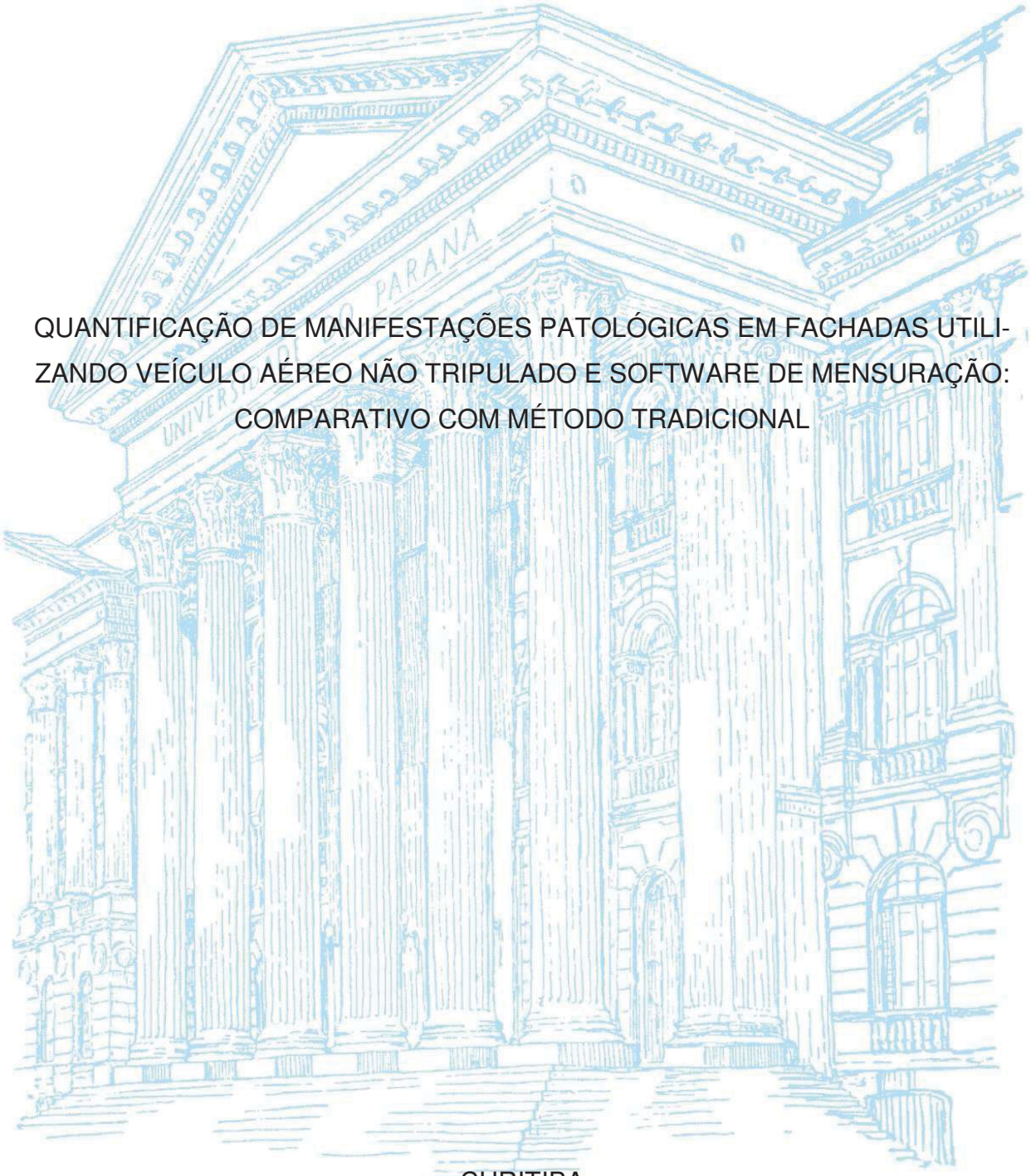
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LEANDRO RAFAEL SOUZA SLOSASKI



QUANTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS UTILIZANDO VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO E SOFTWARE DE MENSURAÇÃO: COMPARATIVO COM MÉTODO TRADICIONAL

CURITIBA

2021

LEANDRO RAFAEL SOUZA SLOSASKI

QUANTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FA-CHADAS UTILIZANDO VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO E SOFTWARE DE MENSURAÇÃO: COMPARATIVO COM MÉTODO TRADICIONAL

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Setor de tecnologia, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Frederico Alice Parchen

CURITIBA

2021

Catalogação na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

S634q Slosaski,Leandro Rafael Souza
Quantificação de manifestações patológicas em fachadas utilizando veículo aéreo não tripulado e software de mensuração: comparativo com método tradicional [recurso eletrônico] / Leandro Rafael Souza Slosaski – Curitiba, 2021.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação m Engenharia de Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Frederico Alice Parchen

1. Drone. 2. Fotografia aérea (Inspeção). 3. Veículos aéreos não tripulados (VANT). I. Universidade Federal do Paraná. II. Parchen, Carlos Frederico Alice. III. Título.

CDD: 526.981

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA CIVIL - 40001016049P2

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA CIVIL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **LEANDRO RAFAEL SOUZA SLOSASKI** intitulada: **Quantificação de Manifestações Patológicas em Fachadas Utilizando Veículo Aéreo Não Tripulado e Software de Mensuração Comparativo com o Método Tradicional**, sob orientação do Prof. Dr. CARLOS FREDERICO ALICE PARCHEN, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 08 de Abril de 2021.

Assinatura Eletrônica
22/11/2021 17:43:58.0
CARLOS FREDERICO ALICE PARCHEN
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
22/11/2021 09:02:49.0
MARIENNE DO ROCIO DE MELLO MARON DA COSTA
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
22/11/2021 18:40:13.0
WELLINGTON MAZER
Avaliador Externo (null)

Assinatura Eletrônica
22/11/2021 10:21:25.0
SÉRGIO SCHEER
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus, pela saúde e energia em um momento tão crítico da história recente, guiando meus passos e mostrando caminhos.

Ao professor e orientador Dr. Carlos Frederico Alice Parchen, por, primeiramente, estender-me a mão e me aceitar como aluno, confiando nos meus esforços e minha capacidade para levar à frente este trabalho. Pela sua orientação, pelos seus conselhos, pelos seus ensinamentos e sugestões ao longo destes anos de trabalho.

À Check-Up Engenharia, por disponibilizar sem restrições o acompanhamento total de seus trabalhos nos edifícios, fundamental no desenvolvimento da pesquisa.

Ao amigo e engenheiro Djalma Sugahara pela colaboração como operador da câmera em um dos voos e pelas sugestões relacionadas ao trabalho.

Ao amigo e engenheiro Claiton Cremonez pela colaboração ao longo do trabalho com ideias e sugestões.

À minha esposa, companheira e amiga Luana Trentin pela paciência, apoio e colaboração no desenvolvimento do trabalho.

Aos meus pais (Maria e Claudio) que sempre me apoiaram e incentivaram na continuidade dos meus estudos.

Aos demais professores do PPGECC, pelos conhecimentos transmitidos e esforços em buscar sempre o melhor para o programa.

Aos professores da UTFPR pelos ensinamentos iniciais na área de Patologias da Construção, imprescindíveis na elaboração da pesquisa.

À Universidade Federal do Paraná, pela grande oportunidade oferecida como discente através do PPGECC.

A todos os amigos que fiz na durante minha participação como discente no programa, por dividirem os momentos de parceria e aprendizado durante o curso.

A todos, que contribuíram de alguma forma, para o desenvolvimento desta dissertação, meu sincero agradecimento!

RESUMO

Pesquisas em diversos países buscam otimizar métodos e materiais utilizados no tratamento de manifestações patológicas, bem como no desperdício de recursos financeiros usados em terapias poucos eficazes. Nesse contexto, manifestações patológicas em fachadas de edificações despertam interesse, pois a fachada caracteriza-se como a primeira linha de defesa contra as intempéries. Sua durabilidade é de fundamental importância para a vida útil da edificação como um todo, bem como sua influência na estética da edificação.

Até recentemente, quando uma edificação apresentava manifestações patológicas em sua fachada, existiam duas possibilidades de avaliação de tais manifestações. A primeira consiste na análise a distância por meio de câmeras ou binóculos e a segunda consiste na inspeção local da fachada por profissionais habilitados para serviços em altura com equipamento especial, chamados de alpinistas industriais, que identificam e registram as manifestações para posterior análise do especialista.

A utilização de veículos aéreos não tripulados (VANT), comercialmente conhecidos como “drones”, em diversos setores da economia, demonstrou potencial de expansão e otimização de diversos processos. Na construção civil, VANTs otimizam tempo e recursos financeiros em funções como mapeamento e inspeções em diversos tipos de obras. A presente pesquisa vem realizar uma nova abordagem na utilização de VANT para levantamento de manifestações patológicas em fachadas, aliando a inspeção da fachada utilizando VANT para identificação, localização e registro de tais anomalias com o processamento digital das imagens para mensuração das manifestações, como forma de obtenção de dados mais precisos para orçamento de intervenções corretivas em fachadas, levantando limitações e vantagens no processo em relação a metodologia tradicional com alpinista industrial.

Palavras-chave: Manifestações patológicas. Inspeção. Fachadas. Drones. VANT.

ABSTRACT

Research in several countries seeks to optimize methods and materials used in the treatment of pathological manifestations, as well as in the waste of financial resources used in ineffective therapies. In this context, pathological manifestations on building facades are of interest, as the facade stands out as the first line of defense against the weather. Its durability is of fundamental importance for the life of the building as a whole, as well as its influence building aesthetics.

