



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

KEITH KALLINE DA CUNHA MOURA SANTANA

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS ARGAMASSADAS DE
EDIFÍCIOS ALTOS: ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO E INCIDÊNCIA EM FUNÇÃO DA
ALTURA – ESTUDO DE CASO**

**PALMAS
2025**

KEITH KALLINE DA CUNHA MOURA SANTANA

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS ARGAMASSADAS DE
EDIFÍCIOS ALTOS: ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO E INCIDÊNCIA EM FUNÇÃO DA
ALTURA – ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II)
apresentado como requisito parcial para à obtenção
do título de Bacharel à Coordenação do Curso
Superior de Engenharia Civil do Instituto Federal do
Tocantins- Campus Palmas.

Orientador: Moacyr Salles Neto

**PALMAS
2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

- S232m Santana, Keith Kalline da Cunha Moura
Manifestações patológicas em fachadas argamassadas de edifícios altos: Análise da distribuição e incidência em função da altura - Estudo de caso / Keith Kalline da Cunha Moura Santana. – Palmas, TO, 2025.
105 p. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2025.
- Orientador: Dr. Moacyr Salles Neto
1. Manifestações Patológicas. 2. Fachadas. 3. Inspeções. I. Salles Neto, Moacyr. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

KEITH KALLINE DA CUNHA MOURA SANTANA

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS ARGAMASSADAS DE
EDIFÍCIOS ALTOS: ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO E INCIDÊNCIA EM FUNÇÃO DA
ALTURA – ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II)
apresentado como requisito parcial para à obtenção
do título de Bacharel à Coordenação do Curso
Superior de Engenharia Civil do Instituto Federal do
Tocantins- Campus Palmas.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **MOACYR SALLES NETO**
Data: 27/08/2025 15:28:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.Dr. Moacyr Salles Neto
Orientador

Documento assinado digitalmente
 **GILSON MARAFIGA PEDROSO**
Data: 27/08/2025 15:51:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.Dr. Gilson Marafiga Pedroso

Documento assinado digitalmente
 **OCTAVIANO SIDNEI FURTADO**
Data: 27/08/2025 15:59:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.Me. Octaviano Sidnei Furtado

Ao meu amado filho Lucca (in memoriam),
sua ausência é sentida a cada dia, mas
você permanece vivo em meu coração.
Com todo meu amor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por me conceder forças para seguir e por ter permitido que esse sonho se tornasse realidade.

Agradeço a toda a minha família por todo o amor, cuidado e apoio durante essa árdua caminhada. Em especial minha mãe Maria Sirlei, que nunca mediu esforços para me ajudar e sempre acreditou em mim e no meu potencial. E meus avós Pedro e Bertulina, por incentivarem e contribuírem para a realização deste sonho.

Ao meu orientador, Prof.Dr. Moacyr Salles Neto por toda ajuda, paciência e conhecimentos partilhados, que foram essenciais para realização do trabalho.

Aos meus colegas de curso, com quem tive o prazer de compartilhar esses anos de formação, em especial, a minha amiga Annyelle, companheira de estudo e de vida, por todo o apoio e momentos compartilhados ao longo dessa jornada. E aos demais, que também contribuíram para ser uma caminhada mais leve. Com vocês, divido também a realização de nos tornamos engenheiros.

Aos demais amigos que me apoiaram constantemente durante toda minha vida.

A todos os professores do curso de Engenharia Civil do IFTO, pelos conhecimentos e experiências compartilhados ao longo da graduação.

A todos que de alguma forma, direta ou indiretamente, ajudaram para a produção desse trabalho.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

RESUMO

As fachadas de edifícios são um dos elementos mais significativos de uma construção, não apenas por definirem a estética da edificação, mas também por serem responsáveis pela sua proteção externa. A incidência de patologias em fachadas é recorrente, devido às condições agressivas às quais estão sujeitas bem como à manutenção inadequada e falhas construtivas. Diante do presente cenário, inspeções prediais se mostram uma ferramenta de grande valia no gerenciamento e acompanhamento do desempenho das edificações, visto que através da mesma poderão ser identificadas anomalias existentes no decorrer de sua vida útil. O trabalho teve como objetivo analisar a distribuição e frequência das manifestações patológicas incidentes em edifícios altos em função da altura relativa. A metodologia utilizada baseou-se na análise de levantamento de inspeções de fachadas em argamassa cimentícia de distintos edifícios altos e o mapeamento destes feitos pelo processamento das imagens obtidas por VANT's - drone. Ao final realizou-se a identificação e classificação das manifestações existentes e sua distribuição ao longo das estruturas das fachadas. O estudo apontou que as ortoimagens geradas se mostraram viável para o mapeamento das manifestações incidentes nas fachadas, entretanto os modelos gerados não possibilitam a identificação das patologias sendo necessário fazer a análise através das imagens capturadas pelos veículos autônomos não tripulados.

Palavras-chave: Fachadas. Manifestações patológicas. Argamassa cimentícia. Inspeções.

ABSTRACT

Building facades are one of the most significant elements of a building, not only because they define the aesthetics of the building, but also because they are responsible for its external protection. The incidence of pathologies in facades is recurrent, due to the aggressive conditions to which they are subjected, as well as inadequate maintenance and construction defects. Given the current scenario, building inspections prove to be a very valuable tool in the management and monitoring of the performance of buildings, since through them it is possible to identify anomalies that exist during their useful life. The study aimed to analyze the distribution and frequency of pathological manifestations that occur in tall buildings according to their relative height. The methodology used was based on the analysis of surveys of inspections of cement mortar facades of different tall buildings and their mapping made by processing images obtained by UAVs - drones. At the end, the identification and classification of existing manifestations and their distribution along the facade structures were carried out. The study showed that the orthoimages generated proved to be viable for mapping the manifestations occurring on the facades, however the models generated do not allow the identification of the pathologies, making it necessary to carry out the analysis through the images captured by the unmanned autonomous vehicles.

Keywords: Facades. Pathological manifestations. Cementitious mortar. Inspections.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Desempenhos de uma estrutura ao longo do tempo, devido a diferentes fenômenos patológicos	21
Figura 2 – Condições de exposição de uma edificação	23
Figura 3 – Organograma de manutenção de edificações.....	25
Figura 4 – Exemplo das fases progressivas de degradação	27
Figura 5 – Elementos de revestimento argamassado	30
Figura 6 – Fissuração em argamassa com elevada retração.....	35
Figura 7 – Exemplo de fissura mapeada.....	36
Figura 8 – Tipos de fissuras geométricas.....	37
Figura 9 – Descolamento de revestimento argamassado	38
Figura 10 – Bolor incidente em uma fachada	39
Figura 11 – Infiltração em vedação externa.....	41
Figura 12 – Exemplo de empolamento.....	42
Figura 13 – Sujidade em estrutura de vedação externa.....	43
Figura 14 – Ferramenta “Fluxo de trabalho” do Agisoft Metashape®	48
Figura 15 – Sequência linear de atividades	49
Figura 16 – Edifício A	51
Figura 17 – Edifício B	52
Figura 18 – Edifício C.....	53
Figura 19 – Edifício D.....	54
Figura 20 – Modelo Phantom 4 Advanced	55
Figura 21 – Modelo Mini2.....	56
Figura 22 – Fluxo de trabalho, adicionar fotos	58
Figura 23 – Referência de coordenadas	58
Figura 24 – Selecionando sistema de coordenadas.....	59
Figura 25 – Alinhamento das fotos no Agisoft Metashape®.....	59
Figura 26 – Selecionando a opção de gerar nuvem densa	60
Figura 27 – Construção da nuvem densa em qualidade ultra elevada.....	60
Figura 28 – Selecionando comando para geração de DEM.....	61
Figura 29 – Configurações para geração do modelo DEM	61
Figura 30 – Selecionando comando para geração de ortomosaico	62

Figura 31 – Configurações para geração de ortomosaico baseado no modelo DEM	62
Figura 32 – Geração de ortomosaico	63
Figura 33 – Imagens alinhadas do edifício D no programa Agisoft Metashape®	64
Figura 34 – Resultado de nuvem densa gerada do edifício D	64
Figura 35 – Modelo DEM gerado do edifício D	65
Figura 36 – Ortomosaico gerado do edifício D	65
Figura 37 – Croquis de ortomosaicos das fachadas sul, norte, oeste e leste do edifício A	66
Figura 38 – Croquis de ortomosaicos das fachadas oeste, leste, norte e sul do edifício B	67
Figura 39 – Croquis de ortomosaicos das fachadas sul, norte e leste do edifício C	67
Figura 40 – Croquis de ortomosaicos das fachadas norte, sul, leste e oeste do edifício D	68
Figura 41 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada sul do Edifício A, com auxílio do AutoCad	69
Figura 42 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada norte do Edifício A, com auxílio do AutoCad	70
Figura 43 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada oeste do Edifício A, com auxílio do AutoCad	71
Figura 44 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada leste do Edifício A, com auxílio do AutoCad	72
Figura 45 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada oeste do Edifício B, com auxílio do AutoCad	73
Figura 46 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada leste do Edifício B, com auxílio do AutoCad	74
Figura 47 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada norte do Edifício B, com auxílio do AutoCad	75
Figura 48 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada sul do Edifício B, com auxílio do AutoCad	76
Figura 49 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada sul do Edifício C, com auxílio do AutoCad	77

Figura 50 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada norte do Edifício C, com auxílio do AutoCad	78
Figura 51 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada leste do Edifício C, com auxílio do AutoCad	79
Figura 52 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada norte do Edifício D, com auxílio do AutoCad	80
Figura 53 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada sul do Edifício D, com auxílio do AutoCad	81
Figura 54 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada leste do Edifício D, com auxílio do AutoCad	82
Figura 55 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada oeste do Edifício D, com auxílio do AutoCad	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Agentes de degradação de acordo com sua natureza	27
Quadro 2 – Termos comumente utilizados em patologia das construções.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vida útil de projeto (VPU) de edificações.....	24
Tabela 2 – Gasto em manutenção de construção em países distintos.....	26
Tabela 3 – Espessuras aceitáveis de revestimentos argamassados.....	29
Tabela 4 – Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada sul do edifício A.....	83
Tabela 5 – Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada norte do edifício A.....	84
Tabela 6 – Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada oeste do edifício A.....	85
Tabela 7 – Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada leste do edifício A.....	85
Tabela 8 – Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada oeste do edifício B.....	86
Tabela 9 – Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada leste do edifício B.....	87
Tabela 10 – Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada norte do edifício B.....	87
Tabela 11 – Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada sul do edifício B.....	88
Tabela 12 – Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada sul do edifício C	89
Tabela 13 – Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada norte do edifício C	89
Tabela 14 – Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada leste do edifício C	90
Tabela 15 – Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada norte do edifício D	91
Tabela 16 – Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada sul do edifício D	91
Tabela 17 – Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada leste do edifício D	92

Tabela 18 – Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada oeste do edifício D	92
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Origem de problemas patológicos em etapas construtivas.....	32
Gráfico 2 – Manifestações patológicas do edifício A	93
Gráfico 3 – Manifestações patológicas do edifício B	94
Gráfico 4 – Manifestações patológicas do edifício C	95
Gráfico 5 – Manifestações patológicas do edifício D	95
Gráfico 6 – Ocorrência de manifestações patológicas dos edifícios A, B, C e D na região I	96
Gráfico 7 – Ocorrência de manifestações patológicas dos edifícios A, B, C e D na região II	97
Gráfico 8 – Ocorrência de manifestações patológicas dos edifícios A, B, C e D na região III	97
Gráfico 9 – Ocorrência de manifestações patológicas dos edifícios A, B, C e D na região IV.....	98
Gráfico 10 – Ocorrência de manifestações patológicas dos edifícios A, B, C e D na região V.....	98

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
VUP	Vida Útil de Projeto
RAF	Revestimentos Argamassados de Fachada
VANT	Veículo Autônomo Não Tripulado
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
SARPAS	Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	PROBLEMA DE PESQUISA	19
3	JUSTIFICATIVA	19
4	OBJETIVOS	20
	4.1 Objetivo Geral	20
	4.2 Objetivos Específicos	20
5	REVISÃO DE LITERATURA	20
	5.1 Conceitos e generalidades	20
	5.1.1 Desempenho	20
	5.1.2 Durabilidade	22
	5.1.3 Condições de exposição	22
	5.1.4 Vida útil	23
	5.1.5 Manutenção	24
	5.1.6 Agentes de degradação	26
	5.2 Revestimentos de fachadas argamassadas	28
	5.2.1 Caracterização	28
	5.2.2 Elementos de fachadas argamassadas	29
	5.2.2.1 Base ou substrato	30
	5.2.2.2 Chapisco	30
	5.2.2.3 Emboço	31
	5.2.2.4 Reboco	31
	5.3 Caracterização da patologia das construções	31
	5.4 Manifestações patológicas mais recorrentes em RAF	34
	5.4.1 Fissuras	34
	5.4.1.1 Fissuras mapeadas	35
	5.4.1.1 Fissuras geométricas	37
	5.4.2 Descolamento	38
	5.4.3 Mofo e bolor	38
	5.4.4 Infiltração	40
	5.4.5 Empolamento	41
	5.4.6 Sujidade	42

5.5	Inspeção de fachadas	44
5.5.1	VANT's	45
5.6	Ferramenta computacional	46
5.6.1	Agisoft Metashape®	47
6	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	49
6.1	Caracterização das amostras do estudo	50
6.1.1	Edifício A	50
6.1.2	Edifício B	51
6.1.3	Edifício C	52
6.1.4	Edifício D	53
6.2	Aplicação do método de inspeção utilizado – uso de VANT's	54
6.2.1	Modelo Phantom 4 Advanced	55
6.2.2	Modelo Mini2	56
6.3	Captação das imagens	57
6.4	Processamento das imagens	57
6.4.1	Agisoft Metashape®	57
6.4.2	Análise do modelo gerado	63
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES	63
7.1	Processamento das imagens – Agisoft Metashape®	63
7.2	Mapeamento das patologias	69
7.3	Frequência de ocorrência das manifestações patológicas	83
7.4	Classificação das patologias	93
7.4.1	Patologias identificadas no edifício A	93
7.4.2	Patologias identificadas no edifício B	94
7.4.3	Patologias identificadas no edifício C	94
7.4.4	Patologias identificadas no edifício D	95
7.5	Ocorrência das manifestações patológicas	96
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
9	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	100
10	REFERÊNCIAS	101

1 INTRODUÇÃO

A construção civil, de modo geral, vem apresentando um crescimento acelerado e, no decorrer de sua história dispõe da incorporação de inovações em suas técnicas construtivas. Entretanto, apesar de toda evolução a incidência de problemas patológicos ainda é algo eminente, tornando-se cada dia mais frequente.

Segundo Bolina (2019), a patologia das construções consiste na ciência que estuda os defeitos incidentes nos materiais construtivos, elementos, componentes ou na edificação como todo, em busca do diagnóstico das origens e na compreensão dos mecanismos de deflagração e de evolução do processo patológico, além de suas formas de manifestações.

As manifestações patológicas, podem ser definidas como problemas perceptíveis ou detectáveis que indicam falhas no comportamento usual ou esperado. O estudo de seu surgimento em edificações consiste em analisar a ocorrência de falhas e defeitos da variação do que se considera o equilíbrio pré-existente ou idealizado (DO CARMO, 2003). Assim, estudadas as fontes de vícios, é evitável que a ocorrência de problemas patológicos se torne algo comum nas edificações. Ainda, Nunes (2021) afirma que essas manifestações se apresentam de distintas maneiras, provocando desconforto estético, funcional e até estrutural de uma construção.

O uso de revestimento argamassado em edifícios, desenvolve-se dos primórdios da indústria da construção até os dias atuais, sendo uma prática comumente usada na construção civil. Sua preponderância pode ser atribuída ao baixo custo, versatilidade e facilidade de aplicação. Quando aplicadas em fachadas de edifícios, a argamassa pode desenvolver diversas funções, proporcionando tanto vantagens como desafios.

Por sua vez, as fachadas desempenham atribuições que são de suma importância na edificação, incluindo estética, proteção contra intempéries e controle térmico. Devido a serem responsáveis pela proteção externa da construção, incidem sobre elas agentes agressivos, de forma a propiciar o surgimento de patologias em seu revestimento, afetando diretamente na sua durabilidade e desempenho ao longo de sua vida útil.

Todavia, a NBR 15575-4 publicada em 2013, estabelece requisitos de desempenho para fachadas de edificações habitacionais com o intuito de garantir a

durabilidade das construções, evitar patologias e proporcionar condições de conforto e segurança, visando a melhoria da qualidade de obras civis.

Para Antunes (2010), é essencial a aprimoração e criação de instrumentos sistemáticos e práticas de averiguação de danos, detecção das causas prováveis e realização de diagnósticos mais exigentes para fachadas danificadas.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

As fachadas têm como uma das suas principais funcionalidades a proteção externa da edificação. A condição ambiente a qual estão sujeitas tem influência significativa em seu desempenho e durabilidade, pois interagem diretamente com os materiais utilizados na estrutura. Em consequência desta exposição ao longo do tempo, há o surgimento de anomalias.

Com o intuito de identificar esses danos e a frequência com que ocorrem, pretende-se responder a seguinte questão: “De que maneira as manifestações patológicas mais frequentes em fachadas argamassadas de edifícios altos se distribuem e qual sua correlação com a altura ou perfil do edifício?”

3 JUSTIFICATIVA

Os problemas desencadeados durante o ciclo da vida de uma estrutura podem ser diversos, causados tanto pelo envelhecimento natural dos materiais quanto por acidentes ocorridos durante seu uso (SOUZA E RIPPER, 1998). Em muitos casos, segundo Helene (1992), os problemas patológicos são evolutivos e tendem a se agravar com o passar do tempo, além de acarretarem outros problemas associados ao inicial.

Em razão dos processos de degradação da estrutura, da qualidade da execução bem como das condições a que são sujeitas, o aparecimento de manifestações patológicas em fachadas prediais é algo comum. Logo, é necessário a realização de manutenções que sanem essas alterações visto que, combatidas em período viável, ocasione em um baixo custo. Caso contrário, Gonçalves (2015) ressalta que a falta da manutenção faz com que manifestações patológicas pequenas, que teriam baixo custo de recuperação, evoluam para situações de desempenho

insatisfatório com ambientes insalubres, de deficiente aspecto estético, de possível insegurança estrutural e de alto custo de recuperação.

Dessa maneira, esse trabalho se justifica por propor o levantamento, identificação, análise e distribuição de manifestações patológicas em fachadas argamassadas fornecendo um parecer técnico dos problemas existentes nas edificações, contribuindo no aprimoramento de processos construtivos adequados e ressaltando a importância de ações de manutenção em tempo hábil.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

O objetivo principal do presente trabalho é identificar as manifestações patológicas presentes em fachadas argamassas de edifícios altos, analisar a distribuição das mesmas ao longo do perfil do edifício e quantificar a frequência em que essas patologias aparecem.

4.2 Objetivos Específicos

- Indicar as principais manifestações patológicas existentes nas fachadas;
- Classificar as patologias dada a idade da construção;
- Distribuir as manifestações patológicas em relação à altura que incidem;
- Apontar a frequência em que as anomalias aparecem.

5 REVISÃO DE LITERATURA

5.1 Conceitos e generalidades

5.1.1 Desempenho

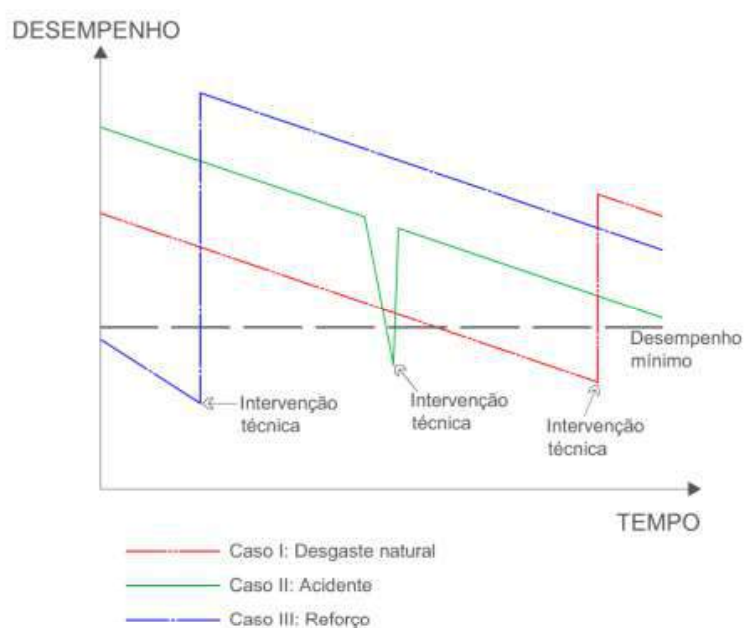
A capacidade de uma edificação atender requisitos de segurança, eficiência e conforto ao longo de sua vida útil é caracterizada como desempenho. Segundo Souza e Ripper (1998), esse mesmo pode ser influenciado por uma série de fatores, como o tipo da construção, o projeto e a execução. Além disso, alertam que ao escolher os

materiais e métodos construtivos deve se levar em consideração a intensidade que os fatores ambientais incidiram sobre a construção. Logo, um planejamento detalhado e uma análise cuidadosa dessas variáveis é essencial para garantir a eficiência da estrutura.

De maneira a garantir os cumprimentos das especificações essenciais para que uma edificação tenha qualidade no ao longo de sua vida útil, em 2013 foi publicada a NBR 15575 – Desempenho de edificações habitacionais, estabelecendo padrões mínimos de conforto, segurança e durabilidade. A norma contribui para que haja a uniformização das práticas construtivas, minimizando riscos e assegurando a longevidade das edificações, o que é crucial para a segurança e o conforto dos usuários.

No entanto, ao longo da vida de uma estrutura poderá haver diferentes fatores patológicos que afetarão o desempenho dos elementos construtivos ou a edificação como todo. A Figura 1 mostra diferentes reações estruturais ao longo da vida útil de uma construção com a ação de distintos fenômenos patológicos. A incidência destes, não quer dizer necessariamente que a obra esteja condenada, mas que será necessária uma intervenção técnica, visando a restauração de condição original.

Figura 1 – Desempenhos de uma estrutura ao longo do tempo, devido a diferentes fenômenos patológicos.



Fonte: Pellizzer (2015) adaptado apud Souza e Ripper (1998)

5.1.2 Durabilidade

Com base na NBR 15575-1 (2013), a durabilidade consiste na capacidade dos elementos ou sistemas de uma edificação de desempenhar, ao longo do tempo suas funções sob condições de uso e manutenção. Souza e Ripper (1998), ainda ressaltam que uma vez conhecidas ou estimadas as características de degradação do material e dos sistemas estruturais, a durabilidade é entendida como o parâmetro que relaciona essas características à aplicação em uma construção específica, individualizando-a por meio da avaliação de sua resposta aos efeitos da agressividade ambiental, e, assim, determinando sua vida útil.

A durabilidade de um elemento tem seu fim quando o mesmo deixa de atender as funções a quais lhe foram atribuídas. Ou seja, quando um componente de uma edificação deixa de desempenhar adequadamente as funções para as quais foi projetado, como garantir a segurança, conforto, resistência e proteção, indica que a sua durabilidade foi comprometida. Nesse sentido, o fim ocorre não necessariamente com a deterioração total do material, mas quando ele não é mais capaz de atender aos requisitos essenciais da edificação, tornando-se ineficaz ou até perigoso.

Dessa forma, faz-se necessário entender que a concepção de uma construção durável implica a adoção de um conjunto de decisões e procedimentos que garantam à estrutura e aos materiais que a compõem um desempenho satisfatório ao longo da vida útil da construção.

5.1.3 Condições de exposição

Em determinados ambientes, a estrutura pode ser impactada por ações físicas, como variações de temperatura e a presença de água, além de outros agentes químicos, como ácidos, sulfatos e cloretos. De acordo com Souza e Ripper (1998), a interação desses elementos químicos com a estrutura pode alterar suas propriedades de estado original, em função das características de seus componentes e das respostas destes às condicionantes do meio ambiente. Comprometendo assim, sua funcionalidade e impedindo que ela desempenhe as funções para as quais foi projetada inicialmente.

