Vale mencionar que as características químicas e físicas do substrato mudam ao longo do tempo como resultado da exposição às condições climáticas e de poluição. Deste modo, existe a importância de uma melhor compreensão das propriedades intrínsecas dos materiais e seu dinamismo com relação a fatores externos.

2.8 Tintas

A tinta pode ser definida como “um material fluido que, quando espalhado sobre uma superfície em uma camada fina, constituirá um filme sólido, coeso e aderente” (GAYLARDE *et. al.*, 2011). Os compostos básicos da tinta são: resina, pigmentos, solvente e os aditivos (Figura 16). Com a adição desses componentes, a tinta é obtida e passa pelo processo de cura, mais conhecido como secagem, onde é formado o filme aderente ao substrato com o objetivo de decorar e proteger o ambiente (FAZENDA, 2005).

Figura 16 - Constituintes básicos das tintas



Fonte: Linhares, 2019

A partir de 1950 a indústria nacional se desenvolveu com utilização de muitas resinas sintetizadas, surgindo assim, as tintas para diversas aplicações (ANGHINETTI, 2012). Na década de 1960, a pesquisa continuada com resinas sintéticas conferiu às tintas maior resistência contra substâncias químicas e gases. Todavia, devido à descoberta do envenenamento, por chumbo, de muitas crianças após terem comido lascas de tinta seca, na década de 1970, os governos de alguns países impuseram restrições ao conteúdo de chumbo nas tintas de uso doméstico, limitando-o a cerca de 0,5% (ANGHINETTI, 2012). No Brasil a Lei nº 11.762 de 1º de agosto de 2008, estabelece que as tintas imobiliárias e de uso infantil e escolar, vernizes e materiais similares de revestimento de superfícies não poderão conter chumbo em concentração igual ou superior a 0,06% em peso.

Segundo Turner (1967) o ataque de fungos sobre superfícies pintadas tem crescido nos últimos anos em função da substituição das tintas antigas pelas modernas de resina sintética. É importante salientar que quando há um ataque fúngico ao substrato existe grande possibilidade de nesta superfície existir algas ou cianobactérias, pois estes dois últimos microrganismos são autotróficos e geram um caminho para o estabelecimento de outros organismos como por exemplo os fungos, líquenes ou musgos, que derivam nos manchamentos por biodeterioração (TURNER, 1967).

Muitas matérias primas integrantes da formulação da tinta fornecem nutrientes para bactérias e fungos, tornando as tintas suscetíveis à biodeterioração. As tintas, à base de água mais do que à base de solvente, são vulneráveis dentro da embalagem e depois também no filme seco aplicado (BREITBACH, 2009). Conforme Anghinetti (2012) a tendência da indústria de tintas decorativas é pelo uso de tintas à base de água em substituição aos sistemas base à base de solvente por diversas razões. Dentre elas, vale destacar: a aceitação do consumidor pela facilidade de limpeza e desempenho do produto, o custo, as questões ambientais devido a menor quantidade de orgânicos voláteis presentes na sua composição. Isto pode explicar a propensão ao desenvolvimento do biofilme em fachadas, e devido isto torna-se importante compreender mais sobre os compostos das tintas.

2.8.1 Composição das tintas

Como exposto acima, as tintas são constituídas por 4 compostos básicos: resina, pigmentos, solvente e os aditivos, que serão discutidos nas sub-seções abaixo.

2.8.1.1 Pigmentos

Os pigmentos são substâncias insolúveis no meio em que são aplicados (orgânico ou aquoso) (AIRES,2019). A insolubilidade é uma característica essencial dos pigmentos, pois em nenhuma hipótese deve ocorrer qualquer tipo de reação química com os demais compostos envolvidos na formulação da tinta, sendo suas propriedades aproveitadas na totalidade se o pigmento se apresentar disperso no meio (SILVA *et al.*, 2005; CARVALHO, 2002 apud SILVA, 2009).

Conforme os autores Ravikumar *et al.* (2012), essas substâncias possuem três funções principais, são elas: a óptica, cujo papel é fornecer cor, opacidade e brilho; a protetora, que atua na proteção do substrato e da resina, pois esta última pode ser destruída pela radiação ultravioleta e função auxiliar, uma vez que eles ajudam a resina a desempenhar o papel de adesão da tinta ao substrato.

Os pigmentos estão divididos em duas classes, os orgânicos, que apresentam predominância de carbono na sua composição e os inorgânicos, que apresentam uma predominância de elementos metálicos em sua composição (BREITBACH, 2009). Os pigmentos orgânicos (ftalocianinas azul e verde, quinacridona violeta e vermelha, perileno vermelho, toluidina vermelha, entre outros) apresentam maior facilidade de desbotamento em exposição aos raios solares, seu custo é relativamente mais elevado quando comparado com os inorgânicos, além de possuírem alto poder de tingimento. Os pigmentos inorgânicos (dióxido de titânio, amarelo óxido de ferro, vermelho óxido de ferro, cromatos e molibdatos de chumbo, negro de fumo, entre outros) são mais estáveis, ou seja, mais resistentes (ABRAFATI, 2006).

2.8.1.2 Resina

A resina é o veículo, suporte ou ligante, responsável pela constituição da camada do filme, sendo responsável pela retenção de cor, brilho, resistência à ação da água e agentes químicos, resistência à abrasão e flexibilidade, influenciando a aplicabilidade, secagem e durabilidade (BREITBACH, 2009). Conforme Fazenda

(2005) é a parte não volátil do composto, servindo para aglomerar as partículas de pigmentos, e a denominação da tinta ou revestimento empregado é de acordo com o tipo de resina empregada no produto.

Antigamente as resinas eram à base de compostos naturais, proveniente da secreção de algumas plantas, fósseis ou insetos (ABRAFATI, 2006). Atualmente, as resinas utilizadas são as sintéticas, adquirida pela indústria química ou petroquímica por meio de um processo de polimerização, que consiste na ligação de duas ou mais moléculas originando um polímero de alto peso molecular (ÁGUI QUÍMICA, 2011). Entre as resinas sintéticas se destacam as resinas acrílicas, PVA Uretanas (resinas a base de poliéster, epoxídicas ou acrílicas polihidroxilado) entre outras, sendo responsáveis pela formação da película nas tintas e vernizes (CARVALHO, 2002 *apud* SILVA, 2009).

2.8.1.3 Solventes

Os solventes, também conhecidos como diluentes, são líquidos voláteis utilizados nas diversas fases de fabricação das tintas com a finalidade de dissolver a resina e manter todos os componentes em uma mistura homogênea (AIRES, 2019). Estes diluentes proporcionam a apresentação do produto na sua forma líquida e mantêm uma viscosidade adequada com o intuito de conferir a tinta condições ideais de pintura, favorecendo deste modo o nivelamento e facilitando sua aplicabilidade (FAZENDA, 2005).

Os solventes podem ser classificados em orgânicos ou à base de água. Os solventes orgânicos são líquidos com teores de compostos orgânicos voláteis (COV) e daninhos ao meio ambiente. Exemplos deles podem ser os hidrocarbonetos aromáticos ou alifáticos, ou oxigenados como os álcoois, acetatos, cetonas e éteres (UEMOTO; IKEMATSU; AGOPYAN, 2006). Os solventes a base de água são formados por uma grande parte de água adicionada de uma pequena quantidade de líquidos orgânicos compatíveis. São aplicados em tintas com base d'água, látex, onde a água é a fase dispersora do polímero responsável pelo revestimento (ABRAFATI, 2006).

Os solventes orgânicos quando comparados ao aquoso possuem como principais vantagens melhor cobertura já na primeira demão, maior poder de aderência, resistência à abrasão e tempo de abertura maior, possibilitando melhor trabalhabilidade, principalmente nos reparos. Já os solventes a base de água

possuem melhores condições de salubridade, pois é inodoro e não é inflamável, além de oferecem melhor flexibilidade em longo prazo, maior resistência ao craqueamento, amarelamento e à proliferação de microrganismos biológicos, podem ser limpas com água e oferecem maior variedade de cores (ABRAFATI, 2006).

2.8.1.4 Aditivos

Os aditivos são substâncias que possuem a capacidade de fornecer características especiais ou trazer melhoria a algumas propriedades das tintas, mesmo sendo utilizados em pequenas proporções, que geralmente não excedem 5% da composição da tinta (JEMOTO, 2002). A sua aplicação na formulação da tinta irá depender da sua aplicação final. O Quadro 2 apresenta alguns tipos de aditivos e suas respectivas funções.

Quadro 2 - Tipos de aditivos e suas respectivas funções

TIPO DE ADITIVO	FUNÇÕES
Antiespumante	Utilizados para bloquear a formação de bolhas de ar ou espuma durante o processo de fabricação ou até mesmo durante a aplicação da tinta (ABRAFATI,2006).
Biocidas	Aditivos preservativos cujo objetivo é evitar a proliferação de colônias de bactérias e o crescimento de algas e fungos na pintura (BREITBACH, 2009).
Coalescente	auxiliam na redução da temperatura de formação do filme das resinas aumentando o tempo de secagem, permitindo a formação do filme a temperaturas ambientais baixas próximas a 10°C e impedindo o fendilhamento superficial, como aguarrás para tintas látex (BREITBACH, 2009).
Dispersantes	Tensoativos aniônicos ou catiônicos que agem reduzindo a tensão superficial das cargas minerais e desmanchando aglomerados das partículas sólidas, facilitando a sua distribuição uniforme na fase líquida (FAZANO, 1998).
Espessantes	Atribui a tinta viscosidade e fluidez apropriada para sua aplicação (ABRAFATI,2006).
Plastificantes	são óleos vegetais, como por exemplo óleo de mamona, e resinas poliméricas de baixa massa molar, conferindo às tintas e vernizes boa flexibilidade para suportarem os movimentos de expansão e contração do substrato adequando-se às condições de aplicação e desempenho (BREITBACH, 2009).

Fonte: Próprio autor, 2021

2.8.2 Biocidas

Os biocidas são aditivos incorporados às tintas que agem diretamente na inibição do crescimento de microrganismos, como bactérias, algas e fungos (LABRES,2019). Conforme Bach e Rangel (2005), esse aditivo se propõe impedir o desenvolvimento de microrganismo, tanto no produto enlatado como no filme seco

formado sobre o substrato após a aplicação da tinta, garantindo maior durabilidade à pintura.

A contaminação da tinta por microrganismo está relacionada com a disponibilidade de nutrientes fornecidos pelo espessante da tinta e outros aditivos (BREITBACH,2013). Na lata os ataques microbiológicos podem ocasionar perda de viscosidade, diminuição de pH, odor característico de putrefação e entre outros. Já na pintura, após a formação do filme seco, podem danificar as superfícies por meio da formação de biofilmes que afetam a sua durabilidade estética (GIUDICE; PEREIRA, 2009).

Di Giuseppe (2013) estima que o biocida pode retardar o crescimento microbiano em substratos pintados, aumentando deste modo a vida útil dos acabamentos para um período de 5 a 10 anos. Todavia, esses aditivos naturalmente possuem prazos de validade, reduzindo sua eficácia ao longo do tempo.

É importante mencionar que, as tecnologias biocidas são desenvolvidas por empresas multinacionais, que mesmo possuindo interesse na venda dos seus produtos, não buscam por adequações ao mercado brasileiro, território este que tem uma enorme diferenciação climática (BREITBACH, 2013). Outro fator relevante é que o custo inicial desses aditivos é mais elevado para a produção de tintas, pois é necessário a identificação precisa dos agentes microbiológicos atuantes, mesmo para dosagens com baixos teores de biocida (BREITBACH, 2013).

A presente pesquisa possui como área de estudo o território de Salvador, e como conhecer os aspectos geográficos e climáticos é um fator primordial ao desenvolvimento de biocidas mais eficaz para a cidade, a próxima seção contempla esta abordagem.

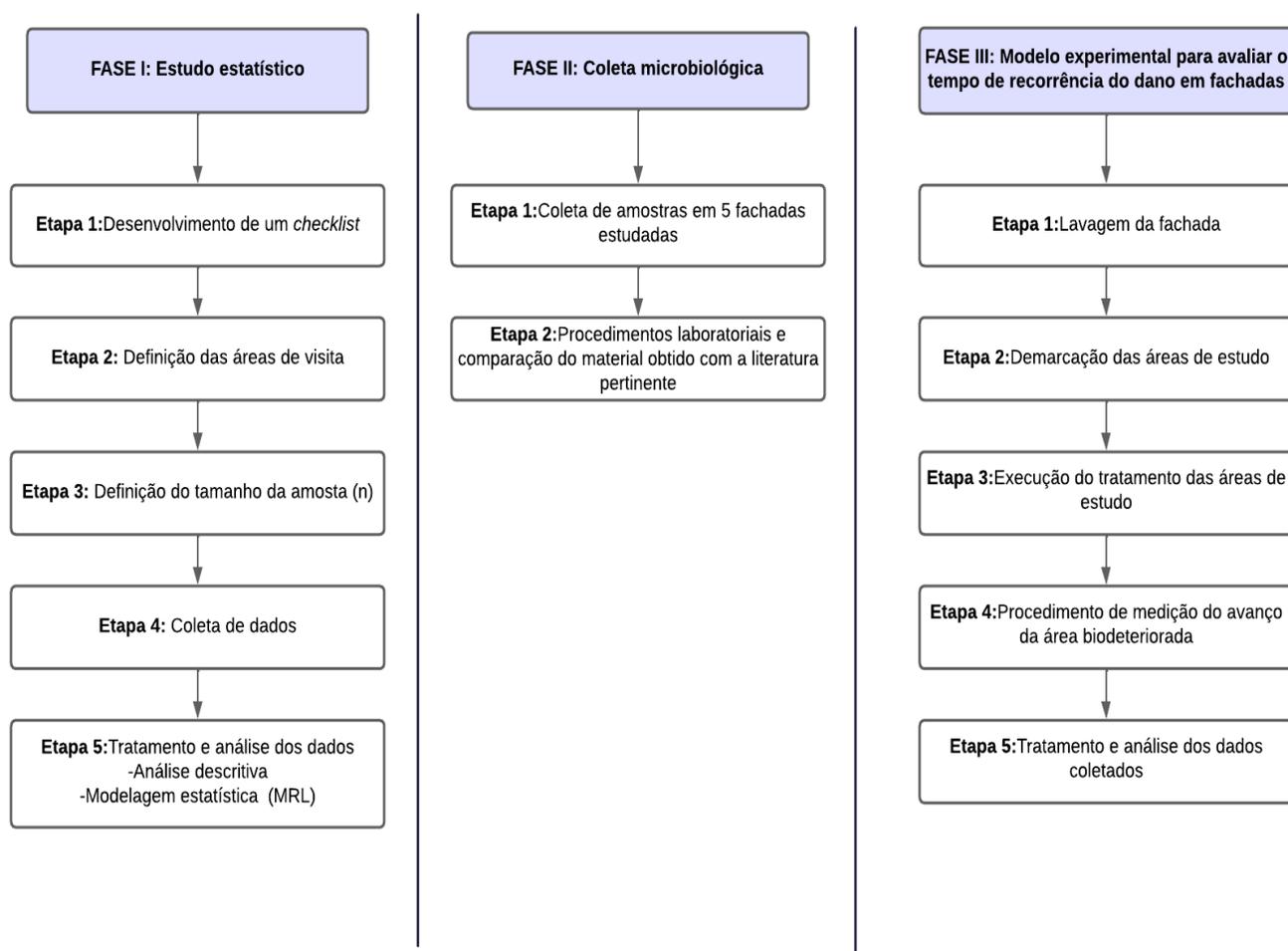
2.9 Aspectos geográficos e climatológicos da cidade de Salvador

A cidade de Salvador é a capital do estado da Bahia e situa-se no litoral do nordeste brasileiro, margeada a oeste pela baía de Todos os Santos e a leste banhada pelo oceano Atlântico (Figura 17), cujas latitudes são 12° 58' 16" de latitude sul os 38° 30' 39" de longitude oeste (SANTOS, 2018).

3. METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa foi dividida em 3 fases: estudo estatístico para análise da influência dos fatores extrínsecos e intrínsecos à superfície das fachadas no surgimento do biofilme vermelho; coleta microbiológica em fachadas com a presença do biofilme vermelho para análise com referência a literatura, que aponta ser uma alga do gênero *Trentepohlia* e; Modelo experimental para avaliar o tempo de ocorrência do dano em uma fachada revitalizada. A Figura 18 apresenta um esquema do procedimento metodológico do trabalho. Ressalta-se que as 3 fases não possuem interdependências.

Figura 18 - Esquema do procedimento metodológico da pesquisa



Fonte: Própria autora, 2021

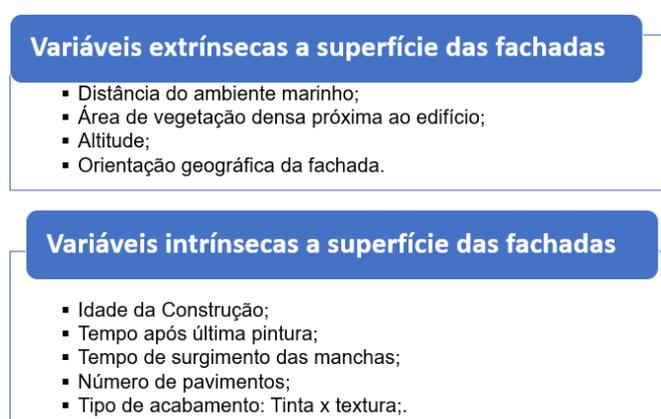
3.1 Estudo estatístico

A primeira fase da pesquisa consistiu em um estudo estatístico para análise da influência dos fatores extrínsecos e intrínsecos à superfície das fachadas, por meio de dados de edifícios da cidade de Salvador, que possuem o biofilme vermelho em suas fachadas, bem como os que não possuem. Os fatores que foram analisados estão relacionados com as variáveis estudadas, estas são apresentadas ao decorrer deste tópico.

A fase I foi dividida em 5 etapas, que são apresentadas abaixo.

Etapa 1 - Desenvolvimento do *checklist*: As variáveis estudadas nesta pesquisa foram classificadas em duas naturezas: extrínsecas e intrínsecas à superfície das fachadas (Figura 19). Estas variáveis retratam os fatores que serão estudados.

Figura 19 – Variáveis da pesquisa



Fonte: Própria autora, 2021

Para o estudo das variáveis designadas na Figura 19, foi necessário a coleta de determinadas informações que foram estabelecidas por meio de um *checklist*, apresentado na Figura 20.

Figura 20 – Checklist

Localização			
Contato do responsável			
Idade da Construção			
Tempo após última pintura			
Tipo de tinta/textura utilizada			
Nº de pavimento			
Tipo de acabamento (Textura X Tinta)			
Possui manchas vermelhas?			
Tempo do surgimento das manchas			
Coleta de orientação geográfica, fotos/videos das fachadas			
Fachada frontal		Fachada posterior	
Fachada lateral direita		Fachada lateral esquerda	

Fonte: Própria autora, 2021

A localização do edifício permitiu com o auxílio do *Google Earth* a obtenção de dados como: distância da edificação do mar; a contabilização da área da vegetação densa próximo ao edifício e a altitude da edificação, requisitos estes que podem influenciar na umidade do local. É importante ressaltar que altas taxas de umidade favorecem o desenvolvimento de biofilmes.

A obtenção da área de vegetação densa foi realizada a partir do desenho de uma circunferência com raio de 1km sobre cada objeto de estudo e contabilizado nesta região a área de vegetação existente, no entanto na maioria dos casos a cobertura vegetal se estendia além da fronteira delimitada (Figura 21) e esta precisou ser contabilizada, pois uma maior área de vegetação densa resulta em uma maior emissão de água para atmosfera devido a evapotranspiração o que consequentemente implica em uma maior umidade local.

Figura 21 - Raio gerado para contabilizar a área de vegetação densa



Fonte: *Google Earth*, 2022

O número de telefone ou e-mail dos responsáveis pelos edifícios estudados foram coletados para facilitar qualquer necessidade de contato com eles. Nos prédios de complexos habitacionais, os moradores abordaram que não existia um responsável, então a coleta dos dados foi solicitada aos residentes mais antigos dos prédios. A autorização da pesquisa foi concedida na maioria das vezes pelo síndico e/ou administração do edifício e, em relação aos complexos, a autorização foi realizada pelos próprios moradores.

A idade da construção; o tempo após a última pintura das fachadas; número de pavimentos; a presença ou não das manchas nas fachadas; bem como o período de surgimento dessas manchas, foram informações coletadas durante as visitas em campo e que auxiliaram nas análises da pesquisa.

O tipo de acabamento (textura/tinta), corresponde a diferentes rugosidades e porosidades da superfície da fachada e podem acarretar o acúmulo de água e a disposição de poluentes atmosféricos, que se tornam fonte de nutrientes para os microrganismos se desenvolverem, devido isto a importância da sua análise.

A orientação geográfica de cada fachada, reflete diretamente na intensidade de radiação solar recebida em cada uma delas, bem como da chuva dirigida¹. Quanto maior a radiação solar na fachada menor será sua umidade e menor a propensão ao desenvolvimento de microrganismos, o inverso propicia o maior desenvolvimento desses seres vivos. Isto evidencia a relevância da análise desta variável.

A fim de analisar de forma quantitativa as fachadas afetadas pelas manchas vermelhas, gerou-se um mapa de danos de cada objeto de estudo. Os danos nas fachadas foram analisados de forma visual e o quantitativo gerado é estimado segundo esta inspeção visual. Mediante o projeto arquitetônico de fachada dos edifícios selecionados foram demarcadas as áreas afetadas pelo dano no programa AutoCAD 2021 da Autodesk (versão estudante), gerando deste modo um mapeamento do dano que colaborou na contabilização da área afetada pela manifestação patológica. O mapa de danos das fachadas dos prédios estudados estão presentes no APÊNDICE deste trabalho.

É relevante mencionar que o tipo de tinta/textura aplicada nas fachadas é um fator importante a ser estudado, à medida que os constituintes destes produtos podem atuar na inibição ou estimulação dos microrganismos, como apontado na revisão bibliográfica. No entanto, a dificuldade de obtenção desses dados impossibilitou a sua análise.

As fotos e vídeos registrados foram de uma câmera de 12 megapixels com uma resolução de 4608x2592 pixels, gravação de vídeos em 4K e resolução de 3840x2160 pixels de um Iphone 8 plus.

¹ Fonte de umidade das fachadas que desencadeia mecanismos de degradação, envolvendo processos de molhagem e secagem, variações higrótérmicas e perda de estanqueidade dos constituintes (Zanoni *et al.* 2018).

Vale salientar que as amostras a serem estudadas estão restritas a determinadas condições, sendo elas: edifícios residenciais e que possuam fachadas com acabamento em pintura.

Etapa 2 - Definição das áreas de visita: Por meio do site do IBGE, foi possível a obtenção dos *shapefiles*² dos bairros de Salvador. Para a visualização, edição e análise destes dados georreferenciados contidos nos arquivos baixados, foi pertinente a aplicação do QGIS³, que possibilitou a delimitação da região da cidade de Salvador, na qual foi desenvolvida a pesquisa (Figura 22).

A partir da delimitação do território, ainda com auxílio do QGIS foi realizado um sorteio aleatório de 100 pontos no interior do polígono (Figura 23). No entanto, 3 pontos estavam localizados muito próximo a delimitação do território, devido à baixa urbanização nessas regiões, estes foram excluídos da pesquisa, restando 97 coordenadas. Dos pontos restantes, foram levantadas as suas respectivas

Figura 22 - Delimitação da região estudada.



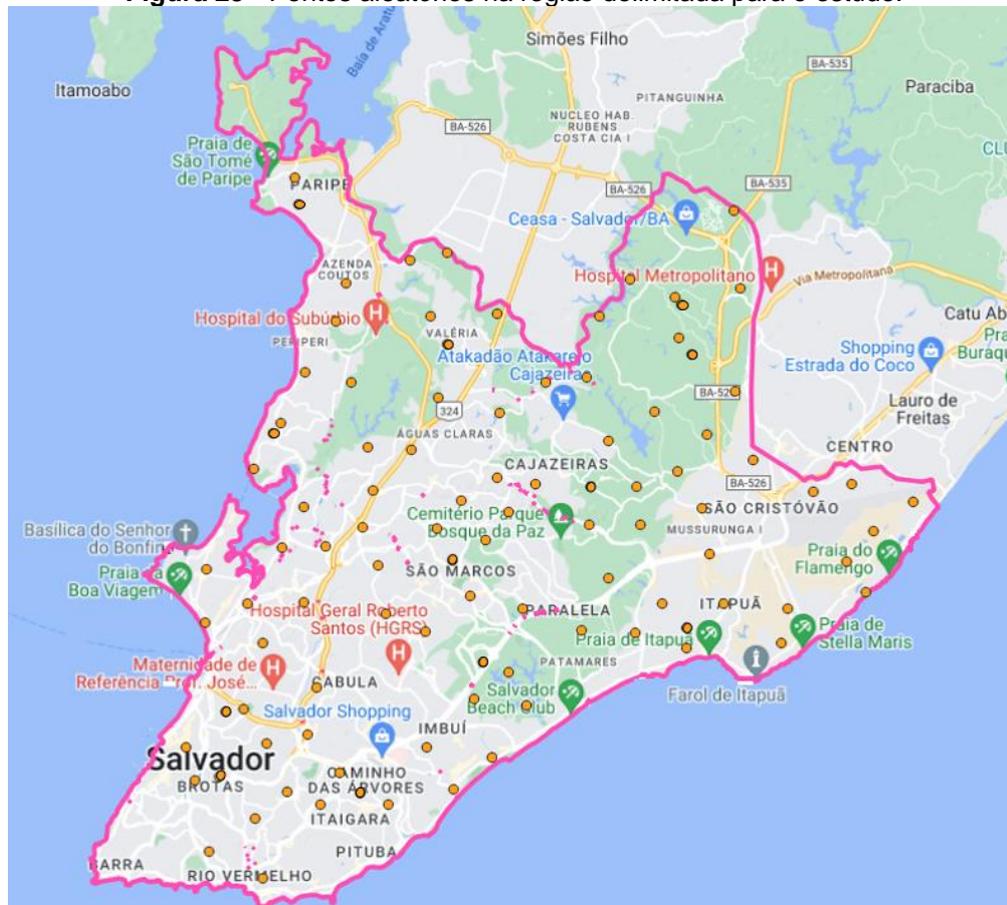
Fonte: Própria autora, 2022

² Formato de arquivo que possui informações geoespaciais na forma de vetor e que são utilizadas pelo Sistema de Informações Geográficas (SIG).

³ Software com uma multiplataforma de sistema de informação geográfica.

coordenadas geográficas, para a realização da próxima etapa que tange a verificação da viabilidade de visita destes pontos.

Figura 23 - Pontos aleatórios na região delimitada para o estudo.



Fonte: Própria autora, 2022

Com o levantamento das 97 coordenadas geográficas e com a utilização do *Google Earth*, programa que apresenta um modelo tridimensional do globo terrestre construído por meio de imagens de satélites, foi realizada uma análise inicial do entorno de cada ponto, distando um raio de 0,5 km, conforme a Figura 24, com intuito de verificar se a região era perigosa para o desenvolvimento da pesquisa, como também, averiguar se existia edifícios residenciais na área de estudo. Deste modo, todas as coordenadas presentes em locais perigosos foram descartadas da pesquisa, bem como, todas as regiões que não possuíam edifícios residenciais. A Tabela 1 mostra o quantitativo dos pontos descartados e dos pontos obtidos para o prosseguimento do trabalho.

Figura 24 - Análise do entorno com o Google Earth

Fonte: Google Earth, 2022

Tabela 1 – Quantitativos de pontos descartados e mantidos na pesquisa

Característica do ponto	Quantidade de pontos
Situado próximo ao limite do território	3
Não possui edifícios residenciais no entorno	48
Situado em local perigoso	6
TOTAL DE PONTOS DESCARTADO	57
Situado em locais propícios para visita	43
TOTAL DE PONTOS	100

Fonte: Próprio autor, 2022

Etapa 3 – Definição do tamanho da amostra (n): Como abordado anteriormente na revisão bibliográfica, um aspecto primordial em um estudo por amostragem é a seleção da amostra. Devido isto, é importante utilizar um cálculo adequado para estimar o número n da pesquisa, pois um n menor do que o necessário pode não produzir uma resposta definitiva e permitir que diferenças importantes passem despercebidas, assim como, um n demasiadamente grande podem fazer com que diferenças irrelevantes sejam estatisticamente significantes.

O método de amostragem aleatória simples para o parâmetro de proporção foi utilizado para determinar o tamanho da amostra, levando-se em conta a magnitude do efeito proposto por Cohen (1988). O cálculo amostral foi realizado com o apoio do software R, onde a função `pwr.t.test.` do pacote `pwr`, foi requerida. A magnitude do efeito (d) foi calculada de acordo a Equação 1, onde p_0 é a proporção esperada, p_1 é

a proporção esperada somada com a diferença mínima a ser detectada e $\sqrt{p_0(1-p_0)}$ é o desvio padrão.

$$d = \frac{p_0 - p_1}{\sqrt{p_0(1-p_0)}} \quad \text{Equação 1}$$

Para estimar a proporção esperada (p_0) nesta pesquisa foi desenvolvido um estudo piloto interno com 40 amostras, valor este sugerido pelos autores Agranonik e Hirakata (2011), esta amostra piloto foi coletada por meio de visitas preliminares a alguns pontos selecionados para o estudo. Nestas visitas foram observadas a existência e inexistência das manchas vermelhas nas fachadas dos edifícios, houve também a tentativa de contactar os responsáveis pelas edificações, mas nem todas as tentativas foram bem-sucedidas.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta a quantidade das amostras do estudo piloto elaborado e, por meio dela percebe-se que a proporção esperada de edifícios com o biofilme vermelho em suas fachadas é $p=75\%$ ou $0,75$.

Tabela 2 - Levantamento de amostras para estudo piloto

Edifícios	Quantidade	Porcentagem
Possuem o B.V em suas fachadas	30	75%
Não possuem o B.V em fachadas	10	25%
Total	40	100%

Fonte: Próprio autor, 2022

Mediante a função *pwr.t.test* do pacote *pwr* foi aplicado os seguintes dados: o tamanho de efeito (d); o nível de significância ou seja a Probabilidade do erro tipo I (α); o poder que representa $(1-\beta)$; a definição do teste *t de student* que pode ser para uma amostra, duas amostras independentes ou duas amostras pareadas e; o tipo de teste conforme a hipótese alternativa que pode ser bilateral (“*two.sided*”), unilateral superior (“*greater*”) ou unilateral inferior (“*less*”).

As hipóteses estatísticas são definidas como as suposições ou afirmações sobre o parâmetro que o pesquisador deseja testar, existindo duas hipóteses estatística (PEDROTTI, 2018):

- Hipótese nula (H_0): Determina não há diferença entre os parâmetros de diferentes grupos ou entre o parâmetro de um grupo e uma medida qualquer.
- Hipótese alternativa (H_1): é a hipótese complementar à hipótese nula.

Neste trabalho, p é o parâmetro a ser testando:

$$\begin{array}{ll}
 H_0: p = p_0 & \text{Equação 2} \\
 \left. \begin{array}{l}
 H_1: p \neq p_0 \\
 H_1: p > p_0 \\
 H_1: p < p_0
 \end{array} \right\} & \begin{array}{l}
 \text{Equação 3} \\
 \text{Equação 4} \\
 \text{Equação 5}
 \end{array}
 \end{array}$$

Na Equação 3, tem-se que o teste é bilateral ou bicaudal. Na Equação 4, tem-se que o teste é unilateral à direita (ou superior) e na Equação 5, tem-se que o teste é unilateral à esquerda (ou inferior).

A partir das hipóteses pode haver uma de duas decisões estatística que é rejeitar H_0 ou aceitar H_0 . Deste modo o estudo está sujeito a dois tipos de erros (PEDROTTI, 2018):

- “Erro tipo I” estabelecido como “rejeição da hipótese nula (H_0) quando a mesma for verdadeira”.
- “Erro tipo II” estabelecido como “não rejeição da hipótese nula (H_0) quando a mesma for falsa”.