Until recently, when a building had pathological manifestations on its facade, there were two possibilities for evaluating such manifestations. The first consists of the remote analysis by means of cameras or binoculars and the second consists of the local inspection of the facade by professionals qualified for services at height with special equipment, called industrial climbers, who identify and record the manifestations for further analysis by the specialist.

The use of unmanned aerial vehicles (UAV), commercially known as “drones”, in several sectors of the economy, has demonstrated the potential for expansion and optimization of several processes. In civil construction, UAVs optimize time and financial resources in functions such as mapping and inspections in different types of works. This research comes to carry out a new approach in the use of UAVs to survey pathological manifestations in facades, combining the facade inspection using UAVs to identify, locate and record such anomalies with the digital processing of the images to measure the images. manifestations, as a way of obtaining more accurate data for budgeting corrective interventions on facades, raising limitations and advantages in the process in relation to the traditional methodology with industrial climber.

Key-words: Pathological manifestations. Inspection. Facades. Drones. UAV.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CONDIÇÕES DE EXPOSIÇÃO DA FACHADA.....25

FIGURA 2 - FISSURA EM FACHADA.....32

FIGURA 3 - DESCOLAMENTO (A) E DESPLACAMENTO (B).....34

FIGURA 4 - DESTACAMENTO DE REBOCO.....35

FIGURA 5 - DESTACAMENTO EM REQUADRO DE JANELA.....35

FIGURA 6a, 6b e 6c - PULVERIZAÇÃO, ARENIZAÇÃO E EROSÃO.....37

FIGURA 7 – DESCASCAMENTO DE PINTURA.....38

FIGURA 8 - SUJIDADE EM FACHADA.....38

FIGURA 9 - MANCHAS DE EFLORESCÊNCIA EM FACHADA.....39

FIGURA 10 – CORROSÃO EM ARMADURA PRÓXIMA DA FACHADA.....41

FIGURA 11 - JUNTA DE DILATAÇÃO DETERIORADA.....42

FIGURA 12 – FALHA EM REJUNTE.....43

FIGURA 13 – FALHA NA VEDAÇÃO DA JUNÇÃO ESQUADRIA/ALVENARIA.....44

FIGURA 14 – ETAPAS PARA O DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....45

FIGURA 15 - PADRÕES DE VOO PARA INSPEÇÃO COM VANT.....49

FIGURA 16 - PROCESSO DE ETAPAS PARA MODELAGEM DE FACHADAS.....50

FIGURA 17 - TIPOS DE OPERAÇÃO COM VANT.....54

FIGURA 18 - VANT DE ASA FIXA.....55

FIGURA 19 - VANT COM ROTOR ÚNICO.....55

FIGURA 20 - QUADRICÓPTERO. 56

FIGURA 21 - HEXACÓPTERO.....57

FIGURA 22 - OCTOCÓPTERO.....57

FIGURA 23 - RESUMO DA REGULAMENTAÇÃO DA ANAC.....59

FIGURA 24 - FLUXO RESUMIDO ICA-100-40.....60
FIGURA 25 - CHECKLIST PRÉ-VOO.....61
FIGURA 26 - ESTIMATIVA DE MERCADO MUNDIAL PARA DRONES.....62
FIGURA 27 - EXEMPLO DE FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS.....64
FIGURA 28 - EXEMPLO DE MAPA DE DANOS.....66
FIGURA 29 - EXEMPLO DE IMAGEM ABERTA SOFWARE IMAGEJ.....69
FIGURA 30 - EXEMPLO DE MEDIÇÃO DE TRINCA POR MEIO DO IMAGEJ.....70
FIGURA 31 - ETAPAS DOS MÉTODOS DE INSPEÇÃO.....72
FIGURA 32 - COMPARATIVO DE DADOS DOS MÉTODOS.....73
FIGURA 33 - INSPEÇÃO IN SITU COM ALPINISTA INDUSTRIAL.....73
FIGURA 34 - CAPTAÇÃO DE IMAGENS DA FACHADA COM VANT.....74
FIGURA 35 - ETAPAS PESQUISA. 76
FIGURA 36 - EXEMPLO DE PLANTA DE DESCIDAS.....77
FIGURA 37 - SEQUÊNCIA DE INSPEÇÃO DO ALPINISTA INDUSTRIAL NA FACHADA.....78
FIGURA 38 - SEQUÊNCIA DE INSPEÇÃO DO VANT NA FACHADA.....80
FIGURA 39 - FACHADA FRONTAL DO EDIFÍCIO A.....81
FIGURA 40 - CONDOMÍNIO DO EDIFÍCIO A.....81
FIGURA 41 - FACHADA FRONTAL DO EDIFÍCIO B.....82
FIGURA 42 - CONDOMÍNIO DO EDIFÍCIO B.....82
FIGURA 43 - FACHADA FRONTAL DO EDIFÍCIO C.....83
FIGURA 44 - FACHADA FRONTAL DO EDIFÍCIO D.....84
FIGURA 45 - ENTORNO EDIFÍCIO A.....85
FIGURA 46 - INFLUÊNCIA DO VENTO.....85
FIGURA 47 - INTERFERÊNCIA SINAL GPS EDIFÍCIO A.....86
FIGURA 48 - INTERFERÊNCIA SINAL WI-FI EDIFÍCIO A.....87

FIGURA 49 - VISTA 360º DA COBERTURA DO EDIFÍCIO A.....87
FIGURA 50 - PERIMETRO FACHADA EDIFÍCIO A.....88
FIGURA 51 - REGIÃO DE INTERFERÊNCIA SINAL GPS EDIFÍCIO B.....89
FIGURA 52 - PERÍMETRO DE VOO EDIFÍCIO B.....90
FIGURA 53 - REENTRÂNCIA ARQUITETÔNICA NO EDIFÍCIO B.....90
FIGURA 54 - ENTORNO DO EDIFÍCIO C.....91
FIGURA 55 - REDE ELÉTRICA E ÁRVORES FRENTE EDIFÍCIO C.....92
FIGURA 56 - ÁRVORES LATERAL ESQUERDA EDIFÍCIO C.....93
FIGURA 57 - TORRES VIZINHAS EDIFÍCIO C.....93
FIGURA 58 - PERÍMETRO DE VOO EDIFÍCIO C.....94
FIGURA 59 - ENTORNO DO EDIFÍCIO D.....95
FIGURA 60 - VIZINHO ESQUERDO DO EDIFÍCIO D.....96
FIGURA 61 - VIZINHO DIREITO DO EDIFÍCIO D.....96
FIGURA 62 - PERÍMETRO DE VOO EDIFÍCIO D.....97
FIGURA 63 - VISTA DA COBERTURA DO EDIFÍCIO D.....98
FIGURA 64 - VISTA DETALHES COBERTURA DO EDIFÍCIO D.....98
FIGURA 65 - PERÍMETRO DE DESCIDAS DO INSPETOR EDIFÍCIO D.....99
FIGURA 66 - PRUMADAS DE DESCIDAS EDIFÍCIO A.....100
FIGURA 67 - PRUMADAS DE DESCIDAS EDIFÍCIO B.....101
FIGURA 68 - PRUMADAS DE DESCIDAS EDIFÍCIO C.....102
FIGURA 69 - PRUMADAS DE DESCIDAS EDIFÍCIO D.....103
FIGURA 70 - CORRELAÇÃO PLANILHA X MAPA.....107
FIGURA 71 - DESPLACAMENTO + DESCOLAMENTO.....110
FIGURA 72 - MEDIÇÃO DESPLACAMENTO.....112
FIGURA 73 - PARALAXE DESPLACAMENTO.....112

FIGURA 74 - MEDIÇÃO FISSURAS.....114
FIGURA 75 - VISTAS DO MESMO DESTACAMENTO REQUADRO.....115
FIGURA 76 - DETALHE PRUMADA 33 EDIFÍCIO A.....117
FIGURA 77 - VISTA PRUMADA 33 EDIFÍCIO A.....117
FIGURA 78 - VISTA SUPERIOR PRUMADA 33 EDIFÍCIO A.....118
FIGURA 79 - CHAMINÉ PRUMADA 36.....119
FIGURA 80 - ALCANCE DE MEDIÇÃO DO INSPETOR.....119
FIGURA 81 - SOBREAMENTO PRUMADA 36 E 37 EDIFÍCIO A.....120
FIGURA 82 - PRUMADA 36: VANT X IN SITU NO ANDAR 13 EDIFÍCIO A.....121
FIGURA 83 - PRUMADA 39: ANDAR 11 EDIFÍCIO A.....121
FIGURA 84 – VANT X IN SITU: FALHA VEDAÇÃO DE JANELA.....122
FIGURA 85 – VANT X IN SITU: DESCOLAMENTO EM PASTILHAS.....123
FIGURA 86 - DESTACAMENTO REQUADO INFERIOR DE JANELA DO EDIFÍCIO A: *IN SITU*.....125
FIGURA 87 - DESTACAMENTO REQUADO SUPERIOR DE JANELA DO EDIFÍCIO A: VANT.....126
FIGURA 88 - FISSURA ÚLTIMO ANDAR EDIFÍCIO A: VANT.....126
FIGURA 89 - FISSURA CANTO JANELA EDIFÍCIO A: VANT.....127
FIGURA 90 - FISSURA TIPO MAPA EDIFÍCIO A: VANT.....128
FIGURA 91 - FISSURA PONTO DE VISTA ALPINISTA EDIFÍCIO B.....129
FIGURA 92 - FISSURA SACADAS EDIFÍCIO B: VANT.....130
FIGURA 93 - FISSURA TOPO EDIFÍCIO B: VANT.....131
FIGURA 94 - DESPLACAMENTO EDIFÍCIO C: *IN SITU*.....132
FIGURA 95 - DESPLACAMENTO EDIFÍCIO C: VANT.....132
FIGURA 96 - DESTACAMENTO DO REBOCO EDIFÍCIO A: VANT.....133
FIGURA 97 - DESTACAMENTO DO REBOCO EDIFÍCIO A: *IN SITU*.....134