Quando expostos a ambientes mais agressivos, como áreas sujeitas a altas variações de temperatura, umidade elevada ou poluição, os materiais e componentes

estruturais podem ser submetidos a condições extremas que alteram seu comportamento. Diante disso, a interação entre os elementos da estrutura não se dá da mesma forma que em ambientes mais controlados, o que impacta diretamente não só sua durabilidade, mas também os fatores externos que contribuem para sua degradação. A Figura 2 mostra algumas das exposições as quais uma estrutura pode submetida, influenciando diretamente na durabilidade e vida útil.

Figura 2 – Condições de exposição de uma edificação



Fonte: Antunes (2010) apud ABCP (2002)

5.1.4 Vida útil

Segundo a NBR 15575-1 (2013), o conceito de vida útil consiste no período em que a edificação e/ou seus sistemas desempenham as atividades as quais foram projetadas com níveis estipulados pela mesma norma. Espaço de tempo esse, delimitado entre o início de operação ou uso de um elemento e o momento em que seu desempenho deixa de satisfazer os requisitos preestabelecidos pelo usuário. Souza e Ripper (1998), ressaltam que nesse intervalo as propriedades devem permanecer dentro dos limites mínimos especificados.

Ao que se refere a vida útil de projeto (VUP) esta deve especificar o valor teórico para cada um dos sistemas que o compõem, não inferior aos limites estabelecidos pelas normas, conforme descrito na Tabela 1 a seguir. Além disso, deve ser elaborada de forma que garanta a durabilidade dos sistemas.

Tabela 1 - Vida útil de projeto (VPU) de edificações

Sistema	VUP mínima anos
Estrutura	≥ 50 segundo ABNT NBR 8681-2003
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20

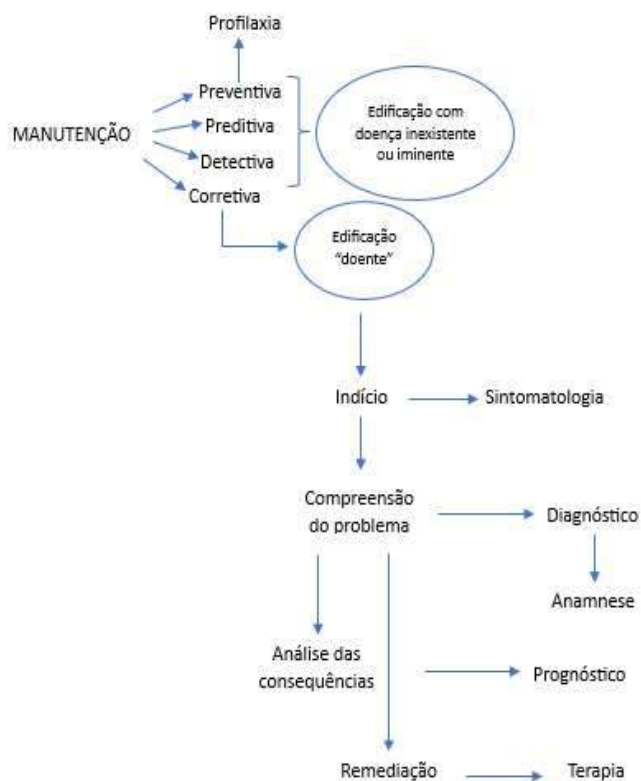
Fonte: NBR 15575 (2013)

5.1.5 Manutenção

A manutenção de uma estrutura consiste no conjunto de atividades essenciais para assegurar seu desempenho adequado ao longo do tempo, ou seja, rotinas destinadas a prolongar a vida útil da obra, de forma a garantir um custo que seja compensador (Souza e Ripper, 1998). Dessa forma, uma manutenção regular e bem planejada é fundamental para evitar falhas e danos graves, que poderiam comprometer a integridade da construção e aumentar os custos com reparos.

De acordo com a NBR 5674 (1999), uma “manutenção de edificações inclui todos os serviços realizados para prevenir ou corrigir a perda de desempenho decorrente da deterioração dos seus componentes, ou de atualizações nas necessidades dos seus usuários”. Além disso, a norma ainda acrescenta que a manutenção, “visa preservar ou recuperar as condições ambientais adequadas ao uso previsto para as edificações”. Ou seja, garantir que o ambiente interno e externo da construção continue funcional, seguro e confortável para os usuários ao longo do tempo. Dessa forma, a manutenção não apenas preserva a edificação, mas também contribui para a qualidade de vida de seus ocupantes.

Na norma NBR 5674 (2012) são estabelecidos requisitos para o sistema de manutenção em edificações e apresentados procedimentos para realização de reparos dessas estruturas. O organograma da Figura 3, expõe atividades, processos e categorias de manutenção dentro de uma edificação.

Figura 3 – Organograma de manutenção de edificações

Fonte: Adaptado de Bolina (2019)

Helene (1992) as subdividia com base em etapas construtivas e de uso. A autora expõe a manutenção preventiva como toda medida tomada com antecedência durante o tempo de uso e manutenção, podendo ser associada a um custo 5 (cinco) vezes menor quando comparada a um custo de correção de problemas. Já a corretiva, é realizada com base no diagnóstico, prognóstico, reparo e proteção de estruturas que já apresentam manifestações, podendo ser associado a um custo de 125 (cento e vinte e cinco) vezes superior ao custo de medidas efetuadas em projetos. Logo, a manutenção se faz necessária como medida preventiva, tanto por ter seu custo mais baixo quanto para evitar a propagação das manifestações patológicas. A Tabela 2 a seguir expõe gastos de alguns países em manutenções de construções.

Tabela 2 – Gasto em manutenção de construção em países distintos

País	Período de coleta da informação	Gastos com construções novas	Gastos com manutenção e reparo	Gastos totais
França	2004	85,6 bilhões de euros (52%)	89,6 bilhões de euros (48%)	165,6 bilhões de euros (100%)
Alemanha	2004	99,7 bilhões de euros (50%)	99,0 bilhões de euros (50%)	198,7 bilhões de euros (100%)
Itália	2002	58,6 bilhões de euros (43%)	76,8 bilhões de euros (57%)	135,4 bilhões de euros (100%)
Reino Unido	2004	60,7 bilhões de euros (50%)	61,2 bilhões de euros (50%)	121,9 bilhões de euros (100%)

Fonte: Bolina (2019) apud Medeiros, Andrade e Helene (2011)

5.1.6 Agentes de degradação

De acordo com o British Standards Institution, conforme citado por Bauer, Souza, Mota (2021), “a degradação é entendida como um processo em que agentes causam a deterioração de uma ou de várias propriedades dos elementos do edifício, sendo sua ação geralmente evolutiva em relação ao tempo”. Ainda afirmam que, ao abordar vida útil e durabilidade, é essencial identificar os agentes de degradação, pois eles determinam as condições de exposição às quais o elemento está sujeito.

Conforme a ISO 15686-2: 2012, agentes de degradação são fatores que comprometem o desempenho dos edifícios, impactando negativamente a eficiência do sistema. Souza (2016), relata que no estágio inicial, a degradação pode passar despercebida, mas, à medida que as anomalias se tornam visíveis, inicia-se um processo decisório complexo que equilibra a necessidade de intervenção com fatores como custo, oportunidade e dificuldade de reparo.

Ao longo do tempo, e pela ação contínua dos agentes, acompanha-se a evolução da degradação da edificação por alterações dos mecanismos iniciais causadores das anomalias como ilustrado na Figura 4. Pode-se observar que os mecanismos sofrem alterações e contribuem na intensificação da gravidade e na extensão das anomalias.

Figura 4 - Exemplo das fases progressivas de degradação.

Fonte: Bauer, Souza, Mota (2021)

Além disso, os agentes de degradação podem ser classificados de acordo com a sua natureza como apresentado no Quadro 1. Sendo capazes de desencadear deformações excessivas, fissuras em alvenarias, desagregação, pulverulência, manchas, escorrimentos e fragmentação da alvenaria.

Quadro 1 - Agentes de degradação de acordo com sua natureza

Natureza	Classe
Agentes mecânicos	Gravidade
	Esforços e deformações impostas ou restringidas
	Energia cinética
	Vibrações e ruídos
	Atritos
Agentes eletromagnéticos	Radiação
	Elettricidade
	Magnetismo
Agentes térmicos	Níveis extremos ou variações muito rápidas de temperatura
Agentes químicos	Água e solventes
	Agentes oxidantes
	Agentes redutores
	Ácidos
	Bases
	Sais
Agentes biológicos	Quimicamente neutros
	Vegetais e microrganismos
	Animais

Fonte: Souza (2016) adaptado da ASTM 632:1996 e ISO 15686-1: 2011

5.2 Revestimento de fachadas argamassadas

5.2.1 Caracterização

Segundo Silva et. al. (2013), as fachadas exercem um papel essencial no desempenho e na durabilidade do edifício, pois compõe o envoltório da edificação e estão constantemente expostas a condições climáticas intensas. Bauer, Castro e Pinheiro ainda ressaltam que o desempenho e as solicitações exercidas sobre cada camada do sistema de fachadas estão relacionados ao comportamento distinto de cada uma delas, o qual pode tanto comprometer quanto favorecer a aderência do revestimento ao substrato (apud SOUZA, 2016).

Para Vitório (2003) os revestimentos garantem a proteção da estrutura de uma edificação, por meio do cobrimento da mesma de modo a evitar danos provenientes tanto de agentes externos, como o ambiente, quanto de fatores internos resultantes do uso. Ainda afirma que, a garantia desse resguardo pelo revestimento, é dependente direto das escolhas dos materiais utilizados assim como da sua mão de obra e aplicação, ou seja, qualquer falha em uma dessas etapas resultará, futuramente, no surgimento de anomalias no acabamento da edificação.

Frequentemente os revestimentos são considerados como elementos responsáveis por proporcionar às edificações um acabamento estético. No entanto, na realidade eles têm funções mais amplas do que um visual atrativo, principalmente na parte externa das edificações.

De acordo com Baía e Sabbatini (2001), suas principais atribuições incluem:

- Proteger as vedações e a estrutura de agentes prejudicial, de forma a evitar uma degradação prematura;
- Aumentar a durabilidade e diminuir custos de manutenção;
- Auxiliar as vedações na estanqueidade à água e gases, assim como no isolamento térmico e acústico;
- Proporcionar o acabamento final, conferindo valor estético, econômico e funcional à edificação.

Logo, por serem frequentemente expostos aos agentes agressivos, tanto do ambiente externo quanto interno, demandam cuidados constantes, incluindo monitoramento contínuo e manutenções preventivas, estes são cruciais para minimizar a incidência de patologias e assegurar a longevidade do revestimento.

O uso de revestimentos argamassados em fachadas oferece uma solução eficaz e econômica para edifícios, combinando estética, funcionalidade e custo-benefício. Além disso, é essencial considerar a preparação adequada do substrato e a escolha de aditivos que melhorem a aderência e a resistência da argamassa, de maneira a contribuir na segurança e estabilidade da fachada. Especialmente em revestimentos externos como fachadas, os revestimentos devem ser capazes de resistir à poluição e às variações climáticas sem comprometer sua funcionalidade ou estética.

De acordo com a NBR 13749 (ABNT, 2013, p.2), “o revestimento de argamassa deve apresentar textura uniforme, sem imperfeições, tais como: cavidades, fissuras, manchas e eflorescência.

Ao que diz respeito ao aspecto a NBR 13749 (ABNT, 2013, p.2) informa que o revestimento de argamassa deve dispor de textura uniforme, sem imperfeições como fissuras, cavidades, pulverulências, saliências, manchas e eflorescências. A norma também rege quesitos a respeito de espessuras admissíveis como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Espessuras aceitáveis de revestimentos argamassados

Revestimento	Espessura (e) mm
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Tetos interno e externo	$e \leq 20$

Fonte: ABNT NBR 13749:2013

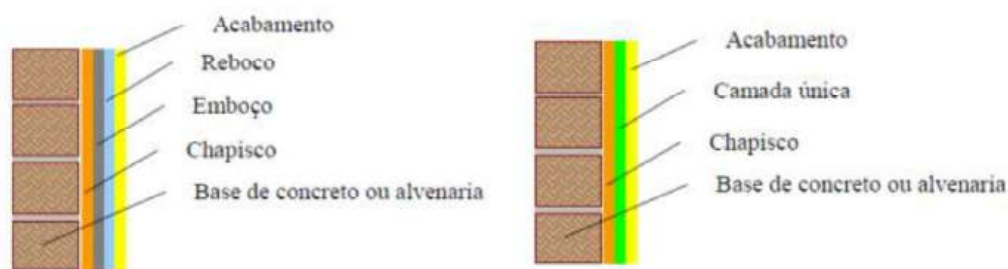
5.2.2 Elementos de fachadas argamassadas

De acordo com a ABNT NBR 13529:2013, o revestimento em argamassa consiste no cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas, constituindo um acabamento além de poder receber acabamento decorativo. Devem ser projetadas e executadas coordenadamente, garantindo a compatibilidade com a base a fim de assegurar maior qualidade.

Sabbatini (1990), ressalta que os revestimentos de argamassa podem ser de uma ou duas camadas denominadas como emboço, reboco ou massa única, conforme mostrado na Figura 5. Para os revestimentos com uma camada têm-se:

massa única (para acabamento em pintura) e emboço (como base para revestimentos). Já para os de dupla camada, são compostos por emboço e reboco e tem seu acabamento normalmente em pintura.

Figura 5 – Elementos de revestimento argamassado



Fonte: Diogo (2007)

5.2.2.1 Base ou substrato

Refere-se a superfície de suporte do revestimento de fachada, constituído por alvenaria de vedação, estrutura de concreto ou outros elementos estruturais, sendo fundamental para garantir a aderência correta e a durabilidade do revestimento externo. A qualidade e o preparo adequado dessa base são essenciais para o desempenho do sistema de revestimento fachada.

A textura do substrato, ou seja, sua rugosidade desempenha um papel fundamental no desenvolvimento da aderência. As irregularidades servem como pontos de ancoragem para a argamassa aplicada.

5.2.2.2 Chapisco

Segundo Fiorito (1994), o chapisco consiste na argamassa de areia grossa e cimento, tendo seu acabamento irregular e áspero. Não é considerado camada de revestimento, no entanto, serve de ancoragem para da próxima camada e deve dispor de boa aderência da argamassa ao substrato. Geralmente tem sua espessura média por volta de 5 mm, dependendo da granulometria da areia, entretanto não é recomendável usar medidas maiores para não resultar em uma textura com rugosidade excessiva.

5.2.2.3 Emboço

De acordo com Santos (2019), consiste na camada aplicada após o chapisco para regularização, proporcionando uma superfície homogênea para receber outras camadas, podendo ser a argamassa colante (camada de fixação) ou o próprio reboco em caso de revestimento argamassado.

A NBR 13749 (ABNT, 2013, p.1), ressalta que a execução dos emboços é realizada de acordo com o acabamento da superfície. Na seguinte configuração: “sarrafeado, no caso de aplicação posterior de reboco; desempenado ou sarrafeado, no caso de revestimento posterior com placas cerâmicas; desempenado, camurçado ou chapiscado, no caso de o emboço constituir-se em única camada de revestimento.”

5.2.2.4 Reboco

Para Terra (2001), reboco é a camada aplicada após o emboço sendo o final do revestimento argamassado, com a finalidade de cobrir imperfeições da camada anterior bem como impermeabilização contra a ação da chuva e acabamento estético. Antunes (2010) menciona que a espessura do reboco geralmente não ultrapassa 5 mm, sendo suficiente para garantir uma boa aderência e um acabamento liso ou texturizado, dependendo do tipo de aplicação.

A NBR 13749 (ABNT, 2013, p.1), pontua que “os rebocos podem ser aplicados com os seguintes tipos de acabamento na superfície: desempenado, camurçado, raspado, chapiscado, lavado, tratado com produtos químicos ou com acabamento que imita travertina”.

5.3 Caracterização da patologia das construções

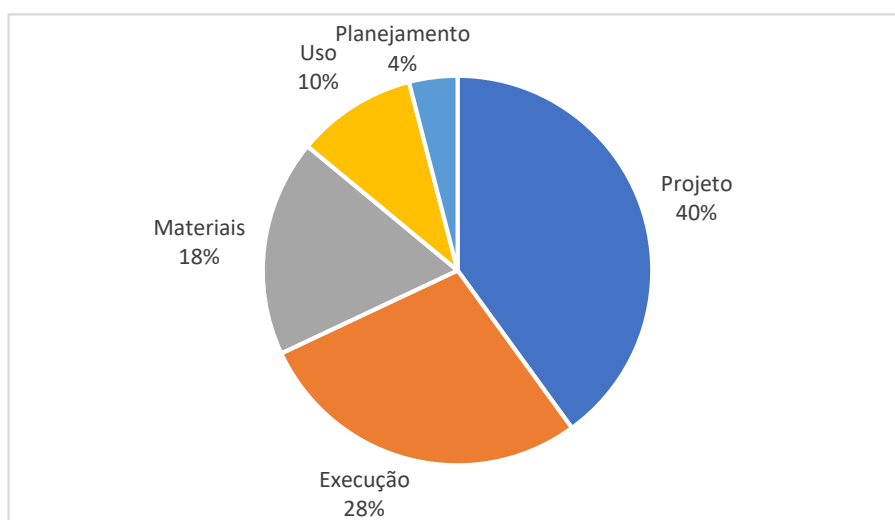
O termo patologia tem sua origem relacionada ao estudo da doença de algo ou alguém, como mostra a tradução do grego *páthos* (doença) e *logia* (estudo). No que diz respeito a construção civil, é utilizado para descrever alterações que surgem nas edificações e investigar as causas, formas de manifestação e consequências dessas mesmas.

De acordo com Bolina (2019), esses problemas nem sempre são identificados imediatamente, tão pouco interpretados de maneira clara e evidente, fazendo-se

necessária a adoção de processos e sequência de inspeções. Isto é, muitas vezes as anomalias como fissuras, infiltrações, corrosões e trincas se manifestam de maneira gradual, tornando-se visível somente após um determinado período. Além disso podem ser mais complexas do que se imagina principalmente quando há a interação entre materiais e fatores ambientais.

Estudos indicam que grande parte dos problemas patológicos em edificações tem sua origem nas fases de planejamento e projeto. Essas falhas costumam ser mais graves do que as associadas à qualidade dos materiais, uso e aos métodos construtivos adotados. Na maioria dos casos, como evidenciado no Gráfico 1 abaixo, elas são atribuídas em etapas que deveria dispor de maior detalhamento e elaboração, porém não são realizadas dessa maneira por terem seu custo mais alto.

Gráfico 1 – Origem de problemas patológicos em etapas construtivas



Fonte: Adaptado de Helene (1992)

Souza e Ripper (1998) afirmam que há a necessidade de sistematização do conhecimento na área da patologia das construções para assim, de forma efetiva, obter êxito na abordagem da problemática comportamental da construção ao longo do tempo. Segundo eles, esse tipo de sistema se subdividiria em problemas patológicos simples e complexos. No primeiro seus diagnósticos e métodos preventivos são claramente perceptíveis, já no segundo faz-se necessário uma análise individualizada e detalhada.

Para a melhor compreensão das causas e efeitos dos problemas que surgem no decorrer da vida de uma estrutura, é fundamental que se tenha conhecimento sobre

termos técnicos e conceitos empregados na patologia das construções, como expostos no Quadro 2. A utilização destes, permite um diagnostico confiável que contribui para a prevenção e correção de danos.

Quadro 2- Termos comumente utilizados em patologia das construções

Termos	Definição	Exemplo/ Aplicabilidade
Manifestações patológicas	São os problemas visíveis ou observáveis, indicativos de falhas do comportamento normal	Fissuras, trincas, manchamentos, deformações, mofo
Fenômeno	É a raiz do problema, na qual se deve focar para a solução	Corrosão, eflorescência, recalque
Inspeção	É o check-up, quando o patólogo ou médico avalia o seu paciente, aprovando a condição ou solicitando novos exames ou ensaios	Avaliar a estrutura regularmente ou quando houver um fato extraordinário de interesse
Anamnese	É o estudo dos antecedentes; nessa etapa, deve-se escutar dos usuários e pacientes o que estão sentindo	Conversa com síndico e moradores antigos, análise de projeto, verificação do estado dos prédios vizinhos
Ensaio não destrutivo	São ensaios/exames que não danificam o paciente	Esclerometria, pacometria, ultrassom
Ensaio semidestrutivo	São ensaios/exames que causam pequeno dano ao paciente	Extração de corpos de prova, pull-out
Diagnóstico	É a explicitação e o esclarecimento das origens, mecanismo, sintomas e agentes causadores do fenômeno ou problema patológico	Corrosão, eflorescência, recalque
Profilaxia	São as medidas preventivas para que o problema não ocorra	Manter cobrimento correto das armaduras, fazer uso adequado da construção, manter a pintura da fachada íntegra
Prognóstico	É a análise de progressão da enfermidade, se nada for feito para erradicá-la	Aumento de fissuração, deformação excessiva, colapso

Terapia	São as medidas para neutralizar o fenômeno, devolvendo o desempenho ou a qualidade de vida ao paciente. É o estudo das intervenções corretivas viáveis
---------	--

Fonte: Adaptado de Bolina (2019)

Pedro et al. (2002) classifica as patologias de acordo com sua origem em: congênitas (oriundas na fase de projeto, resultado de falhas no detalhamento e concepção inadequada); construtivas (originadas na fase de execução da obra, resultante da falta de mão de obra qualificada ou métodos construtivos inadequados); adquiridas (ocorrem no decorrer da vida útil da edificação, pela interação com o meio agressivo a que são expostas) e a acidentais (proveniente de um fenômeno atípico).

5.4 Manifestações patológicas mais recorrentes em RAF

5.4.1 Fissuras

Ramos (2020) caracteriza fissuras como aberturas em formas de linha com espessuras menores que 0,5 mm, resultando em uma perda parcial da uniformidade de superfícies. Para Souza e Ripper (1998) a caracterização da fissuração dependerá continuamente da origem, intensidade e magnitude da situação presente. Logo, independente da região afetada, é necessário a investigação de suas causas prováveis.

As causas de um fissuramento podem ser inúmeras, entretanto as mais comuns incluem o mau detalhamento do projeto, falhas de concepção, a agressividade do meio ambiente, os efeitos da retração, as variações de temperatura e cura inadequada do revestimento.

De acordo com Thomaz (1989), a fissuração do revestimento ocorre de maneira mais acentuada nas áreas com maior exposição à água. Ainda Cincotto (1989) acrescenta que, quando uma argamassa possui um alto teor de finos, como agregado miúdo e aglomerante, ocorre um maior consumo de água no processo de amassamento. Isso resulta em uma maior retração durante a secagem, o que pode levar ao aparecimento de fissuras no revestimento, como ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Fissuração em argamassa com elevada retração



Fonte: Carasek (2007)

Segundo Flores-Colen et. al. (2016), na as fissuras observa-se também influência da base, principalmente por concentração de esforços e deformações diferenciais entre camadas. Na fissuração os agentes são variados, desde os associados aos esforços da base até os ligados à retração e à cristalização de sais (secagem). (apud BAUER, 2021)

Quanto a sua classificação, de acordo com Vitório (2013), elas podem ser divididas em passivas e ativas. As fissuras passivas, ao atingirem sua máxima abertura, tendem a se estabilizar devido à interrupção das causas que as originaram. Por outro lado, as fissuras ativas surgem devido a ações de intensidade variável, e tem sua amplitude progressiva.