Vale salienta que beta (β) é a probabilidade máxima de cometer o erro do tipo II, deste modo $1 - \beta$ é o complementar do erro tipo II, que corresponde a probabilidade de rejeita a hipótese nula quando ela é falsa (PEDROTTI, 2018), ou seja é a probabilidade de detectar um efeito quando este existe.

A

Tabela 3 apresenta os dados para o cálculo do tamanho da amostra pelo teste do poder, onde o poder fixado foi de 80%. No caso 1 considerou-se a diferença mínima a ser detectada foi de 0.1 à direita e a esquerda de 0.75, considerou-se que a proporção de prédios com manchas na população está entre 0.65 e 0.85. No caso 2 considerou-se a diferença mínima a ser detectada foi de 0.15 à direita e à esquerda de 0.75, sendo assim foi considerado que a proporção de prédios com manchas na população está entre 0.6 e 0.9. No caso 3 considerou-se a diferença mínima a ser detectada foi de 0.15 à direita de 0.75, deste modo considera-se que a proporção de prédios com manchas na população está entre 0.75 e 0.9.

O teste do poder possibilitou um tamanho de amostra viável para o desenvolvimento da pesquisa, e como se desconhece a verdadeira proporção de manchas na população, o ideal é considerar a alternativa bilateral cujo $n=66$ amostras.

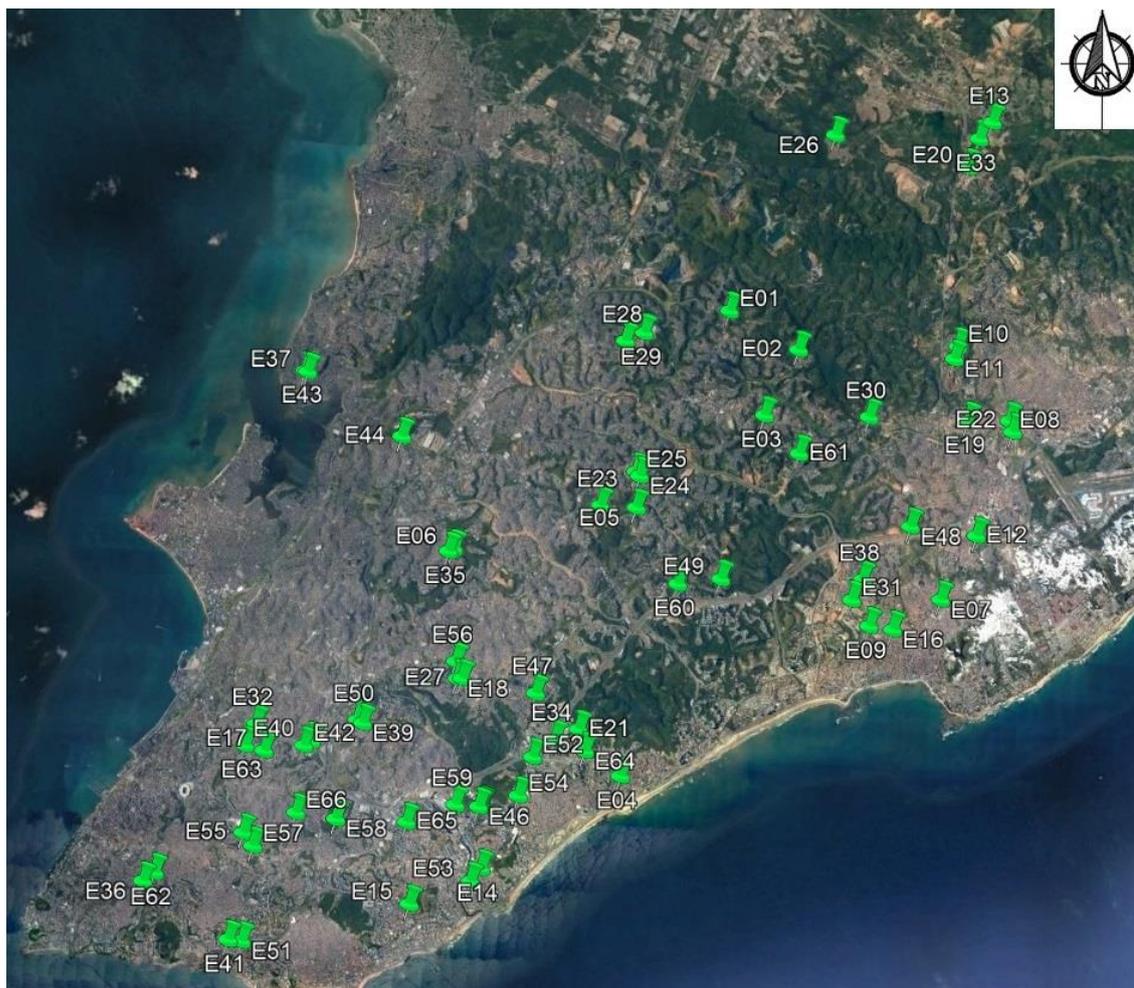
Tabela 3 -Tamanho das amostras mediante a função *pwr.t.test* em R

CASO	d	e	(1- β)	alternativa	n
1	0.23	0.05	0.8	<i>Two.sided</i>	148
2	0.35	0.05	0.8	<i>Two.sided</i>	66
3	0.35	0.05	0.8	<i>Greater</i>	52

Fonte: Próprio autor, 2022

Etapa 4 – Coleta de dados: Posteriormente ao cálculo do tamanho da amostra, as visitas as coordenadas sorteadas se tornaram efetivas. Nas visitas foi realizado o levantamento dos dados dos edifícios. A Figura 25 apresenta a localização dos edifícios estudados no território de Salvador, identificados por meio da letra E, seguida de uma numeração de 01 até 66, e a Tabela 4 exibe a quantidade de amostras com ausência e presença do biofilme vermelho.

Figura 25 – Localização dos edifícios do estudo



Fonte: Google Earth, 2022

Tabela 4 – Quantidade de edifícios com ausência ou presença do B.V

Edifícios	Quantidade
Presença do Biofilme vermelho	46
Ausência do Biofilme vermelho	20
Total de edifícios	66

Fonte: Próprio autor, 2022

Etapa 5 – Tratamento e análise dos dados: Os dados obtidos posteriormente a coleta foram organizados conforme a Tabela A1, apresentada no APÊNDICE do trabalho, e tratados no software R.

Inicialmente foi **utilizada a ferramenta R** para análise descritiva dos dados coletados referentes as variáveis estudadas. Esta análise é realizada com o objetivo de compreender as informações coletadas e assim descrever os aspectos relevantes observados no conjunto dos dados.

Posteriormente foi aplicado o modelo de regressão logístico que é utilizado na modelagem de dados binários para explicar a chance da ocorrência de um evento de interesse. Este modelo é um caso especial da classe dos modelos lineares generalizados (MLG) (FIGUEIRA, 2016) cujas técnicas foram aplicadas neste trabalho para verificar quais variáveis influenciam significativamente no surgimento do biofilme vermelho, bem como, tirar conclusões sobre a razão de chance do aparecimento ou não de manchas em relação as variáveis do modelo adotado.

As variáveis extrínsecas às fachadas são: distância do mar (m), área de cobertura vegetal (ha), Altitude (m) e orientação geográfica da fachada mais atingida pelas manchas; e as variáveis intrínsecas são: idade dos prédios (anos), tempo após última pintura (anos), tempo de surgimento das manchas (anos), número de pavimento do edifício e tipo de acabamento da fachada. Estas variáveis (extrínsecas e intrínsecas) são denominadas como explicativas ou independentes e a variável mancha, que diz respeito a presença ou ausência das manchas nas fachadas estudadas, é a variável resposta ou dependente.

Seguindo a teoria dos MLGs, a estrutura geral do modelo de regressão logístico é definida pela forma binomial apresentada nas Equações 6 e 7 (PAULA, 2013).

$$Y_i \sim \text{Bernoulli}(\mu(x)) \quad \text{Equação 6}$$

$$\log\left(\frac{\mu(x)}{1 - \mu(x)}\right) = x_i^T \beta, \quad \text{Equação 7}$$

Onde Y_i representa a variável resposta do i -ésimo indivíduo que assume valores, $Y_i = 1$ (presença da mancha vermelha) ou $Y_i = 0$ (ausência da mancha vermelha), $\mu(x) = P(Y = 1|x)$ é a probabilidade da ocorrência do sucesso. Ademais, $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})^T$ é o vetor de variáveis independentes ou explicativas e $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p)^T$ represente o vetor de parâmetros a serem estimados. Para definir o modelo de regressão logístico que melhor se ajusta os dados, assim como, calcular a chance do aparecimento da mancha realiza-se um processo inferencial a partir da estimação dos parâmetros baseado no logaritmo da função de verossimilhança (PAULA, 2013), posteriormente a seleção de modelos e por fim o cálculo da razão de chance do aparecimento ou não de manchas nos prédios.

Por fim foi realizada uma análise de diagnóstico, que permite analisar possíveis afastamentos da suposição do MRL, bem como a presença de observações atípicas.

3.26 Coleta microbiológica

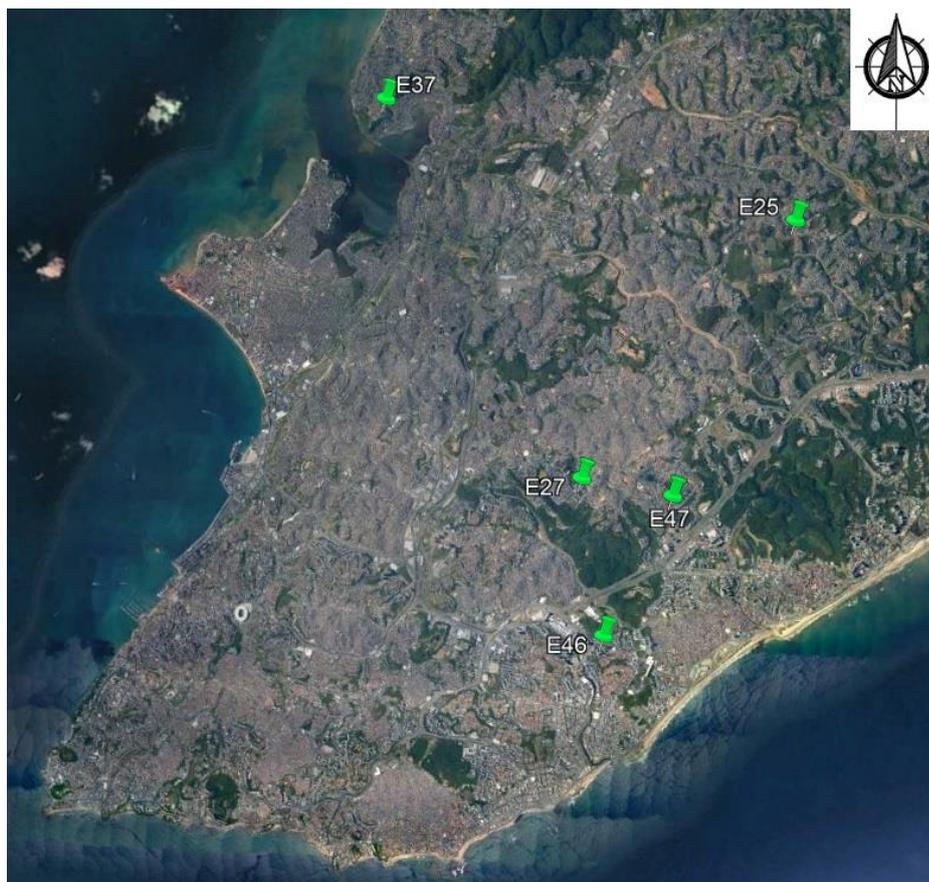
A segunda fase está relacionada à coleta microbiológica de amostras em algumas das fachadas manchadas que foram estudadas na primeira fase. Esta parte da pesquisa foi desenvolvida com o intuito de analisar se o microrganismo presente no biofilme vermelho da cidade de Salvador coincide com o microrganismo denominado pela literatura como o causador das manchas vermelhas. Esta fase foi dividida em 2 etapas que são descritas abaixo.

Etapa 1 – Coleta de amostras em fachadas: Devido a dificuldade na autorização dos responsáveis dos edifícios para obtenção das amostras, foi definido que seriam realizadas 5 coletas em pontos distintos da cidade de Salvador, a

Figura 26 apresenta a localização dos edifícios, nos quais foram feitas as coletas.

O procedimento da coleta foi realizado por intermédio de uma raspagem do substrato afetado com o auxílio de uma lâmina de bisturi em aço estéril e, armazenada em placas de Petri estéreis, o processo é representado na Figura 27. Esta etapa foi realizada em dois dias, então o material coletado no primeiro dia foi armazenado em uma geladeira com temperatura de 3°C. No segundo dia as amostras foram transportadas para o laboratório. Vale frisar que todas as amostras foram identificadas.

Figura 26 – Locais de coleta das amostras



Fonte: *Google Earth*, 2023

Figura 27 – A) Coleta de amostra/ B) Tipo de lâmina de bisturi utilizada



Fonte: Acervo da autora, 2022

Etapa 2 – Procedimentos laboratoriais: As amostras foram encaminhadas para o laboratório de Algas Marinhas (LAMAR) da Universidade Federal da Bahia.

No laboratório as amostras foram colocadas em água destilada por 24 horas, para que houvesse a hidratação do material, facilitando deste modo a sua observação

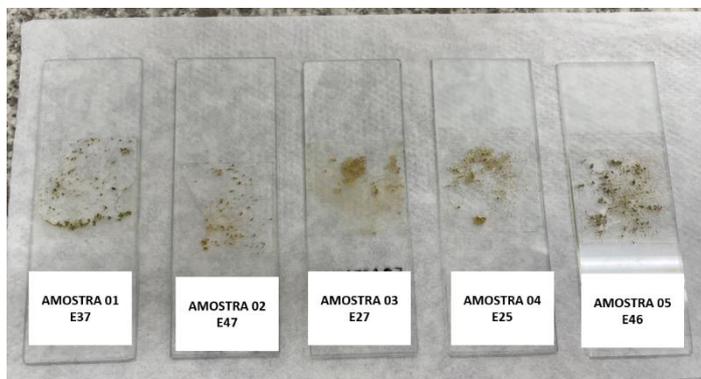
em microscópio (Figura 28). Posteriormente foram montadas cinco lâminas de vidro com o material hidratado (Figura 29) e levado ao microscópio óptico (Olympus CX31) para análise.

Figura 28 – Material em água



Fonte: Acervo da autora, 2023

Figura 29 – Amostras em placa de vidro



Fonte: Acervo da autora, 2023

A identificação visual dos microrganismos encontrados nos materiais coletados foi a partir da sua morfologia⁴, verificando desta maneira se os microrganismos encontrados nas amostras das fachadas dos edifícios eram compatíveis com o que é retratado na literatura. Vale salientar que todo o procedimento laboratorial foi acompanhado, pela autora do trabalho e as imagens obtidas dos microrganismos foram retiradas a partir do software Microscópio Capture 2 versão 2.1.

3.3 Modelo experimental

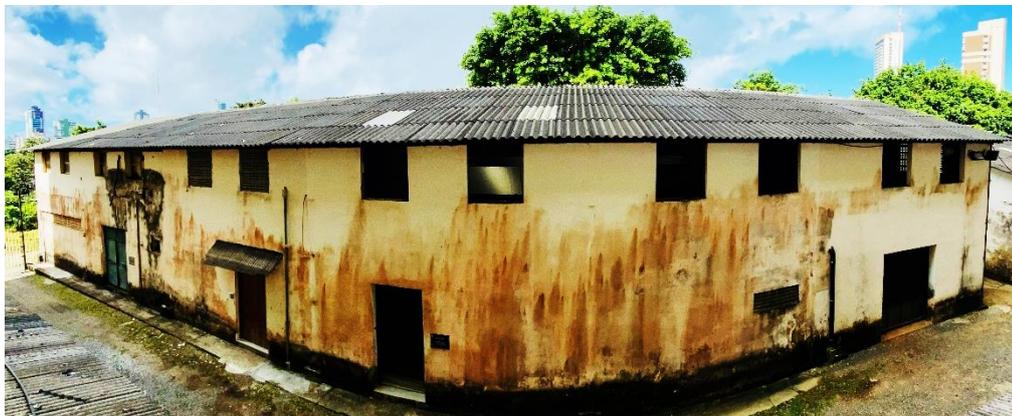
A terceira fase da pesquisa está relacionada ao modelo experimental para avaliar o período da ocorrência do biofilme vermelho, na qual foi definida uma fachada para realização dos procedimentos de lavagem, sanitização e pintura.

A fachada escolhida (Figura 30) pertence a um galpão construído no ano de 2006, onde atualmente encontram-se instalados os laboratórios Timoshenko e Labefea, localizados na Universidade Federal da Bahia (UFBA), no campus da escola Politécnica. A fachada possui comprimento e altura de 35m e 6m, respectivamente, contabilizando uma área total de 210 m², a sua última revitalização ocorreu no ano 2006, porém se percebe que houve a pintura de algumas partes das fachadas após a

⁴ Estudo da forma, configuração externa do microrganismo.

pintura de 2006. Freqüentadores dos laborat3rios alegam que as manchas vermelhas começaram a surgir cerca de 2 anos depois da última pintura.

Figura 30 – Fachada escolhida (imagem adquirida no formato ultra angular)



Fonte: Acervo da autora, 2022

A escolha dessa fachada aconteceu pela facilidade da autorização para o desenvolvimento da pesquisa, que foi concedida pela Superintendência do Meio Ambiente e Infraestrutura (SUMAI) da UFBA e devido ser a menor fachada encontrada no campus da Universidade com a presença do biofilme vermelho. No que tange a orientação geográfica escolhida foi a vedação mais atingida pelo biofilme vermelho e está direcionada para o noroeste.

Esta fase da pesquisa foi dividida em 5 etapas, que são descritas abaixo. Vale ressaltar que, para melhores análises, o interessante seria que este procedimento fosse realizado em todas as fachadas da edificação, mas devido à dificuldade de recursos financeiros, restringiu-se a fachada mais atingida pelo dano.

Etapa 1 - Lavagem da fachada: Para este procedimento foi utilizado o detergente de uso geral *Yellow Pine*, formulado por tensoativos biodegradáveis e agentes sequestrantes, associado ao óleo de pinho (solvente natural), possui baixa alcalinidade, e vem sendo utilizado na lavagem de fachadas. Para a sua aplicação foi utilizado uma proporção de 1 ml do detergente para 200 ml de água.

O produto foi inserido no difusor de sabão que encaixa na lança da lavadora de alta pressão e foi aplicado na fachada (Figura 31), após 5 minutos de sua na superfície, esta foi lavada com água em abundância. Vale mencionar que este procedimento foi feito por partes, devido à grande extensão da fachada, a lavagem da fachada durou cerca de 3 dias, a Figura 32 apresenta o antes e o depois da lavagem

da fachada. Após a conclusão da lavagem a partir de 5 dias de sol para secagem da fachada poderiam ser prosseguidas as demais etapas, mas devido às chuvas as demais etapas foram iniciadas 10 dias após a lavagem.

Figura 31 – Difusor de sabão de 250ml



Fonte: Acervo da autora, 2022

Figura 32 - Antes e depois da lavagem da fachada com o sabão *Yellow Pine*

ANTES



DEPOIS

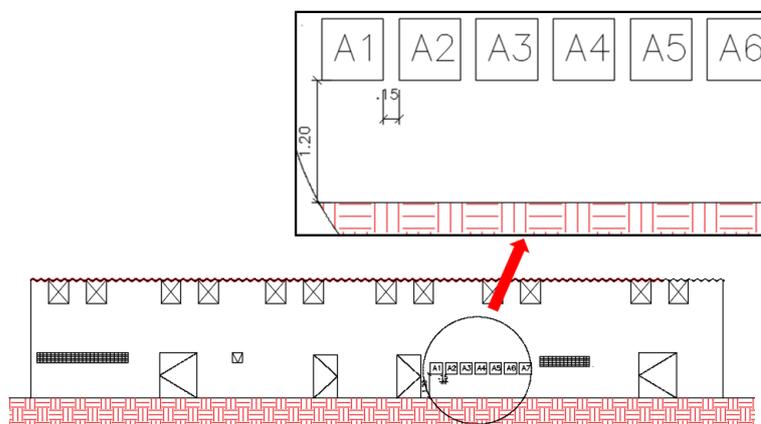


Fonte: Acervo da autora, 2022

Etapa 2 – Demarcação das áreas de estudo: Nesta etapa foram delimitadas 6 áreas de trabalho com dimensões de 60 x 60cm, adotadas de acordo com o trabalho de Labres (2019). Adaptando o procedimento realizado por Labres (2019), respeitou-se um afastamento de 15cm entre os quadrados e uma altura de 120 cm do solo, com o intuito de minimizar possíveis contaminações laterais e do solo. A Figura 33

apresenta um desenho da fachada estudada e as áreas para o desenvolvimento do estudo, correspondente a A1, A2, A3, A4, A5, A6 e A7.

Figura 33 – Divisão das regiões de trabalho e áreas demarcadas



Fonte: Própria autora, 2022

Etapa 3 – Execução do tratamento das áreas de estudo: Após as demarcações das áreas a serem estudadas, no sentido da esquerda para direita, foi estabelecido o tratamento que cada quadrado receberia, esta ordem é apresentada no

Quadro 3. Todas as áreas foram lixadas manualmente e retirado o pó residual da superfície, finalizando com um pano úmido e após a secagem prosseguiu-se com os tratamentos.

Quadro 3 – Ordem de tratamentos realizados nas áreas demarcadas

Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6
Lavagem +sanitizante +selador + tinta A	Lavagem +sanitizante +selador + tinta B	Lavagem +sanitizante +selador + textura	Lavagem +selador + tinta A	Lavagem +selador + tinta B	Lavagem +selador +textura

Fonte: Própria autora, 2022

As descrições das tintas e textura aplicadas são exibidas no Quadro 4, já a descrição do sanitizante consta no Quadro 5.

Quadro 4 – Especificações das Tintas e Textura

Informações Gerais	Tinta A	Tinta B	Textura
Nome	Tinta Acrílica Premium	Permacryl revitalize	Permalit Cristallini

Descrição do Produto	Tinta acrílica premium com excelente desempenho e resistência a intempéries. Ótima cobertura e alastramento. Baixo odor. Fácil aplicação para um acabamento perfeito	Micro revestimento decorativo acrílico. Produto de alto Padrão indicado para repintura em superfícies texturizadas ou que apresentem microfissuras, com grau de proteção elevado a fungos e algas	Revestimento acrílico de acabamento desempenado.
Indicação de Uso	Uso externo e Interno	Uso externo e Interno	Uso externo e interno sobre reboco, concreto e massas.
Normas	NBR 15382; ASTM E70; ASTM 6886-14	NBR 15382; ASTM E70; ASTM 6886-14	ASTM D 3.723-05; EN ISO 12572; AFNOR P 84-402; EN ISO 15148; UEatc 1978; NBR 15382; NBR 15382; NBR 15382; ASTM E70; ATSM 6886-14.
Composição	À base de emulsão acrílica estirenada com acabamento fosco, minerais inertes, glicóis, aditivos minerais e pigmentos isentos de metais pesados.	À base de polímero elastomérico com acabamento fosco, minerais inertes, glicóis, aditivos minerais e pigmentos isentos de metais pesados.	À base de emulsão acrílica estirenada, minerais inertes, glicóis, aditivos minerais e pigmentos isentos de metais pesados.

Fonte: Própria autora, 2021

Quadro 5 – Especificações do sanitizante

Sanitizante	
Nome	Sanitizante H.A. S
Descrição do produto	Líquido microbicida de ação rápida, especialmente desenvolvido para Higienização, Assepsia e Sanitização. Sua composição balanceada garante o controle efetivo dos micro-organismos presentes no meio ambiente e seu excelente poder penetrante retarda a proliferação de fungos e algas.
Indicação de Uso	Pode ser aplicado desde o reboco novo até nas repinturas. Uso Interno e/ou Externo
Composição	A base de cloridratos, compostos quaternários de amônia e glutaraldeído

Fonte: Própria autora, 2021

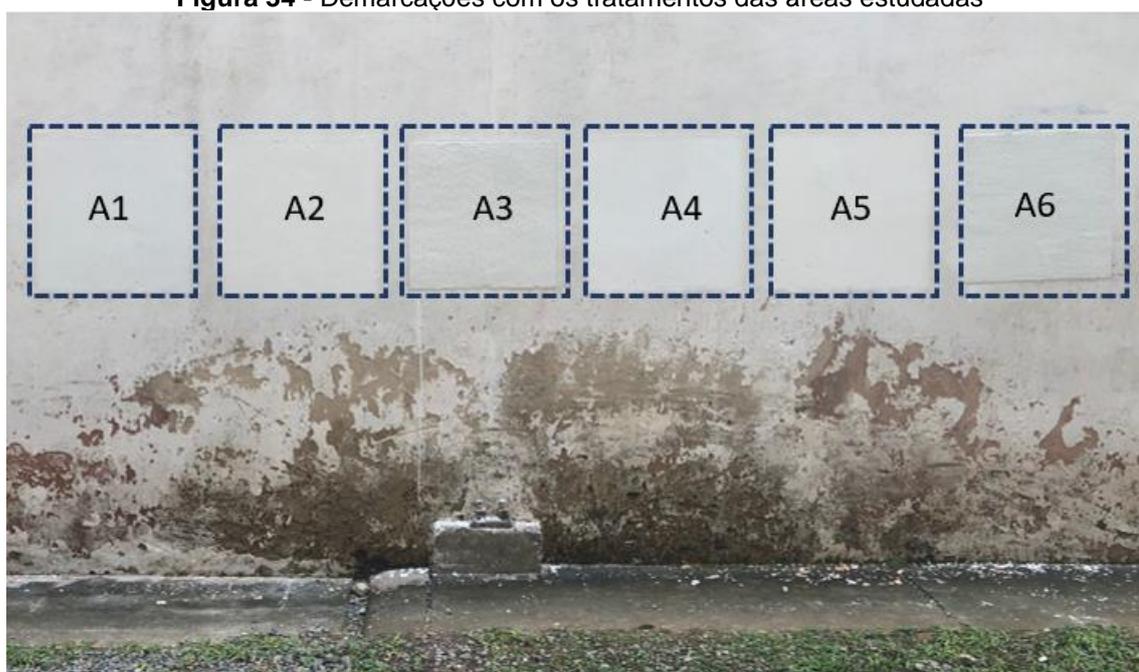
Foi utilizado antes da aplicação das tintas e textura um selador, com o intuito de selar os poros e uniformizar a base para o recebimento da pintura, o tempo de secagem do selador foi de 6 horas.

A aplicação do sanitizante ocorreu em duas demãos, com o auxílio de um rolo de lã, com a superfície da fachada seca. O intervalo entre as demãos foi de 3 horas. A proporção de diluição do produto em água, respeitou a ficha técnica do fabricante, sendo 1 parte do produto para 3 partes de água potável. Depois da última demão, esperou-se 1 dia para aplicação do selador e posteriormente iniciar o processo de pintura.

As tintas foram aplicadas em duas demãos respeitando um intervalo de 4 horas entre cada uma delas e as texturas foram aplicadas com auxílio da desempenadeira de aço. É importante ressaltar que em todo o processo realizado no sistema de pintura foram seguidas as orientações da ficha técnica de cada produto.

O tratamento das áreas estudadas iniciou 10 dias após a lavagem da fachada, esta estava completamente seca. Respeitando as exigências de secagem dos produtos utilizados o processo de pintura foi iniciado no dia 27 de junho e finalizado no dia 30 do mesmo mês, contabilizando 3 dias do processo de pintura. Figura 34 apresenta as demarcações com os tratamentos realizados, a fotografia foi retirada no dia 30 de junho do ano de 2022.

Figura 34 - Demarcações com os tratamentos das áreas estudadas



Fonte: Fonte: Acervo da autora, 2022

Etapas 4 – Procedimento de medição do avanço da biodeterioração: Para medição da biodeterioração das áreas tratadas foram realizadas mensalmente uma análise visual do substrato e registro de fotografias de cada área.

Detectando o surgimento das manchas vermelhas, torna-se necessário a utilização do software livre ImageJ, com a finalidade de gerar um quantitativo da área afetada pelo dano por meio das fotografias obtidas a cada mês, desta forma é possível analisar a evolução das manchas.

A análise e a obtenção das fotografias iniciaram dia 30 de junho de 2022 e finalizaram dia 30 de junho de 2023, totalizando 1 ano de análise.

Etapa 5- Tratamento dos dados e análise: A partir do momento da detecção do surgimento do biofilme vermelho nas áreas tratadas, as fotografias registradas serão transferidas para o ImageJ com configuração da escala em centímetros. Com a ferramenta *freehand* será contornado a região manchada e a partir disto é possível obter a área afetada. Após a primeira detecção as observações e registros de imagens serão mantidas mensalmente e haverá uma análise da evolução da área biodeteriorada.

A Figura 35 mostra o processo que será realizado no programa caso haja a detecção do aparecimento do biofilme em estudo. Na Figura 35-A retrata o contorno da área tratada e a Figura 35-B está relacionada a uma simulação do contorno da área afetada pelo biofilme, utilizando a ferramenta *freehand*. A partir da criação dos polígonos é possível a obtenção de suas respectivas áreas. As áreas das manchas serão trabalhadas em porcentagem.

Figura 35 – ImageJ. A: Contorno da área tratada; B: Contorno do dano



Fonte: Fonte: Própria autora, 2022.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Estudo estatístico

Esta seção foi subdividida em 2 partes. A primeira seção está relacionada à análise descritiva dos dados coletados e a segunda apresenta a [seleção](#) do modelo de regressão logística aos dados da pesquisa.

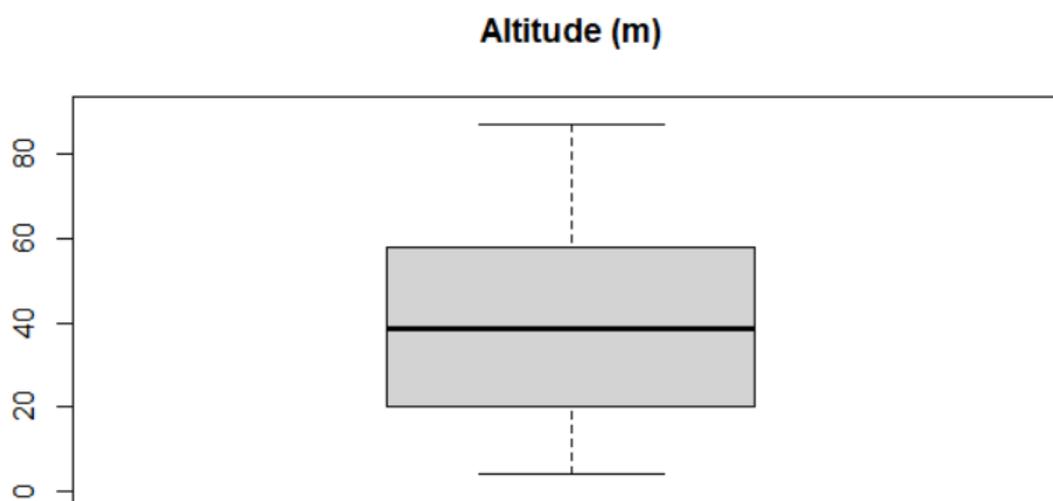
4.1.1 Análise descritiva dos dados coletados

Neste tópico será apresentado a análise descritiva dos dados coletados referentes as variáveis estudadas. Este será dividido em duas subseções, a 4.1.1.1 que trará a análise dos dados referente as variáveis extrínsecas à superfície das fachadas e a 4.1.1.2 com as análises relacionadas as variáveis intrínsecas.

4.1.1.1 Variáveis extrínsecas a superfície da fachada

Em relação a variável altitude (m), a partir dos dados da amostra foram gerados a Figura 36 e a Tabela 5 que retratam o comportamento da variável. Por meio da análise do boxplot e da Tabela 5 observa-se que a maior parte das altitudes coletadas possuem em média 41.24 m, a menor altitude corresponde a 4 m e a maior 87m. A variabilidade (desvio) desta variável é 24.61 e seu intervalo interquartil (IQ) e coeficiente de variação (CV) são 83 e 54.67, respectivamente.