FIGURA 98 - DESCASCAMENTO DE PINTURA EDIFÍCIO A: VANT.....134

FIGURA 99 - DESCASCAMENTO DE PINTURA NO TOPO EDIFÍCIO A: VANT...135

FIGURA 100 - EFLORESCÊNCIA EDIFÍCIO D: VANT.....136

FIGURA 101 - EFLORESCÊNCIA OUTRO PONTO DE VISTA EDIFÍCIO D: VANT.....136

FIGURA 102 - EFLORESCÊNCIA VANT E IN SITU EDIFÍCIO D: VANT.....137

FIGURA 103 - FALHA REJUNTE EDIFÍCIO D: *IN SITU*.....138

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – CAUSAS DAS FISSURAS NO REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADAS.....30

QUADRO 2 – TEMPOS DE LEVANTAMENTO DE DADOS PARA PLANILHA DE DANOS.....105

QUADRO 3 – QUANTIDADE DE MANIFESTAÇÕES TOTAIS IDENTIFICADAS *IN SITU* X VANT.....106

QUADRO 4 – MANIFESTAÇÕES IDENTIFICADAS POR INSPEÇÃO.....106

QUADRO 5 – MENSURAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES SIMULTANEAS *IN SITU* X VANT.....107

QUADRO 6 – MÉDIA E DESVIO DA VARIAÇÃO VANT EM RELAÇÃO *IN SITU*...107

QUADRO 7 –DESCOLAMENTOS - VANT EM RELAÇÃO *IN SITU*.....109

QUADRO 8 – DESPLACAMENTO+DESCOLAMENTO - VANT EM RELAÇÃO *IN SITU*.....111

QUADRO 9 – DESPLACAMENTO - VANT EM RELAÇÃO *IN SITU*.....111

QUADRO 10 – FISSURAS - VANT EM RELAÇÃO *IN SITU*.....113

QUADRO 11 – DESTACAMENTOS REQUADRO - VANT EM RELAÇÃO *IN SITU*.....114

QUADRO 12 – TOTAL POR MANIFESTAÇÃO DA FACHADA FRONTAL: EDIF. A.....116

QUADRO 13 – TOTAL POR MANIFESTAÇÃO DA FACHADA FRONTAL: EDIF. B.....122

QUADRO 14 – TOTAL POR MANIFESTAÇÃO DA FACHADA FRONTAL: EDIF. C.....123

QUADRO 15 – TOTAL POR MANIFESTAÇÃO DA FACHADA FRONTAL: EDIF. D.....124

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - MÉTODOS ORIENTADOS POR VANT PARA MONITORAMENTO DE OBRA E CONSTRUÇÃO 51

TABELA 2 - MÉTODOS ORIENTADOS POR VANT PARA AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DE INFRAESTRUTURA.....52

TABELA 3 - ESTUDOS QUE UTILIZAM VANT NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL.....53

LISTA DE SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANAC	- Agência Nacional de Aviação Civil
BIM	- Building Information Model
BS	- British Standards
CBA	- Código Brasileiro de Aeronáutica
DECEA	- Departamento de Controle do Espaço Aéreo
EPC	- Equipamentos de Proteções Coletivas
EPI	- Equipamentos de Proteção Individual
FID	- Ficha de Identificação de Danos
GPS	- Global Positioning System
IBAPE	- Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia
ICA	- Instrução do Comando da Aeronáutica
NBR	- Norma Brasileira
PDI	- Processamento Digital de Imagens
RBAC	- Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil
RPA	- Remotely Piloted Aircraft
RPAS	- Remotely Piloted Aircraft Systems
SARPAS	- Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas
SVVIE	- Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas
VANT	- Veículo Aéreo Não Tripulado
VUP	- Vida Útil de Projeto
UAV	- Unmanned Aerial Vehicles
WIFI	- Wireless Fidelity
WLAN	- Wireless Local Area Network

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 19

1.1 JUSTIFICATIVA 20

1.2 OBJETIVOS 21

1.2.1 Objetivo Geral 21

1.2.2 Objetivos específicos 22

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO 21

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 24

2.1 FACHADAS 24

2.1.1 Exigências técnicas e legais 26

2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS 27

2.2.1 Trincas e fissuras 28

2.2.2 Destacamento de revestimento 32

2.2.3 Esfarelamento de revestimento 36

2.2.4 Descascamento de pintura 37

2.2.5 Sujidade 38

2.2.6 Eflorescências 39

2.2.7 Corrosão de armaduras 40

2.2.8 Juntas de movimentação 41

2.2.9 Vedação de esquadrias de janelas 43

2.2.10 Diagnóstico do problema patológico 44

2.3 TÉCNICAS DE INSPEÇÃO 46

2.3.1 Métodos de inspeção sem drone 47

2.3.2 Métodos de inspeção com drone 48

2.3.3 Estudos no Brasil e no mundo 50

2.4 VANT – VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO 53

2.4.1 Tipos de VANT (Drones) 54

2.4.2 Normas e regras 57
2.4.2.1 Governamentais 58
2.4.2.2 Procedimentos de voo. 61
2.4.3 VANT na construção civil 62
2.4.4 Mapeamento de danos 63
2.4.5 Mapa de danos 65
2.5 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS 67
2.5.1 Software IMAGEJ para processamento de imagens 68
2.5.2 Definição de escala por pixels 69
2.5.3 Inserção de dados e quantificação 70
3 MATERIAIS E MÉTODOS 71
3.1 MÉTODO DE PESQUISA 71
3.1.1 Equipamentos utilizados 73
3.1.2 Unidade de análise comparativa 74
3.1.3 Delimitação do trabalho 75
3.1.4 Justificativa da escolha a partir do objetivo 75
3.1.5 Etapas de pesquisa 75
3.1.6 Seleção amostra 76
3.1.7 Protocolo de coleta de dados 77
3.1.8 Método de análise de dados 80
3.2 Tipologia dos edifícios de estudo 80
3.2.1 Entorno e limitações das inspeções no edifício A 84
3.2.2 Entorno e limitações das inspeções no edifício B 88
3.2.3 Entorno e limitações das inspeções no edifício C 91
3.2.4 Entorno e limitações das inspeções no edifício D 95
3.2.5 Inspeção *in situ*, VANT e quantificação 100
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 105
4.1 TEMPOS DE ELABORAÇÃO DA PLANILHA DE DANOS 105

4.2 IDENTIFICAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES TOTAIS 106
4.3 MENSURAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES 107
4.4 QUANTIFICAÇÃO TOTAL 115
4.4.1 Quantificação de manifestações no Edifício “A” 116
4.4.2 Quantificação de manifestações no Edifício “B” 122
4.4.3 Quantificação de manifestações no Edifício “C” 123
4.4.4 Quantificação de manifestações no Edifício “D” 124
4.5 DIAGNÓSTICO PRELIMINAR 124
4.5.1 Diagnóstico Preliminar de Anomalias no Edifício “A” 125
4.5.2 Diagnóstico Preliminar de Anomalias no Edifício “B” 131
4.5.3 Diagnóstico Preliminar de Anomalias no Edifício “C” 134
4.5.4 Diagnóstico Preliminar de Anomalias no Edifício “D” 135
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 139
5.1 CONCLUSÕES 139
5.1.1 Tempos de levantamentos 139
5.1.2 Identificação das manifestações patológicas 140
5.1.3 Mensuração das manifestações patológicas 141
5.1.4 Mapa de danos das fachadas 141
5.1.5 Quantificação total de manifestações patológicas 142
5.1.6 Diagnóstico das manifestações patológicas 142
5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 145
REFERÊNCIAS 146
APÊNDICE 1 - FICHA DE INSPEÇÃO IN SITU EDIFÍCIO A 156
APÊNDICE 2 - FICHA DE INSPEÇÃO VANT EDIFÍCIO A 159
APÊNDICE 3 - FICHA DE INSPEÇÃO IN SITU EDIFÍCIO B 169
APÊNDICE 4 - FICHA DE INSPEÇÃO VANT EDIFÍCIO B 177
APÊNDICE 5 - FICHA DE INSPEÇÃO IN SITU EDIFÍCIO C 181
APÊNDICE 6 - FICHA DE INSPEÇÃO VANT EDIFÍCIO C 192
APÊNDICE 7 - FICHA DE INSPEÇÃO IN SITU EDIFÍCIO D 199

APÊNDICE 8 - FICHA DE INSPEÇÃO VANT EDIFÍCIO D.....205
APÊNDICE 9 - MAPA DE DANOS IN SITU EDIFÍCIO A.....213
APÊNDICE 10 - MAPA DE DANOS VANT EDIFÍCIO A.....214
APÊNDICE 11 - MAPA DE DANOS IN SITU EDIFÍCIO B.....215
APÊNDICE 12 - MAPA DE DANOS VANT EDIFÍCIO B.....216
APÊNDICE 13 - MAPA DE DANOS IN SITU EDIFÍCIO C.....217
APÊNDICE 14 - MAPA DE DANOS VANT EDIFÍCIO C.....218
APÊNDICE 15 - MAPA DE DANOS IN SITU EDIFÍCIO D 219
APÊNDICE 16 - MAPA DE DANOS VANT EDIFÍCIO D.....220

1 INTRODUÇÃO

A fachada externa é o sistema da edificação mais visível. Entre suas finalidades, pode-se citar as funções de separação entre o ambiente externo e interno, vedação acústica, térmica, contra intempéries, garantindo a habitabilidade das unidades internas da edificação e estético sendo um fator de valorização do imóvel. Segundo Bauer *et al.* (2015), todo elemento construtivo sofre processo de degradação. Contudo, esse processo pode ser acelerado ou reduzido dependendo das condições de exposição, da sensibilidade à degradação de cada elemento, e das intervenções de manutenção, sendo elas preditivas ou corretivas. Ainda de acordo com Bauer *et al.* (2015), a fachada é suscetível à degradação mais intensa, devido ao contato direto com diversos agente de degradação, como os agentes atmosféricos, radiação solar, chuva dirigida e temperatura. Assim o risco de falhas no desempenho se torna importante principalmente quando existe alta exposição aos agentes de degradação climáticos, resultando em manifestações patológicas.