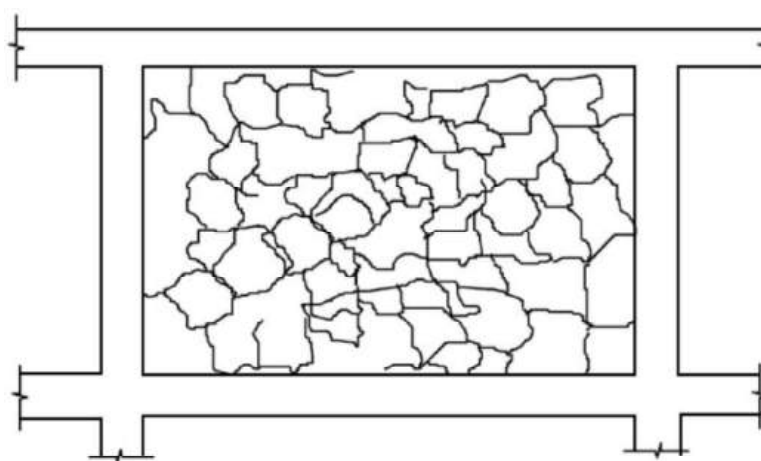
O surgimento de fissuras aponta que a estrutura está perdendo durabilidade e comprometendo sua segurança, dessa maneira impactando tanto na diminuição de sua vida útil quanto prejudicando seu desempenho e estética (CARMONA, 2005). Para Sabbatini (1990), de forma a evitar a incidência de fissuras, a argamassa de revestimento deve apresentar adequada capacidade de absorver deformações. Outras características que deverão ser observadas referem-se às condições superficiais do revestimento em relação ao acabamento especificado.

5.4.1.1 Fissuras mapeadas

As fissuras mapeadas, também conhecidas como fissuras em forma de "mapa" ou "craqueladas" como ilustrada na Figura 7, constituem uma patologia recorrente nas

edificações, caracterizadas por uma rede de fissuras finas e interligadas que se assemelham a um mosaico irregular. Segundo Silva e Ripper (2005), essas fissuras geralmente ocorrem na superfície de revestimentos argamassados ou em pinturas, sendo provocadas pela retração do material durante a secagem, variações térmicas ou movimentações da estrutura. Embora, em regra, não comprometam a estabilidade da edificação, são indicativas de falhas na execução ou na compatibilidade entre os materiais utilizados, podendo comprometer o desempenho estético e a durabilidade do sistema construtivo.

Figura 7 - Exemplo de fissura mapeada



Fonte: Ribeiro & Cardoso (2014)

Entre as principais causas das fissuras mapeadas estão a má dosagem de argamassas, a utilização de materiais com retração elevada, e a ausência de juntas de movimentação adequadas. Além disso, fatores ambientais como exposição direta ao sol, ventos intensos e ausência de cura úmida contribuem para acelerar o processo de fissuração. Em alguns casos, a patologia também pode ser desencadeada por incompatibilidade entre o substrato e o revestimento, o que gera tensões internas não absorvidas pelo sistema. A identificação precoce e o correto diagnóstico são essenciais para a definição das medidas corretivas e para evitar o agravamento da deterioração (Helene e Andrade, 1993).

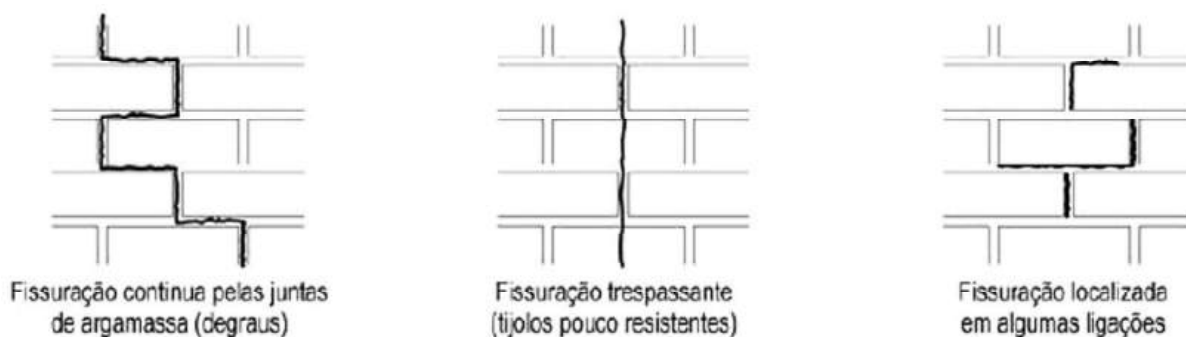
O tratamento das fissuras mapeadas deve ser realizado conforme a gravidade e extensão do dano. Em casos superficiais, a simples remoção do revestimento comprometido e sua reaplicação com argamassas adequadas e aditivos redutores de retração pode ser suficiente. Já em situações mais severas, pode ser necessário reavaliar as condições do substrato, promover a limpeza da área, a aplicação de

pontes de aderência e a inserção de juntas que permitam a movimentação natural dos materiais. Ribeiro e Cardoso (2014), relatam que a adoção de boas práticas construtivas, como o controle tecnológico dos materiais e a execução correta das etapas de cura, é fundamental para prevenir o surgimento dessa patologia.

5.4.1.2 Fissuras geométricas

De acordo com Rosa (2023), as fissuras geométricas são manifestações patológicas que ocorrem em elementos construtivos devido a incompatibilidades nas dimensões, formas e movimentos das estruturas em relação ao projeto arquitetônico e estrutural. Diferentemente das fissuras estruturais, que estão ligadas a esforços e cargas atuantes, as fissuras geométricas Figura 8, decorrem, em grande parte, de falhas no planejamento ou execução de juntas, dilatações e encontros entre materiais distintos. Elas são comuns em áreas onde há mudanças de direção, ângulos agudos ou diferenças de rigidez entre os elementos.

Figura 8 – Tipos de fissuras geométricas



Fonte: Adaptado de Rosa (2023)

No entendimento de Alves (2022), essas fissuras geralmente são superficiais, não comprometem a estabilidade da estrutura, mas podem afetar a estética, a estanqueidade e, em casos mais avançados, a durabilidade das construções. O surgimento pode estar associado à retração do concreto, variações térmicas ou ausência de juntas de dilatação adequadas. O mapeamento e o monitoramento das fissuras geométricas são fundamentais para avaliar sua evolução e definir as medidas corretivas simples, como selagens ou preenchimentos, são suficientes, ou se há necessidade de intervenções mais profundas.

5.4.2 Descolamento

A causa principal do descolamento do revestimento é dado pela falta de aderência com a base. Para TERRA (2001), essa perda acontece quando há alguma falha ou ruptura na ligação entre duas camadas conectadas do sistema de revestimento, logo o peso próprio da camada faz com que haja descolamento.

Cincotto (1989) ressalta que executar o chapisco diretamente sobre a base da estrutura é umas das medidas iniciais que se deve ter para evitar problemas de aderência. Ainda, acrescenta que outro cuidado que se deve tomar é com a espessura do revestimento, para não ultrapassar os limites requeridos em norma. Pois, não se atentando a detalhes como esse as condições de suporte e ancoragem do revestimento são diminuídas, provando descolamento como ilustrado na Figura 9.

Figura 9 – Descolamento de revestimento argamassado



Fonte: Pereira (2009) apud Bauer (2002)

5.4.3 Mofo e bolor

De acordo com Alucci et. al. (1988), “o emboloramento é uma alteração observável macroscopicamente na superfície de diferentes materiais, sendo uma consequência do desenvolvimento de microrganismos pertencentes ao grupo de fungos”. Ainda ressalta que, a evolução do bolor está relacionada à atuação de água nos elementos internos e/ou externos da edificação. Bem como a temperatura, que é outro fator relevante no surgimento de fungos, que se desenvolvem em variações de temperaturas que vão de 10 a 35°C.

Para Antunes (2010), os microrganismos responsáveis pelo mofo ou bolor se desenvolvem e se disseminam em circunstâncias climáticas favoráveis, como em ambientes com alta umidade, ventilação inadequada e/ou ambientes com mal iluminação. Groff (2007) ainda acrescenta que “o desenvolvimento destes fungos em revestimento de pintura é muito mais intenso quando apresentam trincas em sua superfície, pois o acúmulo de poeira representa uma fonte de nutrientes para proliferação da espécie”.

A cor da mancha desse emboloramento, causada pelo bolor pode variar entre preto, verde, branco, vermelho, entre outras, sendo influenciada pela própria cor do fungo. A Figura 10 retrata a incidência de bolor sobre uma fachada residencial.

Figura 10 – Bolor incidente em uma fachada



Fonte: Autoria própria (2025)

Terra (2001) sugere cuidados que devem ser tomados de forma a evitar o aparecimento de manchas em fachadas, como utilização de pinturas com baixos índices de permeabilidade, execução de pingadeiras e peitoris entre os pavimentos de forma a desviar a máxima quantidade de água que pode ser acumulada nas fachadas.

5.4.4 Infiltração

A infiltração em geral é a atuação de líquidos no interior das estruturas. “As de causas externas são normalmente afetadas pelas ações de chuva e da umidade do solo” (ZAMBONI, 2013). Segundo Freitas et. al. (2008), as infiltrações são falhas tornam possível a percolação da água por meio das fissuras ou pela absorção da água por capilaridade através das estruturas porosas.

Silva (2007) relata que em revestimentos permeáveis, as camadas devem ter uma condição mínima de permeabilidade ao vapor d'água para possibilitar a evaporação da água, consequentemente oriundas de infiltrações por fissuras. Sabbatini (1990), acrescenta que essa permeabilidade é uma propriedade recomendável em revestimentos argamassados, de maneira a auxiliar na secagem e umidade inesperado ou de infiltração.

Para Vitório (2003), a infiltração de água em fachadas pode ser agravada pela direção e intensidade da chuva e dos ventos que atuam sobre a estrutura. Ainda enfatiza, que no caso de alvenarias composta de blocos vazados, a infiltração de água pode surgir pela interação argamassa-bloco e/ou pela própria argamassa, especialmente quando se tem elevada espessura. Vale ressaltar que argamassas muito rígidas ou preparadas com excesso de água de amassamento podem apresentar fissuras, que provocam infiltrações, prejudicando a edificação tanto esteticamente quanto funcionalmente.

De acordo com o manual técnico da Vedacit (2016), a água presente no solo pode subir pelas paredes através dos capilares até cerca de um metro, causando o descascamento da pintura como ilustrado na Figura 11, surgimento de mofo e até deslocamento do reboco, consequentemente resultando em uma complicação que não se resolva com a pintura, mas sim com a análise da causa dessa manifestação.

Figura 11 – Infiltração em vedação externa



Fonte: Heerdt (2016)

5.4.5 Empolamento

De acordo com Bolina et al (2019), o empolamento é uma patologia comum na construção civil, caracterizada pelo surgimento de bolhas ou áreas elevadas na superfície de revestimentos, principalmente em pinturas, argamassas e sistemas de impermeabilização. Esta anomalia compromete não apenas a estética, mas também a durabilidade e a funcionalidade dos elementos construtivos, podendo ser um indicativo de falhas técnicas relevantes no processo de execução ou de especificação inadequada dos materiais utilizados.

No entendimento de Santos (2019), a origem do empolamento está geralmente associada à presença de umidade, seja proveniente do substrato ou do ambiente externo, combinada com a impermeabilidade da camada superficial. Quando a umidade fica retida sob o revestimento e há variações térmicas, ocorre a formação de vapor de água, que tende a se expandir e gerar pressão entre o substrato e a camada de acabamento. Esta pressão pode levar ao destacamento parcial do revestimento, formando bolhas visíveis à superfície como ilustrado na Figura 12.

Figura 12 – Exemplo de empolamento



Fonte: Alves (2022)

Além da umidade, Pellizzer (2015) aponta que outras causas frequentes de empolamento incluem a aplicação de revestimentos sobre substratos ainda úmidos, a má aderência entre as camadas, a ausência de preparação adequada da superfície, e o uso de materiais incompatíveis entre si. A aplicação de tintas ou impermeabilizantes em condições climáticas inadequadas — como em dias com alta umidade relativa do ar, temperaturas elevadas ou exposição direta ao sol — também aumenta significativamente o risco de empolamento.

A prevenção dessa patologia exige atenção às boas práticas construtivas, desde a correta escolha dos materiais até a execução conforme as normas técnicas. A NBR 13245:2011, por exemplo, estabelece critérios para a preparação das superfícies e a aplicação de tintas em edificações, contribuindo para minimizar a ocorrência de falhas. O controle da umidade do substrato, por meio de medição com higrômetros, e a utilização de sistemas de impermeabilização eficientes e compatíveis com os revestimentos aplicados são medidas fundamentais.

5.4.6 Sujidade

A respeito da sujidade (Figura 13), encontra-se em Santos (2019), que ela é uma das manifestações patológicas mais recorrentes nas edificações, caracterizando-se pelo acúmulo de partículas, poeiras, fuligem, fungos, algas ou outros contaminantes na superfície de elementos construtivos, especialmente em fachadas. Embora possa parecer apenas um problema estético à primeira vista, a sujidade pode

indicar falhas de projeto, execução ou manutenção, além de contribuir para o envelhecimento precoce dos materiais e a degradação do desempenho da edificação.

Nesse contexto, Souza (2016) explica também que a origem da sujidade está relacionada a fatores ambientais, como poluição atmosférica, umidade, proximidade de vias com tráfego intenso, atividade industrial nas imediações e condições climáticas adversas. No entanto, aspectos técnicos também influenciam diretamente sua ocorrência, como a escolha inadequada de materiais, superfícies rugosas ou porosas que facilitam a retenção de sujeira, ausência de elementos arquitetônicos de proteção (como beirais, pingadeiras e marquises).

Figura 13 – Sujidade em estrutura de vedação externa



Fonte: Santos (2019)

Para Rosa (2023), o acúmulo de sujidade pode favorecer o crescimento de microrganismos, como fungos e algas, sobretudo em áreas sombreadas e com presença constante de umidade. Esses organismos podem acelerar o processo de deterioração dos revestimentos, comprometendo a integridade da superfície e favorecendo a penetração de água e outras substâncias nocivas. Além disso, quando a sujidade ocorre de forma seletiva — por exemplo, em manchas verticais ou sob janelas e saliências —, pode indicar falhas no escoamento da água ou pontos de infiltração.

Para a prevenção da sujidade, é fundamental considerar a orientação solar, o sombreamento e a ventilação natural no projeto arquitetônico. A especificação de materiais com baixa porosidade, superfícies autolimpantes ou com tratamentos

hidrofóbicos também contribui para reduzir a aderência de partículas. A norma técnica ABNT NBR 15575 — Desempenho de Edificações Habitacionais — destaca a importância da durabilidade e da manutenção dos sistemas de vedação externa, incluindo medidas para controle da sujeidade.

Santos (2019) pontua que a manutenção preventiva, com inspeções periódicas e limpeza programada, é essencial para evitar o agravamento do problema e prolongar a vida útil das fachadas. Assim, a sujeidade, embora muitas vezes subestimada, representa uma patologia relevante no contexto da construção civil, cuja correta abordagem exige planejamento, técnica e atenção aos detalhes construtivos e ambientais.

5.5 Inspeção em fachadas

Rocha (2023) aponta em seu estudo que a inspeção em fachadas é uma atividade técnica essencial no âmbito da engenharia civil, com o objetivo de garantir a segurança, a durabilidade e o desempenho das edificações ao longo de sua vida útil. Trata-se de um processo sistemático de verificação e diagnóstico que visa identificar manifestações patológicas, degradações de materiais, falhas de execução ou manutenção inadequada que possam comprometer a integridade do sistema de vedação vertical externo.

O processo de inspeção está fundamentado em normas técnicas e legislações específicas, como a ABNT NBR 16747:2020 — *Inspeção Predial — Diretrizes, Conceitos, Terminologia e Procedimentos*, e, que tornam obrigatória a realização periódica de vistorias técnicas em fachadas de edificações com mais de cinco anos. Essas medidas buscam prevenir acidentes, como o deslocamento de revestimentos, quedas de peças ou infiltrações, que representam riscos à segurança dos usuários e transeuntes (Santos 2019).

Para Alves (2022), a inspeção em fachadas pode ser dividida em duas etapas principais: a inspeção visual e a inspeção detalhada. A primeira consiste em uma análise preliminar, realizada preferencialmente por engenheiro ou arquiteto, com observação direta das superfícies externas a partir do solo, de andares acessíveis ou com o uso de drones e câmeras. Já a inspeção detalhada exige métodos mais aprofundados, como ensaios não destrutivos (esclerometria, termografia, ultrassom),

utilização de andaimes, balancins ou técnicas de acesso por cordas, além de coleta de amostras para análise laboratorial.

Durante a vistoria, Rosa (2023) explicita que são observadas manifestações patológicas como fissuras, descolamentos, eflorescências, manchas, bolhas (empolamento), presença de vegetação e sinais de infiltração. A análise dessas ocorrências permite a elaboração de laudos técnicos que subsidiam decisões quanto à necessidade de manutenção corretiva, reforma ou reabilitação da fachada.

Nesse contexto, Santiago et al (2020) reitera que a periodicidade da inspeção deve considerar fatores como idade da edificação, condições climáticas locais, tipo de material utilizado nos revestimentos e histórico de manutenção. A ausência de inspeção periódica pode acarretar não apenas em custos elevados de recuperação, mas também em responsabilidade civil e penal para os responsáveis legais pela edificação, especialmente em casos de acidentes decorrentes da omissão.

Santiago et al (2020), ainda explica que a inspeção em fachadas se configura como uma prática imprescindível para a preservação da qualidade construtiva, valorização patrimonial e segurança do ambiente urbano, devendo ser incorporada de forma rotineira às práticas de gestão e manutenção predial.

5.5.1 VANT's

Os Veículos Autônomos Não Tripulados (VANT's), popularmente conhecidos como drones, vêm sendo cada vez mais incorporados às práticas da engenharia civil, especialmente nas áreas de mapeamento topográfico, monitoramento de obras, inspeções técnicas e planejamento urbano. Sua utilização representa uma inovação tecnológica significativa, promovendo ganhos expressivos em precisão, agilidade e segurança nas atividades de campo.

No entendimento de Santiago (2020), o emprego de VANT's na engenharia civil está fundamentado na sua capacidade de capturar imagens aéreas de alta resolução e gerar dados georreferenciados. Esses dispositivos permitem a coleta de informações detalhadas da superfície terrestre, possibilitando a geração de ortofotos, modelos digitais de terreno (MDT), modelos digitais de superfície (MDS), nuvens de pontos e mapas tridimensionais.

Dentre as principais aplicações dos VANT's destacam-se, conforme o entendimento de Rosa (2023): levantamentos topográficos em grandes áreas, com

redução significativa do tempo de execução e do custo operacional; monitoramento de obras, com registros periódicos da evolução do canteiro de obras, facilitando a fiscalização e o planejamento logístico; inspeções de estruturas, como pontes, viadutos, fachadas e coberturas, com maior segurança, especialmente em locais de difícil acesso; e gestão ambiental, por meio do monitoramento de áreas de preservação, controle de erosões e acompanhamento de impactos ambientais.

Os benefícios do uso de VANT's incluem o aumento da produtividade, a obtenção de dados com alta acurácia espacial, a minimização de riscos ocupacionais e a melhoria na tomada de decisões técnicas. No entanto, sua adoção também impõe desafios, como a necessidade de operadores capacitados e certificados, a exigência de planejamento de voo conforme as normas da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), além de limitações quanto às condições climáticas, autonomia de voo e resolução dos sensores.

5.6 Ferramenta computacional

O avanço da tecnologia digital tem proporcionado importantes transformações no campo da engenharia civil, especialmente no que se refere ao diagnóstico e à gestão de patologias construtivas. Nesse contexto, Alves (2022) pontua que o uso de ferramentas computacionais especializadas tem se consolidado como um recurso estratégico para a análise precisa, rápida e eficiente de manifestações patológicas em edificações, contribuindo para a manutenção preventiva e corretiva, bem como para o aumento da vida útil das construções.

Além disso, Rosa (2023) defende que o uso de ferramentas de Processamento Digital de Imagens (PDI) e aprendizado de máquina tem ganhado destaque na detecção automatizada de fissuras, descolamentos e eflorescências em fachadas, por meio de imagens captadas por drones ou câmeras de alta resolução.

Santiago et al (2020) pontua também que o uso eficiente dessas ferramentas requer não apenas investimentos em hardware e software, mas também capacitação técnica dos profissionais envolvidos. A interpretação correta dos dados gerados pelas simulações e análises automatizadas é essencial para que os diagnósticos sejam tecnicamente confiáveis e sirvam de base para decisões assertivas.

Dessa forma, o uso de ferramentas computacionais representa um importante avanço na engenharia diagnóstica, proporcionando maior precisão na identificação das patologias, agilidade nas inspeções, e suporte técnico qualificado para as ações de reabilitação, reforço ou substituição de elementos construtivos comprometidos.

5.6.1 Agisoft Metashape®

O desenvolvimento e a consolidação de tecnologias de geoprocessamento têm ampliado as possibilidades de aplicação de softwares de fotogrametria na engenharia civil. Nesse contexto, o Agisoft Metashape® destaca-se como uma das ferramentas mais eficazes para a geração de modelos tridimensionais e ortofotos a partir de imagens capturadas por drones ou câmeras terrestres, sendo amplamente utilizado em atividades como topografia, monitoramento de obras, análise de deformações e inspeções técnicas.

Rosa (2023) explica que o Agisoft Metashape® é um software que opera com base em fotogrametria digital e reconstrução 3D, permitindo transformar um conjunto de imagens bidimensionais sobrepostas em nuvens de pontos, modelos digitais de superfície (MDS), modelos digitais de terreno (MDT) e ortomosaicos com alta acurácia espacial. Sua interface amigável, combinada com algoritmos avançados de estrutura a partir do movimento (SfM – Structure from Motion), possibilita o processamento eficiente de dados visuais, gerando representações precisas do ambiente construído.

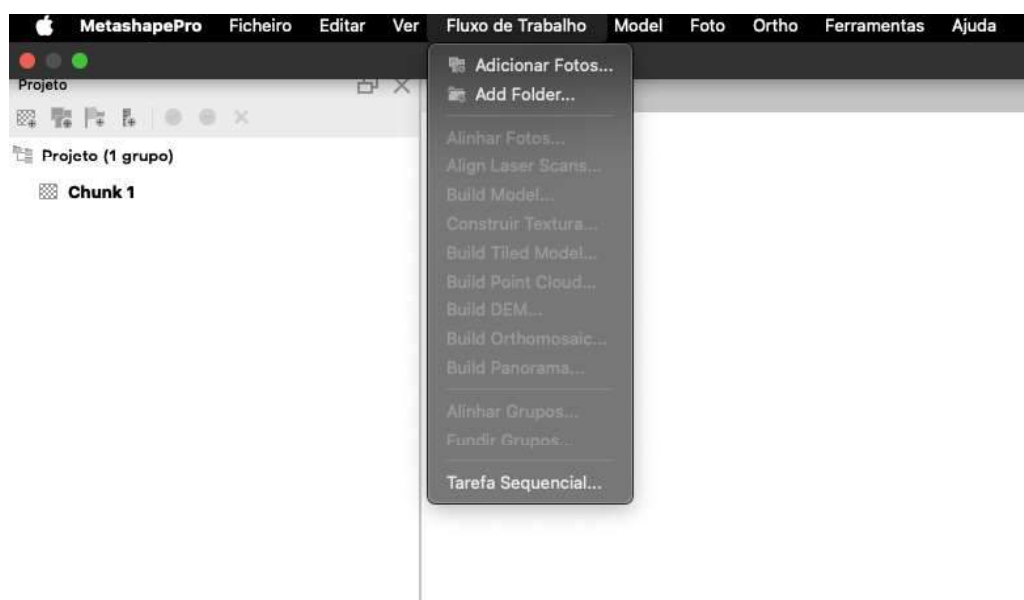
Na engenharia civil, Alves (2022) pontua que o uso do Agisoft Metashape® tem se mostrado altamente vantajoso em diferentes fases do ciclo de vida de uma obra. Durante a etapa de planejamento, permite o levantamento topográfico detalhado de terrenos extensos, com custo e tempo reduzidos em comparação com métodos tradicionais. No acompanhamento e monitoramento de obras, possibilita a geração de modelos comparativos entre diferentes períodos, favorecendo o controle de cronogramas e a detecção precoce de inconformidades. Já na fase de manutenção, auxilia na inspeção visual remota de estruturas, como fachadas, coberturas e taludes, sem a necessidade de andaimes ou intervenções invasivas.

Dessa maneira, Alves (2022), produz o entendimento que leva a compreensão de que outra aplicação relevante do software é a documentação de patologias construtivas, em que modelos 3D de alta resolução contribuem para o mapeamento e análise de fissuras, recalques e deslocamentos com precisão milimétrica.