Figura 36 - Boxplot da altitude



Fonte: Própria autora, 2023

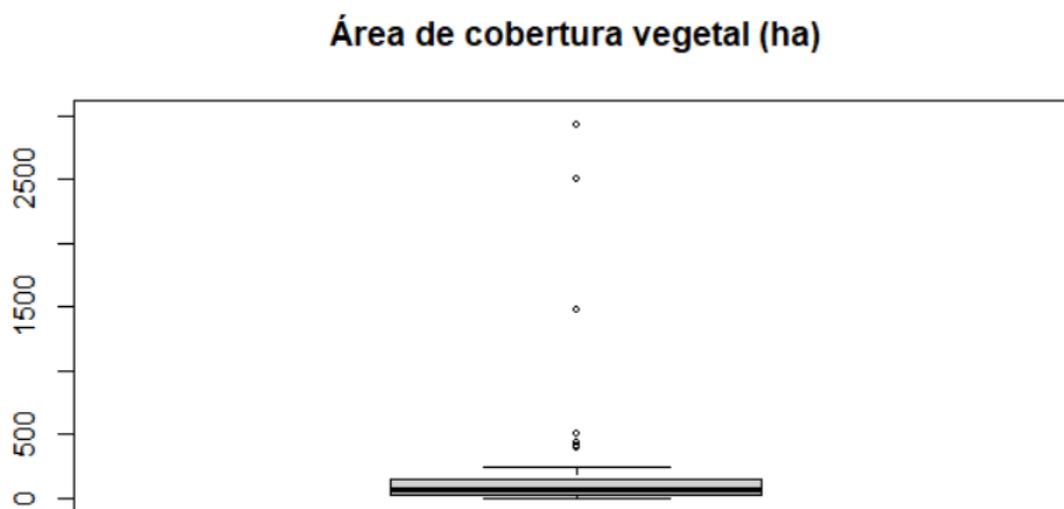
Tabela 5 - Medidas resumo referente ao boxplot altitude

Min	1º Qu.	Median	Mean	3º Qu.	Max	IQ	Desvio	CV (%)
4,00	20,00	38,50	41,24	51,75	87,00	83	24,61	54,67

Fonte: Própria autora, 2023

Referente a variável área de cobertura vegetal (ha) próxima aos prédios que constituem a amostra, foram gerados a Figura 37 e a Tabela 6, que retratam o comportamento da variável. A partir da análise do boxplot da Figura 37 e dos dados da Tabela 6, observa-se que a maior parte da área de cobertura vegetal possui em média uma área de 217.80 ha, a menor área coletada foi de 0.10 ha e a maior 2935.00 ha. A variabilidade (desvio) desta variável é 519,74 e seu intervalo interquartil (IQ) e coeficiente de variação (CV) são 2934.9 e 238.64, respectivamente. Na Figura 37, nota-se a presença de dados com valores discrepantes, que são bastantes diferentes do restante do conjunto de dados, estes são denominados como outliers, isto aponta a necessidade de uma análise cuidadosa destes dados, pois algumas estatísticas descritivas como a média e o desvio-padrão, são influenciados por valores extremos.

Figura 37 - Boxplot da área de cobertura vegetal



Fonte: Própria autora, 2023

Tabela 6 - Medidas resumo referente ao boxplot área de cobertura vegetal

Min	1º Qu.	Median	Mean	3º Qu.	Max	IQ	Desvio	CV (%)
0.10	20.23	63.81	217.80	142.4	2935.00	2934.90	519.74	238.64

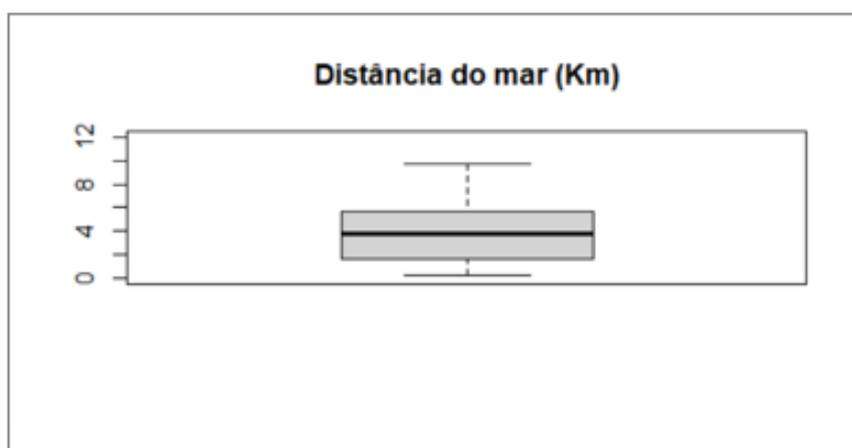
Fonte: Própria autora, 2023

Em relação a variável distância do mar dos prédios que constituem a amostra, foram gerados a Figura 38 e a

Tabela 7, que retratam o comportamento da variável. A partir da análise do gráfico boxplot da Figura 38 e dos dados

Tabela 7, observa-se que a maior parte dos edifícios distam em média 3.67 km do mar, a menor distância obtida foi de 0.25 km e a maior 20.21 km. A variabilidade (desvio) desta variável é 3.21 e seu intervalo interquartil (IQ) e coeficiente de variação (CV) são 19.96 e 87.61, respectivamente.

Figura 38 - Boxplot da distância do mar



Fonte: Própria autora, 2023

Tabela 7 - Medidas resumo referente ao boxplot distância do mar

Min	1º Qu.	Median	Mean	3º Qu.	Max	IQ	Desvio	CV (%)
0.250	1.54	2.91	3.67	5.12	20.21	19.96	3.21	87.61

Fonte: Própria autora, 2023

A partir da análise dos coeficientes de variação dos dados de altitude, área de cobertura vegetal e distância do mar, 54.67, 238.64 e 87.61, respectivamente (Tabela 8, 9 e 10), é notório que a variabilidade dos dados de área da cobertura vegetal é discrepante em relação aos demais, sendo aproximadamente 77% maior que os dados de altitude e 63% maior do que os dados de distância do mar. Isto pode influenciar em resultados equivocados, então surge a necessidade de melhorar os dados a respeito da área de cobertura vegetal. É importante ressaltar que foram obtidos 3 tipos de conjuntos de dados relacionados a área de vegetação, o primeiro apresentado na Tabela A1, o segundo a partir da categorização dos dados da Tabela

A1 e o terceiro por meio da contabilização da vegetação em um raio de 0,5 km dos edifícios. No entanto, na análise final dos dados os melhores resultados foram obtidos com os dados que obteve maior coeficiente de variação, presentes na Tabela A1.

No que tange a variável de orientação geográfica mais atingida pelo biofilme vermelho, foi construído a Tabela 8 de distribuição de frequências e conforme esta tabela as fachadas mais afetadas pelas manchas vermelhas estão direcionadas para a região Sudeste, apresentando uma frequência relativa de 50%. Já as fachadas orientadas para o Noroeste constam como as menos atingidas com 2% de frequência relativa. Vale salientar que a segunda linha da tabela na qual possui orientação geográfica mais atingida como “Nenhuma” é referente aos edifícios que não possuem o biofilme vermelho em nenhuma das suas fachadas.

Tabela 8 - Distribuição de frequências da orientação geográfica mais atingida

Orientação geográfica mais atingida	Frequência absoluta	Frequência relativa (%)
Nenhuma	20	30
Sudeste	33	50
Sudoeste	8	12
Nordeste	4	6
Noroeste	1	2
Total	66	100

Fonte: Própria autora, 2023

De acordo com estudos encontrados na literatura, no Brasil as fachadas com orientação para o sul, tais como sudeste e sudoeste, são as que menos recebem incidência solar, conseqüentemente são as vedações mais biodeterioradas (BREITBACH, 2009; SILVA, 2007). Logo, a baixa incidência do sol nas fachadas reflete na baixa evaporação da umidade superficial do revestimento, como maiores umidades propiciam o desenvolvimento dos microrganismos, estas fachadas estão sujeitas a serem mais favoráveis ao crescimento e proliferação de algas, fungos, bactérias e entre outros organismos.

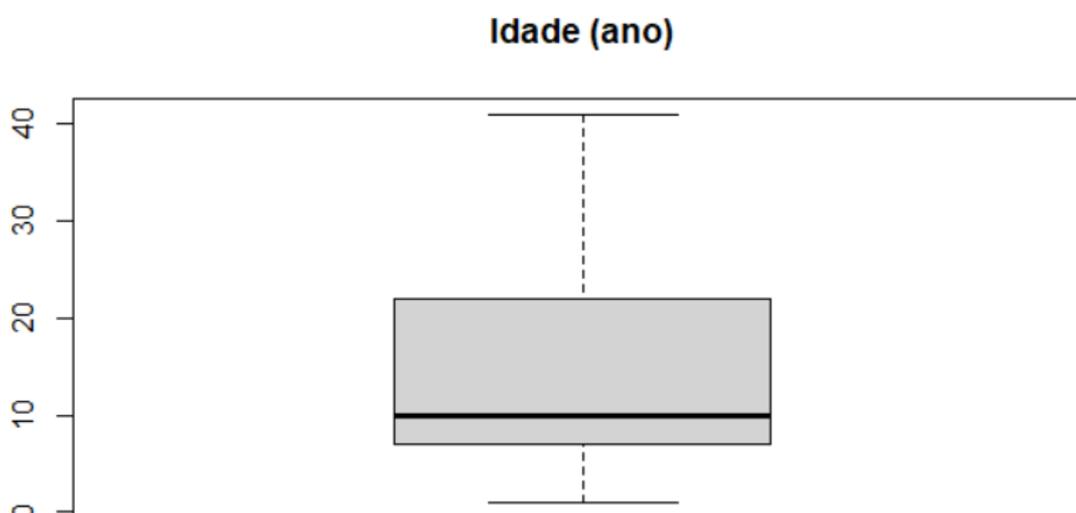
Outro fator que pode influenciar na maior incidência de microrganismos em fachadas Sudeste é o direcionamento do vento predominante na cidade de Salvador, sendo este o Sudoeste (SANTOS, 2018; MOURA *et al.*, 2006; ANDRADE *et al.*, 2004). Sabendo que o município possui um alto grau de urbanização, conseqüentemente uma elevada poluição atmosférica, as partículas dos poluentes são carregadas pelo

vento na orientação sudeste e depositadas na superfície das fachadas nas quais se tornam nutrientes para os microrganismos e, quando somados a alta umidade do revestimento fomentam o processo da biodeterioração. Além de partículas poluidoras o vento pode carregar consigo fragmentos de microrganismos que podem se reproduzir no substrato das fachadas.

4.1.1.1 Variáveis intrínsecas a superfície da fachada

A Figura 39 e a Tabela 9 apresentam o boxplot e as medidas resumo da variável idade dos edifícios. A partir da análise da Figura 39 e Tabela 9, observa-se que a maior parte das construções possuem idade média de 13.92. O edifício mais novo possui 1 ano e o mais velho 41 anos. A variabilidade (desvio) desta variável é 10.06 e seu intervalo interquartil (IQ) e coeficiente de variação (CV) são 41 e 72.24, respectivamente.

Figura 39 - Boxplot da idade dos edifícios



Fonte: Própria autora, 2023

Tabela 9 - Medidas resumo referente ao boxplot a idade dos edifícios

Min	1º Qu.	Median	Mean	3º Qu.	Max	IQ	Desvio	CV (%)
1.00	7.00	10.00	13.92	21.5	41.00	41	10.06	72.24

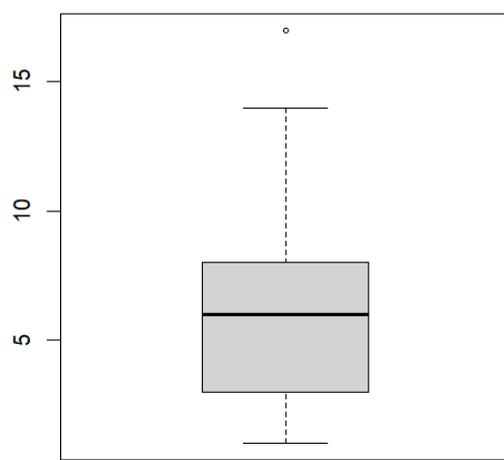
Fonte: Própria autora, 2022

A Figura 40 e a Tabela 10

Tabela 10 apresentam o boxplot e as medidas resumo da variável anos pós-pintura. A partir da análise destes dados, observa-se que em média as construções possuem cerca de 6 anos pós-pintura. A quantidade de anos mínima pós-pintura é de

1 ano e máxima são 17 anos. A variabilidade (desvio) desta variável é 3.27 e seu intervalo interquartil (IQ) e coeficiente de variação (CV) são 16 e 54.26, respectivamente.

Figura 40 - Boxplot da quantidade anos pós-pintura
Anos pós pintura



Fonte: Própria autora, 2023

Tabela 10 - Medidas resumo referente ao boxplot da quantidade anos pós-pintura

Min	1º Qu.	Median	Mean	3º Qu.	Max	IQ	Desvio	CV (%)
1.00	3.00	6.03	6.03	8.00	17.00	16.00	3.27	54.26

Fonte: Própria autora, 2022

Os dados relacionados ao período de surgimento das manchas após última pintura, foram informações coletadas com base no ano que os residentes das edificações conseguiram notar o biofilme vermelho nas fachadas dos prédios, devido isto os períodos informados podem não ser a respostas exata, já que as manchas se iniciam com pequenos tamanhos e com o passar do tempo podem se proliferar pela extensão do substrato, ganhando melhor visibilidade. Todavia, foi gerado a análise descritiva desses dados na Tabela 11.

Tabela 11 - Distribuição de frequência (período de surgimento do BV)

	Período de surgimento do BV (ano)			
	0	1	2	3
Ausência do BV (%)	30.30	0.00	0.00	0.00
Presença do BV (%)	0.00	6.06	45.45	18.18

Fonte: Própria autora, 2023

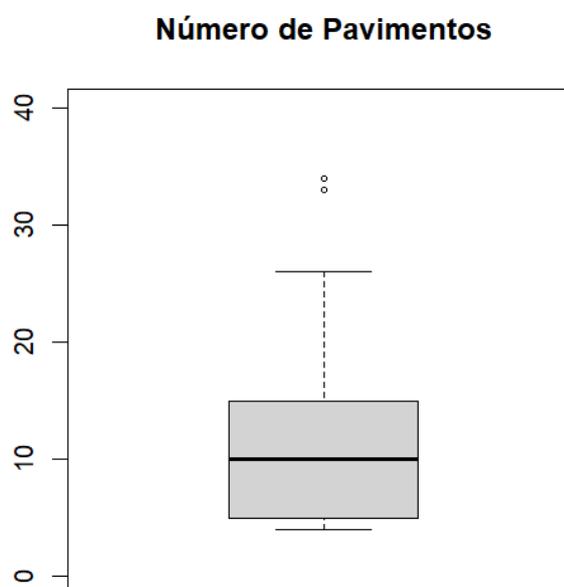
A Tabela 11 apresenta todos os edifícios da amostra e é correspondente a distribuição de frequência do período de surgimento das manchas nas fachadas após a última pintura, os prédios que não possuem manchas estão classificados com período de surgimento igual a 0 (zero). Por meio da tabela é possível constatar que a detecção do surgimento do biofilme vermelho nas superfícies externas ocorre de 1 até 3 anos, sendo que aproximadamente 45.45% da amostra apontou o aparecimento das manchas a partir de 2 anos. Dubosc (2000) aponta que o surgimento do biofilme em paredes geralmente leva cerca de 1 ano, considerando a afirmação do autor é possível que o biofilme vermelho tenha surgido antes do tempo informado pelos residentes dos edifícios estudados.

A Figura 41 e a

Tabela 12 apresentam o boxplot e as medidas resumo da variável número de pavimentos das edificações. A partir da análise da Figura 41 e da

Tabela 12, observa-se que a maior parte dos edifícios possuem em média cerca de 10 pavimentos, sendo 4 a quantidade mínima de pavimentos e 34 a máxima. A variabilidade (desvio) desta variável é 8.07 e seu intervalo interquartil (IQ) e coeficiente de variação (CV) são 30 e 70.70, respectivamente.

Figura 41 - Boxplot do número de pavimentos dos edifícios



Fonte: Própria autora, 2022

Tabela 12 - Medidas resumo referente ao boxplot número de pavimentos dos edifícios

Min	1º Qu.	Median	Mean	3º Qu.	Max	IQ	Desvio	CV (%)
4.00	5.00	10.00	11.41	15.00	34.00	30	8.07	70.70

Fonte: Própria autora, 2022

Em relação ao tipo de acabamento das fachadas analisadas, estas podem ser texturizadas ou pintadas por meio de tintas. A partir das informações coletadas foi gerado a Tabela 13 que apresenta a distribuição de frequência do tipo de acabamento encontrado nas amostras do estudo em relação a ausência e presença do biofilme vermelho, analisando os dados exposto é notório que há mais edificações com acabamento em tinta, equivalente a 56,06% da amostra, e a presença das manchas vermelhas ocorrem em grande parte nos substratos com acabamento em pintura por meio das tintas.

Tabela 13 - Distribuição de frequência (presença/ausência do BV e tipo de acabamento)

	1 (Tinta)	2 (Textura)
Ausência do BV (%)	15.15	15.15
Presença do BV (%)	40.91	28.79

Fonte: Própria autora, 2022

Conforme Shirakawa *et al.* (2008), a rugosidade é um fator que pode afetar o tempo em que a superfície permanece úmida, sendo assim, substratos texturizados podem ser mais propícios ao desenvolvimento de microrganismos, mas a análise de frequência não auxilia nessa análise.

4.1.2 Seleção do Modelo de regressão logístico

A Equação 8 apresenta o modelo de regressão logístico final selecionado, obtido a partir dos dados coletados.

$$\log\left(\frac{\pi(x)}{1-\pi(x)}\right) = \beta_0 + \beta_1 \text{anos} + \beta_2 \text{Distancia} + \beta_3 \text{Area} + \beta_4 \text{Pavs} + \beta_5 \text{Altitude} \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

- β_0 : representa em média o não aparecimento das manchas no log da chance;

- β_1 : representa o aumento do aparecimento das manchas com o aumento do número de anos de pintura nos prédios no log da chance, com as demais variáveis explicativas fixadas;
- β_2 : representa o decréscimo do aparecimento das manchas com o aumento de cada quilômetro do mar no log da chance, com as demais variáveis explicativas fixadas;
- β_3 : representa o aumento do aparecimento das manchas a cada hectare de área no log da chance, com as demais variáveis explicativas fixadas;
- β_4 : representa o aumento do aparecimento das manchas com o aumento do número de pavimentos nos prédios no log da chance, com as demais variáveis explicativas fixadas;
- β_5 : representa o aumento do aparecimento das manchas com o aumento em metro da altitude no log da chance com as demais variáveis explicativas fixadas;

A partir da Equação 8 é possível perceber que as variáveis de orientação geográfica, idade da construção, tempo de surgimento das manchas e tipo de acabamento das fachadas não estão presentes no modelo gerado, isto ocorre devido a junção delas em um só modelo não propiciarem os melhores resultados.

Os resultados inferências do ajuste do MLG binomial da Equação 8 são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Parâmetros e valores de p estimados usando o MLG

	Estimativa	Erro padrão	Valor z	Pr(> z)
(Intercept)	-3.866976	1.509146	-2.562	0.01040
Anos pós-pintura	0.225938	0.111693	2.023	0.04309
Distância do mar	-0.148398	0.093872	-1.581	0.11391
Área da cobertura vegetal	0.000465	0.000617	0.754	0.45087
Nº de pavimentos	0.257606	0.087717	2.937	0.00332
Altitude	0.034828	0.017123	2.034	0.04196
Desvio do modelo ajustado sem a variáveis			80.970 com 65 gl	
Desvio do modelo ajustado com as variáveis			60.569 com 60 gl.	
AIC: 72.569				

Fonte: Própria autora, 2022

Na Tabela 14 a primeira coluna retrata as variáveis estudadas, o *Intercept* (β_0) não obtém um significado prático para o resultado desta pesquisa, pois o objetivo é relacionar a ocorrência ou não das manchas vermelhas e as demais variáveis explicativas fixadas no modelo. A segunda coluna está relacionada a estimativa do efeito, valores positivos significam que o efeito é positivo, já os negativos significam que o efeito é negativo. A quinta coluna $Pr(>|z|)$ retrata o p-valor, quanto mais baixo for o p-valor, mais evidência temos contra a hipótese nula (a hipótese de que não há um efeito). Uma forma de avaliar a significância de um teste é analisar o *p-valor* (PEDROTTI, 2018), tradicionalmente, o valor de corte para rejeitar a hipótese nula é de 0,05 OU 5% (FERREIRA; PATINO, 2015).

Conforme o MLG da Tabela 14, observa-se que somente as variáveis Distância do mar e Área de cobertura vegetal não são estatisticamente significativas, no entanto, são variáveis consideradas relevantes na investigação do aparecimento de manchas, devido influenciarem em determinados fatores climáticos que serão discutidos nesta seção. Deste modo, estas variáveis não serão excluídas do modelo.

As variáveis anos pós-pintura, número de pavimentos e altitude apresentaram valores significativos para o modelo, com p-valores de 4%, 0,33% e 4%, respectivamente. Com base nisso, é possível compreender que há influência dessas variáveis no surgimento ou não das manchas vermelhas nas fachadas dos edifícios.

A quantidade de anos após última pintura retrata a quantidade de tempo de exposição do acabamento decorativo das fachadas, logo quanto mais anos se passam após a última pintura, maior será o tempo de exposição deste acabamento e conseqüentemente maior será a sua degradação, já que as fachadas são expostas aos agentes agressivos do meio externo. Neste contexto, a fragilização do material de acabamento o torna vulnerável ao desenvolvimento de manifestações patológicas, como por exemplo o surgimento de microrganismos. Vale salientar que, conforme Di Giuseppe (2013) os biocidas possuem naturalmente prazos de validade, reduzindo sua eficácia ao longo do tempo, fator este que fortalece ainda mais a resposta do modelo de regressão logístico de que a variável anos após pintura influencia no surgimento ou não do biofilme vermelho.

No que tange a variável número de pavimentos, entende-se que quanto maior esse número mais alto será o prédio, logo o número de pavimentos está relacionado com a altura do edifício. Conforme observado nas visitas em campo, as manchas vermelhas tendem a se concentrar nos andares superiores dos prédios, de acordo

com a Figura 42. Esta tendência pode ser explicada devido às águas das chuvas geralmente atingirem primeiro a parte superior das fachadas e estas se caracterizarem como regiões de maiores umidades.

Figura 42 – Concentração das manchas vermelhas nos pavimentos superiores



Fonte: Acervo da autora, 2023

Outros fatores que podem auxiliar nessa tendência é o vento, pois em locais altos a intensidade do vento é maior (OLIVEIRA, 2018) e devido as poucas barreiras existentes pode haver facilidade no carregamento de fragmentos reprodutores de microrganismos que encontram nas fachadas condições propícias para seu desenvolvimento, bem como o transporte de partículas poluidoras que podem servir de nutrientes para microrganismos já existentes no substrato das fachadas.

Além do vento, observa-se a falta de pingadeiras (Figura 42), a ausência desse elemento construtivo possibilita o escoamento da chuva nessas regiões, além do possível ingresso da água pela mureta, que pode favorecer no acúmulo de umidade nessa região de topo. Deste modo, os fatores apresentados sustentam a resposta do modelo de regressão logístico de que a variável número de pavimentos influencia no surgimento ou não do biofilme vermelho.

Segundo Oliveira (2018), geralmente as regiões mais altas possuem maiores incidências de ventos e precipitações, como a altitude é a distância vertical de um

ponto em relação ao nível do mar, quando maior a altitude, maior será essa altura e consequentemente maior incidência do vento e de chuvas, fatores este que contribuem positivamente para o surgimento do biofilme vermelho.

Analisando a estimativa do efeito das variáveis (Tabela 14) o valor positivo do anos pós-pintura indica que quanto mais tempo após última pintura maiores são as chances do aparecimento das manchas. Resultados similares ocorrem com as variáveis número de pavimentos e altitude, quanto maiores são seus valores, maiores as chances do desenvolvimento da patologia em estudo. Embora não significativas, observando a estimativa do efeito da distância do mar e da área de cobertura vegetal, nota-se que o sinal negativo da variável distância do mar, traduz que quanto mais próximo do mar maiores são as chances do aparecimento das manchas. Já em relação a área de cobertura vegetal, o sinal positivo, representa que quanto maior a área de vegetação próxima a essa edificação maiores serão as chances do surgimento do biofilme vermelho.

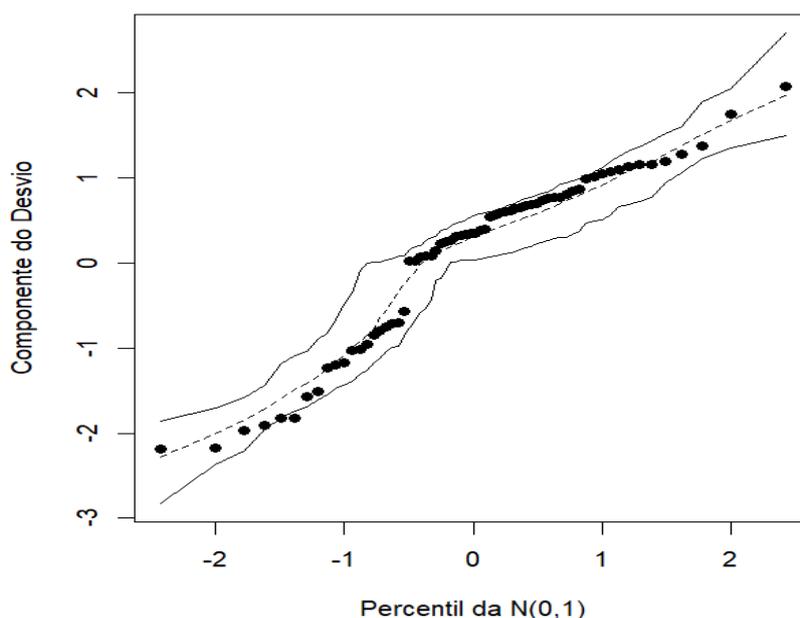
A cobertura vegetal pode influenciar elementos do clima, como o vento, umidade relativa do ar, chuva, dentre outros, isto devido a sua função na amenização da temperatura (HENKE-OLIVEIRA, 2001). Mascaró e Mascaró (2002) explanam que a cobertura vegetal interfere nos microclimas urbanos, especialmente no que diz a respeito da qualidade térmica urbano-ambiental, atenuando a radiação solar durante as estações quentes por meio do sombreamento, alterando deste modo a temperatura e a umidade relativa do ar do ambiente. Sabe-se que quanto maior a umidade das fachadas, mais propícias estão ao desenvolvimento de microrganismos. Nesse contexto, enxerga-se a interferência que a cobertura vegetal tem sobre um espaço e apesar de não ser significativa no modelo obtido, as evidências de que ela contribui para explicar o surgimento das manchas, são intensificadas nas citações dos autores mencionados.

Assim como a cobertura vegetal, a distância do mar irá influenciar na umidade do ar, temperatura e amplitude térmica (SANTOS, 2018), deste modo os indícios de que ela contribui para explicar o aparecimento das manchas, é intensificada na citação de Santos (2018).

Para verificar a adequabilidade do modelo ajustado aos dados, bem como identificar a presença de observações atípicas, o resíduo componente do desvio foi utilizado e com isto gerado o gráfico envelope simulado (Figura 43), que retrata um gráfico de probabilidade, de bandas geradas através da simulação de resíduos obtidos

da distribuição do modelo proposto, fornecendo um referencial para analisar o comportamento dos resíduos resultantes do modelo ajustado.

Figura 43 - Gráfico do envelope simulado no software R



Fonte: Própria autora, 2023

A partir do gráfico envelope (Figura 43), confirma-se que o modelo proposto se ajustou adequadamente aos dados, pois há apenas um ponto (resíduo) fora das bandas de confiança, desta maneira nenhuma suposição associada ao modelo foi violada.

Como visto anteriormente o modelo de regressão logística apresenta resultados estimadores na forma logarítmica, isto é, o logaritmo da razão da chance (logaritmo dos *odds*), então para melhores interpretações é preciso utilizar o exponencial das variáveis em estudo para obtenção da razão da chance, a partir deste cálculo foram obtidas as razões de chance (OR) com seus respectivos p-valores, apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15 - Intervalo de confiança para ODDS

OR	Erro padrão	Valor z	Pr(> z)
----	-------------	---------	----------

Anos pós-pintura	1.253497	0.140007	2.0228	0.043089
Distância do mar	0.862088	0.080926	-1.5809	0.113910
Área de cobertura vegetal	1.000465	0.000617	0.7540	0.450874
Nº de pavimentos	1.293829	0.113490	2.9368	0.003316
Altitude	1.035442	0.017730	2.0340	0.041955

Fonte: Própria autora, 2023

De acordo com a Tabela 15, há um aumento de 25,35% na chance do aparecimento das manchas por um aumento de um ano que o prédio foi pintado. Em relação a distância do mar verifica-se um decréscimo de 86,21% na chance do aparecimento das manchas por um aumento de um quilômetro de proximidade do mar. Na variável área de vegetação é visto um aumento de 0,05% na chance do aparecimento das manchas por um aumento de um hectare da vegetação. No que tange ao número de pavimentos, nota-se um aumento de 29,38% na chance do aparecimento das manchas por um aumento de um pavimento, e por fim, na variável altitude foi percebido um aumento de 3,54% na chance do aparecimento das manchas por um aumento de um metro de altitude.

Em relação a significância das razões de chances encontradas, verifica-se na Tabela 15 que apenas as variáveis distância do mar e área de cobertura vegetal possuem p-valores maiores que 0,05 ou 5%, logo não são significativas.

4.2 Coleta microbiológica

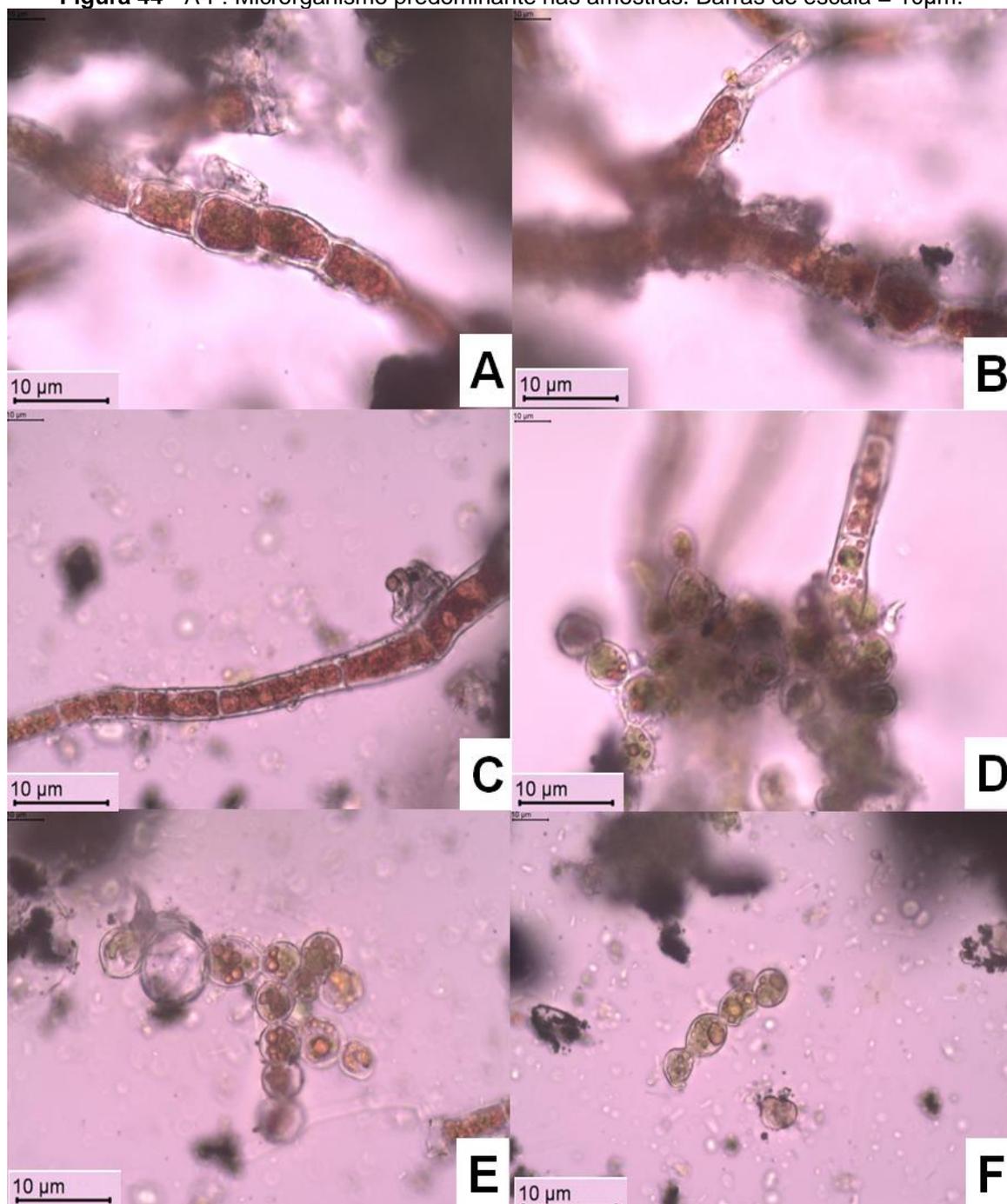
4.2.1 Análise dos microrganismos detectados nas amostras

A partir das análises das amostras A01, A02, A03, A04 e A05, foi possível visualizar que em todas elas havia a presença de um mesmo tipo de microrganismo, apresentado na Figura 44.