De acordo com Coutinho et al. (2017), o avanço da tecnologia no ambiente da construção civil, tem resultado em novos processos, equipamentos e materiais que estão ocupando espaço neste ramo, gerando práticas inovadoras, como por exemplo: o uso da modelagem BIM para o conjunto de informações geradas e mantidas durante todo o ciclo de vida de um edifício, aplicação de materiais sustentáveis e que geram prazos e custos menores por meio da redução dos resíduos nos canteiros de obras ou pela otimização na produção dos insumos utilizados, e o uso de Veículos Aéreos não Tripulados (VANT), também chamados de drones.

A capacidade dos VANT alcançarem locais de difíceis acessos e perspectivas diferenciadas, com velocidade de execução de alto nível de precisão para coletas de imagens digitais, formam um novo mercado (SILVA DE DEUS, 2017). Nesse sentido, Veículos Aéreos não Tripulados (VANT) equipados com câmeras, se tornam ferramentas importantes para inspeções em fachadas de edifícios que apresentem manifestações patológicas, obtendo imagens que posteriormente podem fornecer dados importantes para mensuração através de processamento digital de imagens, auxiliando o diagnóstico, prognostico, terapia e orçamentação para reparo das anomalias. Como um equipamento cuja a disponibilidade na construção civil é recente, existem

vantagens e desvantagens no seu uso em relação a métodos tradicionais de inspeção, sendo de suma importância o conhecimento do seu potencial e limitações.

1.1 JUSTIFICATIVA

As manifestações patológicas dos revestimentos de fachada comprometem a imagem de uma edificação em relação a observadores externos, segundo Carvalho et al. (1999) a base dos revestimentos (alvenaria ou concreto), sem o adequado acabamento final, torna-se vulnerável às infiltrações de água e gases, o que gera sérias deteriorações no interior dos edifícios, podendo ser as mesmas de ordem estética ou até mesmo estrutural.

As fachadas atuam como a pele das edificações, ou seja, são as partes mais expostas aos agentes externos como o sol, a umidade, o vento, a chuva e a variação de temperatura. Portanto, é essencial entender o funcionamento das fachadas e analisar as manifestações patológicas que ocorrem para aprimorar este sistema de maneira a encurtar incidentes destes problemas. Para tanto, é fundamental a realização de inspeções que quantifiquem e qualifiquem tais manifestações patológicas (LISBOA et al., 2018).

Segundo Azevedo (2011), as manifestações patológicas apresentam sintomas característicos que permitem ao especialista determinar a sua origem, as causas que conduziram ao seu aparecimento e as consequências que poderão ocorrer caso não sejam devidamente corrigidas. As causas dessas anomalias envolvem, normalmente, fatores variados, complexos e de diagnóstico intrincado. Portanto, uma estratégia adequada de inspeção e de manutenção poderá proporcionar à estrutura um melhor desempenho global ao longo de sua vida útil.

Existem métodos capazes de realizar o monitoramento dos danos nas fachadas de edificações. Porém, para as diferentes estruturas existentes os métodos conhecidos apresentam algum tipo de restrição de aplicação como, por exemplo, a dificuldade de acesso físico às estruturas. Outra limitação dos métodos existentes consiste no levantamento de danos em edificações de grande altura, pela necessidade do uso de andaimes ou do uso do rapel que implica na mobilização de pessoas

habilitadas e bem treinadas, além do alto risco de acidentes que sempre representam (Costa, 2014).

Conforme Melo Junior (2016), inspeções em edificações com muitos pavimentos são tarefas complexas e dispendiosas devido à dificuldade de acesso às partes mais altas, nesse contexto, a aplicação de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) como ferramenta de inspeção de pontes e viadutos é uma realidade recente, logo que, com câmeras embarcadas, permite o registro fotográfico ou em vídeo de todo o objeto de interesse, incluindo das regiões de difícil acesso.

Para uma vistoria efetiva, a correta constatação dos danos é fundamental e conforme a NBR 13752 (ABNT, 1996), tal constatação deve caracterizar, classificar e quantificar a extensão de todos os danos observados, as próprias dimensões dos danos definem a natureza das avarias, qualquer que seja a nomenclatura (fissura, trinca, rachadura, brecha, fenda, etc.). A NBR 15575 (ABNT, 2013), define que algumas ocorrências de avarias são toleráveis desde que fiquem abaixo de um limite expresso normalmente em metro quadrado, metro linear ou percentual da área total correspondente.

Nesse sentido, um método de inspeção em fachada para identificação, classificação e quantificação de manifestações patológicas por VANT colabora para a eficiência da orçamentação necessária para recuperação dos danos, reduzindo tempo, riscos e custos em relação a inspeção tradicional com alpinista industrial.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Estudar a utilização de imagens captadas por VANT combinado com processamento digital de imagens por *software* como método de identificação e quantificação de manifestações patológicas em fachadas de edifícios residenciais em comparação à avaliação *in situ*.

1.2.2 Objetivos específicos

Para comparar diferentes tipos de métodos de identificação e quantificação de manifestações patológicas em fachadas, a avaliação requer os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar e comparar o tempo necessário para conclusão dos levantamentos.
- Avaliar e comparar o grau de similaridade nos quantitativos levantados.
- Avaliar as limitações do levantamento *in situ* executado por alpinista industrial que interfiram na inspeção total das fachadas dos edifícios.
- Avaliar as limitações do levantamento com drone que interfiram na inspeção total das fachadas dos edifícios.
- Avaliar a possibilidade de diagnóstico preliminar das manifestações patológicas identificadas nas fachadas.
- Contribuir com uma metodologia prática de investigação de manifestações patológicas em locais de difícil acesso que evite a exposição a riscos ocupacionais de profissionais envolvidos.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação está dividida em cinco capítulos. Este capítulo corresponde à introdução do trabalho, nele se faz uma introdução do tema de estudo, comenta-se sobre o contexto e justificativa e se apresenta o objetivo geral e os específicos, assim como a estrutura da tese.

No segundo capítulo são tratados os aspectos relacionados ao tema manifestações patológicas em fachadas. Neste sentido também são abordados os temas de inspeções em fachadas, veículos aéreos não tripulados (VANT) e processamento digital pertinentes a esta dissertação.

No capítulo três é apresentado as etapas do estudo realizado, incluindo o procedimento de inspeção nas fachadas por ambos os métodos, sendo apresentados os materiais e equipamentos utilizados. É descrito a coleta, o processamento e a

apresentação dos dados. Finalmente, são apresentados os edifícios de estudo e descritos o entorno de cada e as limitações para o desenvolvimento dos trabalhos.

No quarto capítulo, baseado nos dados apresentados nos APÊNDICES (1 ao 16) são apresentados os resultados e discussões divididos por tempos para elaboração das planilhas de danos, identificação das manifestações, mensuração, quantificação e diagnostico preliminar das manifestações. Os resultados estão resumidos em tabelas pertinentes, sendo comentados as principais limitações para o desenvolvimento dos trabalhos por ambos os métodos em todos os edifícios.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões do estudo e recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FACHADAS

Segundo Gomes (2015), a fachada é um dos principais elementos visíveis da edificação e parte integrante da vedação, é a parede exterior de um edifício que, juntamente com a cobertura e o pavimento, compõem a envolvente. Sendo considerado um subsistema da edificação que está diretamente ligado ao elevado custo de manutenção, desempenho térmico e acústico, manifestações de patologias e estanqueidade, comprometendo o desempenho da envoltória. Conforme Medeiros (2010), os revestimentos de fachada são nominados normalmente pelo material em sua camada mais externa, cuja função também é decorativa. Desta forma, têm-se as pinturas, as texturas poliméricas, as argamassas decorativas, as placas cerâmicas e as placas de rocha como granitos, mármores, entre outros. Ainda segundo Medeiros (2010), o mercado da construção define o uso de acordo com as tendências arquitetônicas, tendo influência do clima e durabilidade esperada. Esta definição considera a cultura e necessidades locais, ainda que de uma maneira informal, o custo do material aplicado e preço de venda dos imóveis são fatores determinantes, como exemplo, na cidade de São Paulo há a preferência por pinturas e texturas, em Belo Horizonte e Curitiba, há preferência pelo revestimento cerâmico.