Logo, o Agisoft Metashape® consolida-se como uma ferramenta tecnológica de alto valor agregado para a engenharia civil, promovendo maior eficiência, segurança e qualidade na coleta e interpretação de dados técnicos. Sua adoção reflete o movimento crescente de digitalização dos processos construtivos e a busca por soluções inovadoras no setor da construção.

Conforme ilustrado na Figura 14, a plataforma é composta pela ferramenta “Fluxo de Trabalho” onde se engloba as etapas para a geração do modelo. Os passos seguem a seguinte sequência: alinhamento das fotos, construção da nuvem densa, construção do modelo, modelo digital de elevação (DEM), e finalizando-se com a construção do ortomosaico.

Figura 14 – Ferramenta “Fluxo de trabalho” do Agisoft Metashape®



Fonte: Autoria própria (2025)

I. Alinhamento das fotos: consiste na primeira etapa do processamento das imagens. Nesta fase é realizado a fototriangulação, onde se estipula as coordenadas do terreno e como resultado final se têm a geração do “tie points”, que possui a função de materialização das coordenadas do terreno.

II. Construção da nuvem densa: essa etapa consiste na densificação da nuvem de pontos obtidas na fase anterior. Desta forma, o programa amplia a quantidade de pontos e diminui os espaços de vazios, resultando em um modelo mais nítido.

III. Construção do modelo: consiste na geração do modelo tridimensional, uma representação exata dos edifícios, com detalhes e precisão.

IV. Construção de textura: procedimento que visa aplicar textura ao modelo tridimensional, de forma a melhorar o aspecto visual.

V. Construção de DEM: sua geração possibilita construir curvas de nível.

VI. Construção do ortomosaico: nessa fase é realizado o processo de ortorretificação. A plataforma cria um único modelo.

6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esse capítulo está voltado a metodologia escolhida para realização do estudo. A sequência das etapas para realização do estudo está disposta na Figura 15. Este mesmo foi dividido em partes interligadas. Na primeira etapa, foi realizado o levantamento bibliográfico explorando artigos, matérias, monografias, teses de mestrado, normas, livros e boletins, visando uma contextualização para melhor compreensão do estudo posteriormente. Em seguida, foi feita a seleção do tipo de edificações que foram analisadas com base em suas características. Após isso realizou-se as etapas descritas em seguida.

Figura 15 – Sequência linear das atividades



Fonte: Autoria própria (2025)

6.1 Caracterização das amostras de estudo

Para o desenvolvimento deste estudo, foram selecionados como dados amostrais edifícios localizados na cidade de Palmas, Tocantins, os quais já haviam sido previamente inspecionados por veículos autônomos não tripulados (VANT's).

Um dos principais critérios adotados foi a similaridade quanto ao tipo de revestimento de fachada utilizado, sendo selecionados apenas edifícios com fachadas revestidas com argamassa cimentícia, uma solução comum em construções de médio e grande porte devido ao seu custo-benefício, resistência mecânica e durabilidade. Além disso, buscou-se uniformidade em relação à idade construtiva dos edifícios, estabelecendo-se um intervalo de aproximadamente cinco anos de construção, de modo a minimizar variações decorrentes do envelhecimento diferencial dos materiais.

Outro aspecto importante considerado na seleção foi o porte em altura das edificações. Os edifícios incluídos na amostra apresentavam entre 13 e 25 pavimentos tipo, o que possibilita uma análise mais equilibrada quanto às condições de exposição às intempéries e aos desafios técnicos envolvidos na inspeção por VANT's, sobretudo em relação à estabilidade do voo, captação de imagens e registro de anomalias em zonas elevadas da estrutura. Esse controle de variáveis, ao padronizar determinadas características construtivas, contribui para a obtenção de dados mais precisos e comparáveis, fortalecendo a validade dos resultados obtidos com a aplicação da metodologia de inspeção remota.

6.1.1 Edifício A

O edifício A, um dos objetos de análise neste estudo, integra um conjunto residencial composto por duas torres gêmeas, situadas em um mesmo condomínio vertical. Cada uma dessas torres é constituída por 13 (treze) pavimentos tipo, além de um pavimento subsolo, pavimento térreo com áreas comuns e acessos, cobertura duplex e casa de máquinas localizada no topo do edifício. Essa configuração totaliza 56 (cinquenta e seis) unidades habitacionais por torre, com uma área total construída de 12.046,87 m², o que evidencia a dimensão e complexidade do empreendimento.

Para os fins desta pesquisa, optou-se por utilizar apenas uma das torres como objeto de estudo. A Figura 16 ilustra visualmente o edifício analisado.

Figura 16 – Edifício A



Fonte: Autoria Própria (2025)

6.1.2 Edifício B

O edifício B ilustrado (Figura 17), apresenta uma área total construída de 8.737,73 m². A estrutura é composta por um pavimento subsolo, seguido por um pavimento térreo, um mezanino, 25 (vinte e cinco) pavimentos, além de um pavimento de lazer e um pavimento técnico. No total, a edificação possui 28 (vinte e oito) pavimentos distribuídos verticalmente, abrigando 25 apartamentos, sendo um por andar.

Figura 17 – Edifício B

Fonte: Autoria Própria (2025)

6.1.3 Edifício C

O edifício C integra um condomínio residencial composto por duas torres. Para os fins deste estudo, foi selecionada apenas uma das torres como objeto de análise. Cada torre é composta por um total de 60 (sessenta) unidades habitacionais, distribuídas de forma regular em 4 (quatro) apartamentos por pavimento tipo. A área total construída da edificação é de 26.993,34 m². A configuração inclui um pavimento subsolo, térreo, primeiro pavimento, 13 (treze) pavimentos tipo, pavimento duplex inferior e superior, além do barrilete e do reservatório. O mesmo está ilustrado na Figura 18.

Figura 18 – Edifício C

Fonte: Autoria Própria (2025)

6.1.4 Edifício D

O edifício D (Figura 19) compõe um conjunto residencial formado por duas torres verticalizadas que compartilham uma mesma base estrutural. A área total construída da edificação é de 15.695,05 m², distribuída em diferentes níveis, sendo que o pavimento subsolo e o pavimento térreo são de uso comum às duas torres

A torre utilizada na pesquisa é composta por 15 (quinze) pavimentos tipo, com 4 (quatro) apartamentos por andar, totalizando 60 (sessenta) unidades habitacionais. Essa distribuição reflete uma organização racional do espaço, garantindo equilíbrio entre densidade populacional e conforto dos moradores

Figura 19 – Edifício D



Fonte: Autoria Própria (2025)

6.2 Aplicação do método de inspeção – uso de VANT's

As inspeções técnicas das fachadas foram realizadas por meio da utilização de Veículos Autônomos Não Tripulados (VANT's), popularmente conhecidos como drones, sendo empregados dois modelos distintos, selecionados conforme as especificidades e exigências de cada edificação analisada. A escolha do modelo do equipamento considerou fatores como altura do edifício, complexidade geométrica da fachada, condições ambientais e o nível de detalhamento necessário para o levantamento de dados visuais. Essa abordagem permitiu a flexibilização da operação, otimizando a captação de imagens de alta resolução e garantindo a abrangência das áreas a serem inspecionadas.

É importante destacar que todas as operações foram conduzidas por piloto devidamente autorizado pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), em conformidade com a legislação vigente sobre o uso de aeronaves remotamente

pilotadas. Os veículos utilizados estavam devidamente registrados e regulamentados pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), assegurando que os voos cumprissem os requisitos legais e operacionais estabelecidos para a segurança do espaço aéreo.

Além disso, todos os voos foram autorizados previamente por meio do sistema SARPAS (Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas), plataforma oficial de gerenciamento de tráfego aéreo para drones no Brasil. Esse procedimento garantiu a legalidade das operações e minimizou riscos, assegurando que as inspeções fossem realizadas de forma segura, eficiente e em total conformidade com as normas regulatórias aplicáveis ao setor da aviação civil e à engenharia diagnóstica.

No estudo em questão foram utilizados dois modelos distintos de equipamento, selecionados de acordo com o porte da edificação e da necessidade a ser atendida.

6.2.1 Modelo Phantom 4 Advanced

O primeiro equipamento utilizado nas inspeções foi um drone da marca DJI, modelo Phantom 4 Advanced conforme mostra a Figura 20, amplamente reconhecido por sua confiabilidade, precisão e performance em aplicações técnicas e profissionais. Este modelo possui peso máximo de decolagem de 1,37 kg, sendo considerado um equipamento leve, porém robusto, adequado para inspeções prediais em ambientes urbanos. Conta com velocidade máxima de 72 km/h, o que permite deslocamentos rápidos entre pontos de interesse durante as operações.

Figura 20 – Modelo Phantom 4 Advanced



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Com sistema de posicionamento por satélites GPS/GLONASS, câmera com resolução de 20 megapixels, lente de 35mm com abertura variável de f/2.8 a f/11, ISO de 100 a 3200 e obturador mecânico 8-1/2000s, permitindo captação de imagens nítidas em diferentes condições de luminosidade.

A gravação de vídeos é feita em resolução 4K, com taxa de transmissão de 100 Mbps, alcance de operação é de até 7 km, e a altura máxima permitida para voo é de 500 metros. O equipamento encontra-se devidamente registrado junto à Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) para uso não recreativo, sob o número PP-060819750.

6.2.2 Modelo Mini2

O segundo equipamento utilizado nas inspeções também pertence também à marca DJI, sendo o modelo MINI 2 ilustrado na Figura 21, reconhecido por sua leveza, portabilidade e eficiência em operações de pequeno porte. Com peso máximo de decolagem de apenas 250 gramas, este drone se enquadra na categoria de equipamentos ultraleves, o que facilita sua mobilidade em ambientes urbanos densos e entre edificações próximas, sem prejuízo da qualidade das informações coletadas. Possui velocidade máxima de 57,6 km/h, adequada para deslocamentos rápidos entre diferentes pontos de observação durante as missões de inspeção.

Figura 21 – Modelo Mini2



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

O alcance de operação é de até 10 km, com altura máxima permitida de 500 metros. Este equipamento também foi devidamente registrado junto à Agência

Nacional de Aviação Civil (ANAC) para uso não recreativo, sob o número PP-068197510.

6.3 Captação das imagens

A captação das imagens foi realizada por meio dos softwares DroneDeploy® (versão 4.1.0) e Pix4D Capture® (versão 4.9.0), ambos amplamente utilizados em levantamentos fotogramétricos e inspeções técnicas, com uma resolução de solo (GSD – Ground Sample Distance) de 1,0 cm/pixel, o que permite um bom grau de detalhamento.

6.4 Processamento das imagens

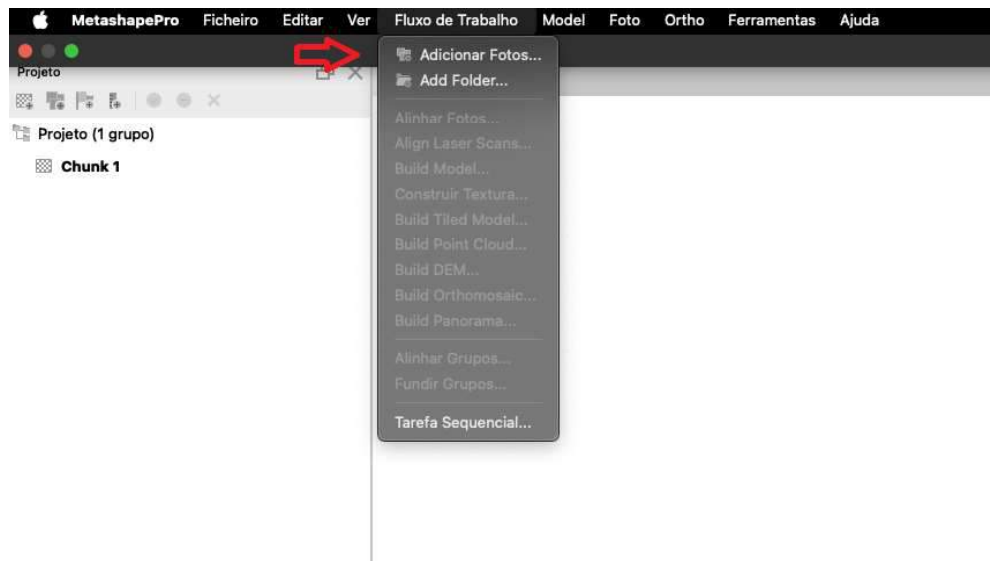
O processamento das imagens obtidas através das inspeções foi efetuado com o uso do software Agisoft Metashape®, plataforma reconhecida por sua capacidade de gerar ortomosaicos georreferenciados, modelos tridimensionais e nuvens de pontos com elevado rigor técnico, fundamentais para as análises deste estudo.

6.4.1 Agisoft Metashape®

O programa Agisoft Metashape® gerou um modelo através das capturas de imagens realizadas pelos Pix4D Capture® e DroneDeploy®, seguindo o fluxo de trabalho da ferramenta de processamento como apresentado a seguir:

- Adicionando as imagens: as fotos obtidas pelos DroneDeploy® e Pix4D® foram carregadas no espaço do fluxo de trabalho (Figura 22).

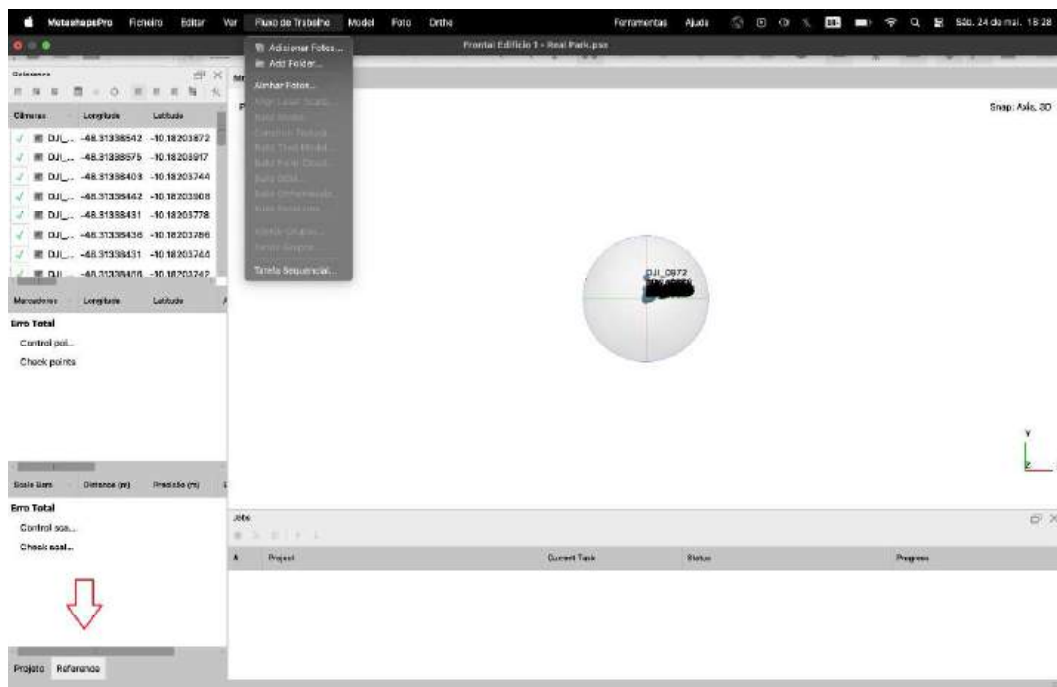
Figura 22 – Fluxo de trabalho, adicionar fotos



Fonte: Autoria própria (2025)

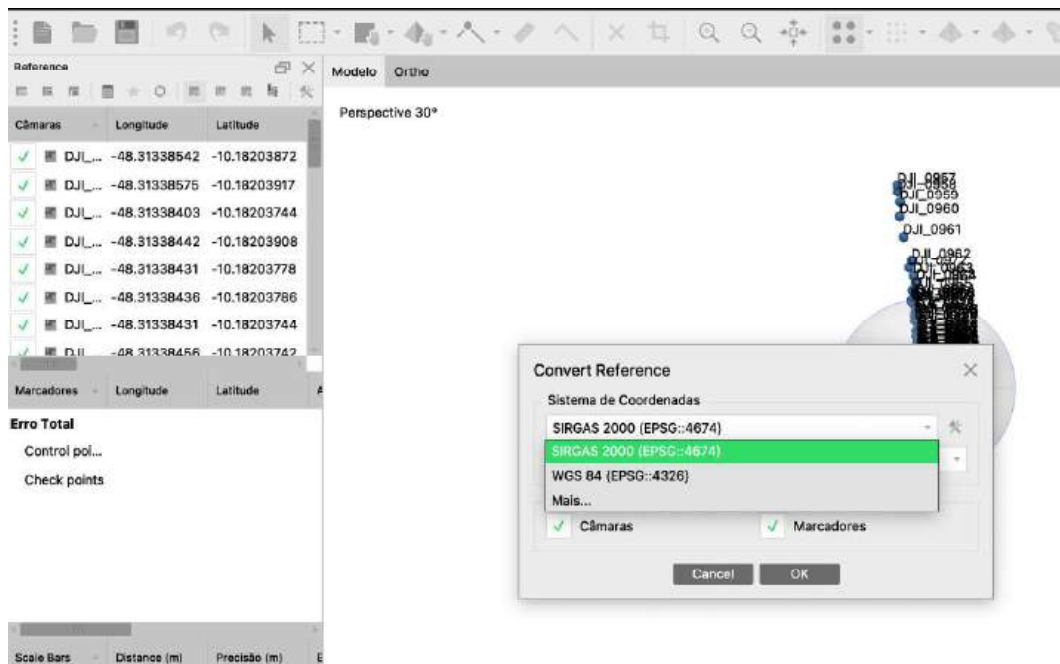
- Alinhamento das fotos: após adicionadas, o próximo passo consiste no alinhamento das imagens pelo programa, mas antes deve-se configurar a referência das coordenadas (Figura 23) e seu sistema (Figura 24) para posteriormente fazer seu alinhamento (Figura 25). Utilizou-se a configuração (elevada ou ultraelevada) precisão.

Figura 23 – Referência de coordenadas



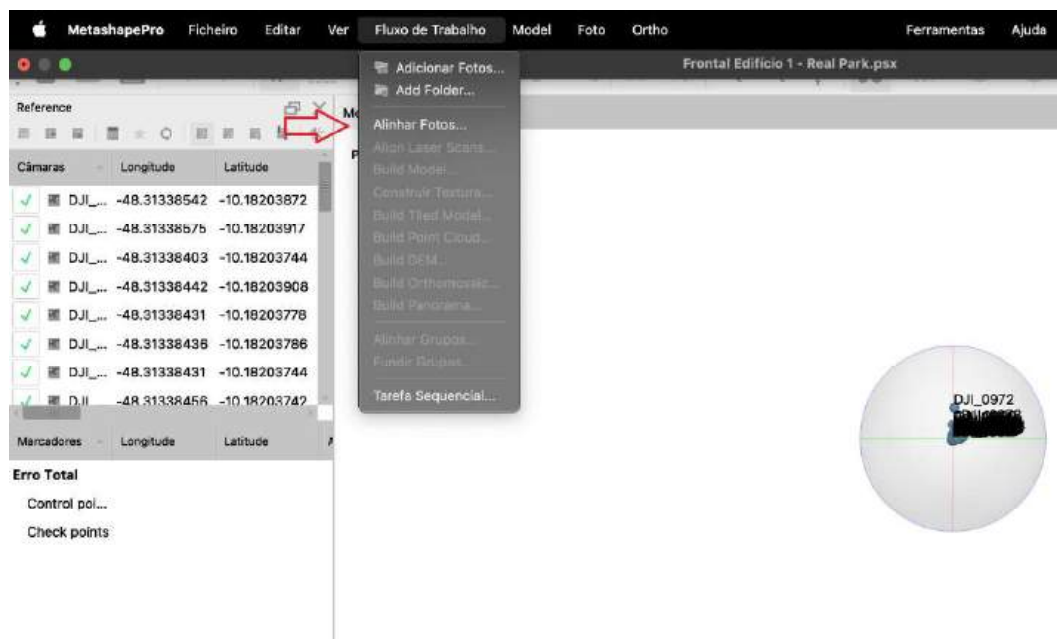
Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 24 – Selecionando sistema de coordenadas



Fonte: Autoria própria (2025)

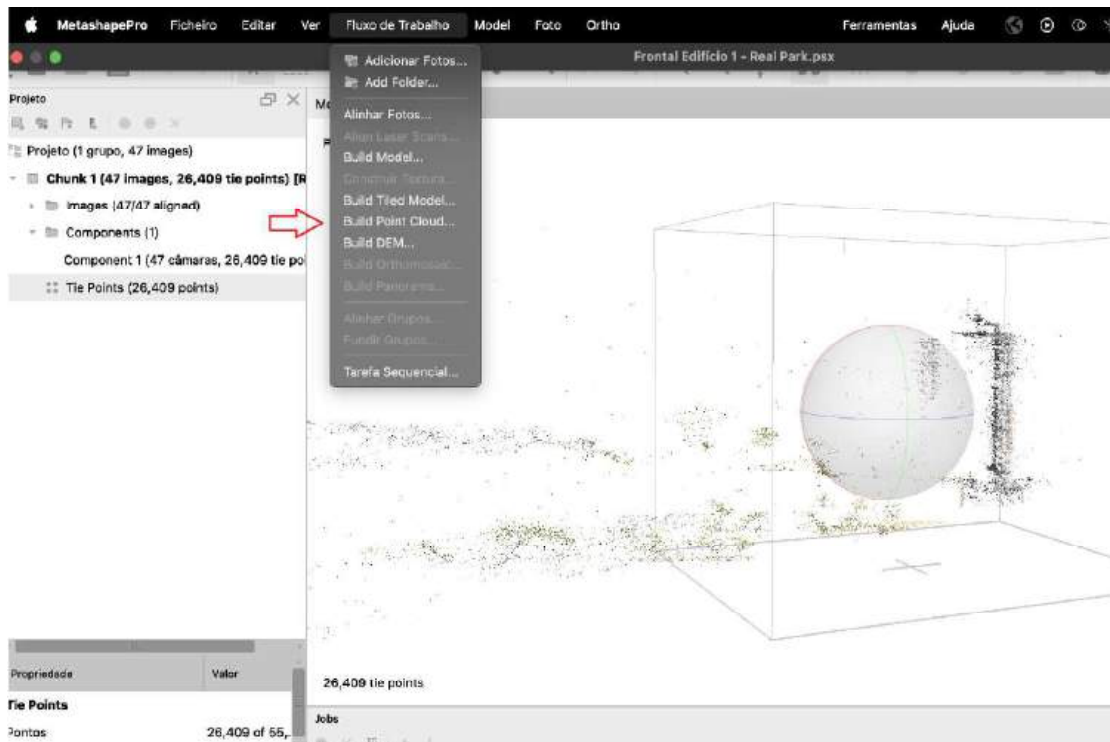
Figura 25 – Alinhamento das fotos no Agisoft Metashape®



Fonte: Autoria própria (2025)