De acordo a análise morfológica dos microrganismos presentes nas amostras (Figura 44), foi identificado em todos os materiais coletados a presença da alga do gênero *Trentepohlia* sp., da família *Trentepohliaceae*, o mesmo descrito na literatura como o causador do biofilme vermelho. Como foi realizado apenas uma análise visual por meio do microscópio óptico, não foi possível definir os tipos de espécies encontradas, para isto seria necessário a aplicação da biologia molecular e tempo hábil para as análises, recursos estes não disponíveis durante o desenvolvimento da pesquisa.

Por meio das imagens das algas obtidas em laboratório (Figura 44) foi traçado um comparativo com imagens encontradas nos trabalhos de Satpati e Pal (2015) e Liu *et al.*, (2012). Embora estes autores abordem diferentes tipos de espécies de algas, *trentepohlia rigidula* e *trentepohlia jolithus*, respectivamente, ambas pertencem ao mesmo gênero de algas, logo possuem características semelhantes.

Figura 44 - A-F: Microrganismo predominante nas amostras. Barras de escala = 10µm.



Fonte: Acervo da autora, 2023

As Figuras 44.A, 44.B e 44.C retratam as algas detectadas nas amostras estudadas, já a Figura 45.G apresenta a alga *trentepohlia jolithus* estudada pelos pesquisadores Liu *et al.*, (2012). Nessas imagens, percebe-se a semelhança no corpo principal das algas, o taloide, composto de filamentos eretos, unisseriados e ramificados, na coloração vermelha, isto devido à presença de carotenóides (SATPATI; PAL, 2016).

Figura 45 - Células em filamentos unisseriados e ramificado com coloração vermelha; A-C: GONÇALVES, 2023; G:LIU *et al.*, 2012. Barra de escala A - C= 10µm, G = 20 µm.

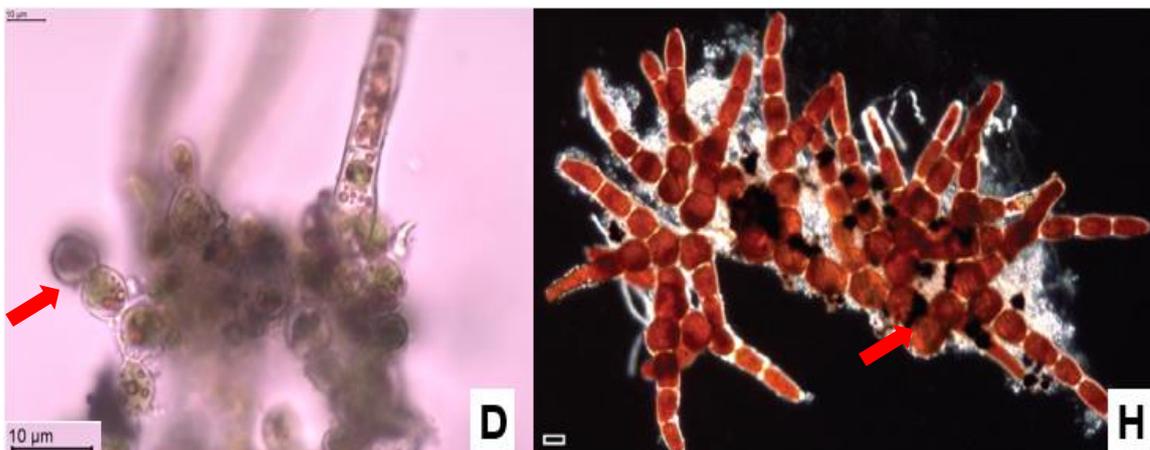


Fonte: Acervo da autora, 2023

Nas imagens da Figura 46.D (própria autora) e Figura 46.H (LIU *et al.*, 2012), percebe-se células arredondadas que resultam na formação dos filamentos e ramificações das algas, conforme Samiksha (2018) são células vegetativas de reprodução e em condições favoráveis, dão origem a novos talos. Vale salientar que, a diferença nas colorações das células arredondadas de ambas as figuras, sendo a Figura 46.D com células mais esverdeadas e as da Figura 46.H com células mais avermelhadas, ocorre devido a quantidade de carotenóides presentes na alga.

Figura 46 - D, H: Cultura de filamentos; D: GONÇALVES 2023; H:LIU *et al.*, 2012. Barra de escala D = 10µm, H = 20 µm.

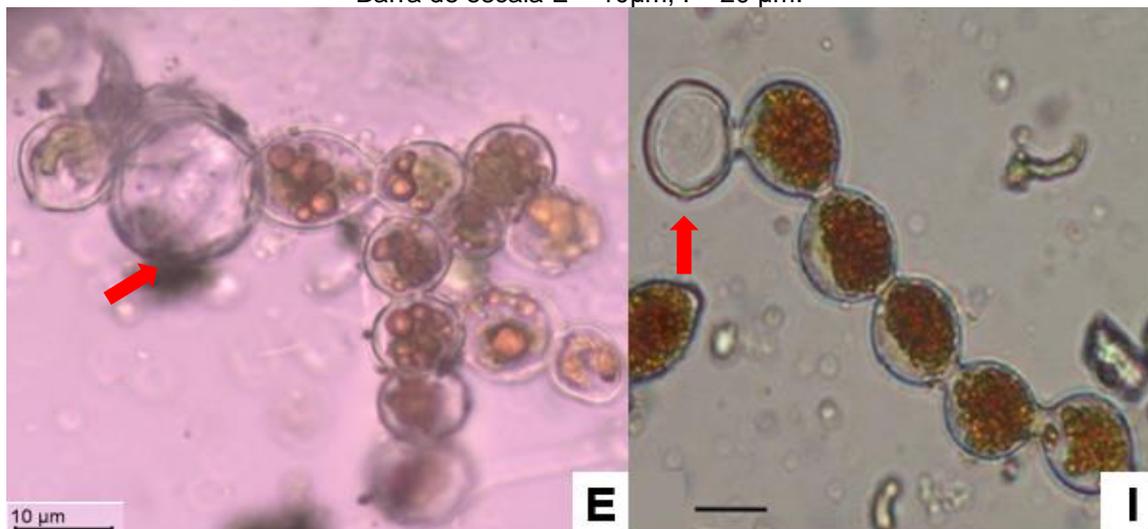




Fonte: Acervo da autora, 2023

A Figura 47.E apresenta uma imagem capturada de uma das amostras da pesquisa, já a Figura 47.I retrata uma imagem obtida pelos autores Satpati e Pal (2016) da alga *Trentepohlia rigidula*. Em ambas as imagens, nota-se a presença de um filamento com esporângio vazio, isto significa que houve a liberação dos zoósporos que também dão origem a novos talos, logo repercutem na disseminação do surgimento de mais algas trentepohlia.

Figura 47 - E, I: Filamento com esporângio vazio; E: GONÇALVES, 2023; I: SATPATI; PAL., 2016. Barra de escala E = 10µm, I = 20 µm.

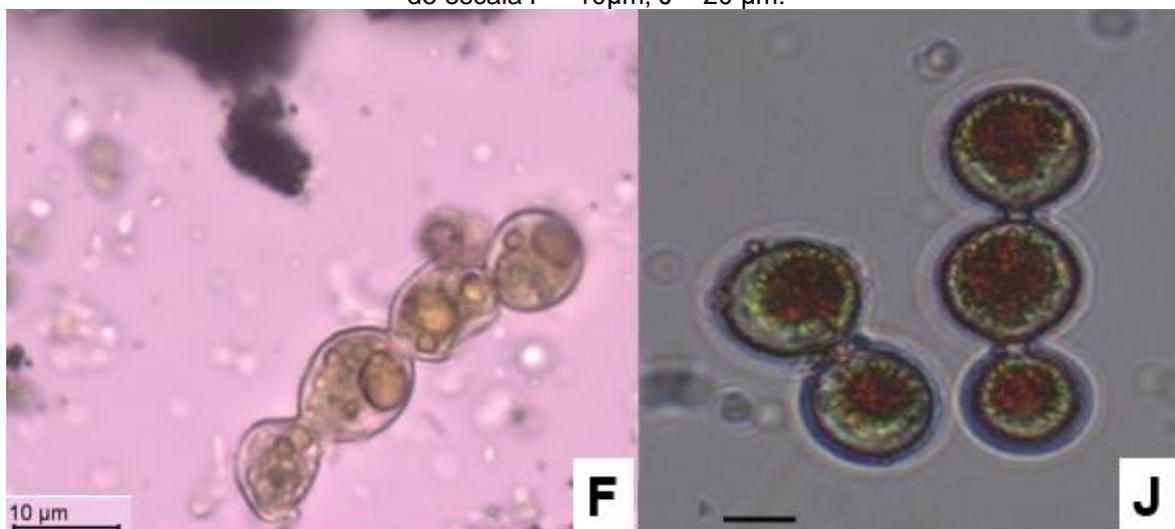


Fonte: Acervo da autora, 2023

A Figura 48.F apresenta a imagem capturada de uma das amostras da pesquisa e a Figura 48.J uma imagem obtida pelos pesquisadores Satpati e Pal (2016),

em ambas as imagens é visível células formando esporos que posteriormente podem resultar na formação de novos taloides.

Figura 48 - F, J: Células formando esporos; F: GONÇALVES, 2023; J: SATPATI; PAL., 2016. Barra de escala F = 10µm, J = 20 µm.



Fonte: Acervo da autora, 2023

Diante das imagens apresentadas nas Figuras 45, 46, 47 e 48 é possível visualizar diversas fases do desenvolvimento da alga do gênero *Trentepohlia* sp, certificando que esta alga é a responsável pelo biofilme vermelho nos edifícios da cidade de Salvador - BA.

O conhecimento do microrganismo que origina o biofilme vermelho em fachadas possui grande relevância a partir do momento que se busca por soluções mitigadoras para este tipo de dano, podendo auxiliar no desenvolvimento de biocidas (aditivos inseridos nas tintas) mais eficazes no combate as manchas vermelha e consequentemente ampliando a durabilidade do sistema de revestimentos com acabamento decorativo em pintura.

O aumento da durabilidade do acabamento decorativo em pintura repercute na redução do impacto econômico em relação as intervenções e repinturas antes do tempo estimado. Analisando do ponto de vista ambiental a quantidade de reposição de material será menor o que conseqüentemente contribui com o desenvolvimento sustentável.

Além da alga do gênero *Trentepohlia* foi detectado na amostra 4 (A04) as cianobactérias do gênero *Chroococcus* sp. e *Coelosphaeriosis* sp. (Figuras 49 e 50).

Figura 49 - Cianobactéria *Chroococcus* sp. Barra de escala = 10µm



Fonte: Própria autora, 2023

Figura 50 - Cianobactéria *Coelosphaeriosis* sp. Barra de escala = 10µm



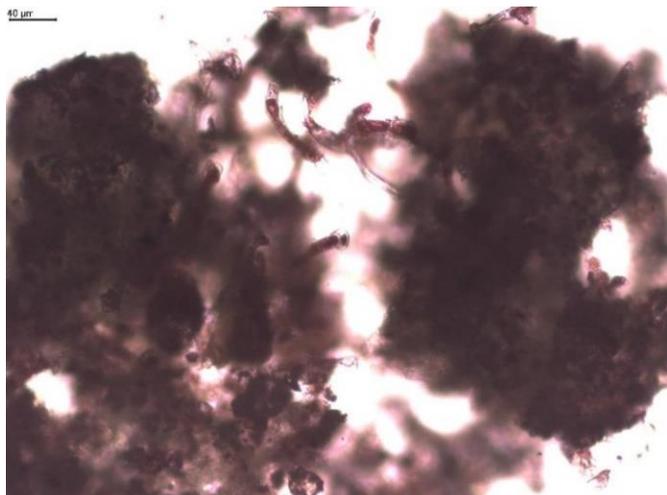
Fonte: Própria autora, 2023

4.2.2 Demais análises das amostras

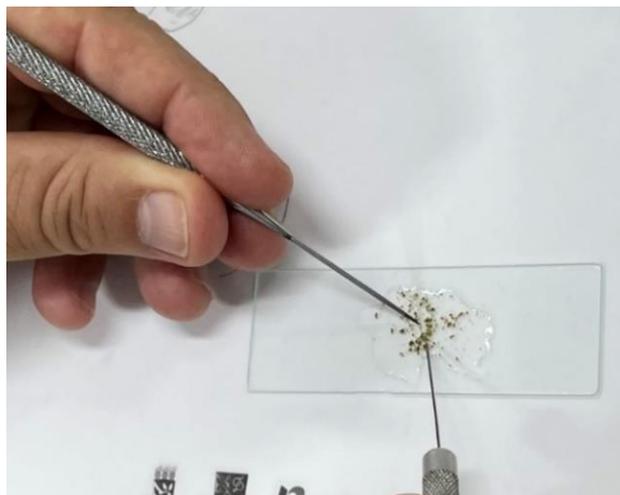
Durante a primeira análise visual de todas as amostras a partir da utilização do microscópio óptico, foi observado o entrelaçamento dos microrganismos com os materiais de revestimento, devido isto as imagens dos microrganismos não eram muito nítidas, conforme a Figura 51, então houve a necessidade de realizar um simples processo de dissociação do material e dos organismos vivos (Figura 52). Posteriormente ao procedimento de dissociação, foi possível visualizar os microrganismos presentes nas amostras.

Figura 51 – Microrganismo entrelaçado no revestimento

Figura 52 – Processo de dissociação



Fonte: Acervo da autora, 2023



Fonte: Acervo da autora, 2023

Na Figura 51 os microrganismos que estão entrelaçados com o material de revestimento são as algas trentepohlia, que de acordo Neto et. al (2020) é um gênero frequentemente detectado em pedras e superfícies pintadas. Essas algas possuem a capacidade de se entranhar nas fissuras das pedras e dos revestimentos, adquirindo a característica de algas endolíticas.

Segundo Isiofia *et al.* (2022) os processos de biodeterioração envolvem uma combinação de mecanismos físicos e bioquímicos, incluindo a penetração em fissuras e poros, expansão ou contração de biomassa e excreção de metabólitos solubilizantes minerais. Deste modo, é importante haver cautela na reparação das fachadas afetadas pela alga em estudo, pois existindo fissuras no substrato a proliferação dos microrganismos irá causar a contaminação dessas pequenas aberturas sendo necessário realizar uma limpeza antes da realização do processo de repintura, para que assim não haja o risco de novas colônias romperem o novo filme da tinta (UEMOTO; AGOPYAN; BRAZOLIN, 1995).

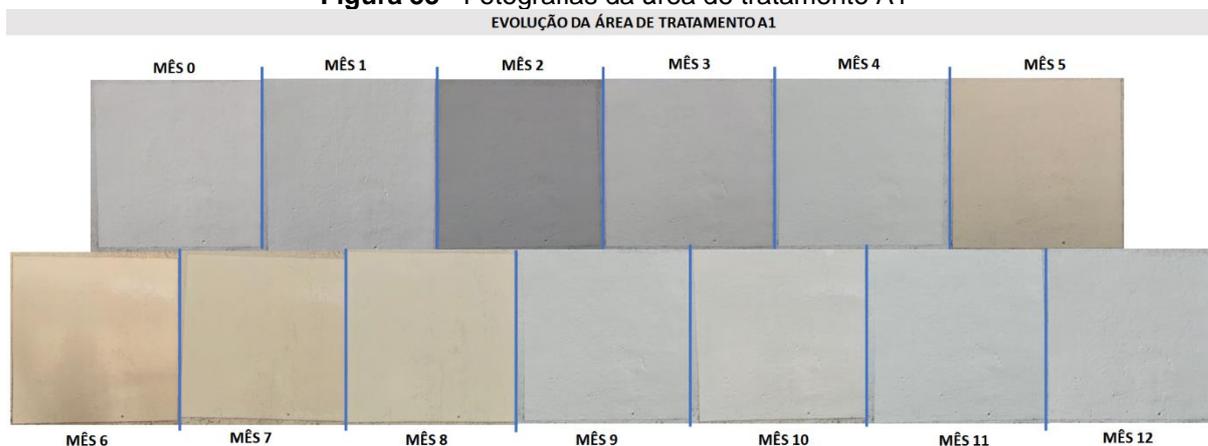
4.3 Modelo experimental

Após o processo de lavagem foi observado que a maior parte das manchas vermelhas foram removidas, no entanto ainda restaram alguns resquícios das manchas que não foram eliminados devido a sua incrustação no substrato da pintura. Deste modo, percebe-se que apenas o processo de lavagem das fachadas não é suficiente para remoção das manchas, tornando-se necessário o processo de pintura para melhores resultados estéticos. Todavia, vale salientar que a etapa de lavagem é

primordial, pois esta consegue eliminar boa parte das manchas conforme foi apresentado na Figura 32.

As imagens das Figuras 53, 54, 55, 56, 57, e 58 apresentam a evolução dos painéis durante um período de 12 meses, cada painel possui um tipo de tratamento sendo: **A1** - lavagem, sanitizante, selador e tinta A, que não contém biocida; **A2** - lavagem, sanitizante, selador e tinta B, que contém biocida; **A3** - lavagem, sanitizante, selador e textura, que não contém biocida; **A4** - lavagem, selador e tinta A; **A5** - lavagem, selador e tinta B; A6 - lavagem, selador e textura.

Figura 53 - Fotografias da área de tratamento A1



Fonte: Acervo da autora, 2023

Figura 54 - Fotografias da área de tratamento A2



Fonte: Acervo da autora, 2023

Figura 55 - Fotografias da área de tratamento A3



Figura 56 - Fotografias da área de tratamento A4

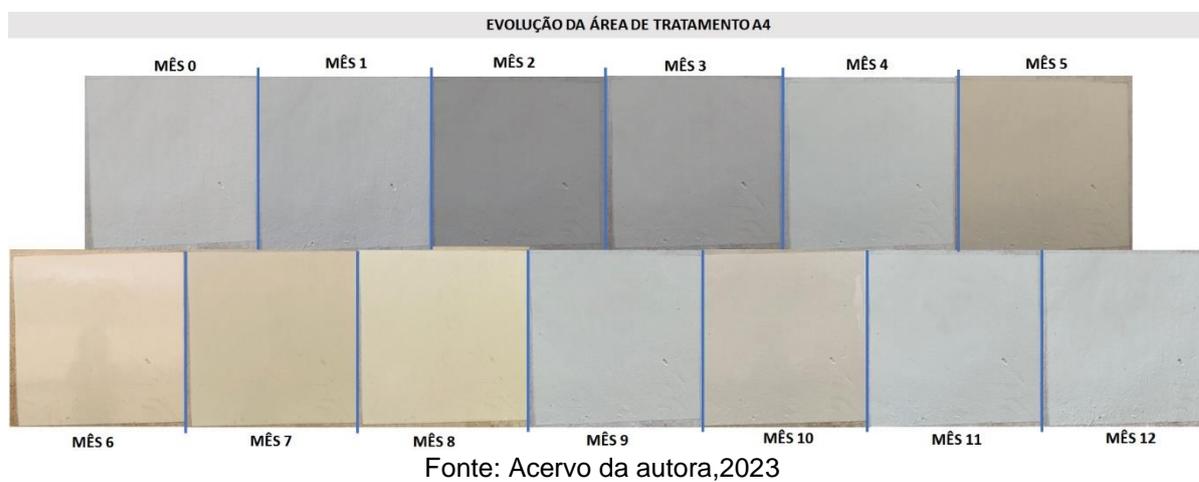


Figura 57 - Fotografias da área de tratamento A5

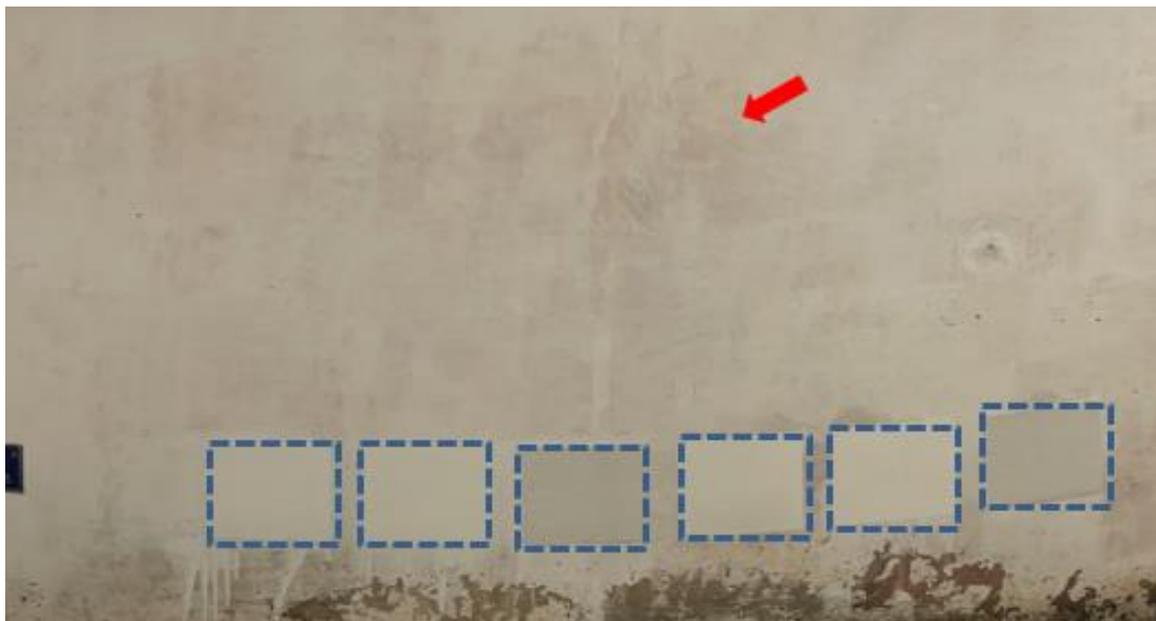


Figura 58 - Fotografias da área de tratamento A6

A partir da análise e registro de imagens dos painéis, observa-se que todos permaneceram intactos, sem a presença das manchas vermelhas, desde modo não houve a necessidade da aplicação do software ImageJ.

É importante ressaltar que com as chuvas os resquícios de manchas vermelhas que restaram na fachada se sobressaíram ainda mais, não com a mesma coloração que estava antes da lavagem, mas com uma tonalidade mais rosada como apresentada na Figura 59. Além do mais, observa-se que as manchas da Figura 59 estão acima dos painéis com tratamento, e mesmo com a abundância de chuvas não houve a proliferação das manchas nos substratos tratados durante o período analisado. Outro ponto pertinente a ser levantado é que se restaram resquícios de microrganismos responsável pelo biofilme vermelho nas áreas que foram tratadas, estes ainda não tiveram força para romper a barreira de tratamento durante o período de 12 meses.

Figura 59 – Evolução dos resquícios das manchas com uma tonalidade rosa



Fonte: Acervo da autora, 2023

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 Conclusões

- As fachadas mais afetadas pelas manchas vermelhas estão direcionadas para a região Sudeste. No Brasil esta é a orientação com menor incidência solar, devido isto fachadas sudestes tendem ser mais úmidas quando comparada às demais orientações, propiciando deste modo o surgimento de microrganismos;
- A predominância de ventos sudeste na cidade de Salvador pode propiciar um maior desenvolvimento de microrganismos nas fachadas sudestes, já que estes podem carregar consigo fragmentos de poluentes que podem servir como fonte de nutrientes para os microrganismos existentes nas fachadas, bem como, carregar fragmentos de microrganismos que podem se reproduzir no substrato das fachadas, caso que pode ocorrer com as algas do gênero *Trentepohlia*;
- Em relação ao tempo de surgimento do dano nas fachadas foi verificado que as manchas começam a ser detectadas a partir de 2 anos.
- Em relação ao modelo de regressão linear, as variáveis anos após última pintura, número de pavimentos e altitude apresentaram resultados significativos na influência do aparecimento ou não do biofilme vermelho nas fachadas dos edifícios da cidade de Salvador. Logo, quanto mais velha a pintura, maior o número de pavimentos e altitude, maiores serão as chances do surgimento do biofilme vermelho;
- A presença das variáveis distância do mar e área de cobertura vegetal no modelo de regressão logístico estudado, apesar de não apresentarem p-valores significativos, apontam indícios de que contribuem na explicação do surgimento do biofilme vermelho nas fachadas;
- As variáveis orientação geográfica, idade da construção, tempo de surgimento das manchas e tipo de acabamento não apresentaram influência no surgimento das manchas.
- As amostras coletadas do biofilme vermelho em fachadas de edifícios, apresentaram um microrganismo em comum, a alga do gênero *Trentepohlia*, da família *Trentepohliaceae*, o mesmo descrito na literatura como o causador do biofilme vermelho. No entanto, não foi possível determinar as espécies das algas, devido a necessidade de mais análises e tempo, recursos estes não disponíveis durante o desenvolvimento da pesquisa. Porém já é considerado um avanço o

conhecimento do tipo de microrganismo colonizadores das fachadas com o biofilme vermelho na cidade de Salvador - BA;

- Para a revitalização dessas fachadas é imprescindível a etapa de lavagem antes da realização do processo de repintura, para que assim não haja o risco de novas colônias romperem o novo filme da tinta.
- A partir do modelo experimental, que visa analisar o tempo de recorrência das manchas em substratos com diferentes produtos e distintas rugosidades, em 1 ano de análise não houve o surgimento do biofilme vermelho.

As informações obtidas nesta pesquisa podem impulsionar a busca por soluções mitigadoras e eficazes para o biofilme vermelho em fachadas, tanto no desenvolvimento de produtos quanto no estudo preliminar do entorno para o desenvolvimento de projetos de fachadas, já que se conhece o microrganismo responsável pelo dano, bem como se compreende como determinados fatores influenciam na sua ocorrência.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

- Englobar na análise estatística objetos de estudo de outras regiões;
- Desenvolver uma análise entre as algas *Trentepohlia* sp. e os constituintes da tinta/textura aplicadas em fachadas de edifícios;
- Detectar espécies da alga *Trentepohlia* existentes em biofilmes vermelhos;
- Desenvolver biocidas cujo objetivo seja mitigar as algas *Trentepohlia*;
- Analisar o tempo de recorrência do biofilme vermelho além de 1 ano.

6. REFERÊNCIAS

- ABRAFATI. (2006). **Guia Técnico Ambiental Tintas e Vernizes - Série P+L**. Disponível em: <<https://www.abrafati.com.br/wp-content/uploads/2013/08/guia-produo--limpa.pdf>> Acesso em: 11 de agosto de 2021
- AGRANONIK, M; HIRAKATA, V.N. **Cálculo de tamanho de amostras: proporções**. Clinical & Biomedical Research, v. 31, n. 3, 2011.
- AIRES, I.V.R. **Controle de qualidade microbiológica e avaliação das boas práticas na produção de tintas em uma indústria no estado da Paraíba**. Centro de Ciências e Tecnologia – Departamento de Química – Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2019
- ALLSOPP, D; SEAL, K. J; GAYLARD, C. C. **Introduction to biodeterioration**. Second Edition, Cambridge University Press. United States, 2004.
- AMARO, Mariana Fonseca. **Estudo Comparativo de Tintas para Fachadas**. Dissertação de mestrado – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2007.
- ANDRADE, T; NERY, J; FREIRE, T; KATZSCHNER, L; FORTUNA, D. **Thermal Comfort Conditions for a Tropical City, Salvador – Brazil**. The 21st Conference on Passive and Low Energy Architecture. Eindhoven, The Netherlands, 19-22. 2014
- ANGHINETTI, I. C. B. **Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias**. Monografia, Curso de especialização em Construção Civil – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.
- ANTUNES, G. R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília: sistematização da incidência de casos**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Brasília. Brasília, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13529: **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia**. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. NBR 15575-1: **Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. NBR 15575-4: **Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas**. Rio de Janeiro, 2013.
- AZAMBUJA, G.S. **Aplicativo Web Shiny para cálculo do tamanho de amostra e poder**. Trabalho de Conclusão. Graduação do Departamento de Estatística da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2019.
- BACH, E.E; RANGEL, A.R. **Biodeterioração de tintas à base de água por fungos**. Exacta, n.3, p. 79-84. Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2005.

BARBEROUSSE, H. **“Etude de la diversité des algues et cyanobactéries colonisant les revêtements de façade en France et recherche des facteurs favorisant leur implantation”**. PhD thesis, Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, 2016.

BARBEROUSSE, H; LOMBARDO, R.J; TEL, G; COUTÉ. **A Factors involved in the colonisation of building façades by algae and cyanobacteria in France**. Biofouling: The Journal of Bioadhesion and Biofilm, 2006.

BICUDO, C.E.M; MENEZES, M. **Introdução: As algas do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Catálogo de plantas e fungos do Brasil [online]. Rio de Janeiro, p. 49-60. Vol. 1. ISBN 978-85-8874-242-0, 2010.

BRAGA, C.C. **Manifestações patológicas em conjuntos habitacionais: a degradação das fachadas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Católica de Pernambuco. Recife, 2010.

BREITBACH, A. M. **Avaliação da influência das cores sobre a biodeterioração da pintura externa**. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

BREITBACH, A.M; ROCHA, J.C. **Influence of pigment on biodeterioration of acrylic paint films in Southern Brazil**. Journal of coatings technology and research, v. 8, p. 619-628, 2011.

BAUER, E. **Revestimento de argamassa: características e peculiaridades**. Brasília: LEM- UnB; SINDUSCON, 2005.

CERQUEIRA, M. B. S et. al. **Ocorrência de agentes microbiológicos em fachadas de edificações Localizadas em Salvador/BA**. Congresso Brasileiro De Patologia Das Construções (CBPAT), 2020.

CERQUEIRA, M. B. S. **Avaliação da Degradação de Fachadas de edificações localizadas em Salvador/BA**. Dissertação de mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, 2017

CHAVES, A.M.V.A. **Patologia e reabilitação de revestimentos de fachadas**. Dissertação de Mestrado – Universidade do Minho, Escola de Engenharia. Portugal, 2009.

COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**, volume 2. Lawrence Erlbaum Associates, 1988.

COLEN, Inês Flores; DE BRITO, Jorge. **Manchas prematuras em fachadas de edifícios recentes**. 2003.

CONSOLI, J.O. **Análise da durabilidade dos componentes das fachadas de edifícios, sob a ótica do projeto arquitetônico**. Dissertação de mestrado -

Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

DI GIUSEPPE, E. **Nearly Zero Energy Buildings and Proliferation of Microorganisms: a current issue for highly insulated and airtight Building envelopes.** Londres: Springer, 2013.

DUBOSC, Arnaud. **Étude du développement de salissures biologiques sur les parements en béton: mise au point d'essais accélérés de vieillissement.** Tese de Doutorado. Toulouse, 2000.

Eyssautier-Chuine, S; Mouhoubi, K; Reffuveille, F; Bodnar, Jean-Luc. **Thermographic imaging for early detection of biocolonization on buildings.** Building Research & Information, 2020.