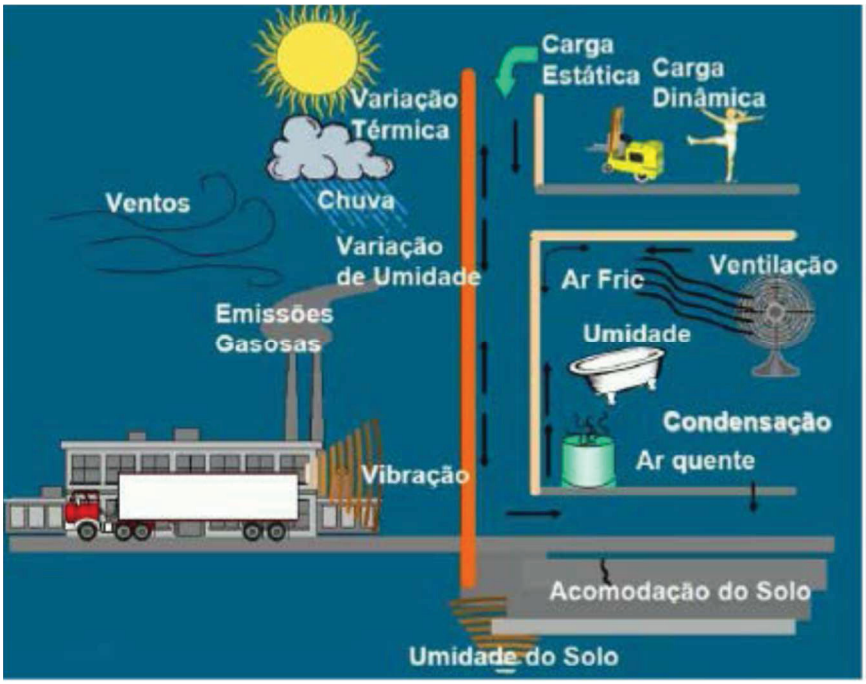
De acordo com Ching (2010), pode-se considerar a fachada como o sistema de vedação externa, sendo uma pele ou o fechamento de uma edificação, consistindo em cobertura, paredes, janelas e portas externas. A cobertura e as paredes externas protegem os espaços internos da edificação do clima inclemente e controlam umidade, calor e fluxo de ar através das várias camadas de sistemas de construção. Também amortecem os ruídos, oferecem segurança e privacidade para os ocupantes de uma edificação.

O Sistema de Revestimento corresponde ao acabamento final de uma edificação, sendo a parte que se apresenta, mais visível com a finalidade principal de proteção de paredes, pisos e tetos, incluídos os forros. A função protetora é a que mais se destaca pela sua importância, pois visa resguardar as superfícies a serem revestidas contra os agentes facilitadores da deterioração. Dentre esses agentes podem ser

citados: infiltração de água de chuva, água de solo, água de uso e/ou de manutenção, além das ações de ventos, temperatura e umidade do ar, ação de fungos, (IBAPE, 2012)

Conforme Medeiros apud Braga et al. (2015), deve-se realizar uma pesquisa sobre as condições de exposição da fachada (FIGURA 1) após construído, tais condições são um grupo de forças eventuais ou frequentes que incidem sobre a edificação, influenciando nos materiais utilizados no acabamento.

FIGURA 1 - CONDIÇÕES DE EXPOSIÇÃO DA FACHADA



FONTE: Antunes (2010)

Conforme a NBR 15575-3 (ABNT, 2013), a fachada de um edifício faz parte do sistema de vedação vertical externo, que limita verticalmente a edificação separando ambiente interno do externo.

Segundo a NBR 13755 (ABNT, 2013), revestimento externo é o conjunto de camadas superpostas e intimamente ligadas, constituído pela estrutura-suporte, alvenarias, camadas sucessivas de argamassas e revestimento final, cuja função é proteger a edificação das intempéries, bem como dar acabamento estético.

Ao decorrer da vida útil do projeto podem aparecer manifestações patológicas que muitas vezes são ocasionadas pela ausência de informação e capital intelectual,

ou seja, conhecimento técnico aplicado na sua execução. As mais comuns manifestações patológicas existentes nas fachadas são o aparecimento de deslocamento das placas, trincas e manchas nas mesmas. Estas alteraram a estética do ambiente e a função do revestimento, oferecendo riscos e uma série de desconfortos aos usuários e, é claro, ocasionando assim a necessidade de manutenções e reparos (SILVA, 2018).

2.1.1 Exigências técnicas e legais

A NBR 15575 (ABNT, 2013) descreve uma série de exigências para os sistemas de vedação externo, com relação a fissuras ou descolamentos são considerados toleráveis caso atendam as seguintes características:

- Fissuras no corpo das fachadas, descolamentos entre placas de revestimento e outros seccionamentos do gênero, desde que não sejam detectáveis a olho nu por um observador posicionado a 1,00 m da superfície do elemento em análise, num cone visual com ângulo igual ou inferior a 60°, sob iluminamento natural em dia sem nebulosidade;
- Descolamentos de revestimentos localizados, detectáveis visualmente ou por exame de percussão (som cavo), desde que não impliquem descontinuidades ou risco de projeção de material, não ultrapassando área individual de 0,10 m² ou área total correspondente a 5 % do pano de fachada em análise.

Não são toleráveis a ocorrência de falhas como fissuras, destacamentos, empolamentos, descoloramentos e outros danos que possam comprometer a utilização do sistema de vedação vertical interna e externa - SVVIE (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013).

Com relação a infiltração de água através da fachada, proveniente de chuvas incidente ou outras fontes, a NBR 15575 (ABNT, 2013) define que os sistemas de vedação vertical externa da edificação habitacional, incluindo a junção entre a janela e a parede devem permanecer estanques e não apresentar infiltrações que proporcionem borrifamentos, ou escorrimentos ou formação de gotas de água aderentes na

face interna, podendo ocorrer pequenas manchas de umidade na face oposta à incidência da água com áreas limitadas à 5% em relação a área total.

Segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013), a Vida Útil de Projeto (VUP) deve apresentar-se com o tempo igual ou superior aos períodos preconizados pela norma, sendo para vedação vertical externa no mínimo 40 anos, e ser submetidos a manutenções preventivas (sistemáticas) e, sempre que necessário, a manutenções corretivas e de conservação previstas no manual de operação, uso e manutenção. O projeto deve mencionar o prazo de substituição e manutenções periódicas para os componentes que apresentem vida útil de projeto menor do que aquelas estabelecidas para o sistema.

Manutenções preventivas e, sempre que necessário, manutenções com caráter corretivo, devem ser previstas e realizadas. As manutenções corretivas devem ser realizadas assim que algum problema se manifestar, a fim de impedir que pequenas falhas progridam às vezes rapidamente para extensas patologias (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013).

2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS

O termo Patologia, de origem grega (páthos, doença, e lógos, estudo), é amplamente utilizado nas diversas áreas da ciência, com denominações do objeto de estudo que variam de acordo com o ramo de atividade (...). No ramo da medicina a patologia envolve tanto a ciência básica quanto a prática clínica, e é devotada ao estudo das alterações estruturais e funcionais das células, dos tecidos e dos órgãos que estão ou podem estar sujeitos a doenças modificadoras do sistema. (...)Foi exatamente este panorama vindo da medicina que inspirou engenheiros civis a passarem a usar termos da medicina na engenharia civil, sendo atualmente muitos deles já consagrados e usados inclusive em livros adotados nos cursos de graduação em engenharia civil em todo o mundo (HELENE et al., 2011).

A existência das manifestações patológicas em revestimento de fachadas prejudica, ao longo do tempo, o desempenho do sistema. A falta de desempenho pode fazer com que o subsistema de revestimento não cumpra as suas funções básicas,

prejudicando assim o bem-estar e a segurança dos usuários até comprometer a fachada. (ANTUNES, 2010).

A manifestação patológica nunca é atribuída a uma causa, geralmente é resultante da combinação de vários fatores, e pode ser sucedida por uma sobreposição de efeitos que se acumulam até que se manifeste um dano maior. Entre as principais manifestações patológicas em sistemas de revestimento cita-se descolamento e desplacamento de placas cerâmicas, falhas de vedação, fissuração, deterioração de juntas de movimentação e eflorescências (ANTUNES, 2010)

Estudos apontam inclusive efeitos da direção geográfica das fachadas na incidência de manifestações patológicas (Mazer et al. ,2016; Melo e Carasek, 2014; Galletto e Andrello, 2013), demonstrando que a incidência solar, variação térmica, direção e velocidade de ventos e chuvas nas fachadas podem ter influência na ocorrência de tais anomalias, variando o grau de incidência e gravidade de danos conforme a direção da fachada que fica mais exposta a intensidade destes eventos climáticos.

2.2.1 Trincas e fissuras

Dentre os inúmeros problemas patológicos que afetam os edifícios, sejam eles residenciais, comerciais ou institucionais, particularmente importante é o problema das trincas, devido a três aspectos fundamentais: o aviso de eventual estado perigoso para a estrutura, o comprometimento do desempenho da obra em serviço (estanqueidade à água, durabilidade, isolação, acústica, etc.) e o constrangimento psicológico que a fissuração do edifício exerce sobre seus usuários (THOMAZ, 2012). Segundo Ferreira de Almeida (2015), fissuras e trincas têm sido ao longo dos anos uma das manifestações patológicas mais comuns nos edifícios, não apenas nas fachadas externas, mas também nos elementos interiores. Este fenômeno ocorre devido a projeto ou execução imperfeitos, ou simplesmente devido a ações acidentais sobre as quais é quase impossível prever suas consequências.