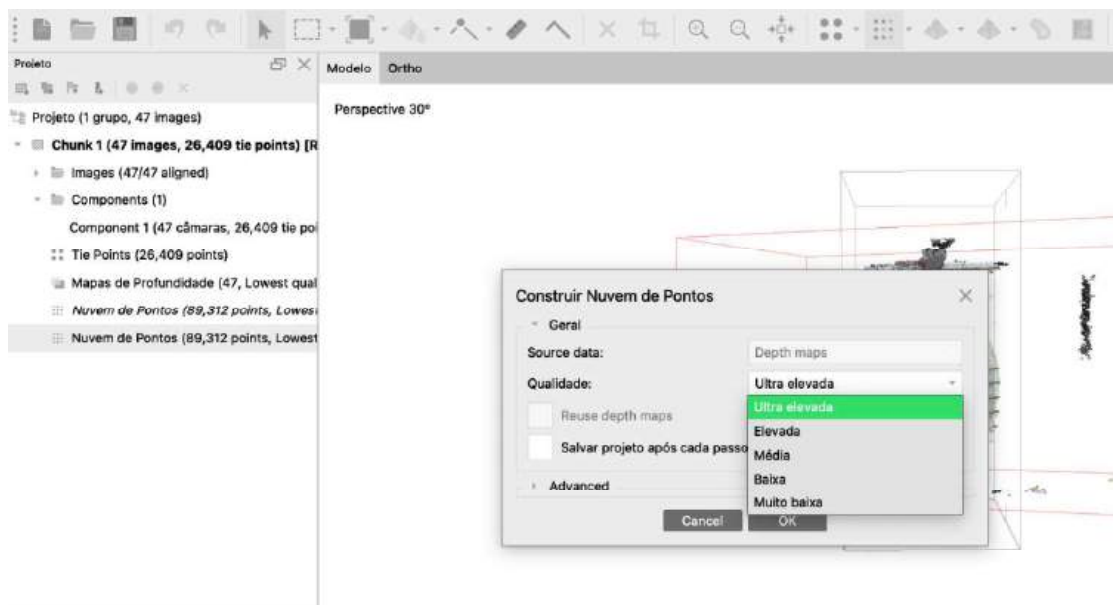
- Construção de nuvem densa: feito o alinhamento das fotos e com a construção da nuvem esparsa, foi efetuada a densificação dos pontos (Figuras 26 e 27)

Figura 26 – Selecionando a opção de gerar nuvem densa



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 27 – Construção da nuvem densa em qualidade ultra elevada

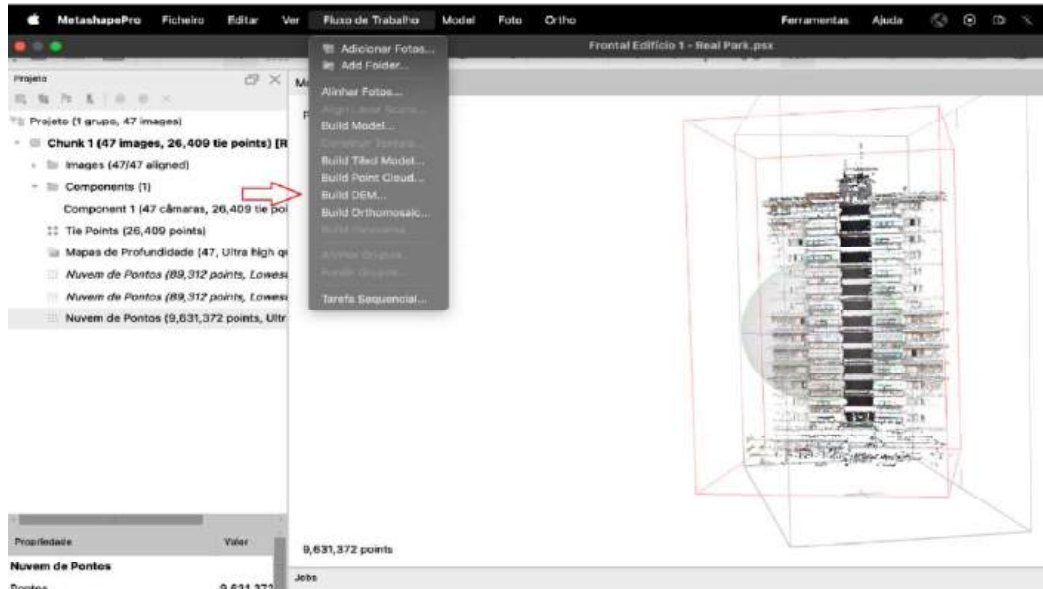


Fonte: Autoria própria (2025)

- Construção do DEM: nessa etapa o modelo melhora seu aspecto visual, conferindo textura sólida. Nas configurações da geração do DEM (Figuras 28 e 29)

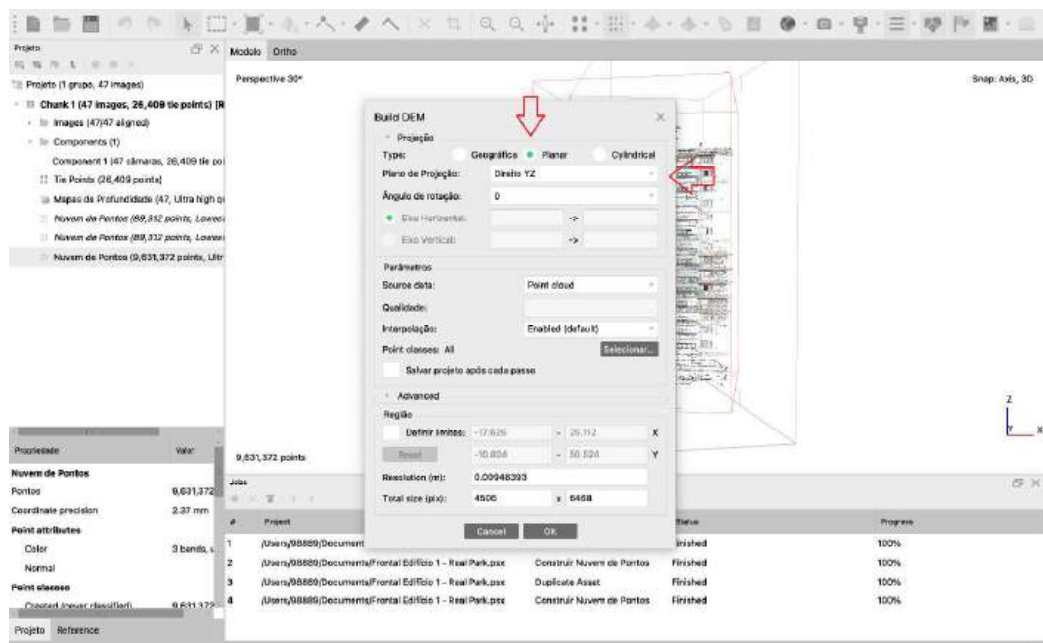
deve se atentar as coordenadas do plano em que a região da fachada está, para uma geração do plano correto.

Figura 28 – Selecionando comanda para geração de DEM



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 29 – Configurações para geração do modelo DEM

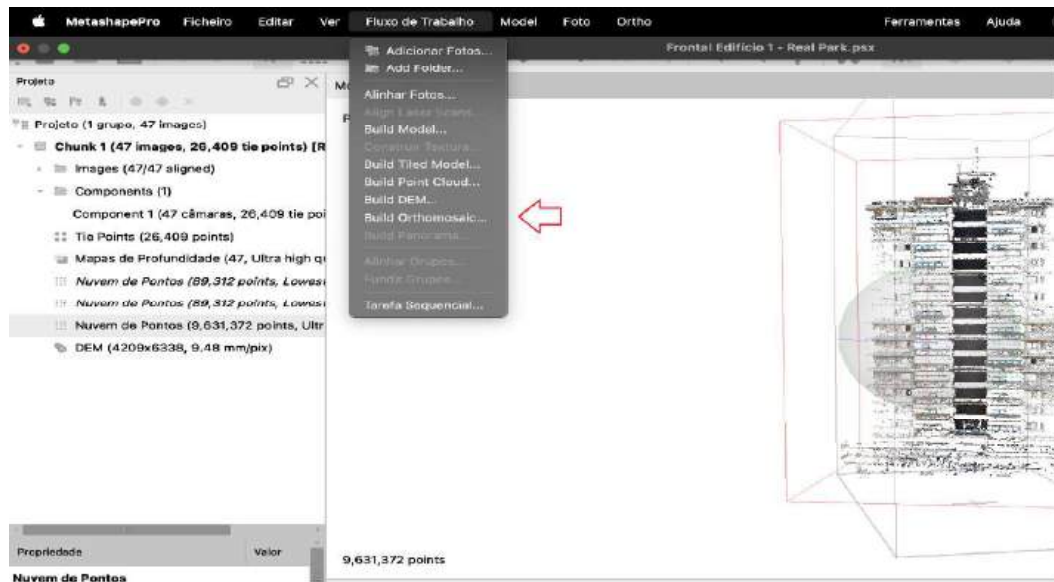


Fonte: Autoria própria (2025)

- Construção do ortomosaico: o próximo passo consiste na construção do ortomosaico (Figura 30), com a configuração planar para todas as fachadas geradas.

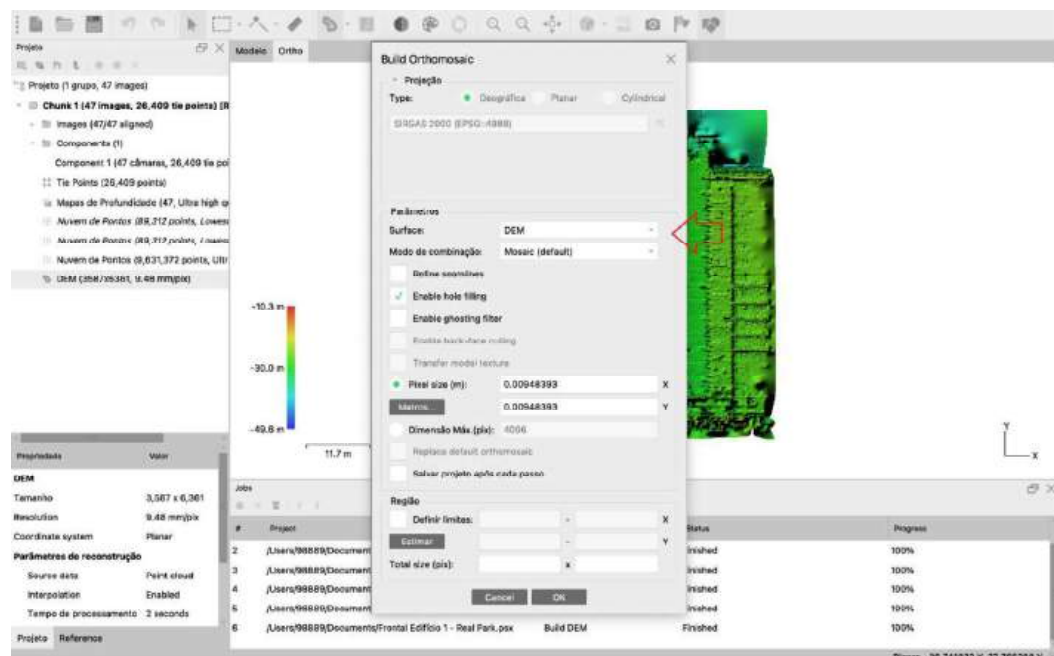
Onde a seleção dos planos de projeção deve seguir do modelo DEM (Figuras 31 e 32).

Figura 30 – Selecionando comando para geração de ortomosaico



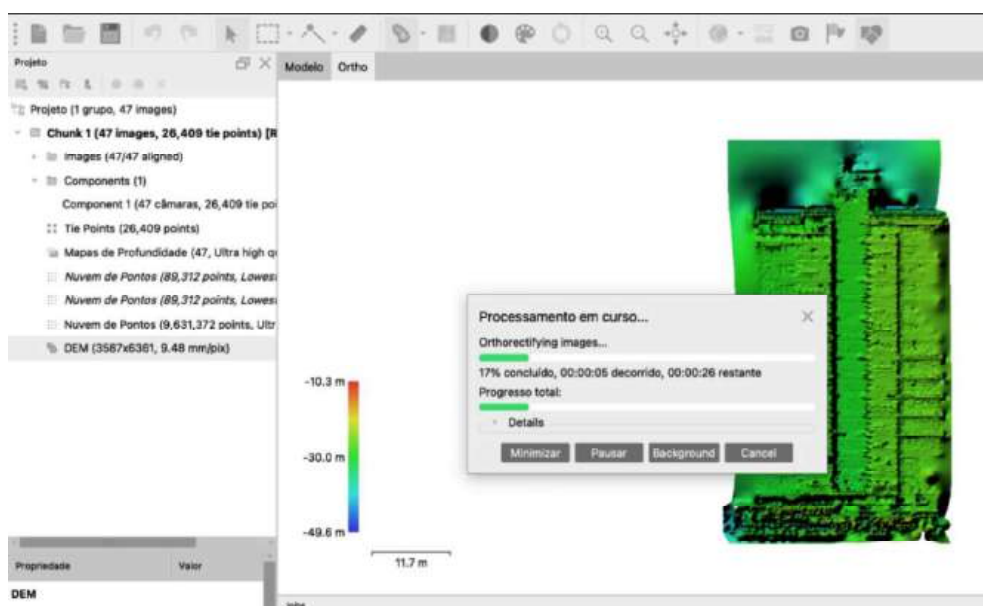
Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 31 – Configurações para geração de ortomosaico baseado no modelo DEM



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 32 – Geração de ortomosaico



Fonte: Autoria própria (2025)

6.1.2 Análise do modelo gerado

Após o processamento das imagens, obteve-se os modelos de ortoimagens georreferenciadas das fachadas para se ter uma melhor visualização da distribuição e região onde incide as anomalias. Entretanto, observou-se fatores como qualidade dos modelos gerados e precisão. Desta forma foi realizado a análise das fachadas por meio das imagens originais capturadas, e o mapeamento foi feito nos modelos gerados pelo processamento da ferramenta Agisoft Metashape®.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

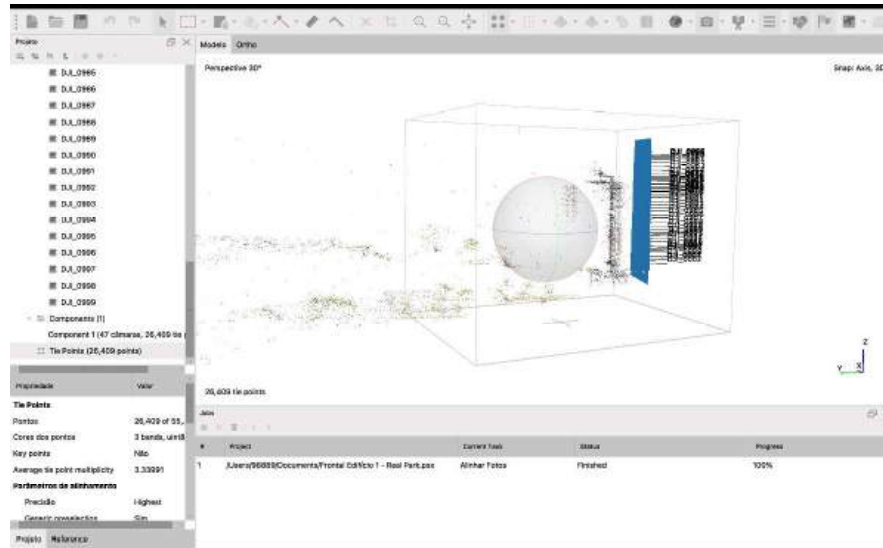
7.1 Processamento das imagens – Agisoft Metashape®

O processamento das fotos foi realizado conforme já foi mencionado. Para uma visualização de resultados de passo a passo do processamento adotou-se os resultados obtidos do edifício D, aos demais foi apresentado o resultado final dos modelos gerados dos edifícios A, B e C. A sequência das etapas de processamento dos dados da amostra D obteve como resultado os itens a seguir:

- ✓ Alinhamento das fotos: dada ao grau de precisão adotado, a estrutura da nuvem esparsa gerou diversos pontos espaçados (Figura 33), devido a existência

de inúmeros fatores ao redor da edificação como nuvens e paisagismo. Logo, foi necessário a limpeza do entorno da estrutura para melhor visualização dos objetos de estudo.

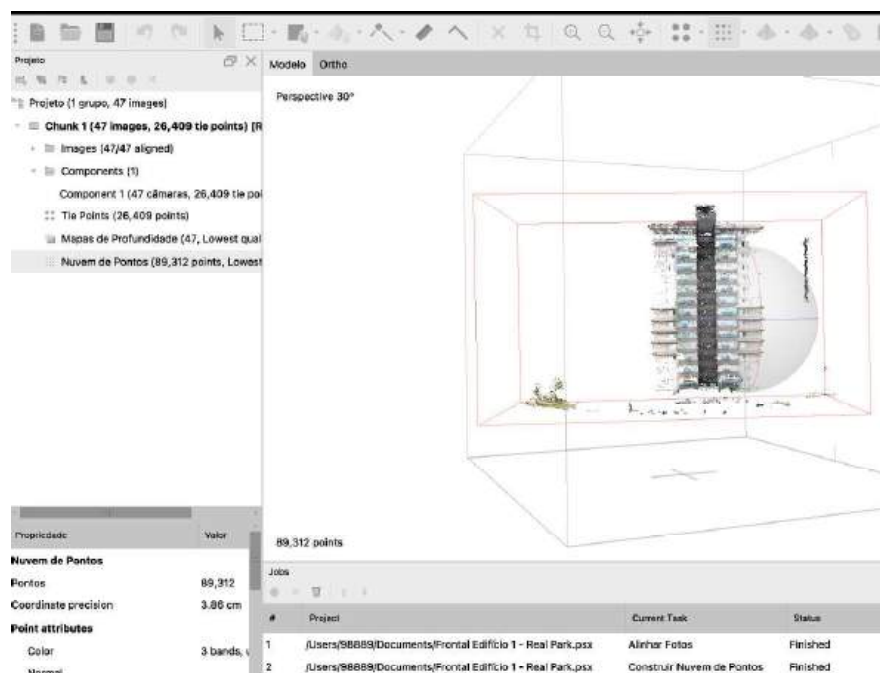
Figura 33 – Imagens alinhadas do edifício D no programa Agisoft Metashape®



Fonte: Autoria própria (2025)

✓ Construção de nuvem densa: após a limpeza da interface, resultou-se no modelo ilustrado na Figura 34.

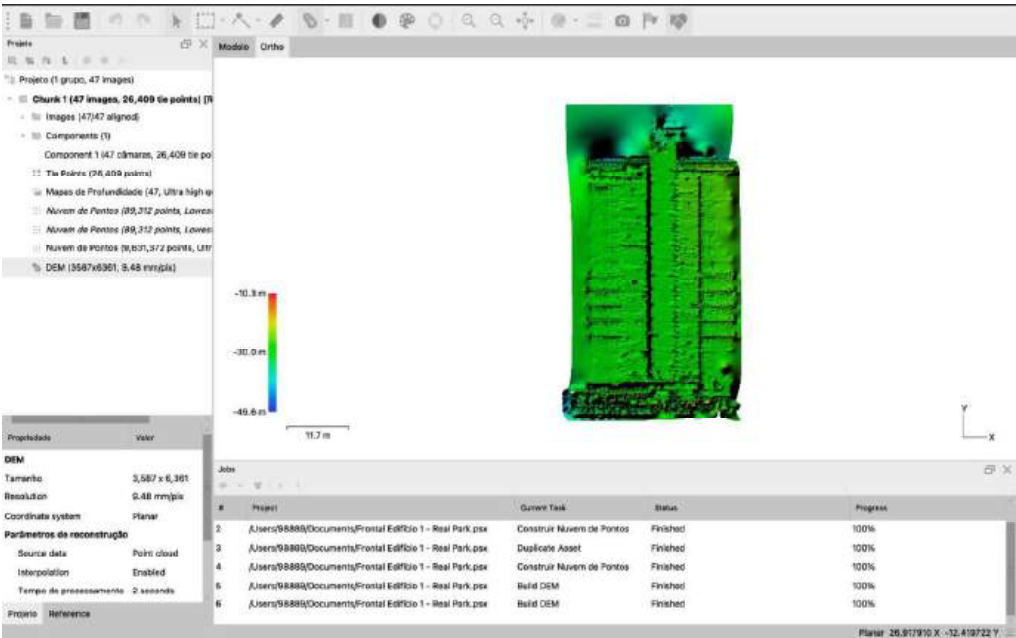
Figura 34 – Resultado de nuvem densa gerada do edifício D



Fonte: Autoria própria (2025)

✓ Construção do DEM: o modelo gerado com textura foi ilustrado na Figura 35.

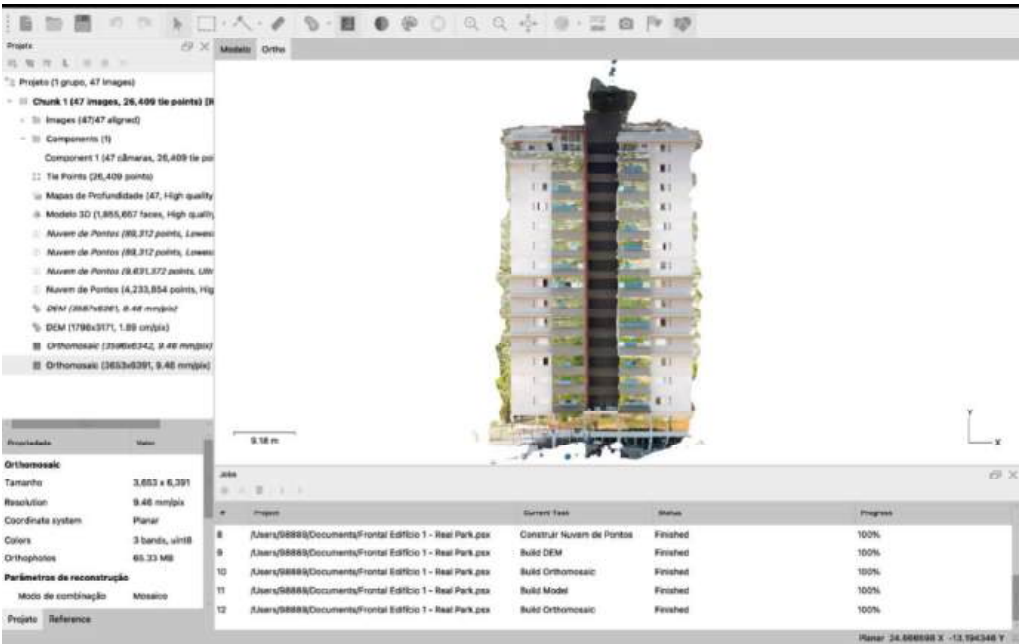
Figura 35 – Modelo DEM gerado do edifício D



Fonte: Autoria própria (2025)

✓ Geração de ortomosaico: na geração do ortomosaico obteve-se o modelo como ilustrado na Figura 36.

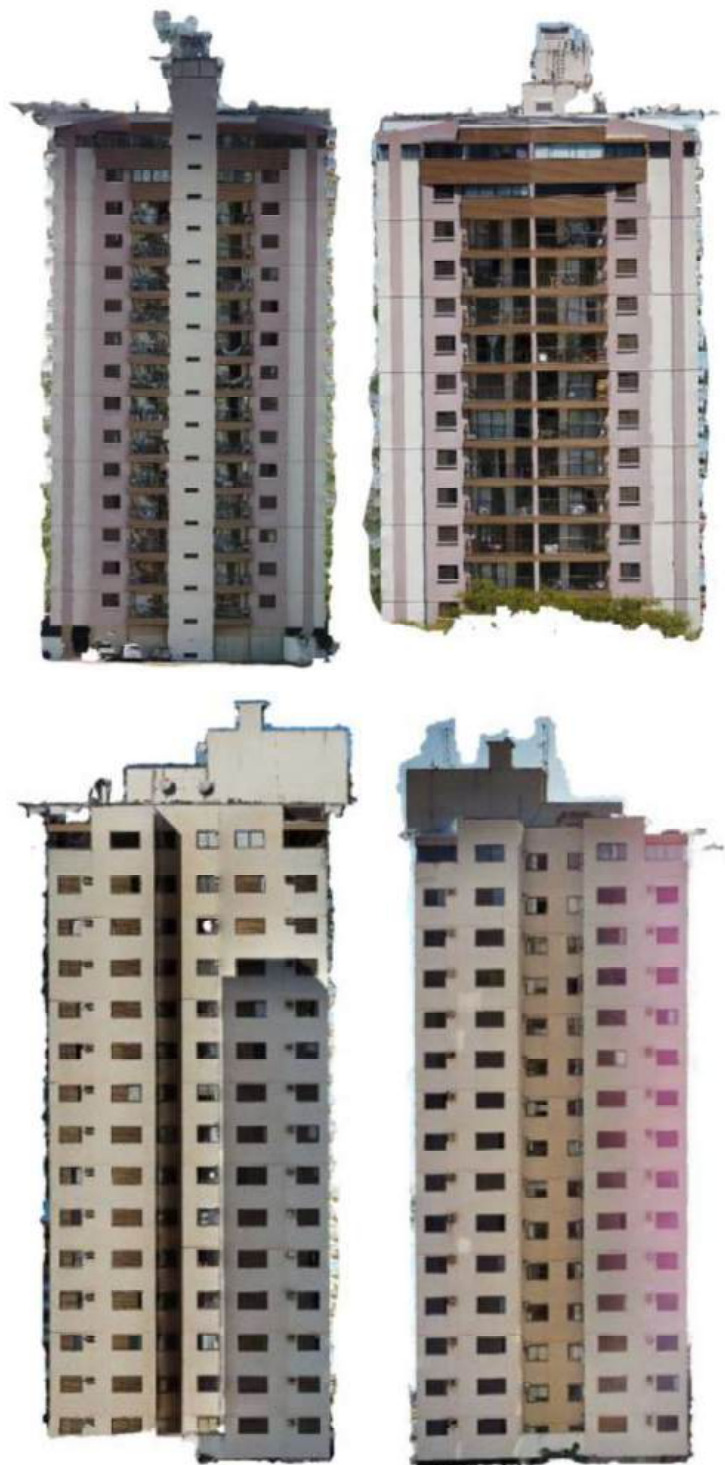
Figura 36 – Ortomosaico gerado do edifício D



Fonte: Autoria própria (2025)

Após fazer o processamento das imagens das fachadas frontais, posteriores e laterais de cada edifício amostral, obteve-se os modelos ilustrados nas Figuras 37 a 40.