FAZANO, C. A. **Tintas: Métodos de controle de pinturas e superfícies.** 3ª ed. São Paulo, SP: Hemus Editora Ltda, 1998.

FAZENDA, J.M.R.; **Tintas & Vernizes – Ciência e Tecnologia.** 3 ed. São Paulo: Abrafati. Editora Blucher, 2005.

FERREIRA, J. C; PATINO, C. M. **O que realmente significa o valor-p?**. Jornal Brasileiro de Pneumologia, v. 41, p. 485-485, 2015.

FIGUEIRA, C.V. **Modelos de regressão logística.** Programa de Pós-Graduação em Matemática. Instituto de Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016

FLORES-COLEN, I. **Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na optica da manutenção predictiva.** Tese de Doutorado, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

GARRIDO, M. A; PAULO, P. V; BRANCO, F. A. **Service life prediction of façade paint coatings in old buildings.** Construction and Building Materials, 2012

GAYLARDE, C. C; MORTON, L.H.G. **The importance of biofilms in microbial deterioration of constructional materials.** Revista de Microbiologia 20, 221-229, 1997.

GAYLARDE, C. C.; MORTON, L. H. G.; LOH, K.; SHIRAKAWA, M. A. (2011). **Biodeterioration of external architectural paint films—A review.** International Biodeterioration & Biodegradation, 65(8), 1189-1198, 2011.

GAYLARDE, P. M; GAYLARDE, C. C. **Algae and cyanobacteria on painted buildings in Latin America.** International Biodeterioration & Biodegradation, v. 46, n. 2, p. 93-97, 2000.

GIUDICE, C.A; PEREIRA, A.M. **Tecnología de pinturas y recubrimientos: componentes, formulación, manufactura y control de calidad**. 1Ed. Buenos Aires: Edutecne, 2009.

GU, J.-D. **Biofouling and prevention: corrosion, biodeterioration and biodegradation of materials**. In: KULTZ, M. (Ed.). Handbook of Environmental Degradation of Materials. New York: William Andrew Publishing, 2005. p.179-206. Disponível em: < encurtador.com.br/jIK13 >. Acesso em: 11 de agosto de 2021.

GUERRA, R. A. T. *et al.* **Cadernos CB Virtual 2**. Universidade Federal da Paraíba. Ed. Universitária, 610p. : Il. ISBN: 978-85-7745-902-5. João Pessoa, 2011.

HENKE-OLIVEIRA, C. **Análise de padrões e processos no uso do solo, vegetação, crescimento e adensamento urbano. Estudo de caso: Município de Luiz Antônio (SP)**. Tese de Doutorado - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos: UFSCar, SP, 2001.

ISIOFIA, L.A; UZUEGBUNAM, F.O; IBEM, E. “**Effects of exposure to moisture on biodeterioration of facade finishes in the hot-humid tropical environment of Enugu metropolis, Nigeria**”, Architectural Science Review, Vol. 65 No. 3, pp. 175-184, 2022.

JOHN, V.M; SATO, B.M.N. **Durabilidade de componentes da construção**. COLETÂNEA HABITARE – CONSTRUÇÃO E MEIO AMBIENTE. VOLUME 7. 2006

KANAGAWA, A. I; NEVES, M. A. **Biologia e sistemática de Fungos, Algas e Briófitas – Ciências Biológicas**. Editora Universitária UFPB, 610p, 2011

KOVACIC, Iva; WALTENBERGER, Linus; GOURLIS, Georgios. **Tool for life cycle analysis of facade-systems for industrial buildings**. Journal of Cleaner Production, v. 130, p. 260-272, 2016. Acesso em: 03 mar. 2021.

LABRES, H.S. **Análise da biodeterioração de sistemas de fachadas e a eficácia de tintas na inibição do desenvolvimento fúngico**. Dissertação de mestrado. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. São Leopoldo, 2019.

LINHARES, H. **O que é tinta e qual sua composição**. Disponível em: <http://sohelices.com.br/o-que-e-tinta-e-qual-sua-composicao/> Acesso em 14 de abril de 2019.

LIU, G; ZHANG, Q; ZHU, H; HU, Z. **Massive Trentepohlia-Bloom in a Glacier Valley of Mt. Gongga, China, and a New Variety of Trentepohlia (Chlorophyta)**. PLoS ONE 7(7): e37725, 2012.

MAIA, L.C; JUNIOR CARVALHO, A.A. **Introdução os fungos do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Catálogo de plantas e fungos do Brasil [online]. Rio de Janeiro, p. 43-48. Vol. 1. ISBN 978-85-8874-242-0, 2010.

MASCARÓ, L. E. A. R.; MASCARÓ, J. L. **Vegetação urbana**. 1 ed., Porto Alegre-RS. 242p. 2002.

MORAIS, F.L. Carotenoides: **Características biológicas e químicas**. Monografia do Curso de Especialização em Qualidade em Alimentos – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MORILLAS, H *et al.* **Characterization of the main colonizer and biogenic pigments present in the red biofilm from La Galea Fortress sandstone by means of microscopic observations and Raman imaging**. Microchemical Journal, v. 121, p. 48-55, 2015.

MOTA, L.M.G. **Estudo do ciclo de degradação de fachadas com revestimento em argamassa – associação entre degradação e mecanismos**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília, 2021.

MOURA, T.; NERY, J.; ANDRADE, T. C. Q.; KATZSCHNER, L. **Mapeando as condições de conforto térmico em Salvador**. RUA (Revista de Arquitetura e Urbanismo-UFBA), Salvador, vol.7, n.1, Salvador, p.44-49, 2006

NETO, J. A. B. *et al.* Degradação de gnaiss e granito em fachadas de edifícios históricos no centro do Rio de Janeiro. **Sistemas & Gestão**, v. 15, n. 1, p. 80-90, 2020.

OLIVEIRA, E. C. **Introdução à Biologia Vegetal**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2003.

OLIVEIRA, L. A. **Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios**. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.R. **Estudo da degradação de fachadas em argamassa com acabamento em pintura na cidade do Recife**. Dissertação de mestrado - Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco. Recife,2020.

OLIVEIRA, J.L.F. **Distribuição espacial da precipitação**. Universidade federal Fluminense. Instituto de Geociências, 2018.

PAULA, G. A. **Modelos de regressão: com apoio computacional**. São Paulo: IME-USP, 2004.

PAULA, M.O; SOUZA, C, F; TINOCO, I. F.F; PEREIRA, S. C. M. **Corrosão de revestimentos de argamassa usados em tanques de armazenamento de dejetos de suínos e bovinos**. Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v.13, n.1, 19-25, Jan./Mar.,2005. Disponível em < l1nq.com/xdZ5L > acesso 12 de agosto de 2021.

PEDRO, E. G.; MAIA, L. E. F. C.; ROCHA, M. de O.; CHAVES, M. V. **Patologia em revestimento cerâmico de fachada**. Monografia, Pós Graduação em Engenharia de

Avaliações e Perícias do CECON, Faculdade de Engenharia e Arquitetura – FEA FUMEC, Belo Horizonte, Brasil, 2002.

PEDROTTI, L.G. **Tamanho de amostra e poder no Software R**. Trabalho de conclusão de curso. Instituto de matemática e estatística da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2018.

PELCZAR Jr.; Joseph Michael; CHAN, E.C.S.; KRIEG, Noel R. **Microbiologia: conceitos e aplicação**. 2. ed. São Paulo: Macron Books, v.1, 1996.

PEREIRA, L. M. **Avaliação das patologias e da biodeterioração na Biblioteca Central da UFSM**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental – Universidade Federal da Santa Maria. Santa Maria, 2012.

PEREIRA, F. C. **Análise de desempenho de algoritmos para auxílio ao reconhecimento de fissuras em fachadas com revestimento de argamassa visando sua embarcação em VANTs**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015.

PERES, R. M. **Levantamento e identificação de manifestações patológicas em Prédio Histórico – Um Estudo de Caso**. Dissertação de mestrado - Programa em Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS. Porto Alegre, 2001.

PINHEIRO, S. M. M. **Impacto da colonização do fungo Cladosporium sphaerospermum sobre a argamassa do concreto**. 2003. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2003.

PRIETO, A.J; SILVA, J B; MACIAS-BERNAL, J.M. **Serviceability of facade claddings**. Building Research & Information, 2018.

POSSAN, E; DEMOLINER, C. A. **Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral**. Revista técnico-científica, v. 1, n. 1, 2013. Acesso em: 24 jul. 2021.

POYASTRO, P. C. **Influência da volumetria e das condições de entorno da edificação no manchamento e na infiltração de água em fachadas por ação da chuva dirigida**. Dissertação de mestrado - Programa em Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS. Porto Alegre, 2011.

RAVIKUMAR, H. R; Rao, S.S; KARIGAR, C. S. **"Biodegradation of paints: a current status"**. Indian Journal of Science and Technology 5.1: 1977-1987, 2012.

RED GABLE CLEANING. **Red Algae**. Disponível em <<https://www.redgablecleaning.com/red-algae/>> Acesso em 08 de maio de 2021.

RIBEIRO, F.A.B.S. **Arborização urbana em Uberlândia: percepção da população**. Revista da Católica, v.1, n.1, p-224-237, Uberlândia, 2009.

RINDI, F; GUIRY, M. D. **Diversity, life history, and ecology of Trentepohlia and Printzina (Trentepohliales, Chlorophyta) in urban habitats in western Ireland.** *Journal of phycology*, 38(1), 39-54, 2002.

ROSADO, T. *et al.* **Pink! Why not? On the unusual colour of Évora Cathedral.** *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 94, p. 121-127, 2014.

SAAD, DENISE. **Métodos Bioquímicos e Moleculares Para a Avaliação da Biodeterioração em Tintas Residenciais.** Tese para obtenção do título de Doutor em Engenharia. UFRGS, 2002.

SAAD, D. S. **Notas de aula. Curso de Especialização em Conservação e Restauração de Patrimônio Cultural.** Curso de Biodeterioração, Rio Grande do Sul, UFSM, 2003.

SABBATINI, F. H.; BARROS, M. M. S. B. **Características das argamassas de revestimento: critérios para escolha.** In: Tecnologia de produção de revestimentos: Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica. São Paulo, 2003.

SAMIKSHA, J. **Trentepohlia: Vegetative Body and Reproduction | Algae | Botany.** *Botanylibrary*, 2018

SANMARTÍN.P; MILLER, A.Z; PRIETO, B; VILES.H.A. **Revisiting and reanalysing the concept of bioreceptivity 25 years on.** *Science of The Total Environment*, v. 770, p. 145314, 2021.

SANTOS, A.B. **Identificação biológica e aplicação de biocidas na população microbiana que forma os biofilmes de alguns monumentos históricos da Bahia.** Dissertação de mestrado – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2011.

SANTOS, R. A. **Cobertura Vegetal e a temperatura de superfície no meio intraurbano: um estudo em Salvador.** Dissertação de mestrado. Escola politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2018.

SATPATI, G. G; PAL, R. **New record of a subaerial green alga Trentepohlia rigidula (J. Müller) Hariot from West Bengal, India.** *Journal of Algal Biomass Utilization*, v. 7, n. 4, p. 18-23, 2016.

SARAVIA, S. G. G; RASTELLI, S.E; BLUSTEIN, G; VIERA.M. R. **Natural compounds as potential algacides for waterborne paints.** *Journal of Coatings Technology and Research*, v. 15, n. 5, p. 1191-1200, 2018.

SASSO. S; MILLER, A. Z; ROGERIO-CANDELERIA, M. A; CUBERO, B; COUTINHO, M. L; SCRANO, L; BUFO, S. **Potential of Natural Biocides for Biocontrolling Phototrophic Colonization on Limestone.** *Int. Biodeterior. Biodegrad.*, 107 102–110 (2016).

SATO, N. M. N.; al. **Penetração de umidade e crescimento de fungos em fachadas.** São Paulo: EPUSP, 2000.

SATPATI, G.G; PAL, R. **New record of a subaerial green alga Trentepohlia rigidula (J. Müller) Hariot from West Bengal, India.** Journal of Algal Biomass Utilization.2016

SHIRAKAWA, M. A. **Biodeterioração de argamassa por fungos – desenvolvimento de teste acelerado para avaliação da bio-receptividade.** Tese de Doutorado – Instituto de Ciência Biomédicas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999

SHIRAKAWA, M. A., JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. **Biodeterioração no ambiente construído.** In: De Melo, Itamar Soares; De Azevedo, João Lúcio. (Org.). Microbiologia ambiental. 2a ed. Jaguariúna: Embrapa, v., p. 477-499, 2008.

SHIRAKAWA, M.A; JOHN, V.M; CINCOTTO, M.A; GAMBALE, W. **A biodeterioração de materiais de construção civil.** Revista de tecnologia da construção – Técnica, v.5, n.33, p.36-39. São Paulo, 1998.

SHIRAKAWA, M A; MONTEIRO, M B; SELMO, Sílvia Maria de Souza; CINCOTTO, Maria Alba. **Identificação de fungos em revestimentos de argamassas com bolor evidente.** Anais. Goiânia: Ufgo, 1995

SILVA, A. F. **Manifestações patológicas em fachadas com revestimentos argamassados. estudo de caso em edifícios em Florianópolis.** Dissertação de mestrado – Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

SILVA, J. M; UEMOTO, K. L. **Caracterização de tintas látex para construção civil: diagnóstico do mercado do estado de São Paulo.** Boletim técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2005.

SILVA, N. M. L; BRANCO, L. H. Z; NECCHI JÚNIOR, O. **Corticolous green algae from tropical forest remnants in the northwest region of São Paulo State, Brazil.** Revista Brasil. Bot., V.33, n.2, p.215-226, abr.-jun. 2010.

SILVA, N.M.L. **Trentepohliales (Ulvophyceae, Chlorophyta) de Biomas Brasileiros: Flora, Taxonomia e Filogenia.** Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. São Paulo, 2013.

SOUSA, R. D. B. **Previsão da vida útil dos revestimentos cerâmicos aderentes em fachadas.** Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa. Portugal, 2008.

STANASZEK-TOMAL, E. **“The Problem of Biological Destruction of Façades of Insulated Buildings - Causes and Effects.”** Série de Conferências IOP: Engenharia de Ciência de Materiais 245: 1 – 13, 2017.

STANASZEK-TOMAL. E. **Environmental Factors Causing the Development of Microorganisms on the Surfaces of National Cultural Monuments Made of Mineral Building Materials—Review.** Journal Coatings, 2020.

TELLES, A. B. **Relações entre condições climáticas e Infecções respiratórias agudas notificadas em Salvador – 2004 a 2008**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências. Salvador, 2011.

TURNER, J. N. **The microbiology of fabricated materials**. London: J. & A. Churchill, 1967.

UEMOTO, K. L; IKEMATSU, P; AGOPYAN, V. **Impacto ambiental das tintas imobiliárias**. Coletânea Habitare, v. 7, 2006.

UEMOTO, K.L **Projeto, execução e inspeção de pinturas**. São Paulo, 2002.

UEMOTO, Kai L.; AGOPYAN, Vahan; BRAZOLIN, Sergio. **Degradação de pinturas e elementos de fachada por organismos biológicos**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 1995, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: ANTAC, 1995. v. 2. p. 723-728.

ZANONI, V. A. G; SANCHEZ, J. M. M; BAUER, E. **Métodos para quantificação de chuva dirigida incidente nas fachadas das edificações**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 9, n. 2, p. 122-132, jun. 2018.

APÊNDICE

Tabela A 1 - Tabela de dados utilizados no software R

CD	Mancha	Acabamento	Altitude	Área	Distância	Idade	Pavs.	Orientação	Periodo S.	Tempo P.
E01	0	1	82	27,19	8,07	10	5	0	0	10
E02	0	2	70	45,35	8,73	1	5	0	0	1
E03	0	1	53	30,82	5,77	6	4	0	0	6
E04	0	1	4	33,46	0,5	12	12	0	0	3
E05	0	1	76	33,28	5,13	12	5	0	0	12
E06	0	1	72	24,2	3,73	15	4	0	0	3
E07	0	1	13	0,93	1,38	20	4	0	0	7
E08	0	2	11	8,16	4,55	14	9	0	0	14
E09	0	2	33	12,43	0,96	4	5	0	0	4
E10	0	2	49	28,13	6,34	2	5	0	0	2
E11	0	2	39	32,93	6,33	9	5	0	0	9
E12	0	1	20	24,39	2,89	13	17	0	0	2
E13	0	2	64	36,02	9,18	1	5	0	0	1
E14	0	1	9	1,59	0,61	19	6	0	0	1
E15	0	1	25	3,58	0,7	29	11	0	0	4
E16	0	2	21	2,58	0,73	9	4	0	0	9
E17	0	1	38	2,45	2,3	33	16	0	0	4
E18	0	2	74	24,08	3,9	11	10	0	0	2
E19	0	2	10	9,02	5,1	2	10	0	0	2
E20	0	2	55	49,1	8,61	2	5	0	0	2
E21	1	1	7	19,38	1,61	41	12	2	2	8
E22	1	1	11	8,9	4,39	12	12	2	2	6
E23	1	1	53	44,55	5,41	7	4	1	2	7
E24	1	1	77	28,67	5,53	20	4	1	2	5
E25	1	1	80	25,14	5,7	22	4	2	3	9
E26	1	2	81	63	9,72	8	5	2	2	8
E27	1	1	74	24,08	4,08	7	15	4	2	7
E28	1	1	58	25,8	6,68	5	5	2	2	5
E29	1	1	82	37,3	6,32	5	5	2	2	5
E30	1	2	37	41,29	5,21	7	5	2	2	7
E31	1	2	28	19,63	1,52	10	13	4	3	10
E32	1	1	56	5,23	1,85	30	8	2	2	3
E33	1	2	70	50	8,87	10	5	2	3	10
E34	1	1	7	8,9	1,66	30	20	2	3	5
E35	1	1	81	19,05	3,49	17	4	2	3	17
E36	1	1	62	12,62	1,33	9	5	2	3	9
E37	1	2	54	13,52	0,43	5	5	2	2	4
E38	1	1	11	13,01	1,9	10	14	2	3	9
E39	1	2	45	14,65	3,87	9	34	2	3	9
E40	1	1	20	13,49	3,11	4	33	4	2	3
E41	1	1	33	4,62	0,25	22	6	4	3	7
E42	1	1	20	13,49	2,91	7	33	4	2	3
E43	1	2	54	13,52	0,38	4	5	4	2	4
E44	1	2	87	8,26	1,52	6	5	4	3	6
E45	1	2	19	16,5	1,6	13	19	2	1	6
E46	1	1	17	16,5	1,63	23	15	3	2	5
E47	1	2	23	20,87	2,62	5	12	2	2	5
E48	1	2	28	32,19	2,91	30	4	2	2	5
E49	1	2	14	29,84	2,88	10	26	2	2	2
E50	1	2	57	16,39	3,77	9	34	2	2	9
E51	1	1	31	2,13	0,25	15	11	2	2	6
E52	1	1	10	21,98	1,58	31	15	1	2	3
E53	1	2	11	0,33	0,44	7	12	2	3	7
E54	1	1	32	22,06	1,21	25	14	4	2	2
E55	1	2	54	10,59	2,91	8	25	2	2	8
E56	1	1	46	12,4	4,16	3	20	2	2	3
E57	1	2	37	11,46	2,23	6	16	2	1	7
E58	1	2	54	15,88	2,99	8	20	2	3	8
E59	1	1	11	6,55	1,95	30	16	2	1	12
E60	1	1	45	18,88	3,1	29	7	2	2	10

Fonte: Própria autora, 2023

Tabela A 1 (Continuação) - Tabela de dados utilizados no software R

CD	Mancha	Acabamento	Altitude	Área	Distância	Idade	Pavs.	Orientação	Período S.	Tempo P.
E61	1	2	56	41,4	4,84	7	5	2	2	7
E62	1	1	52	13,61	1,5	30	10	2	2	6
E63	1	2	60	4,59	1,89	12	12	2	2	3
E64	1	1	24	14,12	1,1	27	18	1	1	6
E65	1	1	15	5,56	20,21	32	19	2	2	7
E66	1	1	20	7,22	3,15	28	15	2	2	7

Fonte: Própria autora, 2023

Figura A1- Legenda da Tabela A 1

Mancha: Refere-se à ausência ou presença do biofilme vermelho na edificação, sendo 0 para ausência e 1 presença

Acabamento: Considerar 1 para acabamento em tinta e 2 em textura

Altitude: Unidade de medida em metros (m)

Área: Refere-se a área de vegetação, unidade de medida em hectares (ha)

Distância: Refere-se a distância do mar ao edifício, unidade de medida em quilômetros (km)

Idade: Com referência ao ano de 2022

Pavs: Número de pavimentos do edifício

Orientação: Refere-se a orientação geográfica da fachada mais atingida do edifício sendo: 0 - fachadas sem manchas; 1 - fachada nordeste; 2 - fachada sudeste; 3 - fachada noroeste; 4 - fachada sudoeste.

Período S.: Refere-se ao período do surgimento das manchas nas fachadas (anos)

Tempo P.: Refere-se ao tempo desde a última pintura das fachadas (anos)

Fonte: Própria autora, 2023

1. Mapeamento dos edifícios com manchas vermelhas.

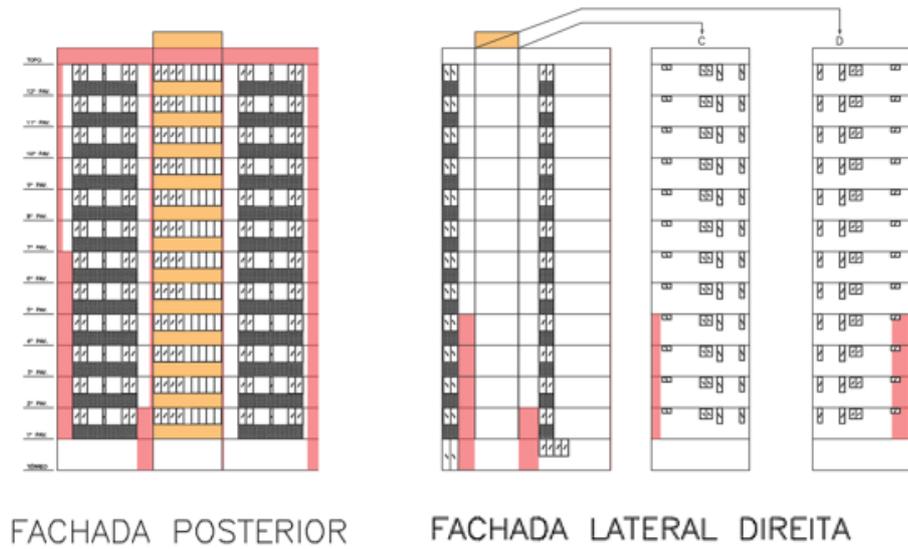
As manchas vermelhas foram identificadas através das hachuras sólida na cor rosa, as fachadas que não possuem manchas são apresentadas sem hachuras.

Figura A1: Fachada nordeste e sudeste do Edifício E21



Fonte: Própria autora, 2022

Figura A2: Fachada sudoeste e noroeste do Edifício E21



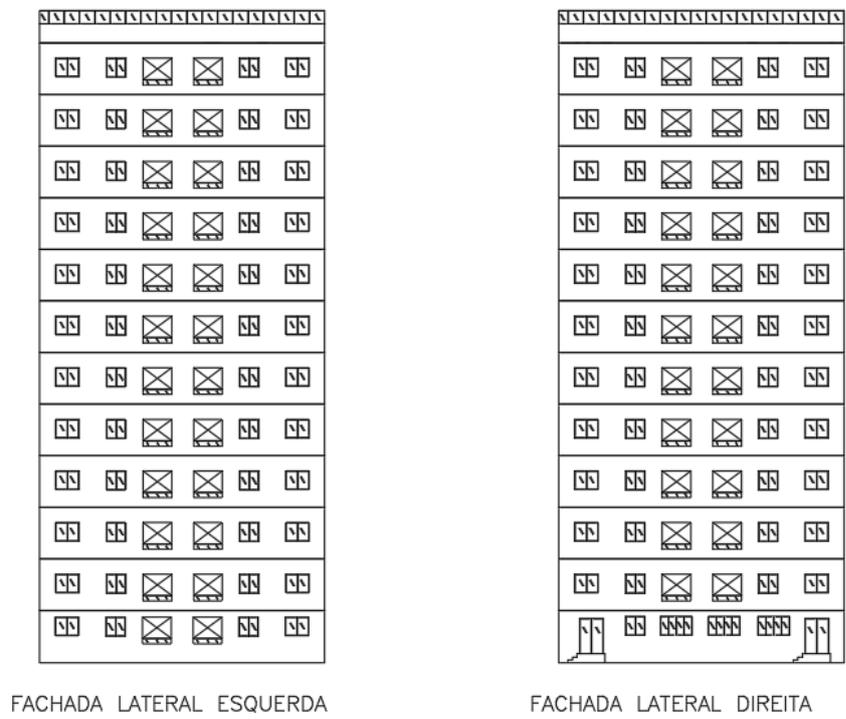
Fonte: Própria autora, 2022

Figura A3: Fachada sudeste e noroeste do Edifício E22



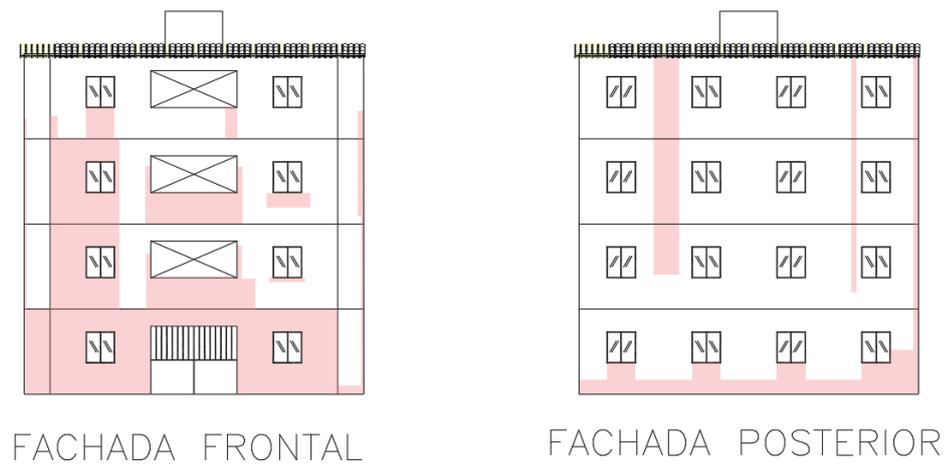
Fonte: Própria autora, 2022

Figura A4: Fachada nordeste e sudoeste do Edifício E22



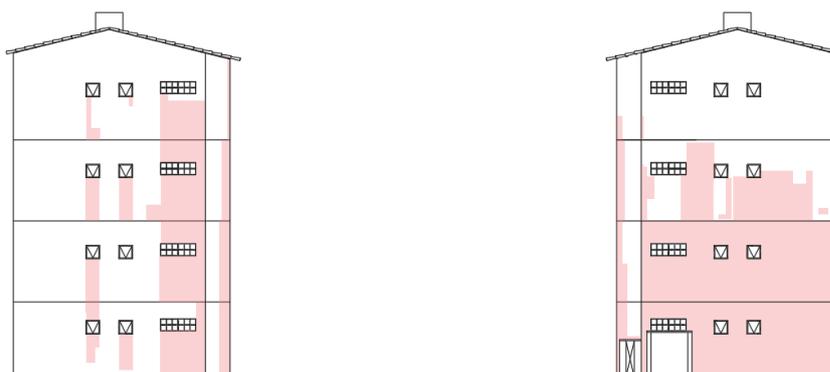
Fonte: Própria autora, 2022

Figura A5: Fachada sudeste e noroeste do Edifício E23



Fonte: Própria autora, 2022

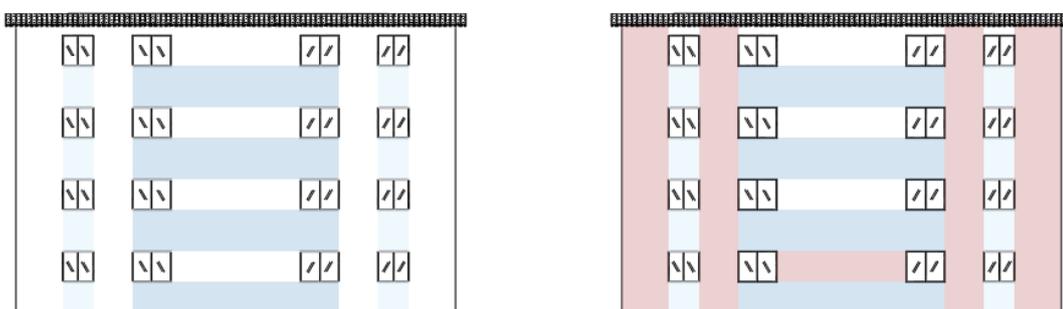
Figura A6: Fachada sudoeste e nordeste do Edifício E23