A NBR 15.575-2 (ABNT, 2013) refere-se a fissuras como um seccionamento na superfície ou em toda seção transversal de um componente, com abertura capilar, provocado por tensões normais ou tangenciais classificando como ativas ou passivas,

onde a primeira possui variações na espessura de acordo com os movimentos higrotérmicos e a segunda possui abertura constante, nomeando como fissuras, abertura igual ou inferior a 0,5 mm e como trincas aberturas igual ou superior a 0,6 mm. Na NBR 9575 (ABNT, 2010), descreve-se fissuras como aberturas ocasionadas por deformações ou deslocamentos do substrato, classificando como estáticas ou dinâmicas, cíclicas, finitas ou infinitas, sendo a amplitude variável. SILVA (2018) em suas notas, propõe as seguintes denominações conforme a abertura seccionada:

- Fissura: até 0,5 mm
- Trincas: de 0,5 até 1,5mm
- Rachadura: de 1,5 até 5,0mm
- Fenda: de 5,0 até 10,0 mm
- Brecha: Acima de 10,0 mm

Conforme Colen (2009), trincas e fissuras são defeitos de alta incidência nas fachadas, podendo resultar na perda de integridade por permitir entrada de agentes de degradação, como água da chuva, desenvolvendo condições para outros defeitos, como desplacamentos e eflorescências. Grimm (1988) conclui que fissuras com aberturas na ordem de 0,1 mm ou mais, permitem penetração significativa de água da chuva, gerando manifestações patológicas relacionadas a umidade, tanto externamente quanto internamente ao imóvel.

A maioria dos modelos de avaliação de degradação de edifícios e vida útil, consideram fissuras como um dos três principais defeitos em relação ao grau de dano infligido em fachadas (GASPAR; DE BRITO, 2008). Portanto, pode-se afirmar que um alto grau de fissuração exerce influência decisiva na redução da vida útil da fachada e de seus sistemas. É essencial detectar as fissuras e a necessidade de intervenção corretiva para elaborar um plano de manutenção adequado para que o edifício atinja a vida útil planejada (CLEMENTE, 2018).

Tanto em alvenarias quanto nas estruturas de concreto, a fissura é originada por conta da atuação de tensões nos materiais. Quando a solicitação é maior do que a capacidade de resistência do material, a fissura tem a tendência de aliviar suas tensões. Quanto maior for a restrição imposta ao movimento dos materiais, e quanto mais frágil ele for, maiores serão a magnitude e a intensidade da fissuração (CORSINI, 2010). Silva *et al*. (2019), descreve trincas e fissuras como efeitos provenientes da

retração e dilatação do revestimento ou da placa cerâmica, diretamente ligada à variação térmica ou de umidade, ocorrem também devido às deformações da estrutura pela falta de detalhes construtivos como vergas, contra vergas, pingadeiras, platibandas ou juntas de dilatação, principalmente nos primeiros e últimos andares dos edifícios.

Segundo Campante (2002, *apud*. BRAGA, 2015) as causas das trincas, gretamento e fissuras em fachadas com revestimento cerâmico, podem ser divididas conforme QUADRO 1.

QUADRO 1 – CAUSAS DAS FISSURAS NO REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADAS

Causa das trincas, gretamento e fissuras	**Descrição**
Dilatação e retração das placas cerâmicas	Este problema ocorre quando há variação térmica e/ou de umidade. Estas variações geram um estado de tensões internas que, quando ultrapassam o limite de resistência da placa cerâmica, causam trincas e fissuras, e, quando ultrapassam o limite de resistência da camada de esmalte, causam o gretamento.
Deformação estrutural excessiva	Esta deformação do edifício pode criar tensões na alvenaria que, quando não são completamente absorvidas, podem ser transferidas aos revestimentos. Estes, por sua vez, podem não resistir ao nível de tensões, rompendo-se e, muitas vezes, destacando-se do substrato.
Ausência de detalhes construtivos	A falta de alguns detalhes construtivos, tais como vergas, contravergas nas aberturas de janelas e portas, pingadeiras nas janelas, platibandas e juntas de movimentação, podem ajudar podem ajudar a dissipar as tensões que chegam até os revestimentos.
Retração da argamassa de fixação	Este problema ocorre quando se usa argamassa de fixação dosada em obra em vez de argamassa colante industrializada. A retração da argamassa causada pela hidratação do cimento pode causar um aperto ou "beliscão" na placa cerâmica que, por estar firmemente aderida a argamassa, pode tornar a superfície convexa e tracionada, causando gretamento, fissuras ou mesmo trincas nas placas cerâmicas.

FONTE: Adaptado de Campante (2002) *apud*. Braga (2015)

Para as fachadas de edifícios em concreto aparente e armado ou em revestimentos sobre pilares e vigas, o aparecimento de fissuras também pode decorrer da formação dos produtos da corrosão do aço (óxidos e hidróxidos de ferro) que, por ocuparem um volume superior ao volume original das armaduras, geram tensões internas, sujeitando o concreto a altas tensões de tração. As tensões ocasionam a fissuração e, posteriormente, o destacamento de camadas de cobrimento do concreto. Dentre as causas do fenômeno de corrosão de armaduras em elementos de concreto podem ser citadas: a penetração de íons de cloro (contaminação por cloretos), a carbonatação e a ação da umidade (MELO JUNIOR, 2016). Para Lima (2020), as fissuras

em concreto armado têm consequências graves na durabilidade da estrutura, pois são veículos que permitem a entrada de agentes externos agressivos para o interior da estrutura, resultando em corrosão das armaduras e, consequentemente, na desagregação da capa de concreto do cobrimento da mesma.

Segundo Antunes (2010), trincas e fissuras (FIGURA 2) são pontos para penetração de agentes agressivos externos, principalmente água, tendo como possíveis consequências o aparecimento de novas manifestações patológicas como eflorescências, manchas de umidade, bolor ou mofo, corrosão de armaduras e descolamento de revestimentos.

Ainda conforme Antunes (2010), a ocorrência de fissuras e trincas apresenta-se em sua maioria nos seguintes pontos das fachadas:

- Na envoltória de aberturas: decorrentes da acentuada concentração de tensões, junto aos vértices das janelas e portas.
- Na interface estrutura-alvenaria: Normalmente paralelas ao componente estrutural (pilar, viga ou laje), devido a movimentos diferenciais decorrentes da deformação da estrutura ou deficiência da ancoragem pilar/alvenaria ou viga/alvenaria.
- Em parede continua (centro do pano de alvenaria): decorrente de movimentos diferenciais, quer por razões estruturais ou térmicas. Ou derivadas de retração por secagem da argamassa logo após a execução.
- No topo de edifícios e nos andares superiores: Típicas de solicitação térmica, devido a junção de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, expostos às mesmas variações de temperatura.
- Fissuras mapeadas: normalmente atribuídas às movimentações hidrotérmicas diferenciadas entre revestimento e estrutura, eventualmente associadas à retração por secagem da argamassa.
- Fissuras horizontais: predominantemente horizontais nas argamassas de revestimento são decorrentes da expansão da argamassa de assentamento por hidratação retardada do cimento devido a presença de argilominerais expansivos no agregado. Podem ocorrer também devido ao desempeno e sarrafeamento precoce da argamassa.

- Fissuras verticais ou inclinadas: Aparecem associadas ao enfraquecimento do revestimento pela presença de tubos e eletrotubos embutidos. Se em paredes extensas podem ser devidas a movimentações térmicas e geralmente se manifestam a cada 4 ou 5 metros, podendo ocorrer nos encontros da alvenaria com pilares (FIGURA 2).

FIGURA 2 - FISSURA EM FACHADA

FONTE: Mazer et al. (2016)

Segundo Ribeiro e Volkweis (2016), em relação aos principais fatores que geram fissuras por movimentações higrotérmicas pode-se citar a temperatura, o coeficiente de contração e dilatação dos materiais, a intensidade solar em que a fachada está exposta, a relação de umidade em que a parede está submetida e o nível de absorção do revestimento.

Fissuras e trincas em fachadas provocadas por acomodações estruturais necessitam de estudos envolvendo avaliação da estrutura, não sendo recomendado apenas visualização da fachada para o diagnóstico.

2.2.2 Destacamento de revestimento

Conforme Silvestre e Brito (2011), destacamento é a manifestação patológica ocorrida em placas de revestimentos cerâmicos, onde as placas não mais permanecem fixadas na fachada, afetando apenas a camada externa do sistema de

revestimento. O destacamento ocorre quando a tensão atuante sobre o sistema supera a resistência de aderência entre as camadas, seguindo do descolamento das placas cerâmicas do substrato ou da argamassa colante. Pacheco e Vieira (2017) descrevem que os destacamentos cerâmicos reduzem a vida útil do edifício e são um fator de risco para pedestres e automóveis que circulam nas mediações dos edifícios. Ainda conforme Pacheco e Vieira (2017), os destacamentos ocorrem por causas diversas, com atuação em conjunto ou separadamente, sendo a observação da forma do destacamento e em qual camada do revestimento houve o desprendimento, informações que auxiliam no diagnóstico.