Figura 37 – Croquis de ortomosaicos das fachadas sul, norte, oeste e leste do edifício A



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 38– Croquis de ortomosaicos das fachadas oeste, leste, norte e sul do edifício B



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 39 – Croquis de ortomosaicos das fachadas sul, norte e leste do edifício C



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 40 – Croquis de ortomosaicos das fachadas norte, sul, leste e oeste do edifício D



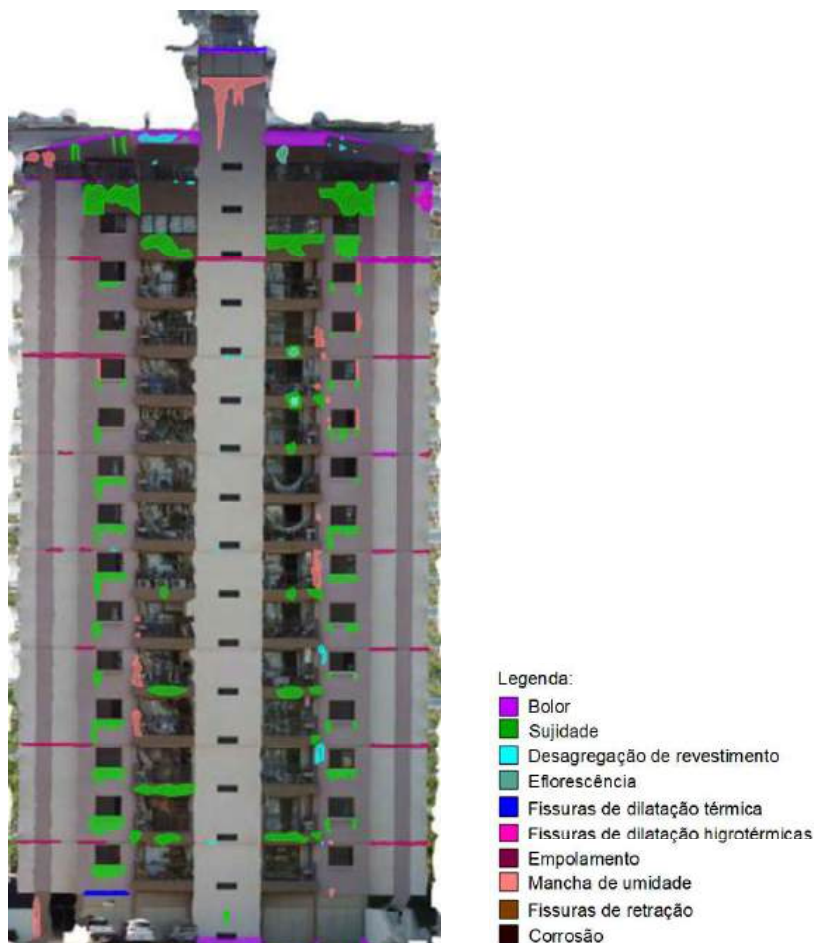
Fonte: Autoria própria (2025)

Ao analisar os modelos finais gerados observou-se que as ortoimagens das fachadas dispuseram de algumas distorções nas extremidades devido ao programa fazer um apanhado de todos os elementos contidos nas imagens adicionadas, sem distinção do objeto de estudo aos demais elementos do entorno. Logo a identificação das manifestações patológicas não é tão fácil de se fazer, no entanto como o uso do software de processamento de imagens era fazer o croqui das fachadas para posteriormente fazer o mapeamento das patologias, não houve problema.

7.2 Mapeamento das patologias

Obtidos os croquis das ortoimagens georreferenciadas pelo software Agisoft Metashape® e com o auxílio do autocad, as manifestações patológicas presentes nas fachadas foram mapeadas de acordo com a legenda ilustrada ao lado das imagens.

Figura 41 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada sul do Edifício A, com auxílio do Auto-Cad



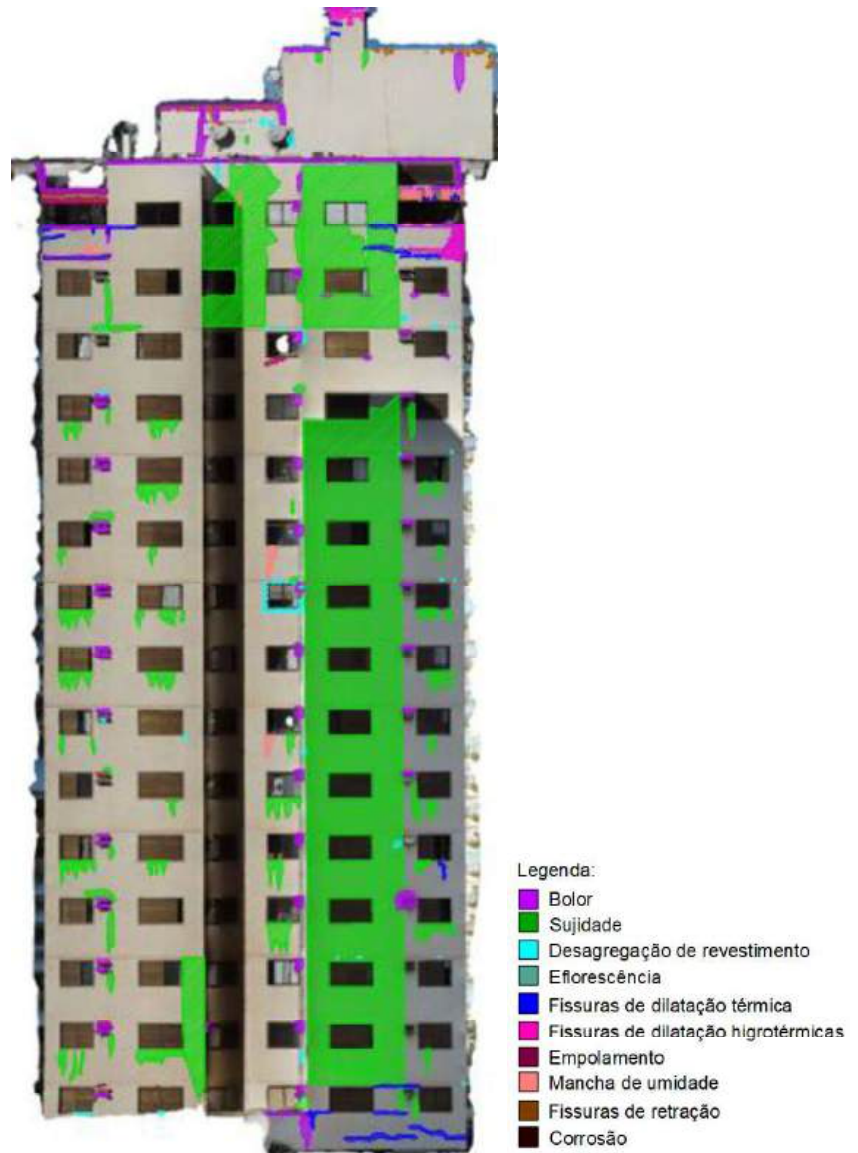
Fonte: Autoria Própria (2025)

Figura 42 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada norte do Edifício A, com auxílio do Auto-Cad



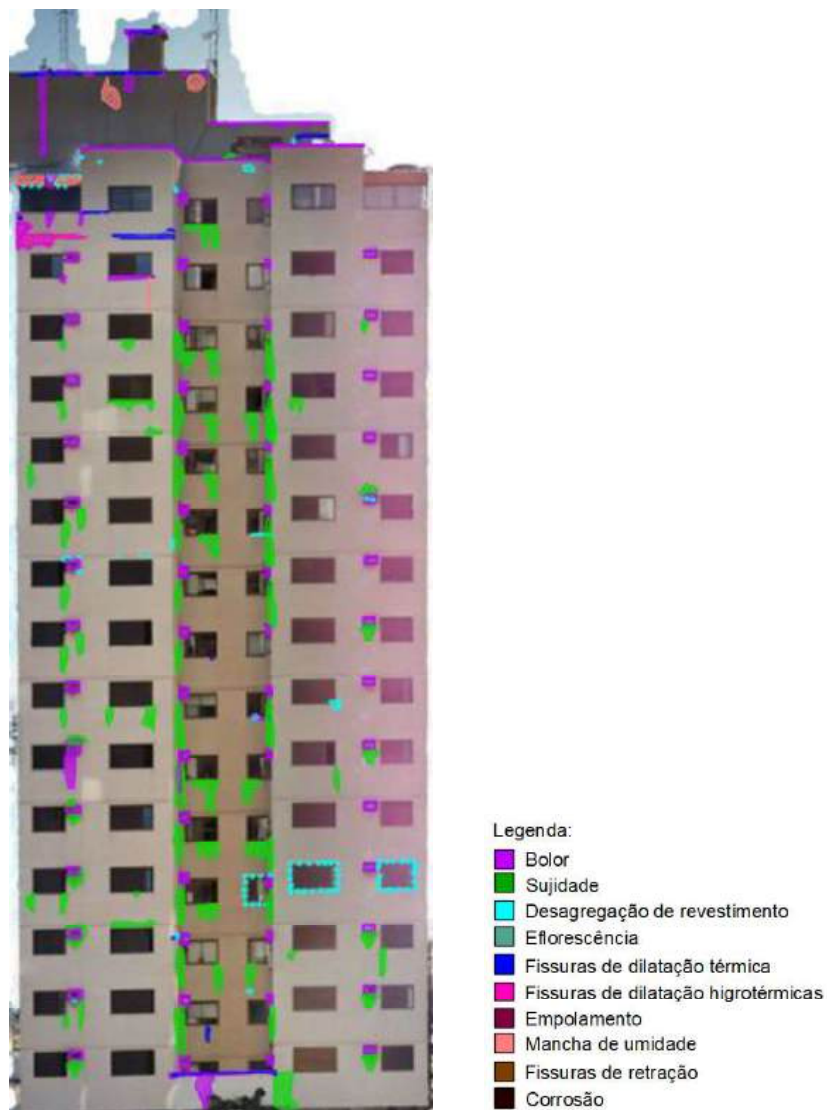
Fonte: Autoria Própria (2025)

Figura 43 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada oeste do Edifício A, com auxílio do Auto-Cad



Fonte: Autoria Própria (2025)

Figura 44 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada leste do Edifício A, com auxílio do Auto-Cad



Fonte: Autoria Própria (2025)

Figura 45 – Mapeamento das manifestações patológicas na fachada oeste do Edifício B, com auxílio do Auto-Cad



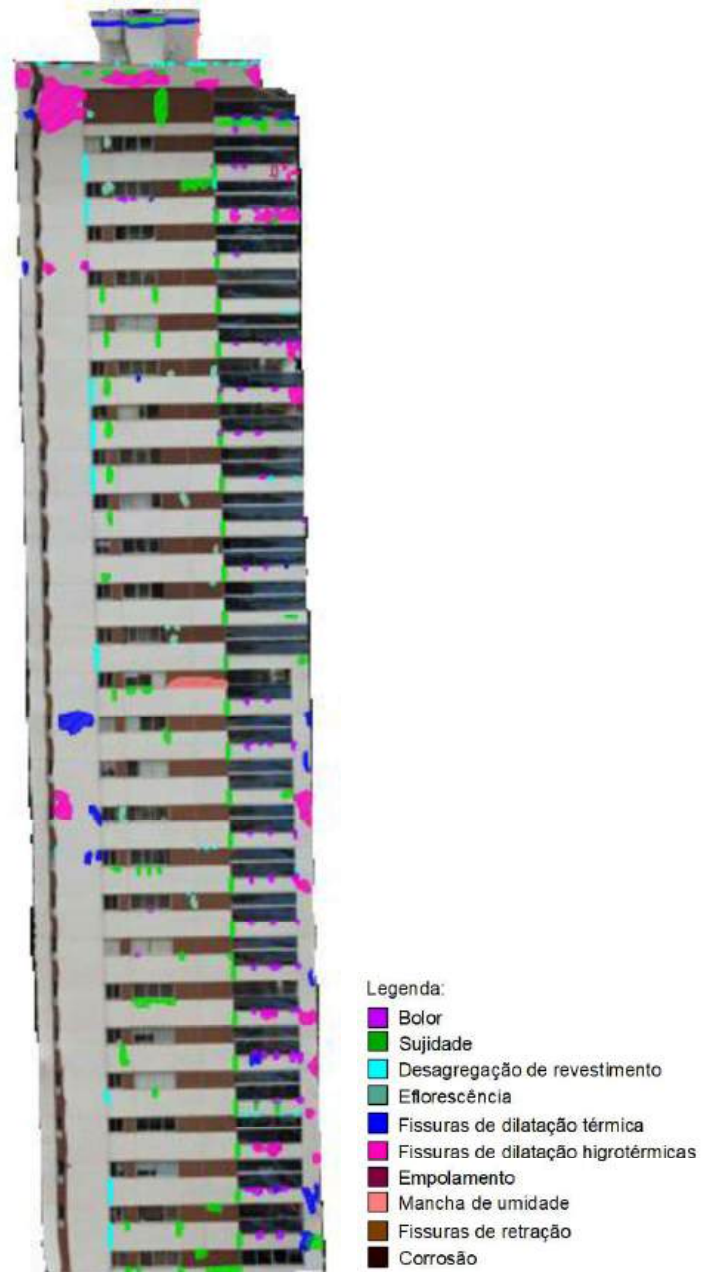
Fonte: Autoria Própria (2025)

Figura 46 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada leste do Edifício B, com auxílio do Auto-Cad



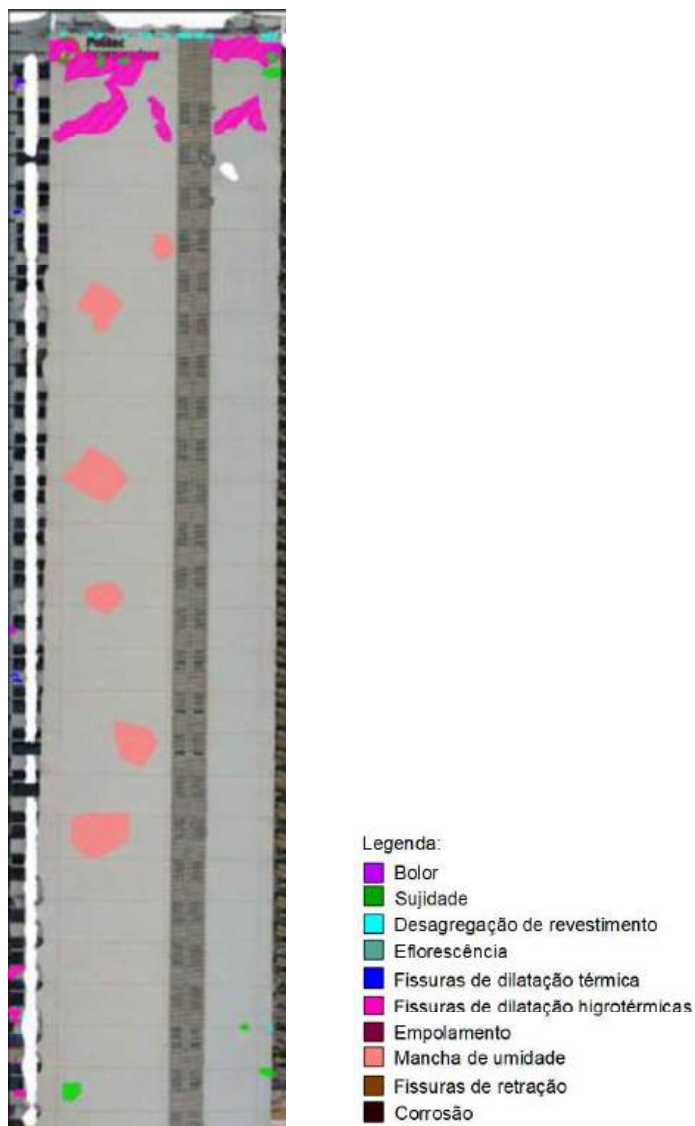
Fonte: Autoria Própria (2025)

Figura 47 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada norte do Edifício B, com auxílio do Auto-Cad



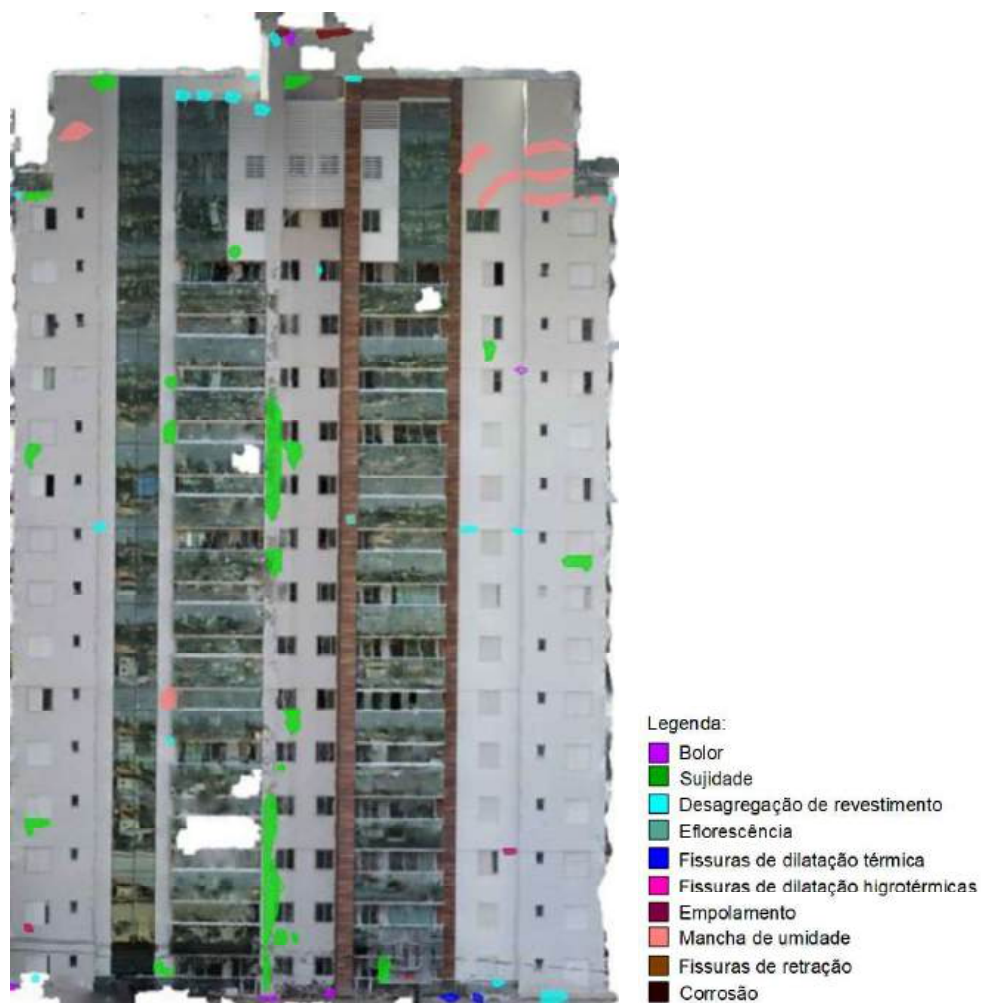
Fonte: Autoria Própria (2025)

Figura 48 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada sul do Edifício B, com auxílio do Auto-Cad



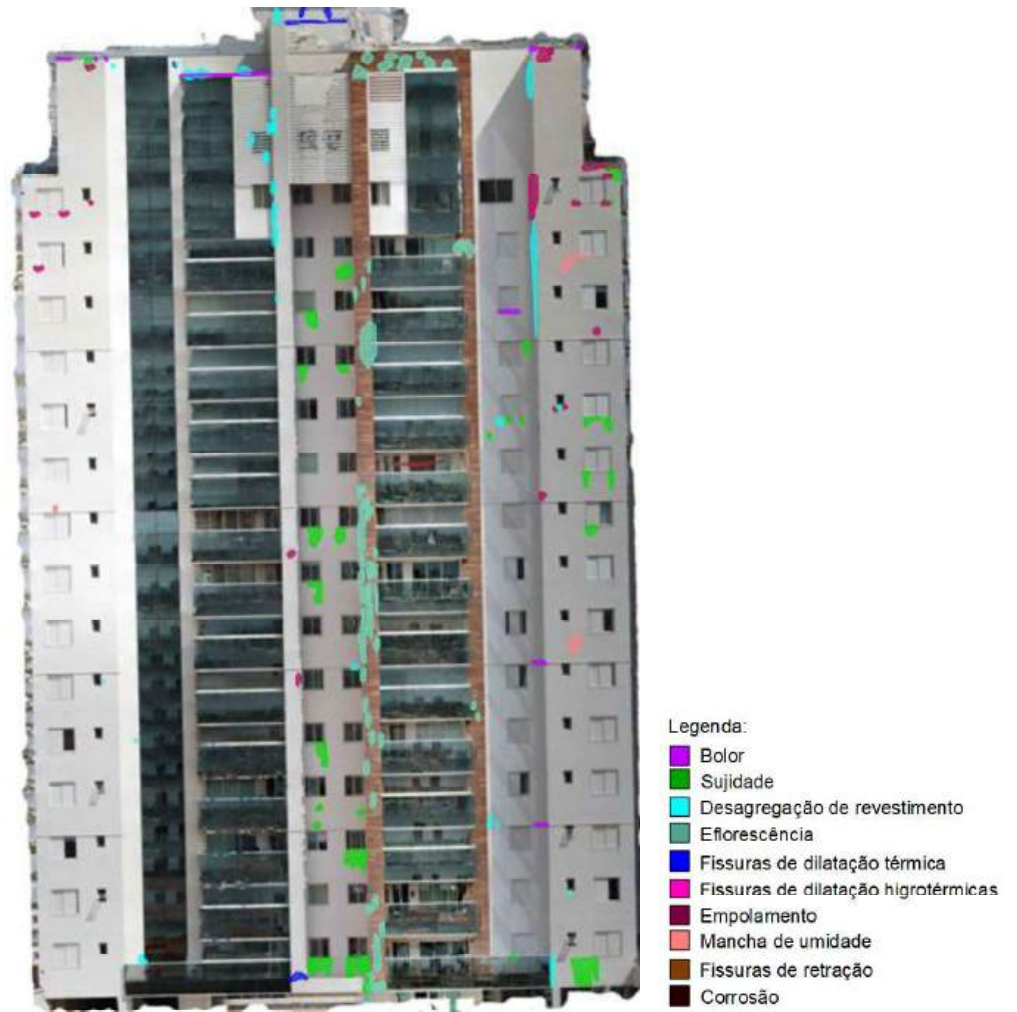
Fonte: Autoria Própria (2025)