FACHADA LATERAL ESQUERDA FACHADA LATERAL DIREITA

Fonte: Própria autora, 2022

Figura A7: Fachada noroeste e sudeste do Edifício E24

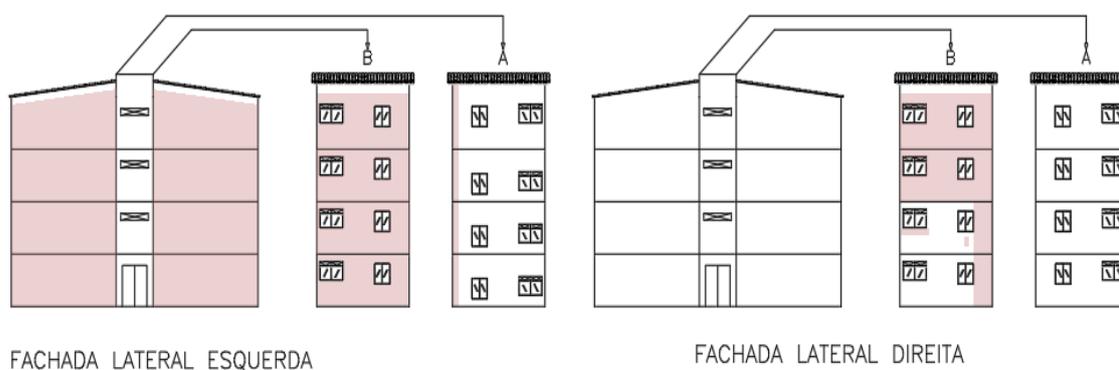


FACHADA FRONTAL

FACHADA POSTERIOR

Fonte: Própria autora, 2022

Figura A8: Fachada nordeste e sudoeste do Edifício E24

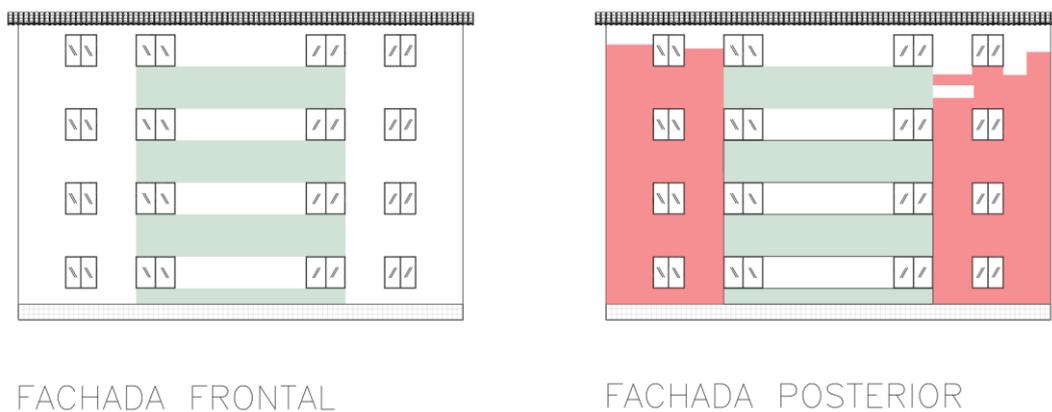


FACHADA LATERAL ESQUERDA

FACHADA LATERAL DIREITA

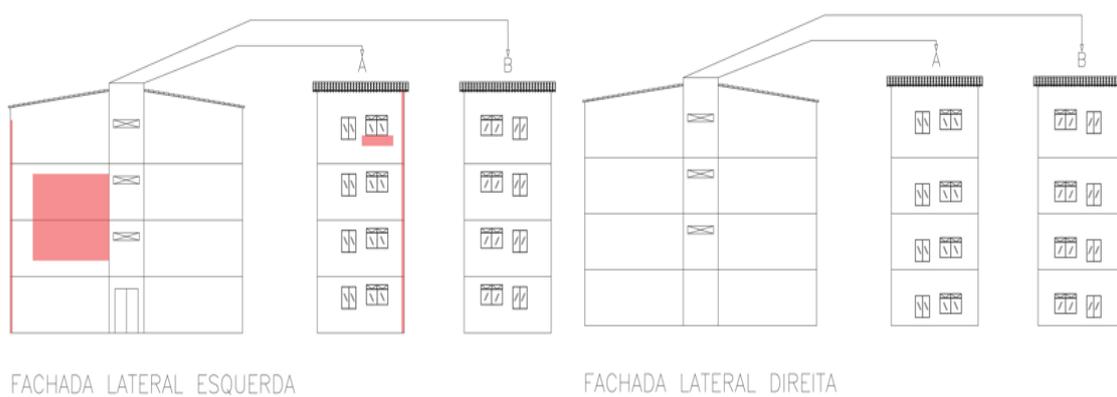
Fonte: Própria autora, 2022

Figura A9: Fachada noroeste e sudeste do Edifício E25



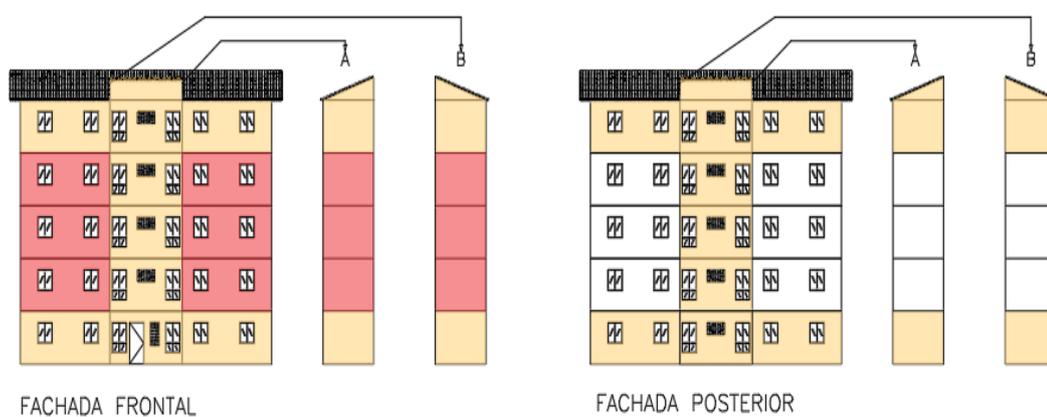
Fonte: Própria autora, 2022

Figura A10: Fachada nordeste e sudoeste do Edifício E25



Fonte: Própria autora, 2022

Figura A11: Fachada sudeste e noroeste do Edifício E26



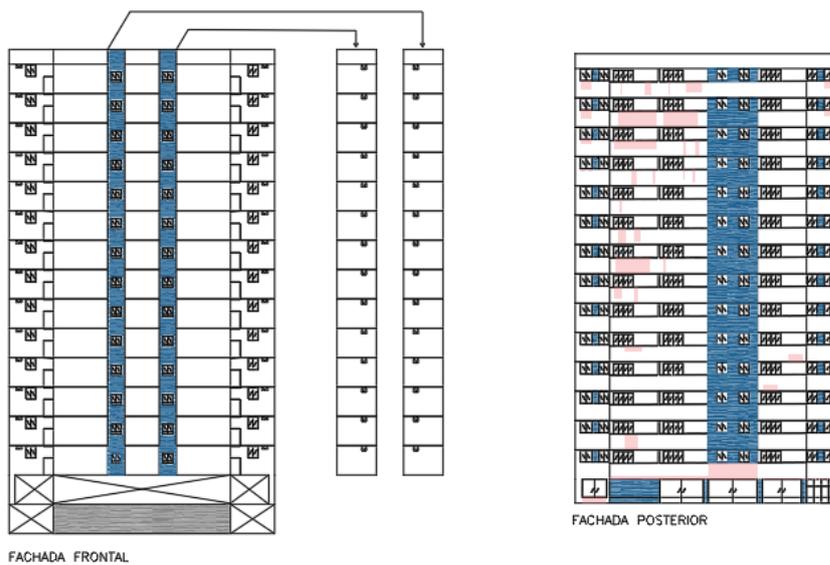
Fonte: Própria autora, 2022

Figura A12: Fachada sudoeste e nordeste do Edifício E26



Fonte: Própria autora, 2022

Figura A13: Fachada noroeste e sudeste do Edifício E27



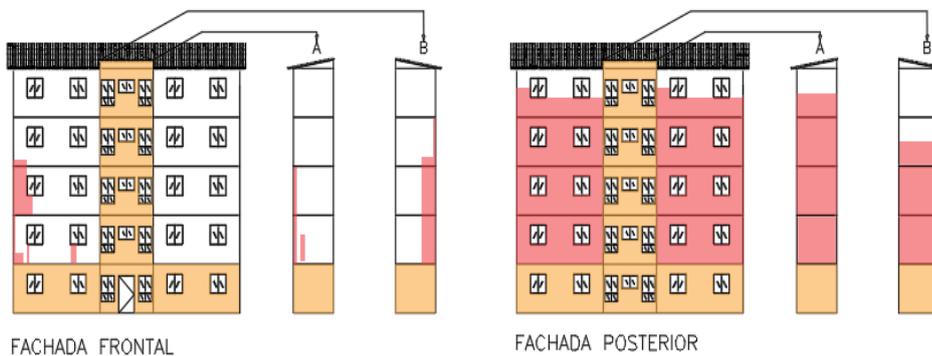
Fonte: Própria autora, 2022

Figura A14: Fachada sudoeste e nordeste do Edifício E27



Fonte: Própria autora, 2022

Figura A15: Fachada nordeste e sudeste do Edifício E28



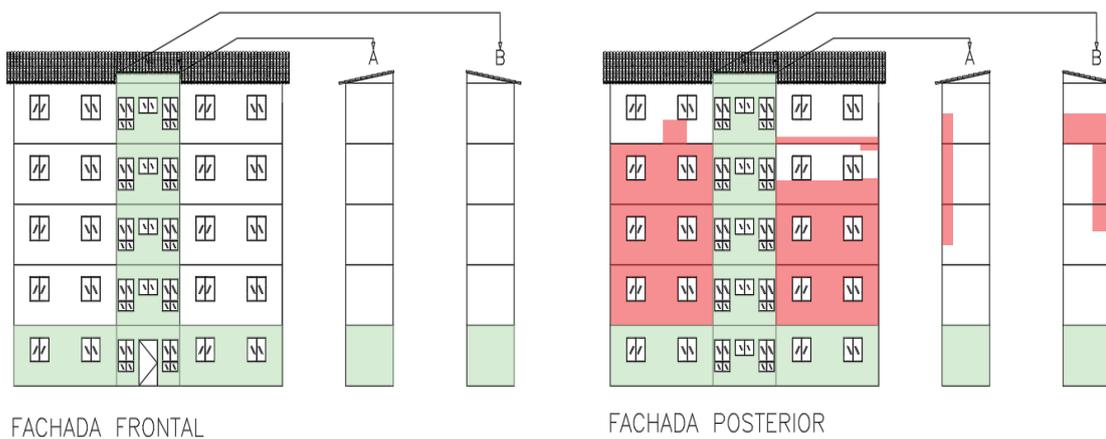
Fonte: Própria autora, 2022

Figura A16: Fachada sudeste e noroeste do Edifício E28



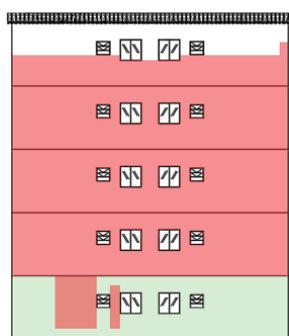
Fonte: Própria autora, 2022

Figura A17: Fachada nordeste e sudoeste do Edifício E29

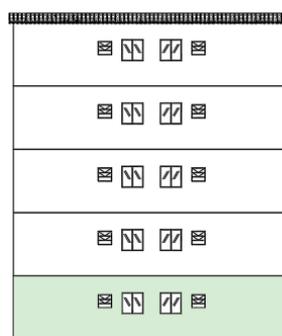


Fonte: Própria autora, 2022

Figura A18: Fachada sudeste e noroeste do Edifício E29



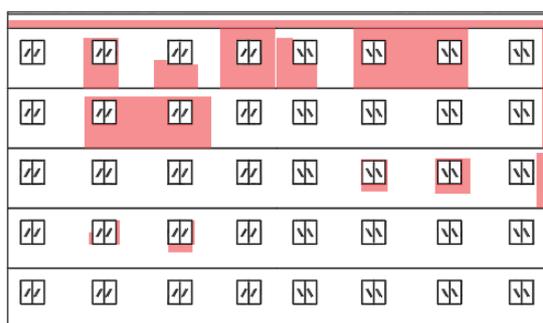
FACHADA LATERAL ESQUERDA



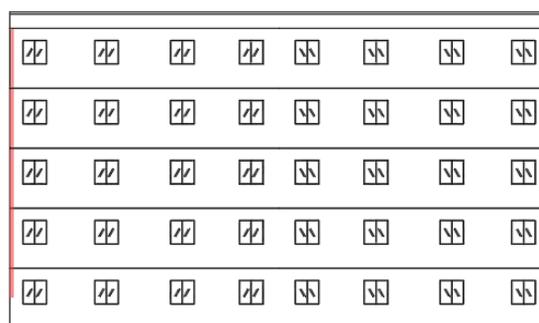
FACHADA LATERAL DIREITA

Fonte: Própria autora, 2022

Figura A19: Fachada sudeste e noroeste do Edifício E30



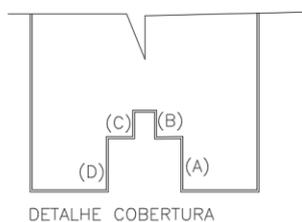
FACHADA FRONTAL



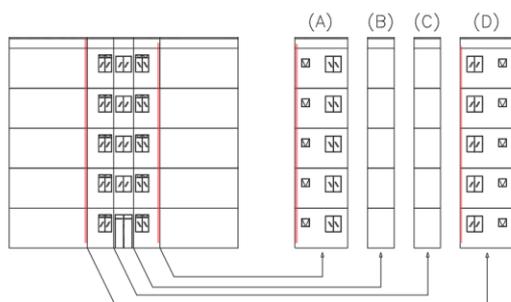
FACHADA POSTERIOR

Fonte: Própria autora, 2022

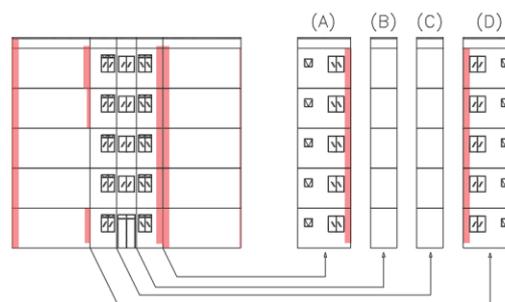
Figura A20: Fachada nordeste e sudoeste do Edifício E30



DETALHE COBERTURA



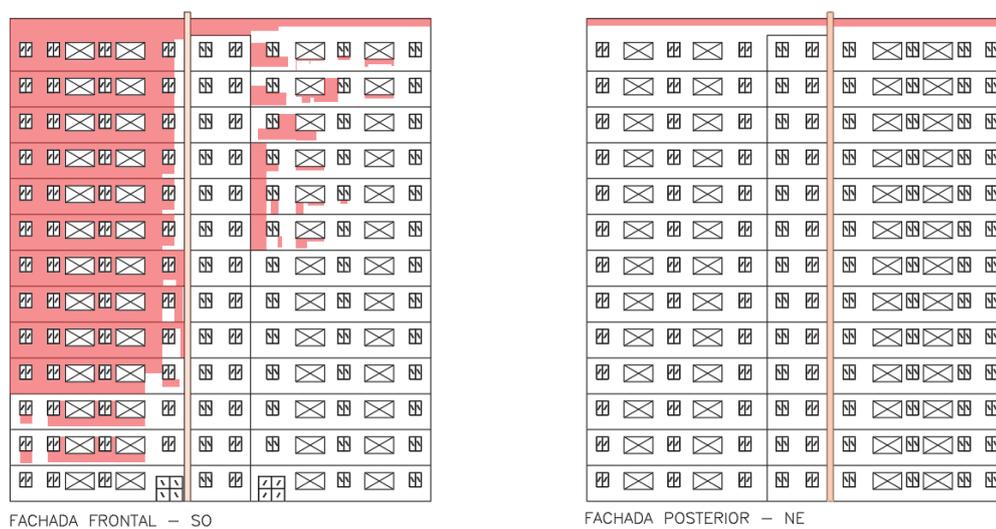
FACHADA LATERAL ESQUERDA



FACHADA LATERAL DIREITA

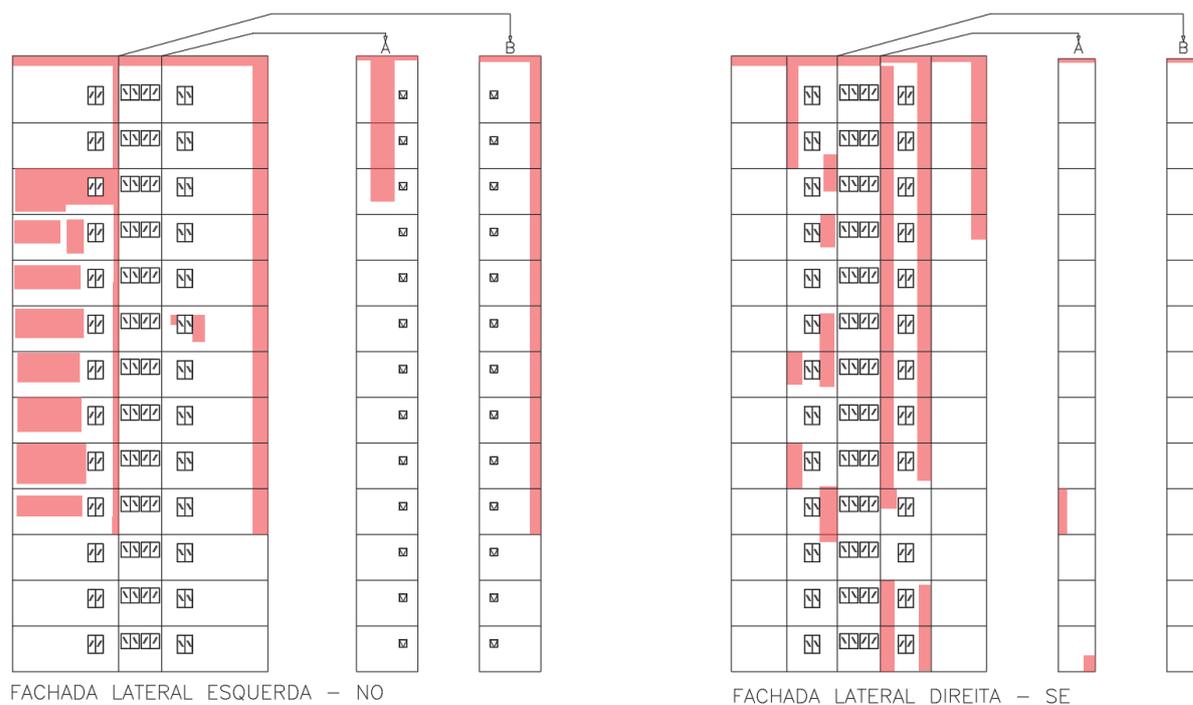
Fonte: Própria autora, 2022

Figura A21: Fachada sudoeste e nordeste do Edifício E31



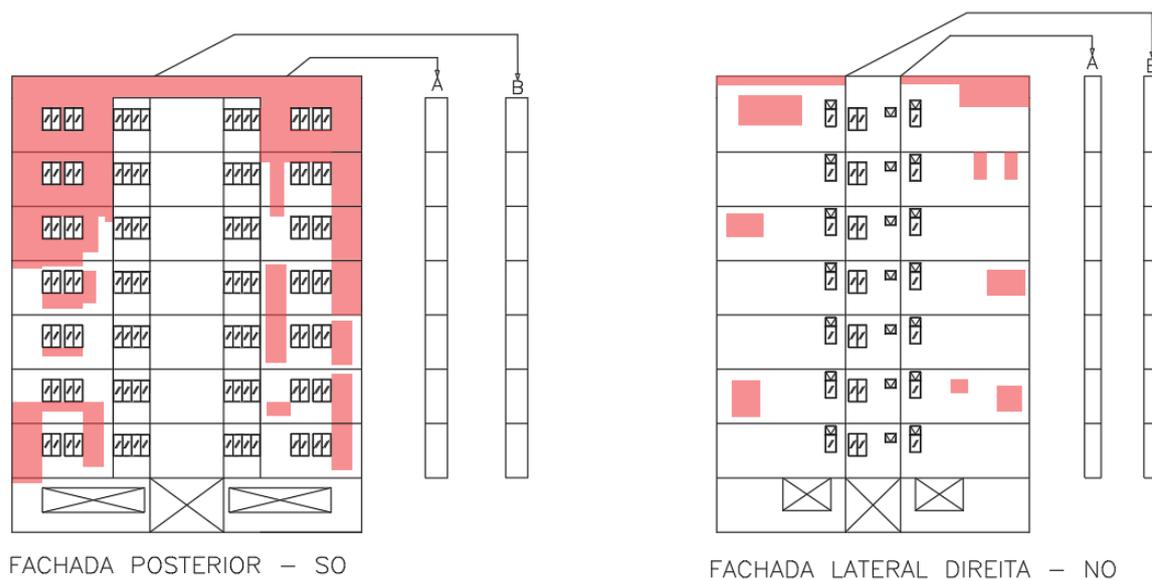
Fonte: Própria autora, 2022

Figura A22: Fachada noroeste e sudeste do Edifício E31



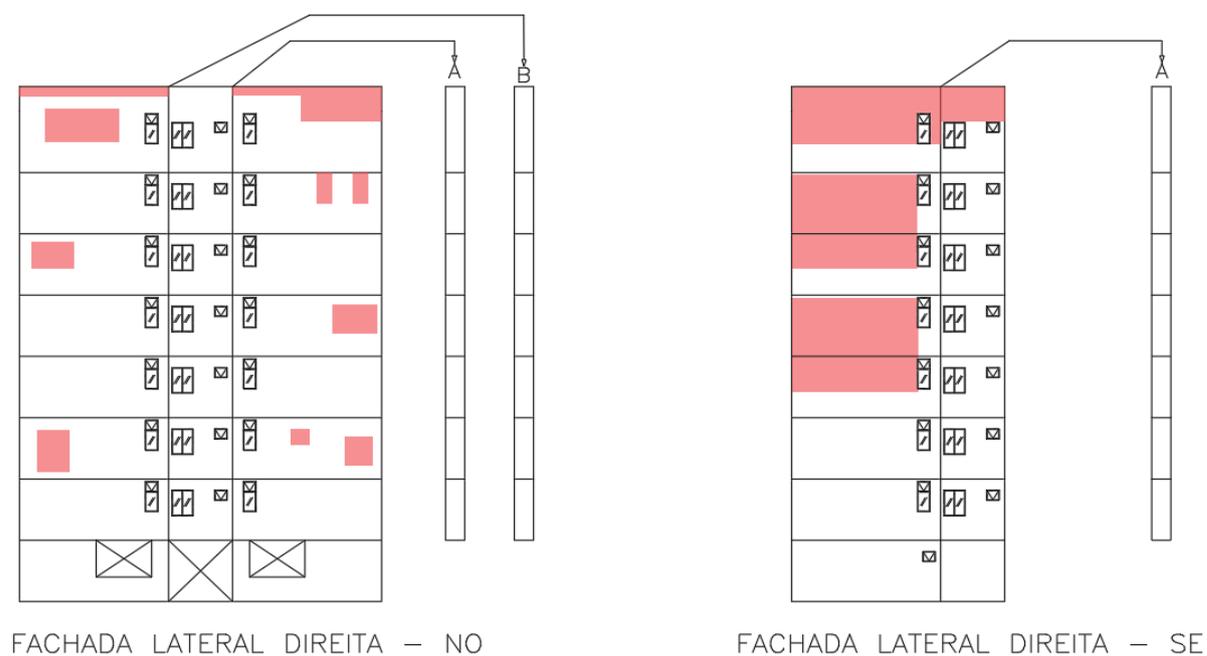
Fonte: Própria autora, 2022

Figura A23: Fachada sudoeste e noroeste do Edifício E32



Fonte: Própria autora, 2022

Figura A24: Fachada sudoeste e noroeste do Edifício E32



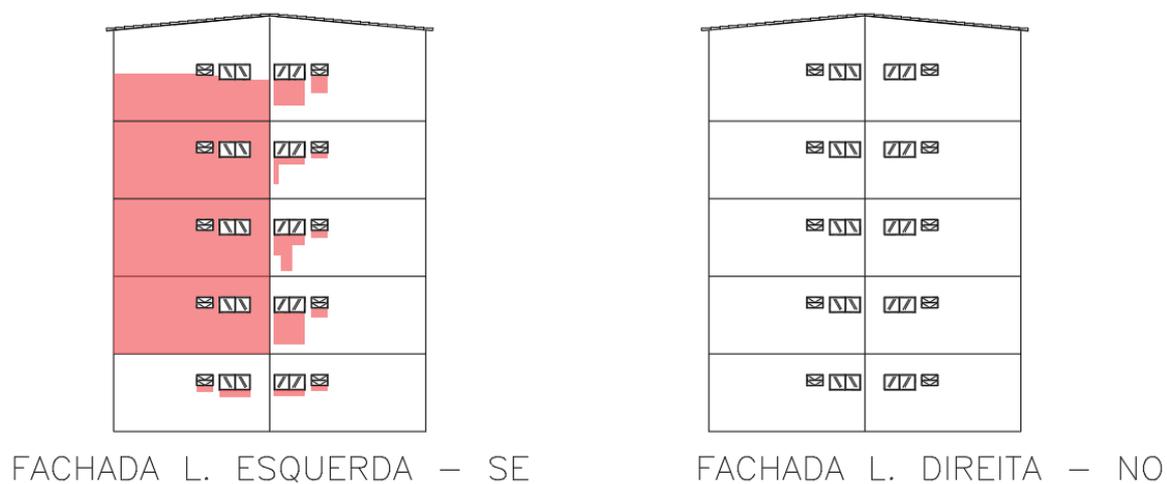
Fonte: Própria autora, 2022

Figura A25: Fachada nordeste e sudoeste do Edifício E33



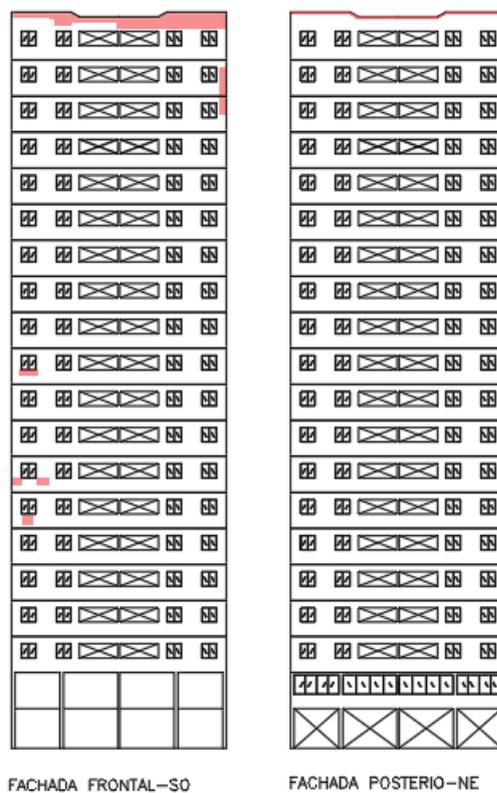
Fonte: Própria autora, 2022

Figura A26: Fachada sudeste e noroeste do Edifício E33



Fonte: Própria autora, 2022

Figura A27: Fachada sudoeste e nordeste do Edifício E34



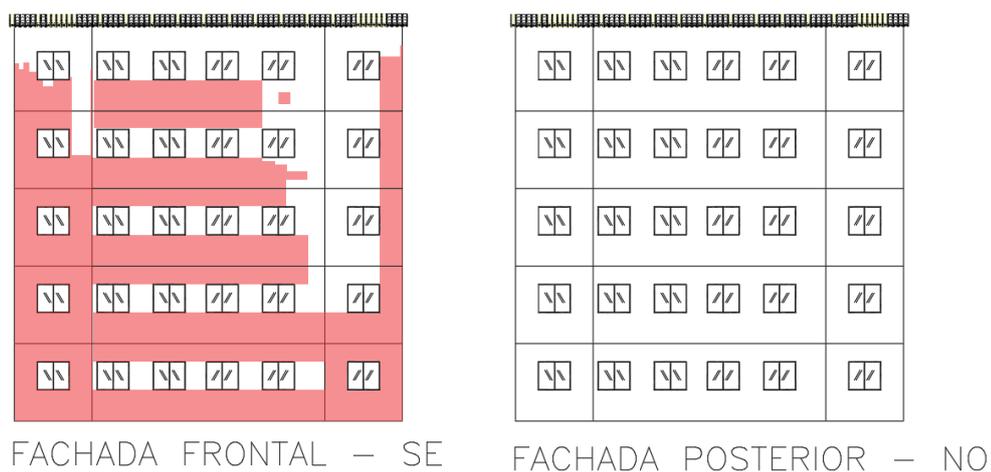
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A28: Fachada noroeste e sudeste do Edifício E34



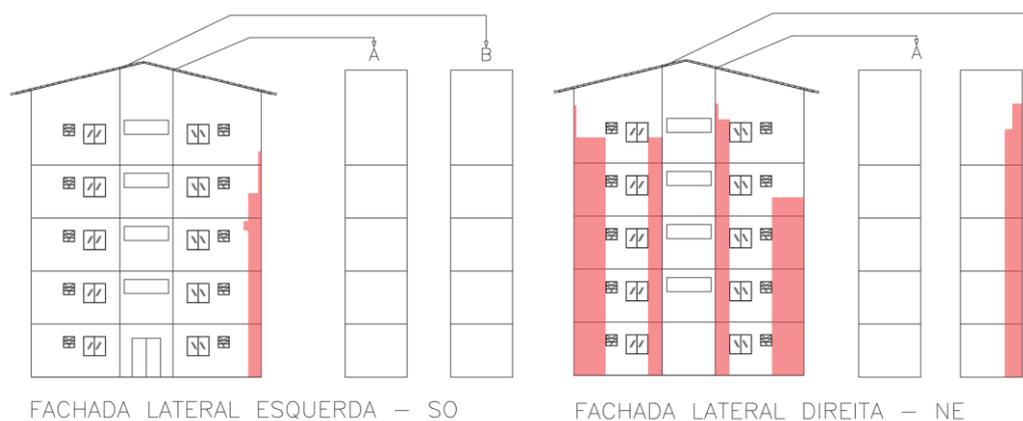
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A29: Fachada sudeste e noroeste do Edifício E35



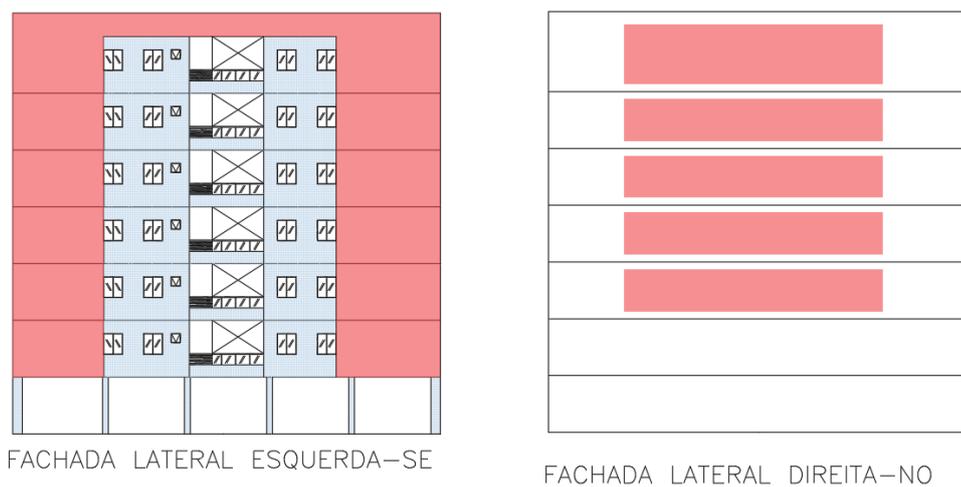
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A30: Fachada sudoeste e nordeste do Edifício E35



Fonte: Própria autora, 2023

Figura A31: Fachada sudeste e noroeste do Edifício E36



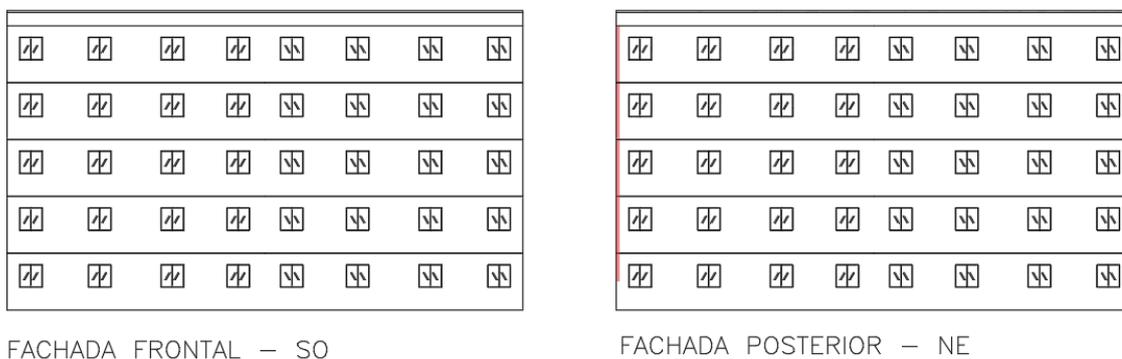
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A32: Fachada nordeste e sudoeste do Edifício E36



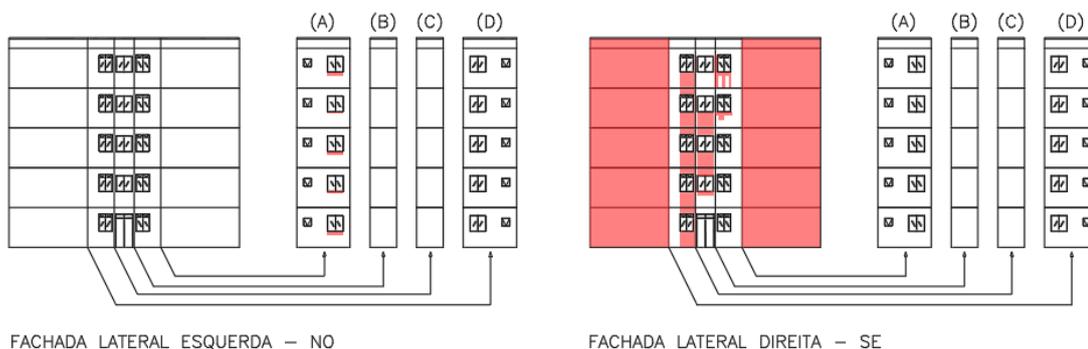
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A33: Fachada sudoeste e nordeste do Edifício E37