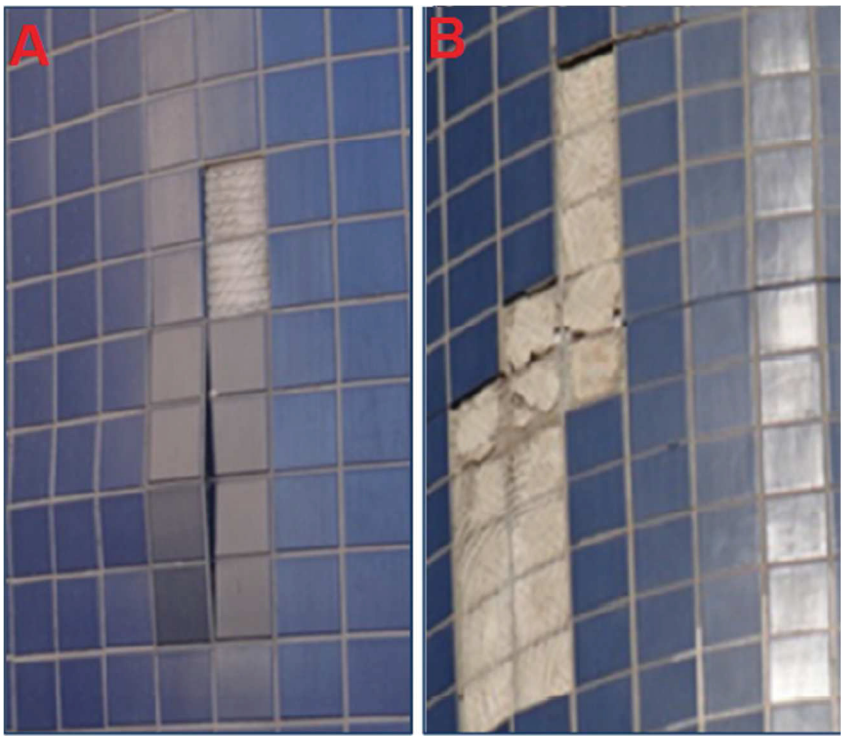
Os destacamentos de revestimentos são devidos à presença de fissuras, perda de aderência e infiltração, falta ou deficiência de juntas de trabalho, e outros fatores, proporcionará infiltrações no interior e perda de aderência ao redor (IBAPE, 2012). Segundo Silva *et al*. (2019), a variação de temperatura faz com que a placas cerâmicas sofram dilatação térmica, o que gera tensões de cisalhamento e flambagem com a base, assim resultando no descolamento desses materiais. Além disso, outros fatores como a influência de cargas sobrepostas logo após o assentamento, o que provoca tensões de compressão sobre a camada superficial e consequentemente o destacamento do revestimento, a ausência de juntas de dilatação ou instabilidade do suporte recentemente executado em presença de umidade, esmagamento insuficiente dos cordões da argamassa colante, com consequente falta de impregnação de material no verso da placa cerâmica, podem resultar nessa manifestação patológica.

Outra causa de destacamentos de revestimento está relacionada a elaboração da argamassa, conforme Costa et al. (2007), as argamassas são aplicadas no estado fluido, o seu desempenho reológico é fundamental para possibilitar facilidade de aplicação e formação de cordões na execução de revestimentos cerâmicos e evitar problemas de descolamento no estado endurecido, verifica-se que algumas argamassas não apresentam viscosidade adequada para garantir satisfatoriamente a resistência de aderência no substrato.

Os destacamentos de revestimentos cerâmicos podem ser divididos em descolamento e desplacamento, conforme Costa (2014), o descolamento cerâmico caracteriza-se pelo desprendimento das placas cerâmicas da fachada, porém se mantendo unidas pelo rejunte, formando um estufamento sem a queda do revestimento.

No desplacamento cerâmico ocorre a queda das placas cerâmicas, expondo visualmente a base. Pode-se observar as duas formas na FIGURA 3.

FIGURA 3 – DESCOLAMENTO (A) E DESPLACAMENTO (B)



FONTE: Costa (2014)

Outro tipo de destacamento mencionado por Colen (2007) é referido às fachadas rebocadas com acabamento em pintura (FIGURA 4), quando a argamassa perde a sua capacidade de aderência ao suporte, ocorre seu descolamento em relação à base de assentamento em um primeiro momento, geralmente seguido pelo empolamento do reboco, até atingir a fase de desprendimento ocasionando os seguintes efeitos:

a) perda da função de proteção ao suporte, pois fica exposto às ações dos elementos do clima (chuva, vento, condensação e outros);

b) eventual queda das partes do reboco com risco efetivo para a segurança e saúde dos usuários pela eventual queda de partes do reboco;

c) perda da estética ou qualidade visual da fachada.

FIGURA 4 - DESTACAMENTO DE REBOCO

FONTE: Colen et al. (2007)

Existem fissuras ao redor de janelas que revelam destacamentos em requadros (FIGURA 5), tendo a fissura início e fim geralmente nos cantos.

FIGURA 5 - DESTACAMENTO EM REQUADRO DE JANELA

FONTE: o autor (2020)

Conforme Lordsleem Jr. (2007), na execução de requadros de janelas e vigas de varandas há uma dificuldade adicional de aderência da argamassa, pois quando recém aplicada tende a desprender-se mais facilmente, haja vista que nestes locais exige-se um maior número de camadas para finalizar o serviço. Ainda segundo Lordsleem Jr (2007), podem ocorrer devido adulteração da argamassa por parte da mão de obra visando redução do tempo de execução ou não cumprimento do tempo de cura mínimo entre as camadas.

2.2.3 Esfarelamento de revestimento

Conforme Colen (2007), o esfarelamento de revestimento ou perda de coesão, corresponde à desunião ou desagregação dos componentes da argamassa, seguida pela perda das partículas que a compõem. Este fenômeno é mais frequente em argamassas antigas, por oposição às argamassas de cimento, sobretudo após o destacamento da camada superficial do reboco (mais endurecida e que, ao desaparecer, deixa expostas ao ambiente as camadas interiores do reboco). A perda de coesão manifesta-se geralmente por três tipos de fenômenos:

- pulverização (FIGURA 6a): desagregação dos vários componentes da argamassa, que se esfarela e conduz ao desprendimento de material sob a forma de pó ou de grânulos;
- arenização ou desagregação granular (FIGURA 6b): perda ou lavagem das partículas finas da argamassa caracterizada pelo fácil destaque de partículas de dimensão da areia mesmo com esforços mecânicos de fraca intensidade;
- erosão (FIGURA 6c): corresponde à perda localizada de massa de superfície do material por ação dos elementos atmosféricos, podendo originar um efeito localizado de escavação da argamassa; este fenómeno, embora raro, regista-se no caso de argamassas antigas, muito espessas e com perda de ligante, geralmente após a perda da camada exterior de proteção (como a cal).

FIGURA 6a, 6b e 6c - PULVERIZAÇÃO, ARENIZAÇÃO E EROSÃO

FONTE: Colen et al. (2007)

2.2.4 Descascamento de pintura

Fagundes Neto (2007) e Antunes (2010) descrevem descascamento de pintura como o processo de destacamento da película de tinta do substrato, parcialmente ou integralmente (FIGURA 7), relacionando como causas:

- Tinta aplicada sobre caiação
- A primeira demão aplicada sobre substrato ineficientemente diluída.
- Umidade retida no substrato, sob efeito do calor proveniente do ambiente, passa para o estado de vapor pressionando a película de tinta
- Pintura sobre superfície aquecida
- Preparo inadequado do substrato ou ausência de preparação (por exemplo: Aplicação de tinta em superfície contaminada por eflorescências ou a aplicação sobre substrato poroso).
- Tinta com baixa resistência a álcalis (tintas a óleo por exemplo) aplicada sobre substrato úmido e alcalino havendo perda de aderência, sinais de pulverulências e manchas de umidade.

FIGURA 7 – DESCASCAMENTO DE PINTURA

FONTE: Fagundes Neto (2007)

2.2.5 Sujidade

Conforme Colen et al. (2005), sujidade pode ser entendida como a acumulação de material estranho de natureza diversa (poeiras, fuligem e outras partículas) na superfície, com espessura variável, pouco aderente e de fraca coesão, provenientes do próprio revestimento ou do meio ambiente; de aspecto uniforme (zonas protegidas da chuva) ou diferenciado (escorrências) (FIGURA 8).

FIGURA 8 - SUJIDADE EM FACHADA

Fonte: o autor. (2019)

2.2.6 Eflorescências

Segundo a BS 8221-1 (BRITISH STANDARDS INSTITUTION, 2012), as eflorescências são derivadas da cristalização de sais como sulfato de cálcio, sendo sua formação originada da reação de ácidos sulfurosos presentes na chuva com o hidróxido ou carbonato de cálcio da superfície. De acordo com Colen et al. (2005), são depósitos cristalinos pouco aderente, de sais solúveis (sulfatos, cloretos, nitratos, carbonatos), na superfície do revestimento (eflorescências) ou entre este e o suporte (criptoflorescências) originado por migração / evaporação da água. Ainda conforme Colen et al. (2005) as carbonatações são incrustações à superfície de sais de carbonato de cálcio, insolúveis, resultantes do hidróxido de cálcio dos produtos cimentícios, dissolvido pela água infiltrada e convertido à superfície numa forma insolúvel pela exposição ao dióxido de carbono (CO_2).

De acordo com Costa (2014), trata-se de cristalização na superfície de sais solúveis contidos no mesmo (FIGURA 9). A eflorescência de sais acontece fora dos poros do material e, por essa razão, o grau de deterioração é menor, geralmente não afeta a integridade estrutural do produto, tendo implicações exclusivas a parte estética pela presença de manchas brancas.