Figura 49— Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada sul do Edifício C, com auxílio do Auto-Cad



Fonte: Autoria Própria (2025)

Figura 50 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada norte do Edifício C, com auxílio do Auto-Cad



Fonte: Autoria Própria (2025)

Figura 51 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada leste do Edifício C, com auxílio do Auto-Cad



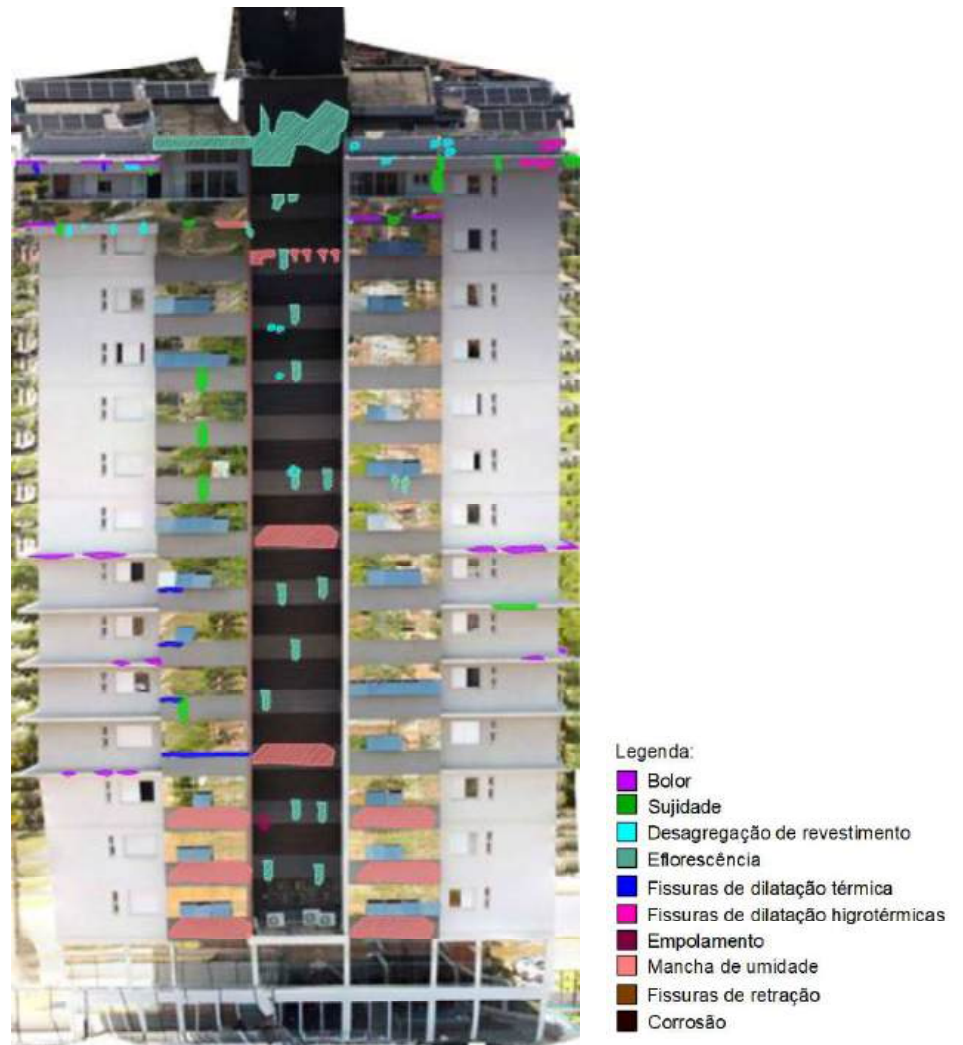
Fonte: Autoria Própria (2025)

Figura 52 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada norte do Edifício D, com auxílio do Auto-Cad



Fonte: Autoria Própria (2025)

Figura 53 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada sul do Edifício D, com auxílio do Auto-Cad



Fonte: Autoria Própria (2025)

Figura 54 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada leste do Edifício D, com auxílio do Auto-Cad



Fonte: Autoria Própria (2025)

Figura 55 – Mapeamento das manifestações patológicas incidentes na fachada oeste do Edifício D, com auxílio do Auto-Cad



Fonte: Autoria Própria (2025)

7.3 Frequência de ocorrência das manifestações patológicas

Após o mapeamento das áreas em que foram identificadas a presença das manifestações patológicas, foi quantificado a frequência em que as mesmas se apresentaram na estrutura conforme os dados apresentados a seguir.

Tabela 4 – Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada sul do edifício A

EDIFÍCIO A - FACHADA POSTERIOR			
TÉRREO, 13 PAVIMENTOS TIPO E COBERTURA DU- PLEX	Pavimento incidente	Manifestações patológicas	Número de ocorrência
	REGIÃO I	Desagregação de revestimento	4x
		Mancha de umidade	4x

	(Térreo e 1° ao 3° pavimento)	Bolor	4x
		Empolamento	5x
		Fissuras de dilatação térmica	1x
		Sujidade	12x
	REGIÃO II (4° ao 8° pavimento)	Empolamento	7x
		Mancha de umidade	6x
		Sujidade	20x
		Desagregação de revestimento	3x
	REGIÃO III (9° ao 12° pavimento)	Empolamento	4x
		Eflorescência	2x
		Mancha de umidade	10x
		Desagregação de revestimento	3x
		Sujidade	18x
	REGIÃO IV (13° e 14° pavimento) e Cobertura Duplex	Bolor	13x
		Mancha de umidade	4x
		Eflorescência	1x
		Desagregação de revestimento	11x
		Sujidade	12x
		Fissuras de dilatação térmica	1x
		Fissuras de dilatação higrotérmicas	1x

Fonte: Autoria própria (2025),

Tabela 5 – Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada norte do edifício A

EDIFÍCIO A - FACHADA FRONTAL			
TÉRREO, 13 PAVIMENTOS TIPO E COBERTURA DUPLEX	Pavimento incidente	Manifestações patológicas	Número de ocorrência
	REGIÃO (Térreo e 1° ao 3° pavimento)	Sujidade	3x
		Desagregação de revestimento	6x
		Eflorescência	2x
		Mancha de umidade	6x
	REGIÃO II (4° ao 8° pavimento)	Sujidade	8x
		Mancha de umidade	4x
		Eflorescência	2x
		Desagregação de revestimento	3x
	REGIÃO III (9° ao 12° pavimento)	Sujidade	5x
		Mancha de umidade	6x
		Desagregação de revestimento	6x
		Eflorescência	6x
		Empolamento	2x
	REGIÃO IV (13° e 14° pavimento) e Cobertura Duplex	Fissuras de dilatação térmica	7x
		Fissuras de dilatação higrotérmicas	1x
		Empolamento	12x
		Sujidade	2x

	Mancha de umidade	3x
	Fissuras de retração	3x
	Bolor	7x
	Corrosão	4x

Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 6 – Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada oeste do edifício A

EDIFÍCIO A - LATERAL DIREITA			
TÉRREO, 13 PAVIMETOS TIPO E COBERTURA DUPLEX	Pavimento incidente	Manifestações patológicas	Número de ocorrência
	REGIÃO I (Térreo e 1° ao 3° pavimento)	Sujidade	12x
		Bolor	9x
		Fissura de dilatação térmica	5x
		Mancha de umidade	1x
		Desagregação de revestimento	6x
	REGIÃO II (4° ao 8° pavimento)	Sujidade	26x
		Bolor	10x
		Fissuras de dilatação térmica	1x
		Desagregação de revestimento	7x
		Empolamento	1x
		Mancha de umidade	1x
	REGIÃO III (9° ao 12° pavimento)	Sujidade	18x
		Desagregação de revestimento	6x
		Mancha de umidade	1x
		Bolor	13x
	REGIÃO IV (13° e 14° pavimento) e Cobertura Duplex	Sujidade	18x
		Desagregação de revestimento	14x
		Empolamento	5x
		Bolor	25x
		Mancha de umidade	13x
		Fissuras de dilatação térmica	11x

Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 7 – Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada leste do edifício A

EDIFÍCIO A - LATERAL ESQUERDA			
TÉRREO, 13 PAVIMETOS TIPO E COBERTURA DUPLEX	Pavimento incidente	Manifestações patológicas	Número de ocorrência
	REGIÃO I (Térreo e 1° ao 3° pavimento)	Sujidade	18x
		Fissuras de dilatação térmica	3x
		Desagregação de revestimento	3x
		Bolor	13x
	REGIÃO II	Sujidade	26x

	(4° ao 8° pavimento)	Desagregação de revestimento	12x
		Bolor	17x
	REGIÃO III (9° ao 12° pavimento)	Sujidade	14x
		Fissuras de dilatação térmica	1x
		Desagregação de revestimento	10x
		Bolor	16x
	REGIÃO IV (13° e 14° pavimento) e Cobertura Duplex	Sujidade	18x
		Fissuras de dilatação térmica	7x
		Desagregação de revestimento	9x
		Bolor	28x
		Fissuras de dilatação higrotérmicas	1x
		Mancha de umidade	5x
		Eflorescência	2x

Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 8 - Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada oeste do edifício B

EDIFÍCIO B - FACHADA POSTERIOR			
TÉRREO, 25 PAVIMENTOS TIPO E PAVIMENTO TÉCNICO	Pavimento incidente	Manifestações patológicas	Número de ocorrência
	REGIÃO I (Térreo e 1° ao 4° pavimento)	Manchas de umidade	7x
		Bolor	10x
		Desagregação de revestimento	1x
		Empolamento	1x
		Fissuras de retração	5x
		Sujidade	2x
	REGIÃO II (5° ao 9° pavimento)	Manchas de umidade	5x
		Bolor	11x
		Empolamento	5x
		Fissuras de retração	4x
		Sujidade	8x
	REGIÃO III (10° ao 15° pavimento)	Bolor	22x
		Sujidade	4x
		Mancha de umidade	1x
		Desagregação de revestimento	7x
	REGIÃO IV (16° ao 21° pavimento)	Bolor	25x
		Mancha de umidade	4x
		Desagregação de revestimento	6x
		Empolamento	1x
		Fissuras de retração	7x
		Fissuras de dilatação higrotérmicas	1x
		Fissuras de dilatação térmica	3x
	REGIÃO V (22° ao 25° pavimento)	Bolor	12x
		Mancha de umidade	2x

	Fissuras de retração	3x
	Fissuras de dilatação higrotérmicas	3x
	Sujidade	6x
	Desagregação de revestimento	2x
	Fissuras de dilatação térmica	9x

Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 9 - Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada leste do edifício B

EDIFÍCIO B - FACHADA FRONTAL			
TÉRREO, 25 PAVIMETOS TIPO E PAVIMENTO TÉCNICO	Pavimento incidente	Manifestações patológicas	Número de ocorrência
	REGIÃO I (Térreo e 1° ao 4° pavimento)	Eflorescência	3x
		Fissuras de dilatação térmica	1x
		Mancha de umidade	6x
		Desagregação de revestimento	2x
	REGIÃO II (5° ao 9° pavimento)	Mancha de umidade	5x
		Fissuras de dilatação térmica	1x
		Eflorescência	1x
	REGIÃO III (10° ao 15° pavimento)	Fissuras de dilatação térmica	2x
		Sujidade	1x
		Empolamento	1x
		Bolor	3x
	REGIÃO IV (16° ao 21° pavimento)	Bolor	9x
		Fissuras de dilatação térmica	3x
		Eflorescência	1x
		Empolamento	1x
		Sujidade	1x
		Mancha de umidade	3x
	REGIÃO V (22° ao 25° pavimento)	Bolor	6x
		Fissuras de dilatação térmica	8x
		Sujidade	5x
		Eflorescência	1x
		Fissuras de dilatação higrotérmicas	4x
		Desagregação de revestimento	9x

Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 10 - Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada norte do edifício B

EDIFÍCIO B - LATERAL DIREITA			
TÉRREO, 25 PAVIMETOS TIPO E PAVIMENTO TÉCNICO	Pavimento incidente	Manifestações patológicas	Número de ocorrência
	REGIÃO I	Sujidade	16x
		Bolor	12x

	(Térreo e 1° ao 4° pavimento)	Fissuras de dilatação higrotérmicas	5x
		Desagregação do revestimento	7x
		Fissuras de dilatação térmica	4x
	REGIÃO II (5° ao 9° pavimento)	Sujidade	13x
		Bolor	19x
		Fissuras de dilatação higrotérmicas	3x
		Desagregação do revestimento	2x
		Fissuras de dilatação térmica	4x
		Eflorescência	1x
	REGIÃO III (10° ao 15° pavimento)	Sujidade	11x
		Bolor	9x
		Fissuras de dilatação higrotérmicas	2x
		Desagregação do revestimento	5x
		Fissuras de dilatação térmica	5x
		Eflorescência	4x
	REGIÃO IV (16° ao 21° pavimento)	Sujidade	13x
		Bolor	15x
		Fissuras de dilatação higrotérmicas	1x
		Desagregação do revestimento	3x
		Fissuras de dilatação térmica	1x
		Eflorescência	5x
	REGIÃO V (22° ao 25° pavimento)	Sujidade	19x
		Bolor	17x
		Fissuras de dilatação higrotérmicas	9x
		Desagregação do revestimento	16x
		Fissuras de dilatação térmica	5x
		Eflorescência	3x

Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 11 - Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada sul do edifício B

EDIFÍCIO B - LATERAL ESQUERDA			
TÉRREO, 25 PAVIMENTOS TIPO E PAVIMENTO TÉCNICO	Pavimento incidente	Manifestações patológicas	Número de ocorrência
	REGIÃO I (Térreo e 1° ao 4° pavimento)	Sujidade	4x
		Fissuras de dilatação higrotérmicas	4x
		Desagregação do revestimento	1x
	REGIÃO II (5° ao 9° pavimento)	Mancha de umidade	2x
		Mancha de umidade	2x
	REGIÃO III (10° ao 15° pavimento)	Fissura de dilatação térmica	2x
		Fissura de dilatação higrotérmicas	1x
	REGIÃO IV (16° ao 21° pavimento)	Mancha de umidade	2x
	REGIÃO V	Mancha de umidade	1x

	(22° ao 25° pavimento)	Fissuras de dilatação higrotérmicas	5x
		Sujidade	5x
		Bolor	3x
		Fissuras de dilatação térmica	2x
		Desagregação do revestimento	16x

Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 12 - Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada sul do edifício C

EDIFÍCIO C - FACHADA POSTERIOR			
	Pavimento incidente	Manifestações patológicas	Número de ocorrência
TÉRREO E 19 PAVIMENTOS TIPO	REGIÃO I (Térreo e 1° ao 3° pavimento)	Sujidade	9x
		Bolor	3x
		Empolamento	2x
		Fissuras de dilatação térmica	2x
		Desagregação de revestimento	3x
	REGIÃO II (4° ao 6° pavimento)	Mancha de umidade	1x
		Sujidade	5x
		Desagregação de revestimento	1x
	REGIÃO III (7° ao 9° pavimento)	Sujidade	2x
		Desagregação de revestimento	3x
	REGIÃO IV (10° ao 13° pavimento)	Eflorescência	1x
		Sujidade	6x
		Bolor	1x
	REGIÃO V (14° ao 19° pavimento)	Mancha de umidade	9x
		Desagregação de revestimento	10x
		Corrosão	2x
		Sujidade	4x
		Bolor	1x

Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 13 - Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada norte do edifício C

EDIFÍCIO C - FACHADA FRONTAL			
	Pavimento incidente	Manifestações patológicas	Número de ocorrência
TÉRREO E 19 PAVIMENTOS TIPO	REGIÃO I (Térreo e 1° ao 3° pavimento)	Eflorescência	7x
		Sujidade	6x
		Fissuras de dilatação térmica	1x
		Desagregação de revestimento	3x
	REGIÃO II (4° ao 6° pavimento)	Eflorescência	8x
		Sujidade	4x
		Bolor	1x

	REGIÃO III (7° ao 9° pavimento)	Desagregação de revestimento	3x
		Eflorescência	13x
		Empolamento	1x
		Sujidade	1x
		Bolor	1x
		Mancha de umidade	1x
		Desagregação de revestimento	2x
	REGIÃO IV (10° ao 13 ° pavimento)	Eflorescência	9x
		Empolamento	4x
		Sujidade	9x
		Mancha de umidade	1x
		Desagregação de revestimento	2x
	REGIÃO V (14° ao 19 ° pavimento)	Eflorescência	14x
		Empolamento	13x
		Sujidade	6x
		Mancha de umidade	1x
		Desagregação de revestimento	16x
		Bolor	8x
		Fissuras de dilatação térmica	5x

Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 14 - Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada leste do edifício C

EDIFÍCIO C - LATERAL ESQUERDA			
TÉRREO E 19 PAVIMENTOS TIPO	Pavimento incidente	Manifestações patológicas	Número de ocorrência
	REGIÃO I (Térreo e 1° ao 3° pavimento)	Bolor	18x
		Sujidade	5x
		Desagregação de revestimento	2x
		Mancha de umidade	2x
	REGIÃO II (4° ao 6° pavimento)	Bolor	18x
		Sujidade	4x
		Desagregação de revestimento	2x
	REGIÃO III (7° ao 9° pavimento)	Bolor	18x
		Sujidade	3x
		Desagregação de revestimento	1x
		Mancha de umidade	1x
	REGIÃO IV (10° ao 13 ° pavimento)	Bolor	18x
		Sujidade	4x
		Mancha de umidade	6x
	REGIÃO V (14° ao 19 ° pavimento)	Bolor	33x
		Sujidade	13x
		Mancha de umidade	12x
		Fissuras de dilatação térmica	2x

	Desagregação de revestimento	8x
--	------------------------------	----

Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 15 - Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada norte do edifício D

EDIFÍCIO D - FACHADA POSTERIOR			
TÉRREO E 15 PAVIMENTOS TIPO	Pavimento incidente	Manifestações patológicas	Número de ocorrência
	REGIÃO I (Térreo e 1° ao 3° pavimento)	Sujidade	3x
		Mancha de umidade	2x
	REGIÃO II (4° ao 6° pavimento)	Sujidade	3x
		Desagregação de revestimento	2x
		Eflorescência	5x
	REGIÃO III (7° ao 11° pavimento)	Sujidade	4x
		Desagregação de revestimento	3x
		Eflorescência	12x
		Mancha de umidade	1x
	REGIÃO IV (12° ao 15° pavimento)	Sujidade	8x
		Desagregação de revestimento	6x
		Eflorescência	14x
		Mancha de umidade	3x
		Empolamento	1x

Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 16 - Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada sul do edifício D

EDIFÍCIO D - FACHADA FRONTAL			
TÉRREO E 15 PAVIMENTOS TIPO	Pavimento incidente	Manifestações patológicas	Número de ocorrência
	REGIÃO I (Térreo e 1° ao 3° pavimento)	Mancha de umidade	4x
		Eflorescência	3x
		Empolamento	1x
	REGIÃO II (4° ao 6° pavimento)	Bolor	7x
		Eflorescência	6x
		Empolamento	1x
		Fissuras de dilatação térmica	3x
		Sujidade	2x
	REGIÃO III (7° ao 11° pavimento)	Bolor	5x
		Eflorescência	6x
		Desagregação de revestimento	4x
		Fissuras de dilatação térmica	1x
		Sujidade	4x
	REGIÃO IV	Bolor	7x

	(12° ao 15° pavimento)	Eflorescência	9x
		Desagregação de revestimento	13x
		Fissuras de dilatação higrotérmicas	2x
		Fissuras de dilatação térmica	2x
		Sujidade	8x

Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 17 - Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada leste do edifício D

EDIFÍCIO D - LATERAL DIREITA			
TÉRREO E 15 PAVIMENTOS TIPO	Pavimento incidente	Manifestações patológicas	Número de ocorrência
	REGIÃO I (Térreo e 1° ao 3° pavimento)	Sujidade	1x
		Fissuras de dilatação hogrotérmicas	2x
	REGIÃO II (4° ao 6° pavimento)	Sujidade	16x
		Bolor	6x
		Eflorescência	4x
	REGIÃO III (7° ao 11° pavimento)	Sujidade	4x
		Mancha de umidade	1x
		Bolor	2x
	REGIÃO IV (12° ao 15° pavimento)	Eflorescência	10x
		Fissuras de dilatação hogrotérmicas	2x
		Desagregação de revestimento	2x
		Bolor	2x
		Mancha de umidade	1x

Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 18 - Frequência de manifestações patológicas encontradas na fachada oeste do edifício D

EDIFÍCIO D - LATERAL ESQUERDA			
TÉRREO E 15 PAVIMENTOS TIPO	Pavimento incidente	Manifestações patológicas	Número de ocorrência
	REGIÃO I (Térreo e 1° ao 3° pavimento)	Sujidade	12x
	REGIÃO II (4° ao 6° pavimento)	Sujidade	16x
		Empolamento	1x
		Fissuras de dilatação térmica	2x
		Eflorescência	1x
		Bolor	2x
		Desagregação de revestimento	1x
	REGIÃO III (7° ao 11° pavimento)	Sujidade	17x
		Empolamento	1x
		Bolor	1x

	REGIÃO IV (12° ao 15° pavimento)	Sujidade	2x
		Eflorescência	6x
		Desagregação de revestimento	1x
		Mancha de umidade	1x
		Fissuras de dilatação térmica	1x

Fonte: Autoria própria (2025)

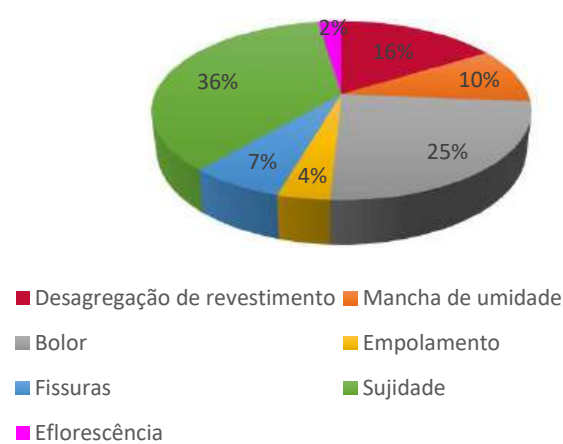
7.4 Classificação das patologias

Com a obtenção dos dados acima, nota-se que mesmo se tratando de prédios novos, os edifícios amostrais apresentaram uma quantidade notável de incidência de manifestações patológicas ao longo de toda a sua estrutura.

7.4.1 Patologias identificadas no edifício A

No edifício A foi possível identificar a presença das manifestações patológicas apresentadas no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Manifestações patológicas do edifício A



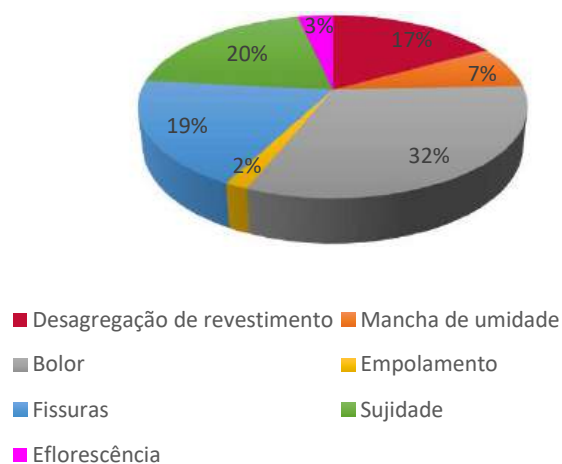
Fonte: Autoria própria (2025)

Observou-se que manifestações como sujidade e bolor apresentaram maior porcentagem de incidência nas fachadas do edifício A, principalmente em regiões onde são mais suscetíveis ao ataque e concentração de umidade como, por exemplo, janelas e pingadeiras.