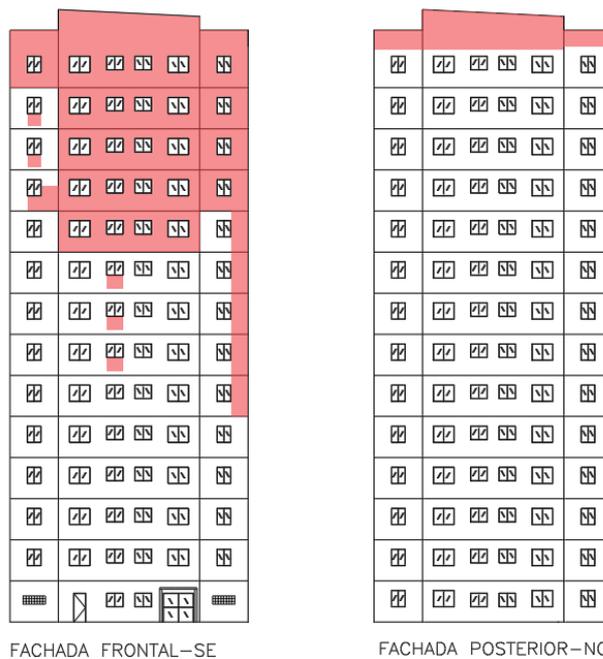
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A34: Fachada noroeste e sudeste do Edifício E37



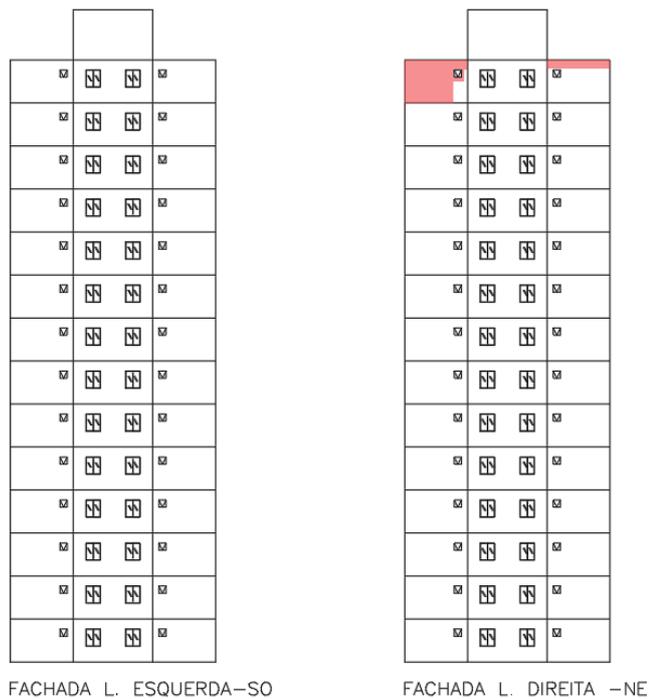
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A35: Fachada sudeste e noroeste do Edifício E38



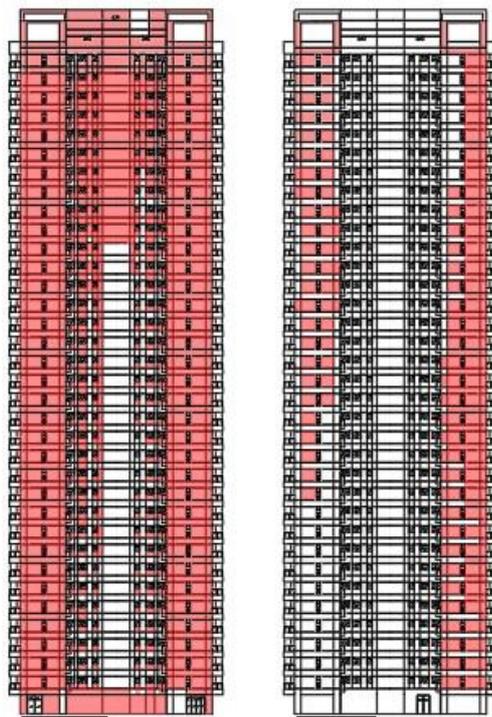
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A36: Fachada sudoeste e nordeste do Edifício E38



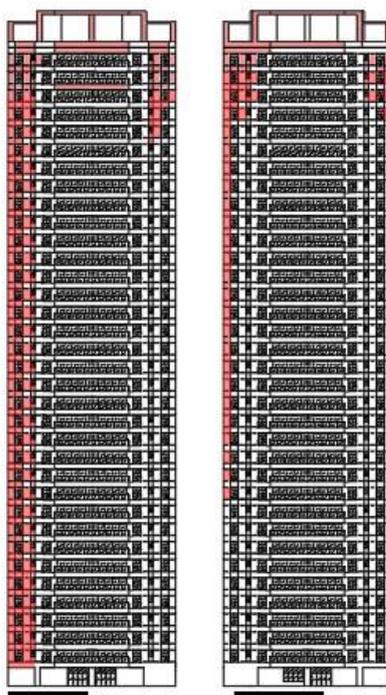
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A37: Fachada sudeste e noroeste do Edifício E39



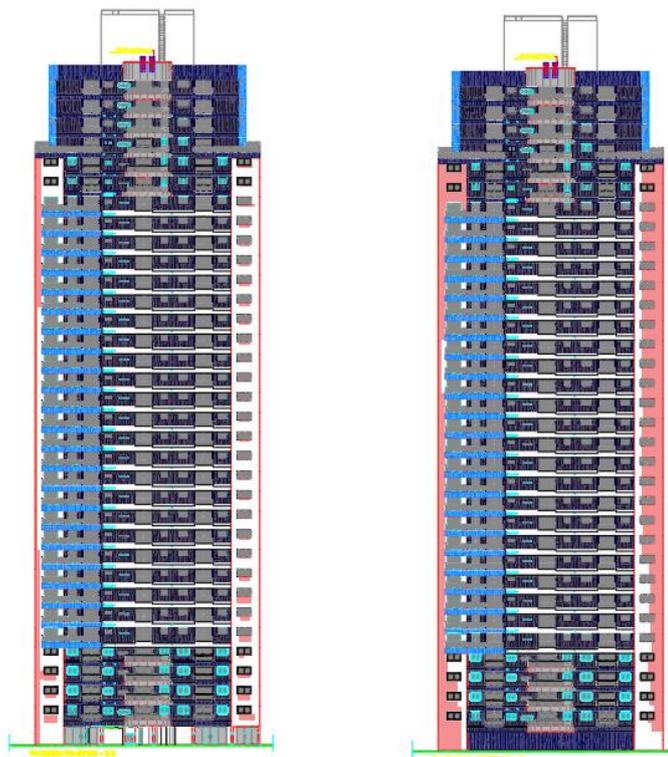
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A38: Fachada sudoeste e nordeste do Edifício E39



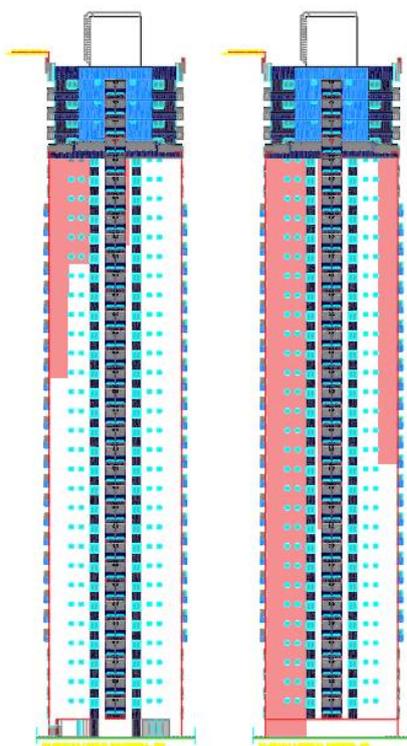
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A39: Fachada noroeste e sudeste do Edifício E40



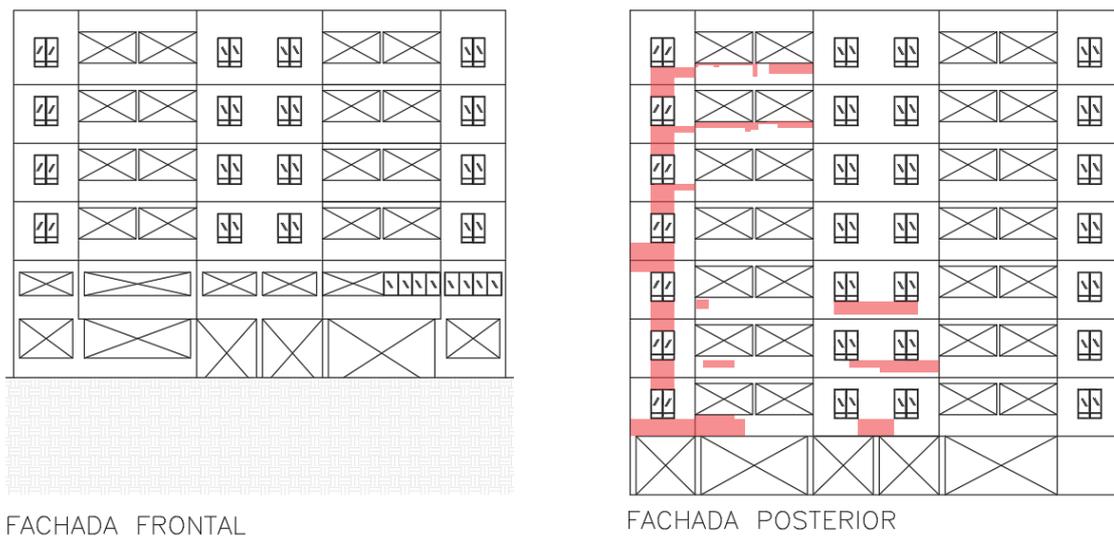
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A40: Fachada nordeste e sudoeste do Edifício E40



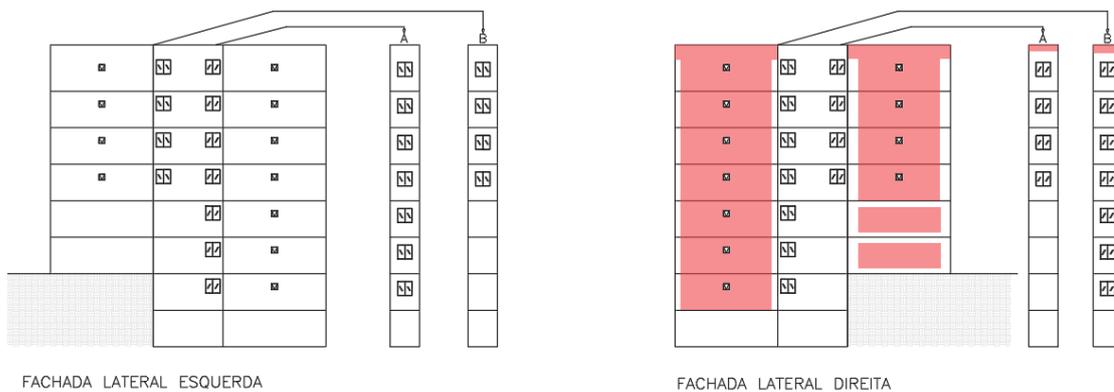
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A41: Fachada noroeste e sudeste do Edifício E41



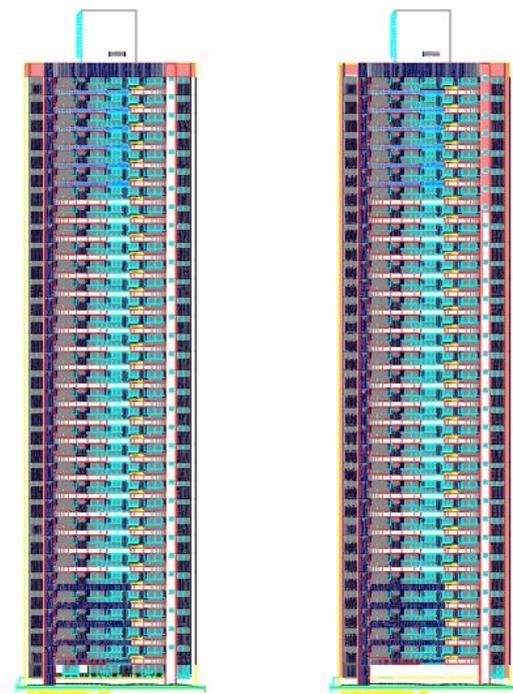
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A42: Fachada nordeste e sudoeste do Edifício E41



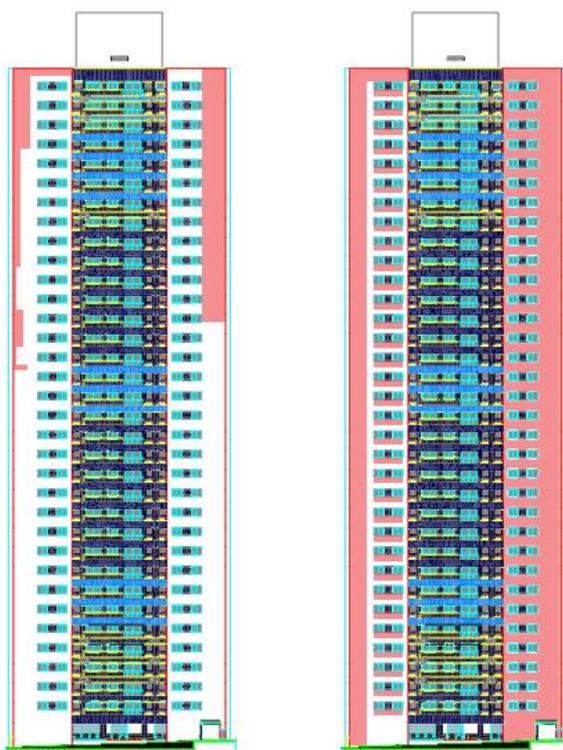
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A43: Fachada noroeste e sudeste do Edifício E42



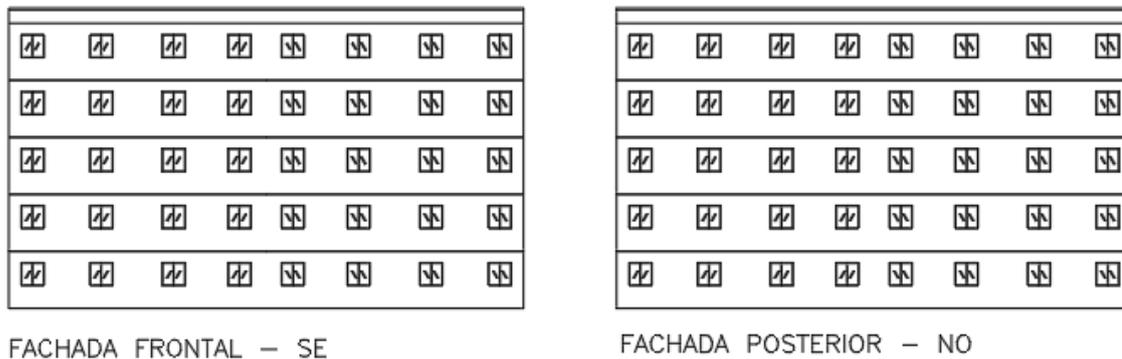
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A44: Fachada nordeste e sudoeste do Edifício E42



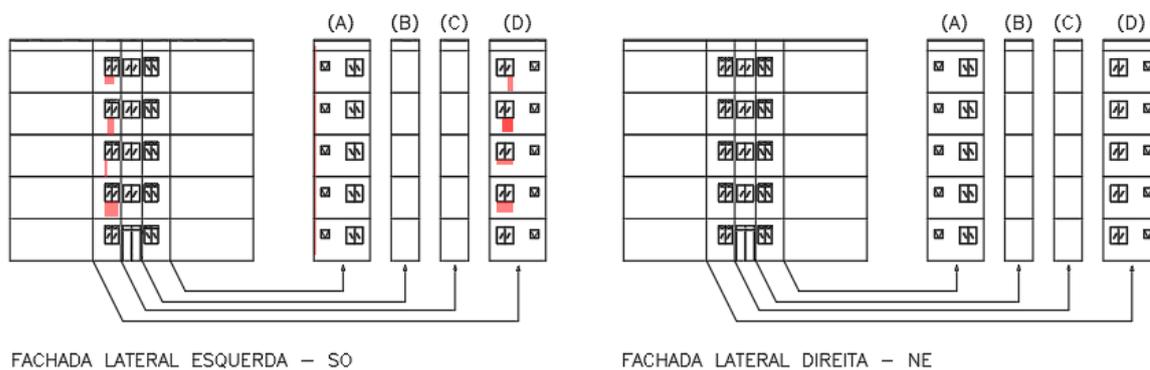
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A45: Fachada sudeste e noroeste do Edifício E43



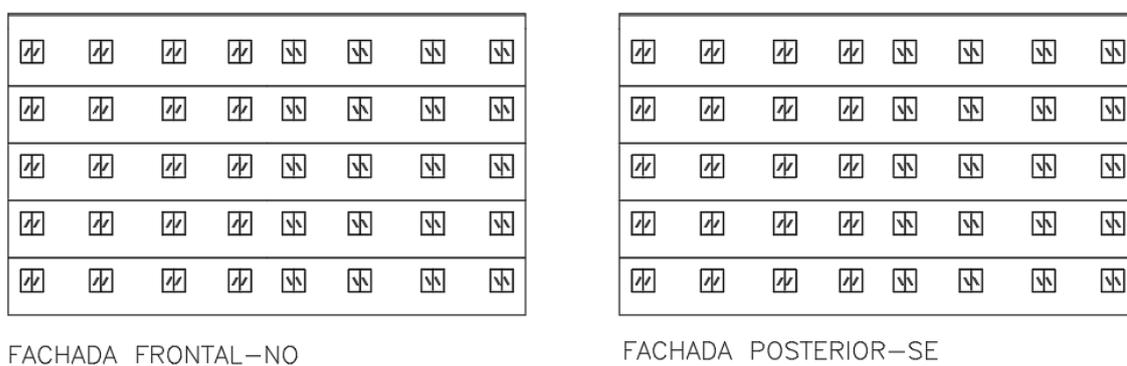
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A46: Fachada sudoeste e nordeste do Edifício E43



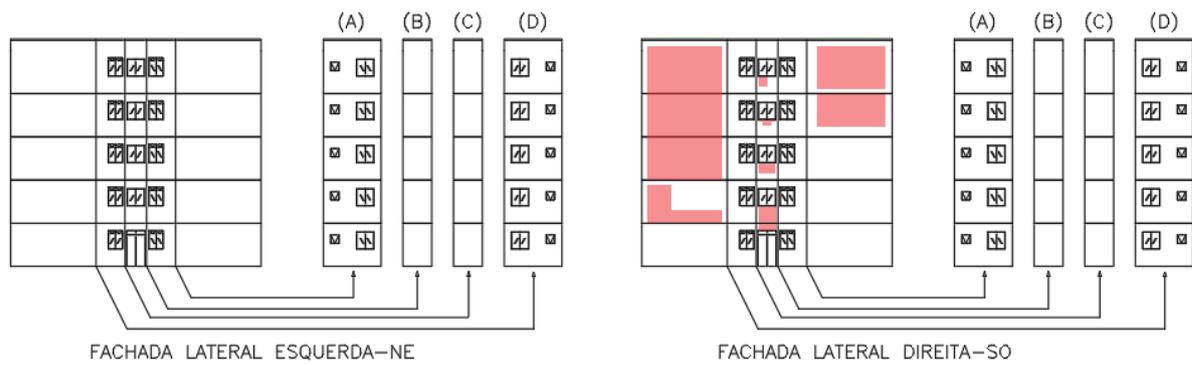
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A47: Fachada noroeste e sudeste do Edifício E44



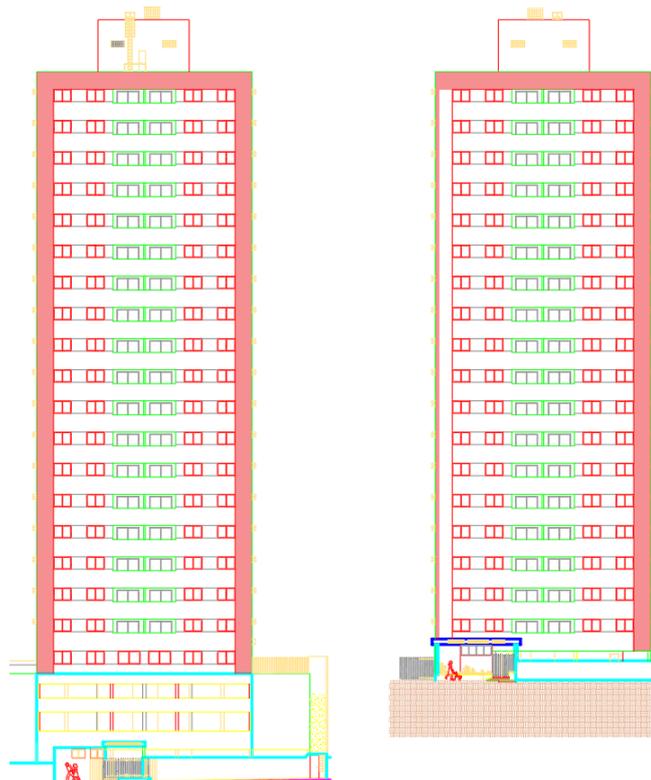
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A48: Fachada nordeste e sudoeste do Edifício E44



Fonte: Própria autora, 2023

Figura A49: Fachada sudoeste e nordeste do Edifício E45



Fonte: Própria autora, 2023

Figura A50: Fachada noroeste e sudeste do Edifício E45



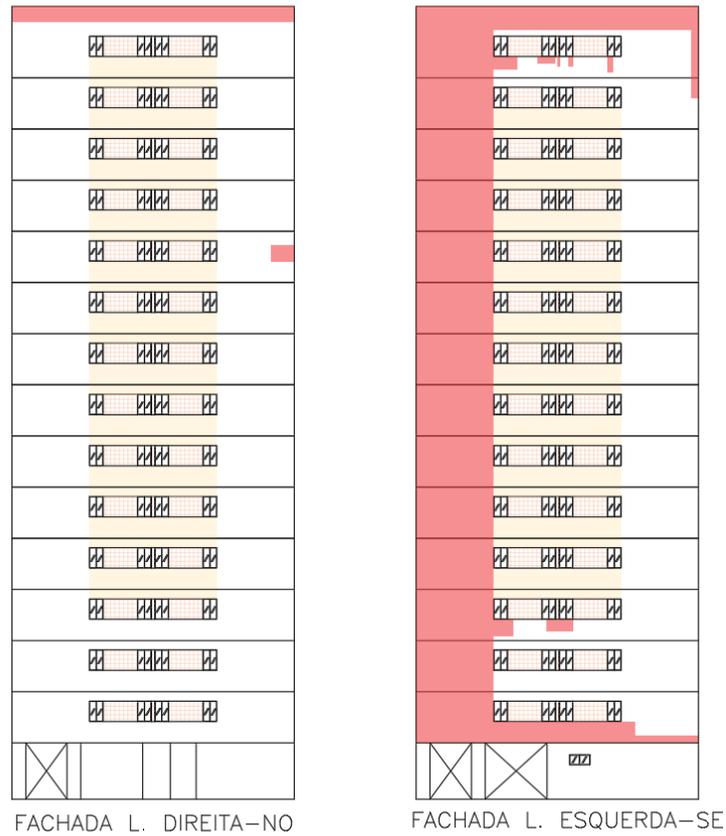
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A51: Fachada nordeste e sudoeste do Edifício E46



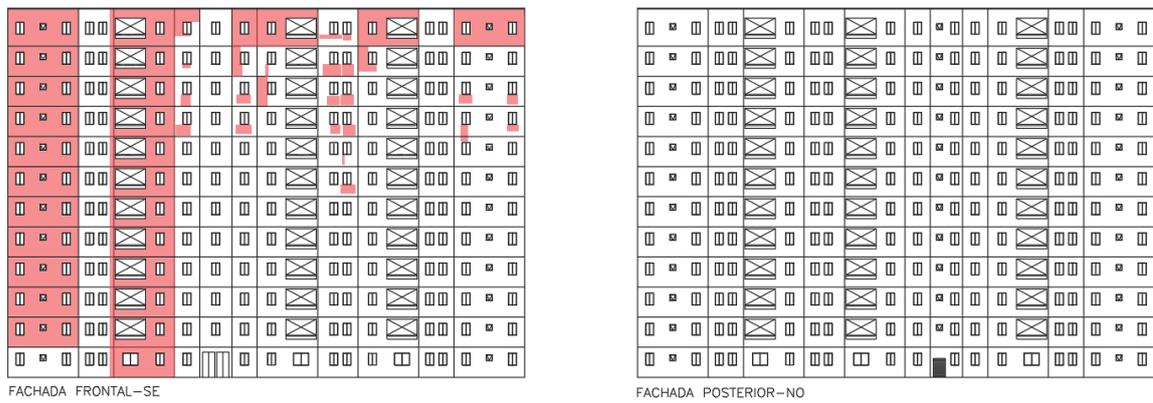
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A52: Fachada noroeste e sudeste do Edifício E46



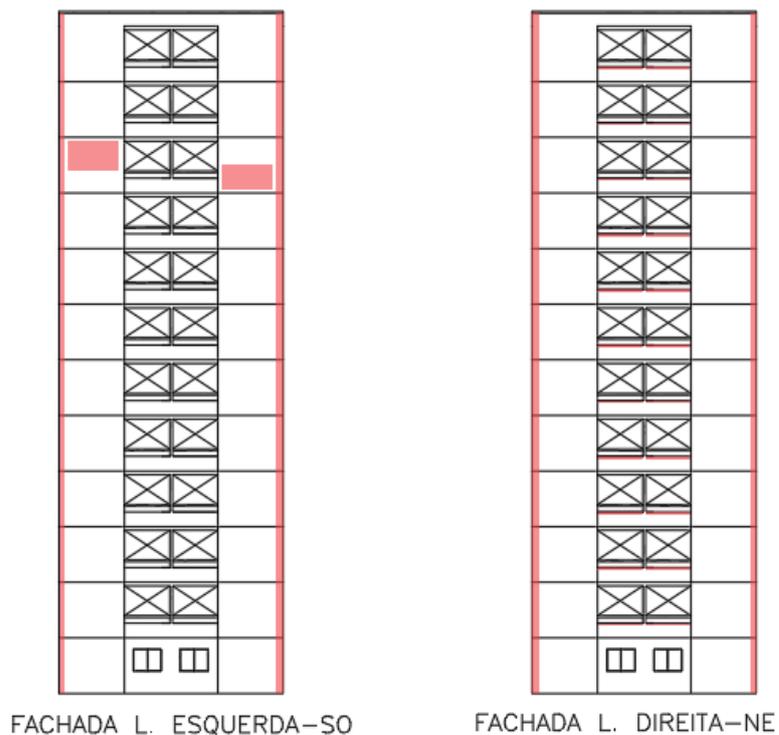
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A53: Fachada sudeste e noroeste do Edifício E47



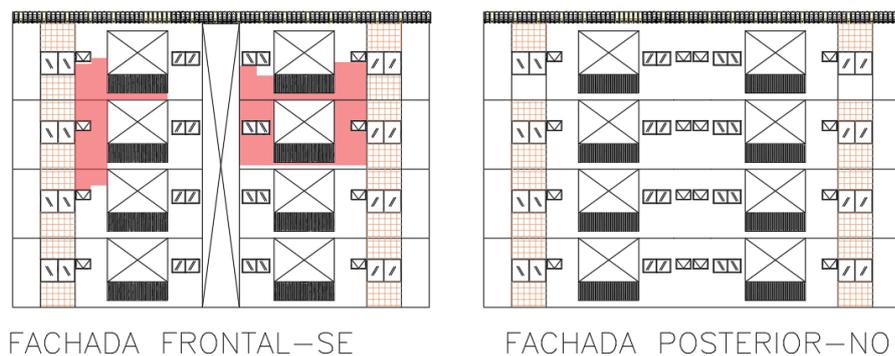
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A54: Fachada sudoeste e nordeste do Edifício E47



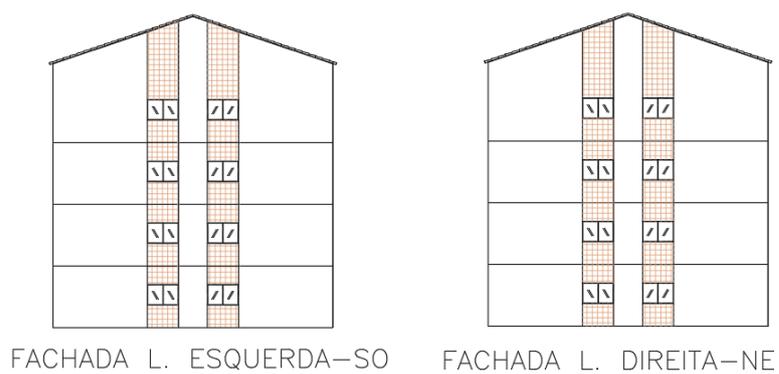
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A55: Fachada sudeste e noroeste do Edifício E48



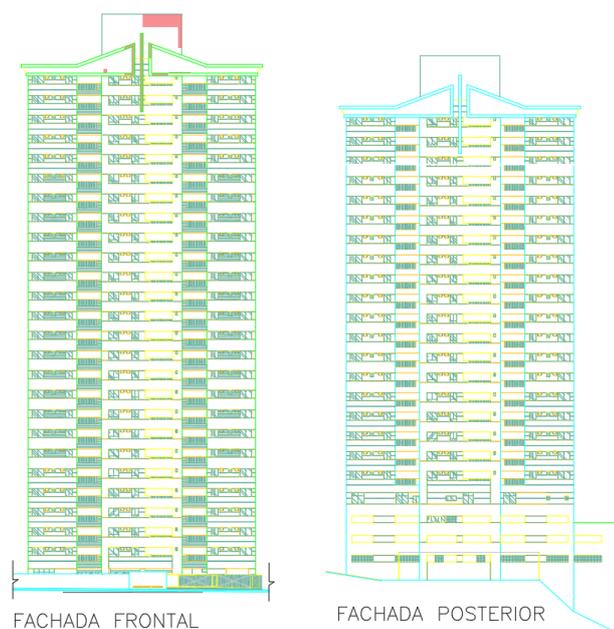
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A56: Fachada sudoeste e nordeste do Edifício E48



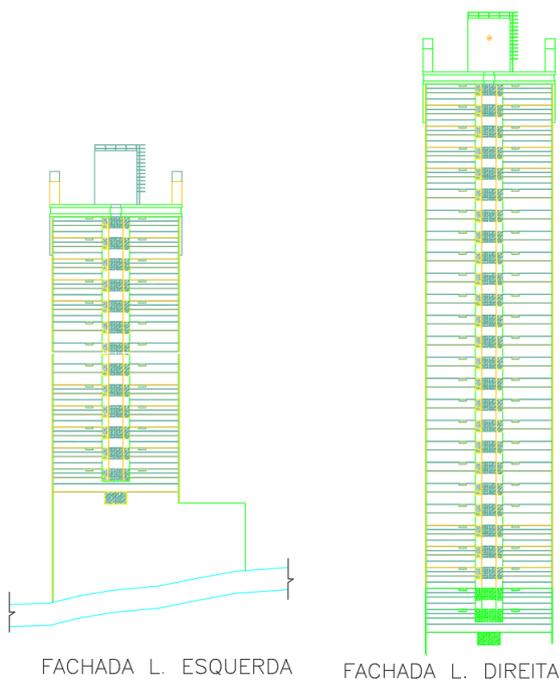
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A57: Fachada sudeste e noroeste do Edifício E49



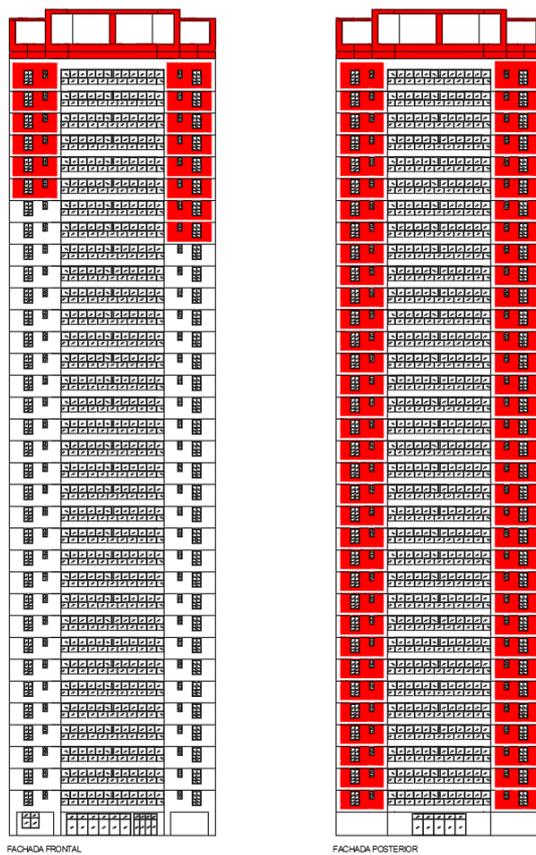
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A58: Fachada nordeste e sudoeste do Edifício E49