7.4.2 Patologias identificadas no edifício B

Quanto ao edifício B, constou-se a aparição das manifestações dispostas no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Manifestações patológicas do edifício B

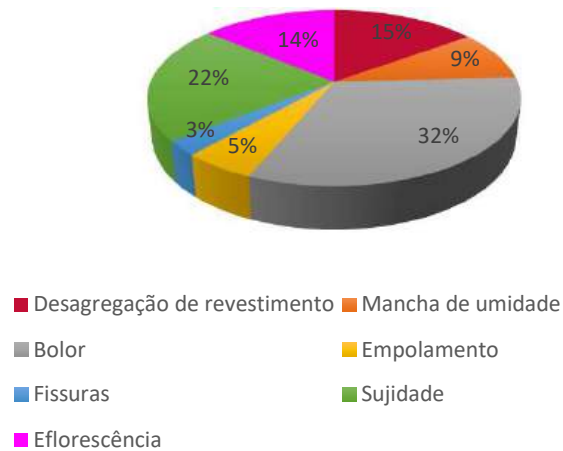


Fonte: Autoria própria (2025)

Mesmo dispondo das mesmas manifestações com maiores índice de ocorrência, no edifício B o bolor teve maior notoriedade que as demais patologias.

7.4.3 Patologias identificadas no edifício C

Já no edifício C, foram identificadas o surgimento das anomalias indicadas no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Manifestações patológicas do edifício C

Fonte: Autoria própria (2025)

Semelhante ao edifício anterior, o bolor teve a maior frequência no edifício C.

7.4.4 Patologias identificadas no edifício D

Por fim, no edifício D foi constatado a incidência das manifestações patológicas representadas no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Manifestações patológicas do edifício D

Fonte: Autoria própria (2025)

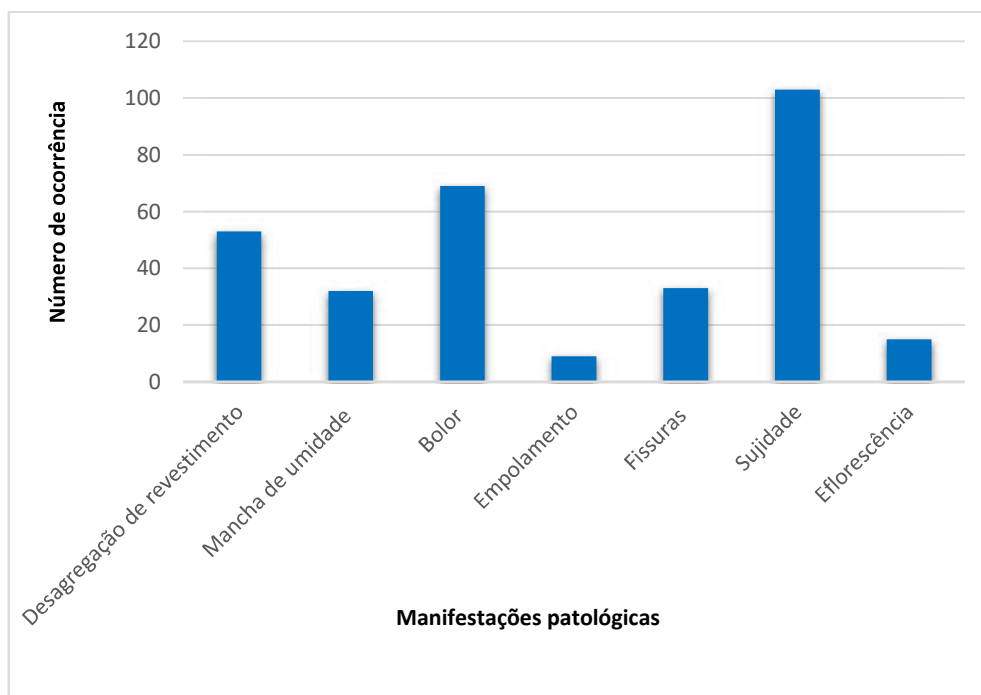
Assim como o edifício A, na amostra D a presença de sujeidade na estrutura das fachadas apresentou maior porcentagem de ocorrência, porém a incidência de eflorescência foi mais notória nesse edifício em questão.

7.5 Ocorrência das manifestações patológicas

A altura de uma edificação exerce influência direta tanto na natureza quanto na intensidade das manifestações. Isso se dá pela maior exposição às ações de vento, variações térmicas, radiação, umidade dentre outros agentes agressivos.

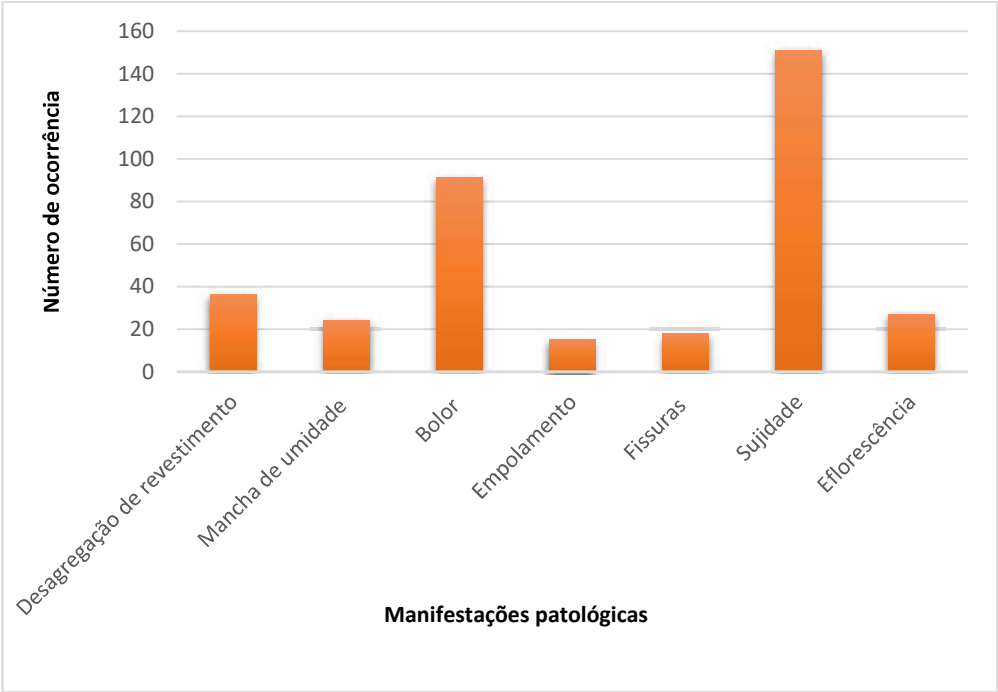
Logo, para uma melhor visualização e compreensão dos dados obtidos nas tabelas anteriores, que relaciona as manifestações patológicas com a altura em que incidem, observamos os seguintes números de ocorrências nas diferentes regiões dos edifícios A, B, C e D, conforme relatado nos Gráficos (6 a 10).

Gráfico 6 – Ocorrência de manifestações patológicas dos edifícios A, B, C e D na região I



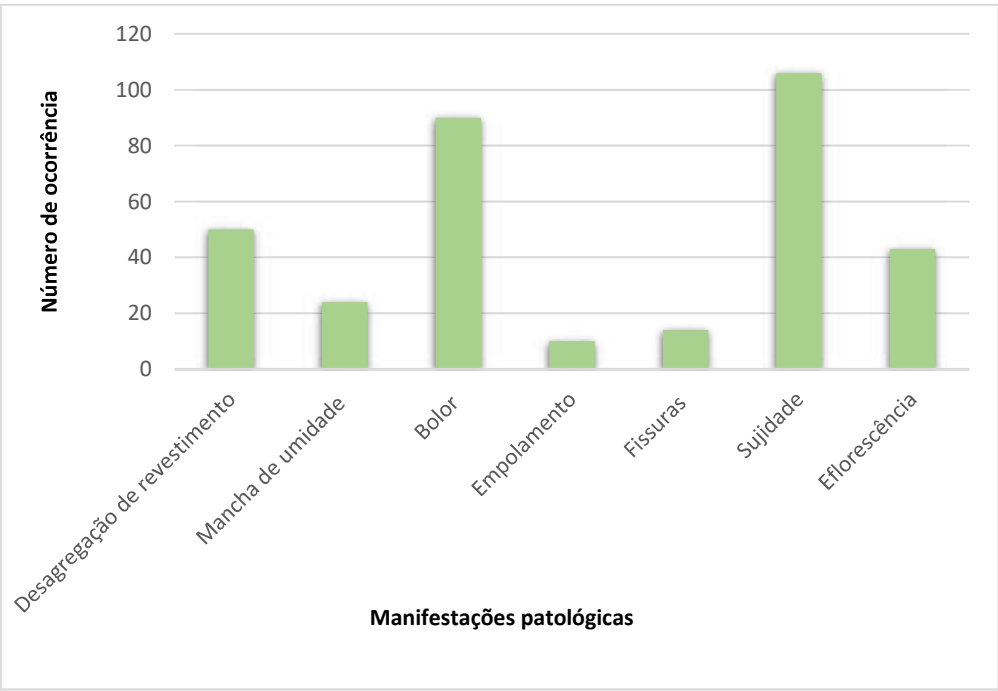
Fonte: Autoria própria (2025)

Gráfico 7 - Ocorrência de manifestações patológicas dos edifícios A, B, C e D na região II



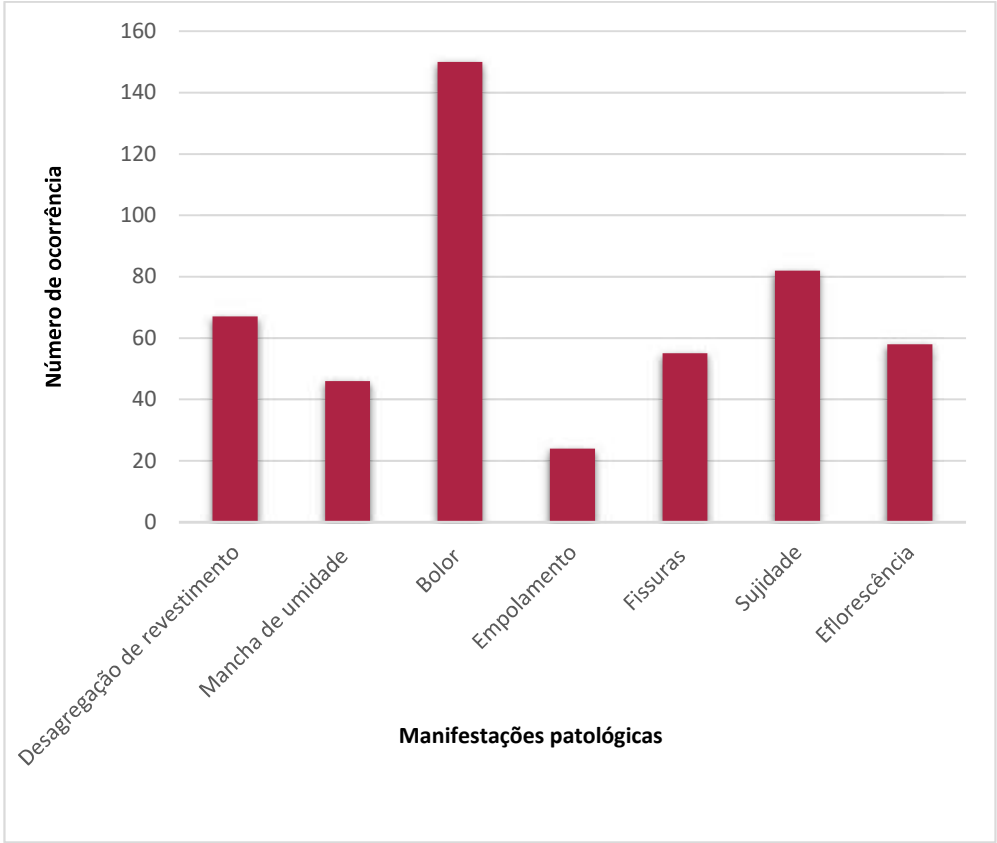
Fonte: Autoria própria (2025)

Gráfico 8 - Ocorrência de manifestações patológicas dos edifícios A, B, C e D na região III



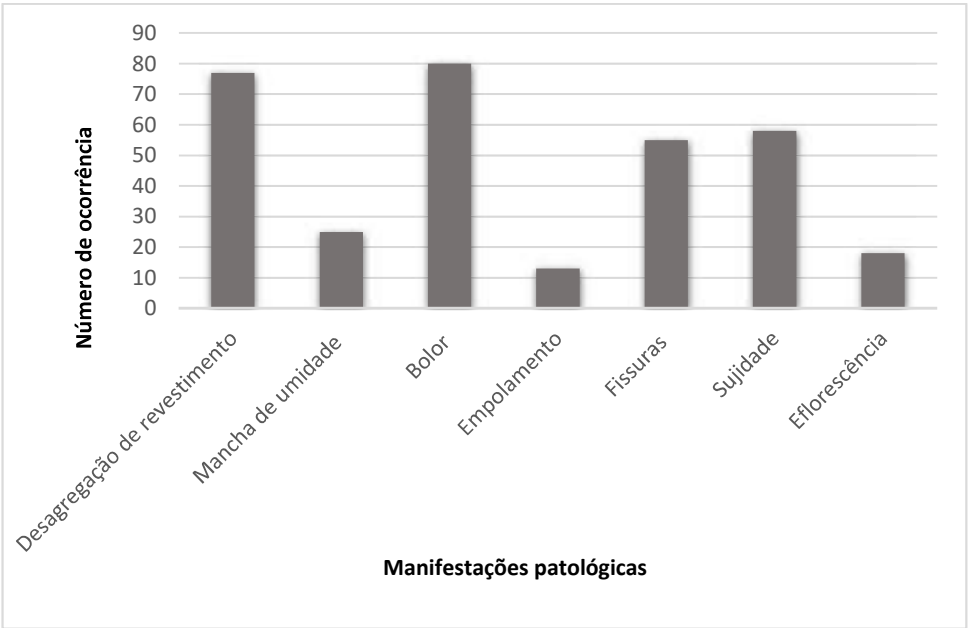
Fonte: Autoria própria (2025)

Gráfico 9 - Ocorrência de manifestações patológicas dos edifícios A, B, C e D na região IV



Fonte: Autoria própria (2025)

Gráfico 10 - Ocorrência de manifestações patológicas dos edifícios A, B, C e D na região V



Fonte: Autoria própria (2025)

Podemos notar que quanto mais alta a região, maior se mostra o número de ocorrência de manifestações patológicas. Ao analisarmos os gráficos das regiões IV e V, por exemplo, observa-se que há maiores índices de bolor, desagregação de revestimento e fissuras, anomalias essas que ocorrem em muitas das vezes devido ao ataque por agentes externos.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização e análise das ortoimagens georreferenciadas dos quatro edifícios do estudo de caso, como referência para o mapeamento das patologias possibilitou uma macro visualização da distribuição das manifestações patológicas presentes ao longo de toda estrutura das fachadas.

Levando em consideração que as fachadas estão constantemente expostas a condições ambientais agressivas, pode-se afirmar que esse fator contribui para o surgimento da grande parte das manifestações patológicas observadas, comprometendo a estética, a funcionalidade e a durabilidade desses elementos.

Foi possível constatar que os maiores índices de anomalias presentes nos objetos de estudo tiveram influência tanto das variações de umidade quanto das variações de temperaturas. Sendo essas variações um dos grandes dilemas da construção civil, visto que esses problemas estão presentes no decorrer de todo o ciclo de vida de uma edificação.

Sujidade e bolor foram os danos com maior frequência comum nos edifícios A, B e C. Já no edifício D, a eflorescência teve a segunda maior porcentagem de ocorrência. O surgimento dessas manifestações tivera maior destaque próximo a pingadeiras e sacadas, tais ocorrências podem ser consequência do descumprimento de alguns detalhes construtivos da execução de interface esquadria e alvenaria.

Ademais, foi constatado o aparecimento de fissuras, desagregação de revestimento e empolamento em ambos os edifícios do estudo, mas com menores índices de frequência.

Logo, pode-se concluir que o levantamento e mapeamento das manifestações patológicas incidentes em fachadas serve para se atentar as possíveis causas responsáveis pelo aparecimento levando em consideração a região onde as mesmas estão localizadas.

Além disso, vale ressaltar que mesmo sendo edificações novas é indispensável a realização de manutenção seja elas preventivas ou corretivas, de forma a mitigar o surgimento de problemas e prolongar a vida útil da estrutura.

9 RECOMENDAÇÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nos resultados obtidos e conclusões relatadas nesse estudo, faz-se a recomendação de:

- Replicar o trabalho para outro tipo de fachada;
- Replicar o trabalho com auxílio de câmeras termográficas para um mapeamento térmico das manifestações;
- Replicar o trabalho utilizando inspeções de prédios situados na região da Orla de Palmas – TO, correlacionando as anomalias com a região
- Elaboração e desenvolvimento de GPT para automatização de identificação e mapeamento de manifestações patológicas em fachadas.

10 REFERÊNCIAS

ALUCCI, M. P.; FLAUZINO, W. D.; MILANO, S. **Bolor em edifícios: causas e recomendações**. São Paulo: Pini, 1988.

ALVES, Camila Carrero. **Inspeção e diagnóstico de patologias, intervenção e plano de manutenção em fachadas tradicionais: Estudo aplicado a um edifício antigo em Coimbra**. 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho (Portugal).

ANTUNES, Gisele Reis. **Estudo de manifestações patológicas em revestimentos de fachada em Brasília**: Sistematização da incidência de casos. Orientador: Prof. Elton Bauer. 2010. 178 p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e construção civil) - Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Terminologia**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15757: Edificações habitacionais - Desempenho, Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: Manutenção de edificações - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1999.

BAÍIA, L. L. M.; SABBATINI, F. H. **Projeto e execução de revestimento de argamassa**. 2.ed. São Paulo: O nome da Rosa, 2001.

BAUER, E.; SOUZA, J. S.; MOTA, L. M. G. Degradação de fachadas revestidas em argamassas nos edifícios de Brasília, Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 4, p. 23-43, out./dez. 2021.

BOLINA, Fabrício L.; TUTIKIAN, Bernardo F.; HELENE, Paulo R. L. **Patologia de estruturas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

CARASEK, Helena. Patologia das argamassas de revestimento. **Materiais de Construção e Princípios de Ciência em Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, v. 1, p. 1-11, 2007.

CARMONA F. A. **Curso Prático de Diagnóstico, Reparo, Reforço e Proteção de Edificações em Concreto**. São Paulo: Abece, 2005.

CINCOTTO, M. A. **Patologia das argamassas de revestimento: análise e recomendações**. São Paulo: IPT, 1989. Boletim Técnico n. 1801.

CONSOLI, O.J. **Análise da Durabilidade dos Componentes das Fachadas de Edifícios, Sob a Ótica do Projeto Arquitetônico**. 2006. 208p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

DIOGO, Gabriela Mello Quina. **Análise e proposta de melhorias no processo de produção dos revestimentos de argamassa de fachada de edifícios**. São Paulo, 2007. 199 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Setor de Engenharia de Construção Civil e Urbana. Universidade de São Paulo. p. 01. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-08012008-103657/publico/Dissertacao_Diogo.pdf. Acesso em: 30 jan. 2025.

FIORITO, J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudo e procedimentos de execução**. São Paulo, Pini, 1994.

FLORES, I. S.; BRITO, J. Estratégias de Manutenção em Fachadas de Edifícios. **Revista Engenharia Civil**, p. 47–58, 2002.

FREITAS, Vasco P., TORRES, Maria Isabel, GUIMARÃES, Ana Sofia. **Humidade Ascensional**. Porto, FEUP edições, 2008.

GROFF, Cristine. **Revestimentos em fachadas: análise das manifestações patológicas nos empreendimentos de construtora em Porto Alegre**. 2011.

HEERDT, Giordano Bruno; PIO, Vanessa Mafra; BLEICHVEL, Natália Cristina Thiem. Principais patologias na construção civil. **Trabalho de Graduação, Bacharelado em Engenharia Civil-Faculdade Metropolitana de Rio do Sul–UNIASSELVI/FAMESUL, Rio do Sul**, 2016.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2ª ed - São Paulo: PINI, 1992.

HELENE, P. R. L., & ANDRADE, T. J. S. **Patologia das construções: identificação, causas e terapias**. PINI. 1993

ISO/DIS 15686-2: Buildings - Service life planning. Part 2: **Service life prediction procedures**, International Organization for Standardization, 2012.

MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H.; **Recomendações para Execução de Revestimentos de Argamassa para paredes de Vedação Internas e Exteriores e Tetos**. São Paulo, 1998. 40 p.

PEDRO, E. G. et al. **Patologia em revestimento cerâmico de fachada**. 2002. 114p. Monografia (Pós-graduação em Engenharia de Avaliações e Perícias) – Faculdade de engenharia e arquitetura, Belo Horizonte, 2002.

PELLIZZER, Giovanni Pais. **Análise mecânica e probabilística da corrosão de armaduras de estruturas de concreto armado submetidas à penetração de cloretos**. Dissertação (Programa de Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2015.

PEREIRA, Claudio Henrique de Almeida Feitosa. **Contribuição ao estudo da fissuração, da retração e do mecanismo de descolamento do revestimento à base de argamassa**. 2009.

RAMOS, Vaniane de Mendonça. **PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES: REPARO E CORREÇÃO DE PAREDES E PILARES EM UM PARQUE DA CIDADE DE CAMPINA GRANDE/PARAÍBA**. **Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências**, [S. l.], p. 1-11, 17 jun. 2025. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2020/TRABALHO_EV138_MD1_SA23_ID685_02062020082848.pdf. Acesso em: 2 fev. 2025.

RIBEIRO, D. V., & CARDOSO, F. A. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. GEN LTC. 2014

ROSA, J. M. **Manifestações patológicas na construção civil: estudos de caso em Serra Talhada - PE**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Serra Talhada, Serra Talhada, PE, 67f., 2023.

SABBATINI, F. H.; BARROS, M. M. S. B. **Produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria: diretrizes básicas**. 2001. Revisão do

Relatório Técnico Sabbatini, F. H. e Barros, M. M. S. B. *Recomendações para a produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação e em alvenaria*, da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, R6-06/90 – EP/ENCOL-6, São Paulo, Brasil, 1990, 31p.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Tecnologia de execução de revestimentos de argamassas**. 1990, Anais... Campinas: Concrelix, 1990. Disponível em: https://repositorio.usp.br/directbitstream/0ac64bf1-9c7f-45f7-a48e-e44d3c70afc7/Sabbatini-1990-tecnologia_de_execucao.pdf. Acesso em: 31 jan. 2025.

SANTIAGO, Dandara Santos et al. **USO DA TERMOGRAFIA NA DETECÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS: Análise em modelos de escala reduzida com foco na identificação de deslocamentos cerâmicos**. Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão (ISSN: 2525-4782), v. 5, n. 5, 2020.

SANTOS, A. C. **Avaliação do desempenho potencial de duas soluções de revestimentos argamassados em função do risco de formação de fungos emboloradores no interior de edificações na cidade de São Paulo**. São Paulo, 2019. 193 f. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2019.

SANTOS, D. G. **Estudo da vida útil e degradação de fachadas em argamassa a partir da inspeção de edifícios**. Brasília, 2018. 136 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

SHIRAKAWA, M.A. et al. Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente. In: Simpósio brasileiro de tecnologia das argamassas, 1., 1995, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 1995. p. 402-410.

SILVA, M. A. G., & RIPPER, T. **Manual de patologia das construções: fissuras, infiltrações, umidade**. LTC. 2005

SILVA, A. F. F. **Previsão da vida útil de revestimentos de pedra natural de paredes**. Dissertação (Mestrado) Universidade técnica de Lisboa Instituto Superior Técnico, 2009.

SILVA, A. *et al* **Statistical models applied to service life prediction of rendered facades**. *Automation in Construction*. v. 30, p. 151-160, 2013.

SOUZA, Jéssica Siqueira de. **Evolução da degradação de fachadas – Efeitos dos agentes de degradação e dos elementos constituintes**. Dissertação (Programa de Mestrado), Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2016.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. - São Paulo: Pini, 1998. Disponível em: <https://lucasmonteiro.site.files.wordpress.com/2017/08/vicente-custc3b3dio-ethomaz-ripper-patologia-recuperacao-e-reforco-de-estruturas-de-concreto.pdf>

TERRA, R. C. **Levantamento de manifestações patológicas em revestimentos de fachadas das edificações da cidade de Pelotas**. 2001. 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

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

VEDACIT – **Manual técnico de impermeabilização de estruturas**. 4º Edição. Disponível em: Acesso em 18 jan. 2025.