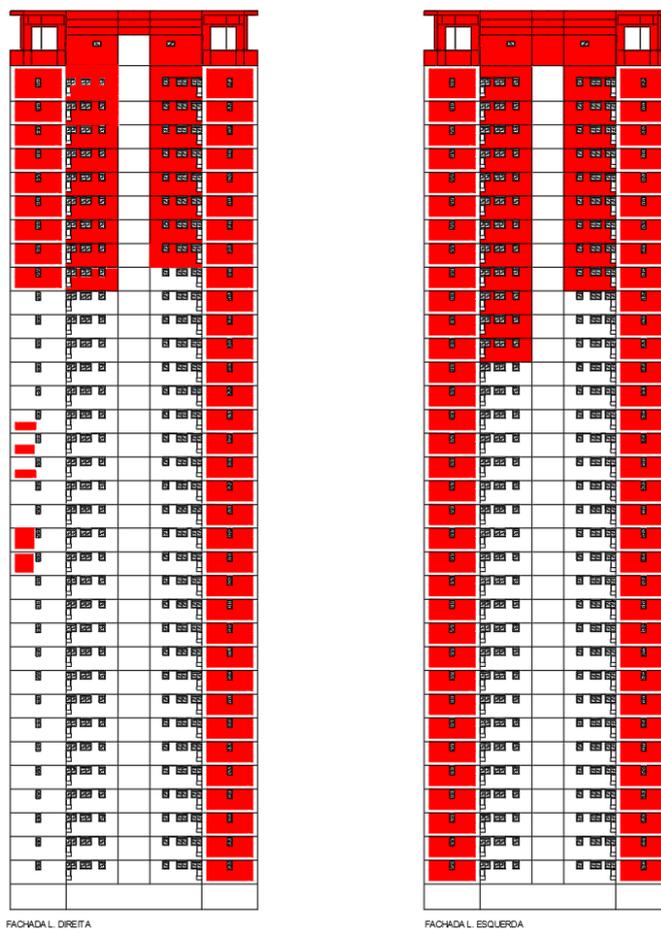
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A59: Fachada nordeste e sudoeste do Edifício E50



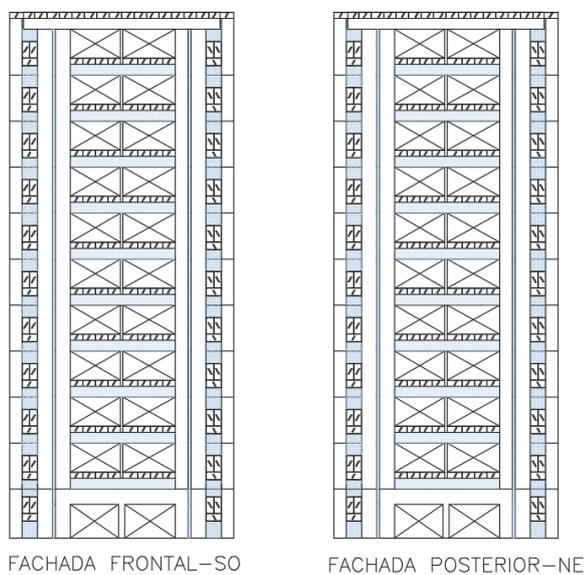
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A60: Fachada noroeste e sudeste do Edifício E50



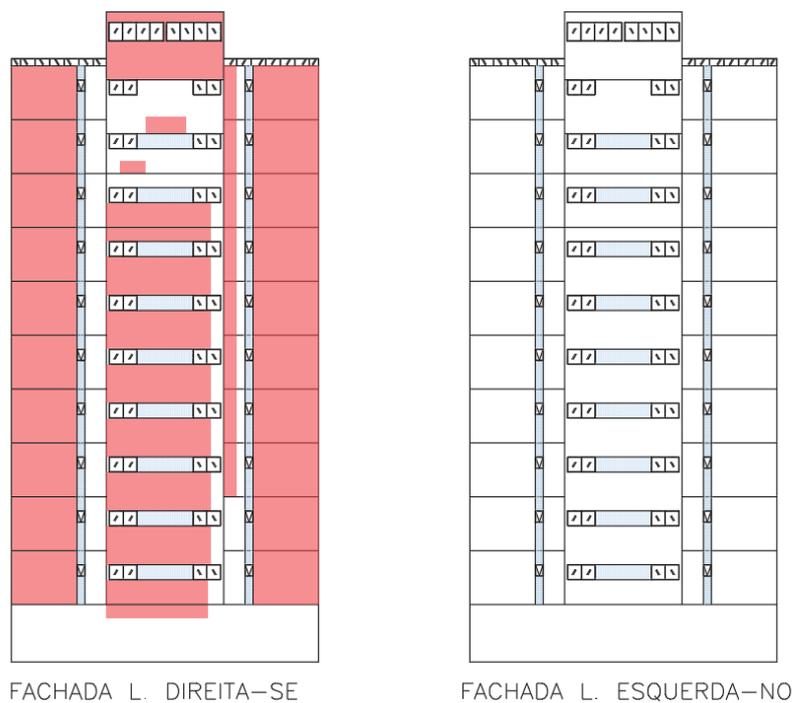
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A61: Fachada sudoeste e nordeste do Edifício E51



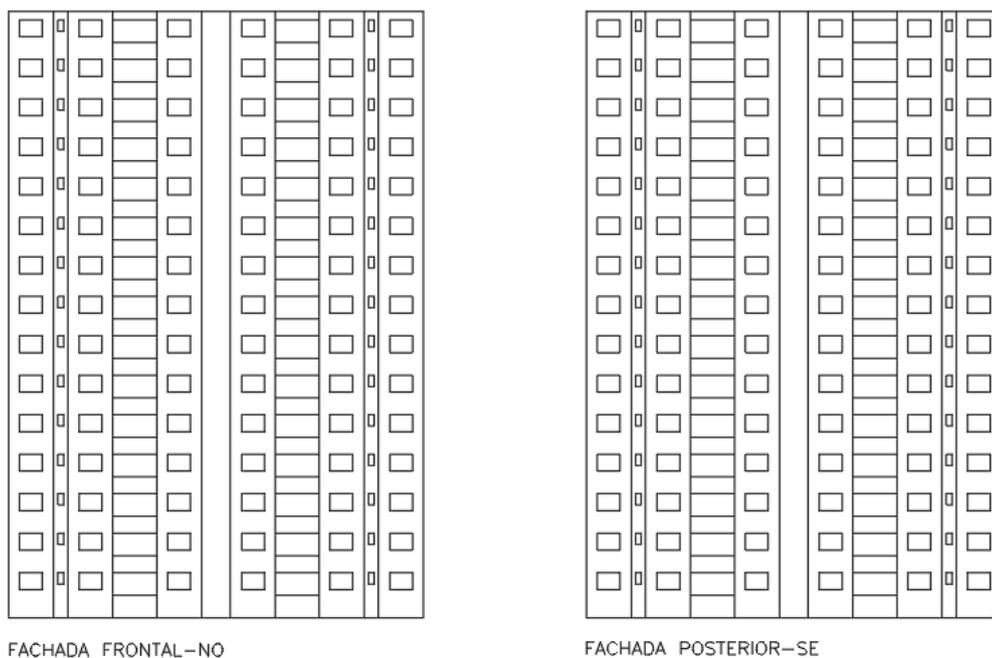
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A62: Fachada sudeste e noroeste do Edifício E51



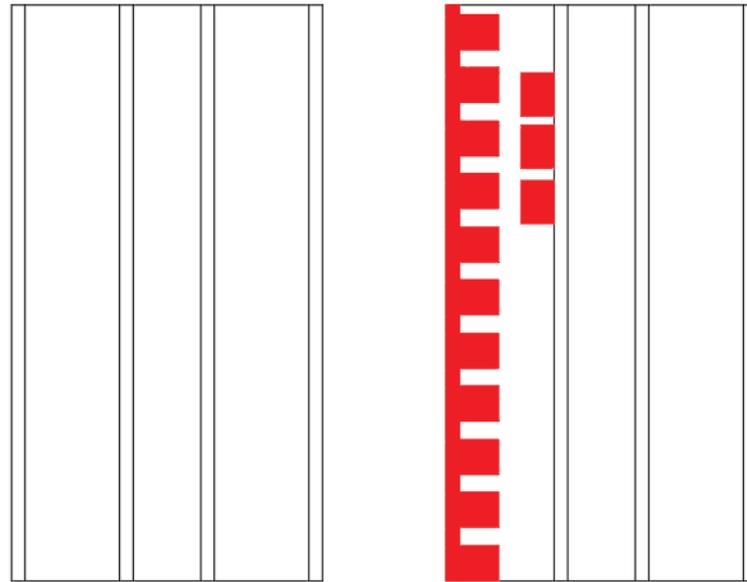
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A63: Fachada noroeste e sudeste do Edifício E52



Fonte: Própria autora, 2023

Figura A64: Fachada sudoeste e nordeste do Edifício E52

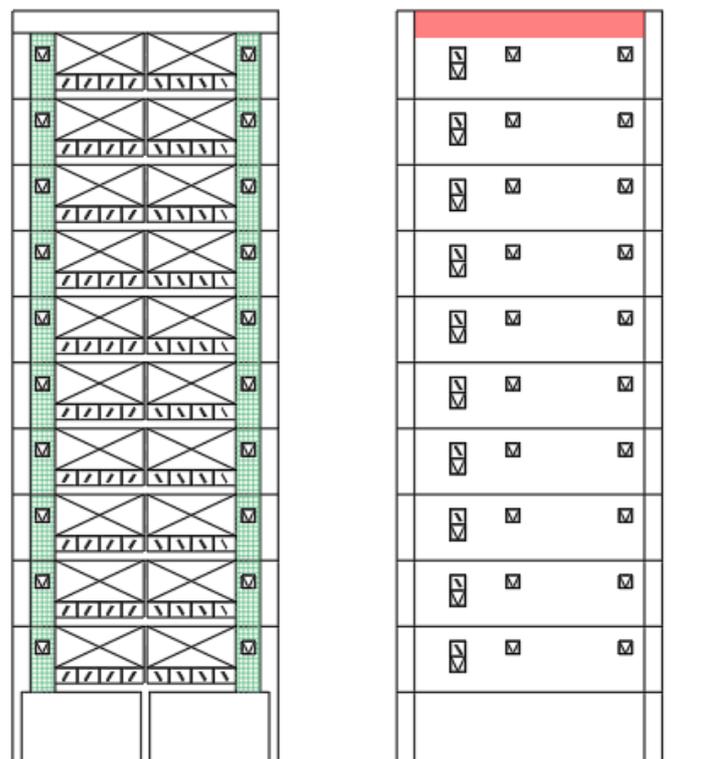


FACHADA L. DIREITA-SO

FACHADA L. ESQUERDA-NE

Fonte: Própria autora, 2023

Figura A65: Fachada nordeste e sudoeste do Edifício E53

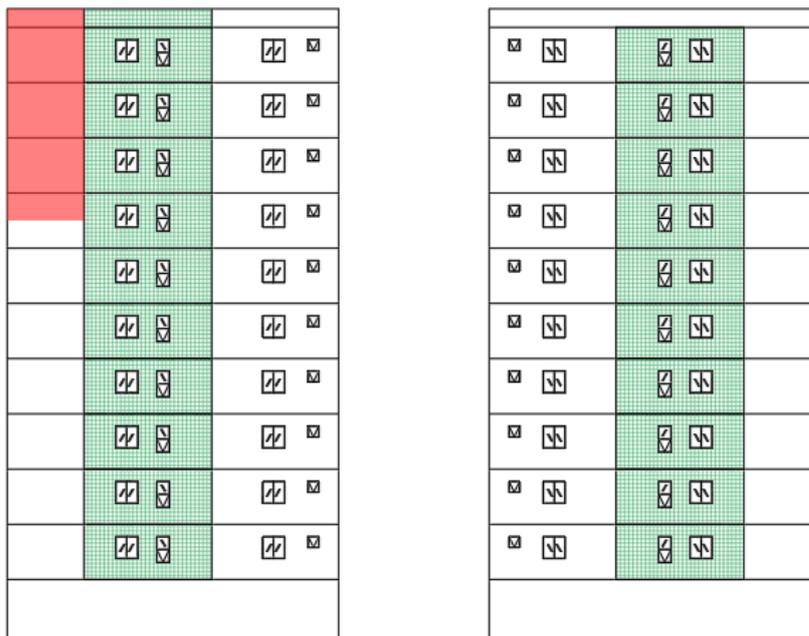


FACHADA FRONTAL

FACHADA POSTERIOR

Fonte: Própria autora, 2023

Figura A66: Fachada sudeste e noroeste do Edifício E53

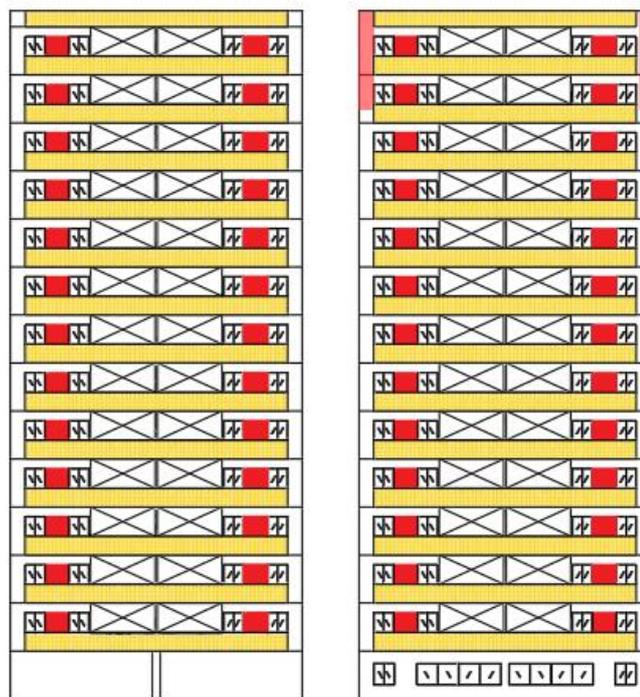


FACHADA L. ESQUERDA

FACHADA L. DIREITA

Fonte: Própria autora, 2023

Figura A67: Fachada noroeste e sudeste do Edifício E54

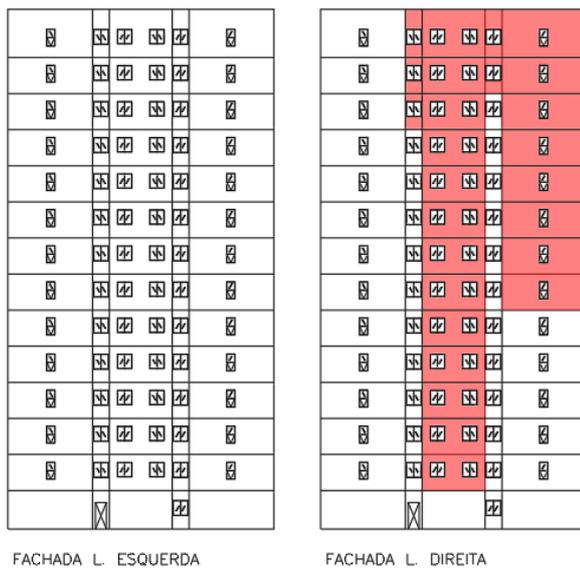


FACHADA FRONTAL

FACHADA POSTERIOR

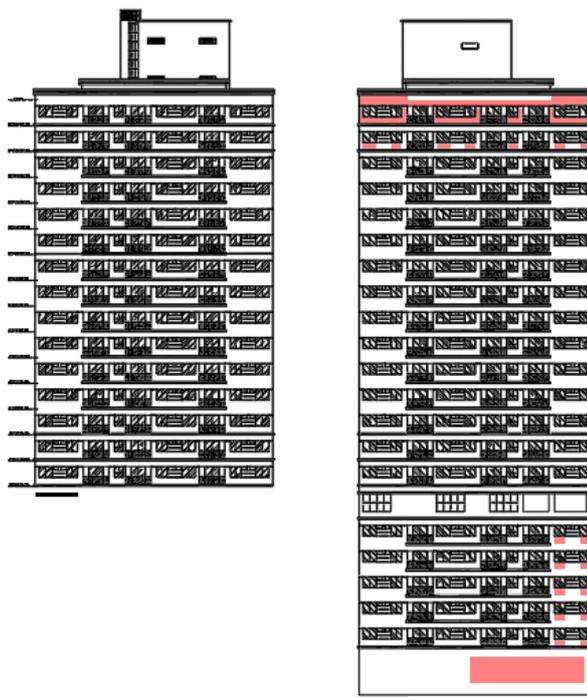
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A68: Fachada nordeste e sudoeste do Edifício E54



Fonte: Própria autora, 2023

Figura A69: Fachada noroeste e sudeste do Edifício E57



Fonte: Própria autora, 2023

Figura A70: Fachada sudoeste e nordeste do Edifício E57



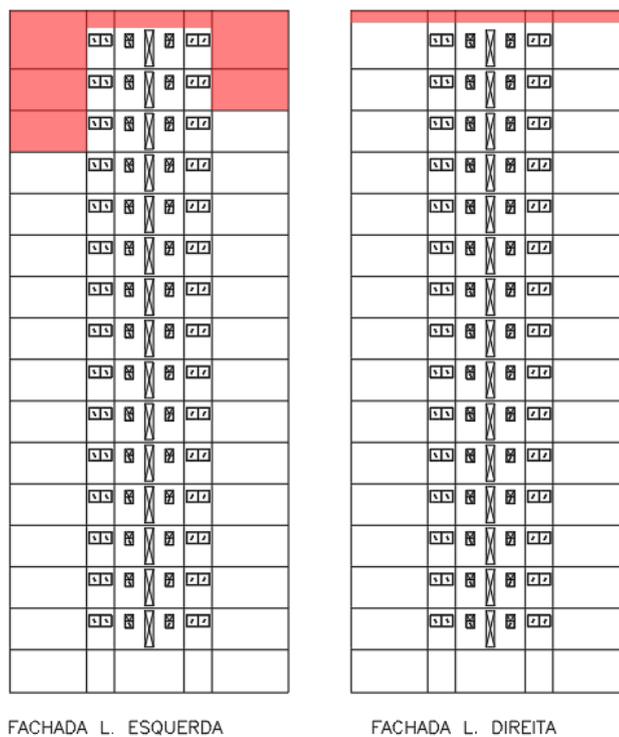
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A71: Fachada nordeste e sudoeste do Edifício E59



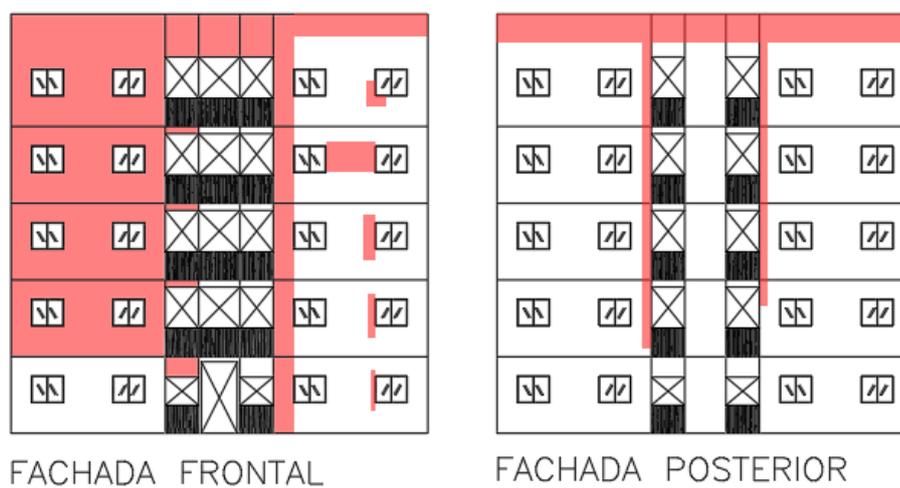
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A72: Fachada sudeste e noroeste do Edifício E59



Fonte: Própria autora, 2023

Figura A73: Fachada sudoeste e nordeste do Edifício E61



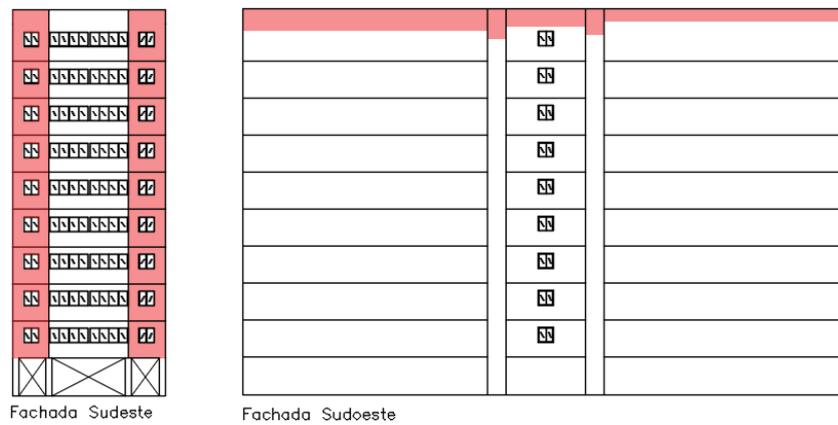
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A74: Fachada noroeste e sudeste do Edifício E61



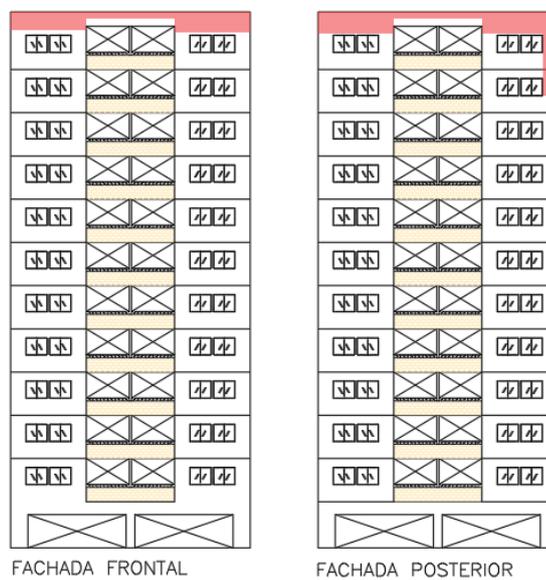
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A75: Fachada sudeste sudoeste do Edifício E62



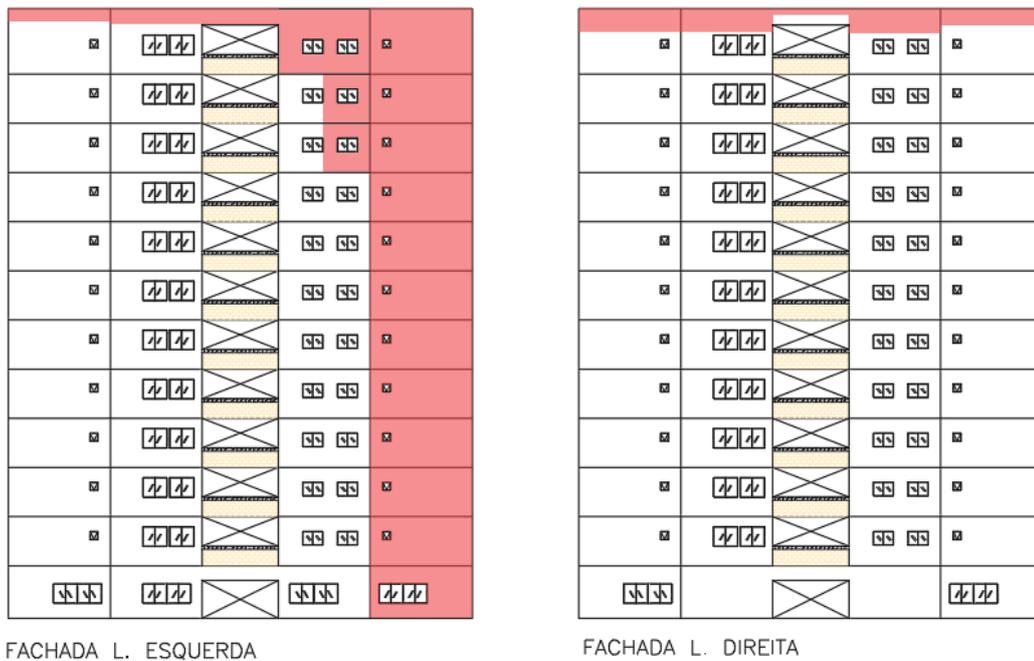
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A76: Fachada nordeste e sudoeste do Edifício E63



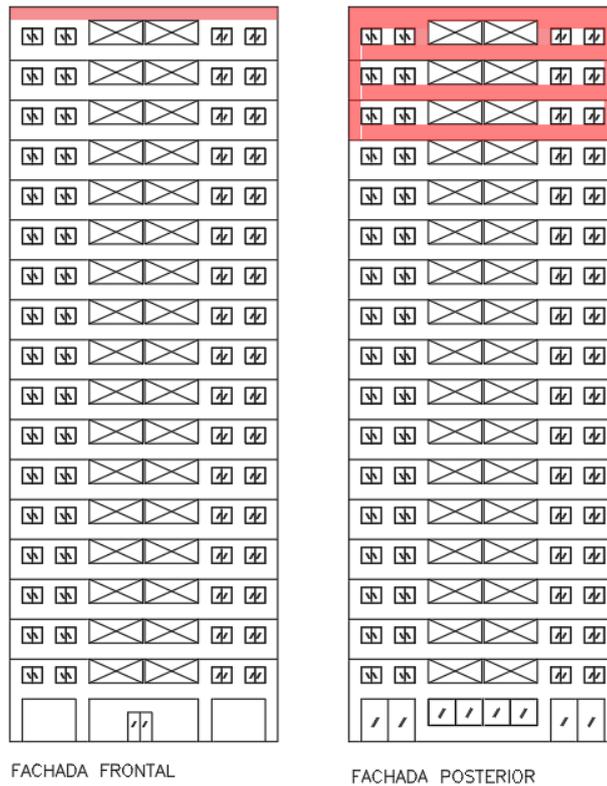
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A77: Fachada sudeste e noroeste do Edifício E63



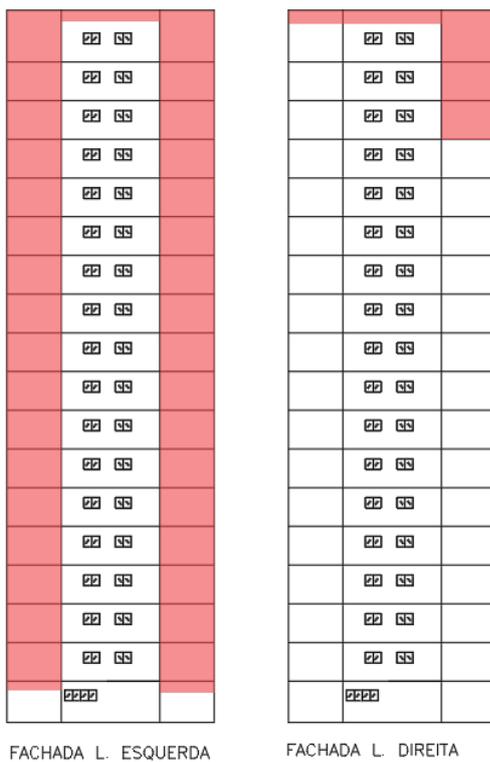
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A78: Fachada noroeste e sudeste do Edifício E64



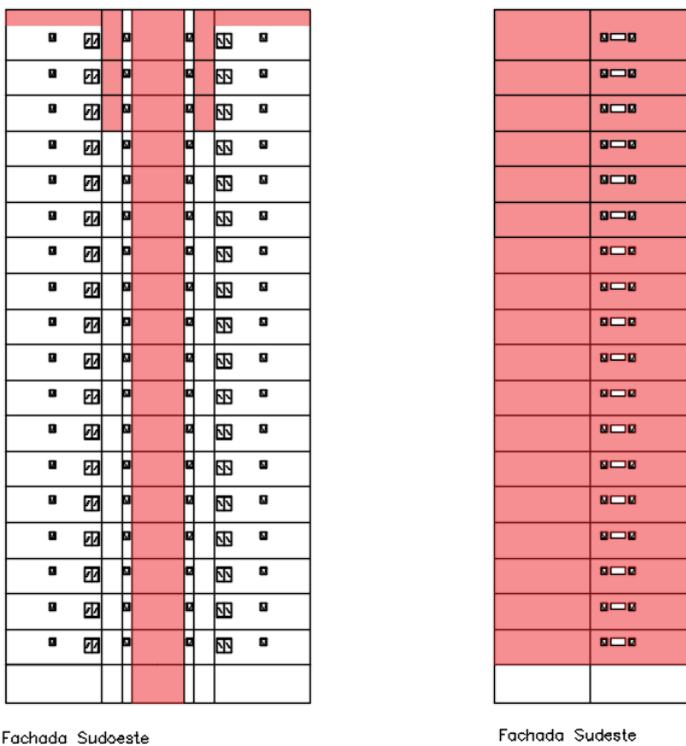
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A79: Fachada nordeste e sudoeste do Edifício E64



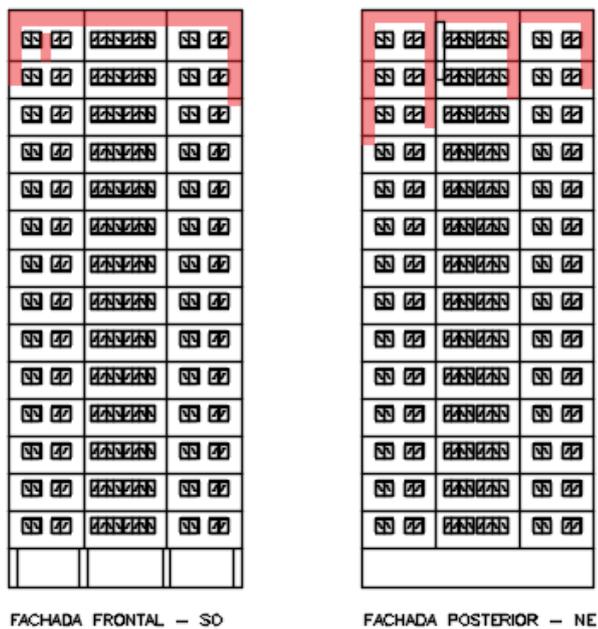
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A80: Fachada sudoeste e sudeste do Edifício E65



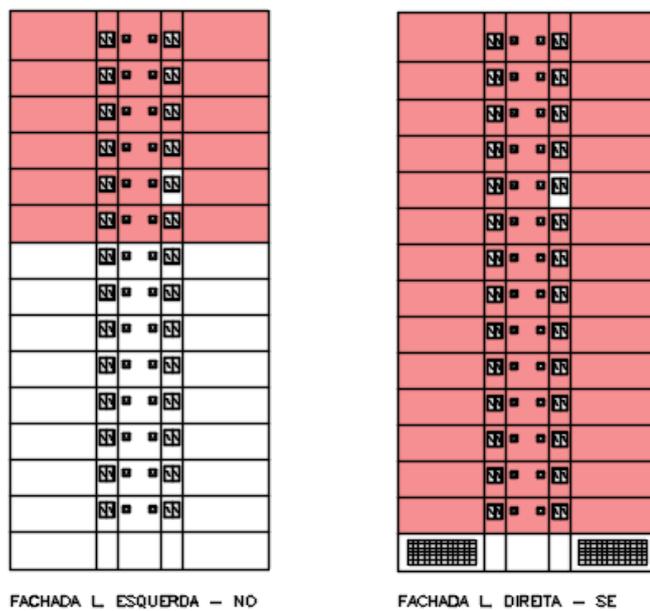
Fonte: Própria autora, 2023

Figura A81: Fachada sudoeste e nordeste do Edifício E66



Fonte: Própria autora, 2023

Figura A82: Fachada do Edifício E66



Fonte: Própria autora, 2023