FIGURA 9 - MANCHAS DE EFLORESCÊNCIA EM FACHADA

FONTE: Melo Jr. (2016)

2.2.7 Corrosão de armaduras

A Segundo Helene (1993), o processo de corrosão das armaduras no interior do concreto é ocasionado principalmente por mecanismos eletroquímicos, ou seja, há uma reação química que envolve a condução de cargas (elétrons) entre regiões diferentes de um mesmo metal. Em uma região ocorrem as reações de perda de elétrons (região anódica), enquanto em outra se processam as reações de consumo de elétrons (região catódica).

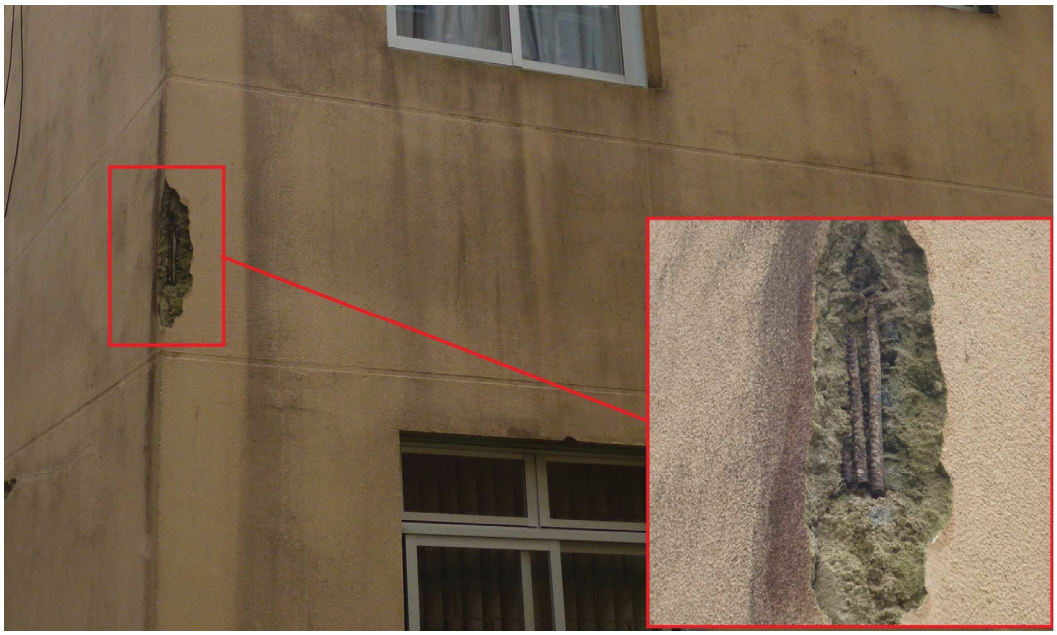
Melo Jr. (2016) cita como causas do fenômeno de corrosão de armaduras em elementos de concreto: a penetração de íons de cloro (contaminação por cloretos), a carbonatação e a ação da umidade. A contaminação do concreto por cloreto pode ser causada pelo emprego de aditivos à base de cloretos em concretos, penetração de cloretos presentes no meio ambiente (regiões próximas ao mar) ou, ainda, água contaminada com HCl (ácido clorídrico) utilizado em operações de limpeza. Ainda conforme Melo Jr. (2016), a carbonatação ocorre pela penetração de dióxido de carbono na rede de poros do concreto, que ao reagir com constituintes alcalinos da pasta de cimento, principalmente o hidróxido de cálcio, provocam a despassivação das armaduras, isto é, a capacidade de proteção do aço contra a corrosão. Em ambos os casos a presença de umidade provocará o desenvolvimento de corrosão das armaduras.

Segundo Melo Jr. (2016), a ação de umidade pode ocorrer de duas maneiras: primeiramente pela penetração através das fissuras já existentes, assim como por nichos ou juntas de concretagem e outros, ou pela elevada porosidade do concreto e que, após ocasionar a corrosão das armaduras, levará à fissuração do concreto. Esta fissuração proporciona maior velocidade do processo de corrosão, manifestando-se na superfície por meio de manchas marrom-avermelhadas ou esverdeadas dos produtos de corrosão. No caso de armaduras próximas as fachadas, Costa (2014) ressalta que a umidade do ambiente influi na umidade dos poros do concreto, influenciando a velocidade de corrosão das armaduras.

Tanto Macedo (2016) quanto Melo Jr. (2016), indicam que após o processo de corrosão das armaduras no interior do concreto se iniciar, os óxidos formados são expansivos, gerando tensões internas que provocam o rompimento do concreto, resultando no aparecimento de fissuras no decorrer da armadura, ampliação de fissuras

já existentes e destacamento da camada de cobrimento do concreto junto com o revestimento externo da fachada (FIGURA 10).

FIGURA 10 – CORROSÃO EM ARMADURA PRÓXIMA DA FACHADA



FONTE: o autor. (2019)

2.2.8 Juntas de movimentação

Em revestimentos de fachadas, a principal função das juntas de movimentação é minimizar a propagação de esforços aos sistemas com os quais se relaciona, controlando as tensões introduzidas neste sistema. O emprego deste detalhe construtivo objetiva tornar possível que as camadas de revestimento se movimentem, evitando manifestações patológicas, tais como a fissuração e o destacamento (RIBEIRO, 2006).

Conforme a NBR 13755 (ABNT, 2017), as juntas podem ser divididas da seguinte forma:

- Juntas de assentamento (rejunte entre placas cerâmicas)
- Juntas de movimentação
- Juntas estruturais

A junta estrutural é um espaço regular que separa a estrutura em partes independentes, limitando/absorvendo as deformações do edifício como um todo.

A junta de movimentação tem como função subdividir as superfícies revestidas com placas cerâmicas de modo a formar painéis que suportem os efeitos cumulativos das movimentações transmitidas pelo edifício, adequando assim as solicitações impostas à resistência dos materiais empregados.

De acordo com Galletto e Andrello (2013), deterioração na vedação das juntas de movimentação em fachadas podem acarretar na percolação de água pelo revestimento, gerando descolamento de placas cerâmicas ao redor da junta e infiltrações para o interior do imóvel (FIGURA 11).

FIGURA 11 - JUNTA DE DILATAÇÃO DETERIORADA

Fonte: Galletto e Andrello (2013)

Conforme Galletto e Andrello (2013), manchas, descolamentos de placas cerâmicas e eflorescências podem ocorrer a partir de falhas no rejuntamento entre placas cerâmicas de uma fachada (FIGURA 12). As falhas ocorrem, pois, a flexibilidade é a principal exigência de desempenho do rejunte, como as placas cerâmicas tendem a se movimentar segundo as variações de temperatura e umidade do ambiente, cabe ao rejunte a possibilidade de as placas cerâmicas trabalharem individualmente, acomodando qualquer deformação imposta a camada externa do conjunto.

A deficiência na calafetação das juntas de assentamento permite o acesso de água na argamassa de assentamento e no corpo cerâmico das peças, gerando esforços nas mesmas por dilatação e contração por absorção da água, possibilitando a formação de pressão de vapor d'água e eflorescências localizadas no revestimento (ANTUNES, 2010);

FIGURA 12 – FALHA EM REJUNTE

Fonte: Galletto e Andrello (2013)

2.2.9 Vedação de esquadrias de janelas

Segundo Antunes (2010), falhas de vedação na junção entre as esquadrias e o requadro na alvenaria (FIGURA 13), levam a perda de estanqueidade do conjunto, podendo gerar descolamentos do revestimento no entorno das janelas, tanto internamente como externamente ao imóvel. A perda de estanqueidade pode ser vinculada a queda do rejunte, ausência de vedação, falhas de aplicação ou manutenção da vedação na interface esquadria/alvenaria. Dessa forma, a abertura nesta interface pode levar a infiltrações devido a percolação de água.

FIGURA 13 – FALHA NA VEDAÇÃO DA JUNÇÃO ESQUADRIA/ALVENARIA

FONTE: o autor (2019)

2.2.10 Diagnóstico do problema patológico

Dá-se o nome de diagnóstico do problema patológico, todo o processo de entendimento e explicação científica dos fenômenos ocorridos e seus respectivos desenvolvimentos de uma construção onde ocorrem manifestações patológicas, (TUTIKIAN e PACHECO, 2013).

Segundo Lichtenstein (1986), é no diagnóstico onde são identificadas as origens da manifestação patológica, suas causas, fenômenos e mecanismos de ocorrência, com entendimento dos fenômenos afim de identificar as múltiplas relações de causa e efeito que caracterizam um problema patológico, sendo o objetivo do diagnostico entender porque e como ocorre a manifestação a partir de dados conhecidos.

Para Helene (1992), um diagnóstico será adequado e completo quando esclarecer todos os aspectos do problema: sintomas, mecanismo, origem, causas e consequências.

A realização do diagnóstico é essencial a uma correta intervenção sobre a construção e tem de ser anterior a qualquer ação de projeto ou construtiva. Existem muitas técnicas para obter a informação necessária para uma avaliação do estado de uma construção, desde a simples (mas fundamental) inspeção visual, às técnicas de

ensaio *in situ* e técnicas de ensaio laboratoriais sobre amostras recolhidas em obra (FERREIRA, 2010).

Tutikian e Pacheco (2013) apresentam um esboço das etapas para o diagnostico em estruturas com manifestações patológicas (FIGURA 14).

FIGURA 14 – ETAPAS PARA O DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

FONTE: Tutikian e Pacheco (2013)

Desta forma, Tutikian e Pacheco (2013) e Lichtenstein (1986), concluem que o processo de diagnóstico se dá inicialmente pelo levantamento de várias hipóteses para cada problema patológico e conforme avança a análise, as hipóteses são eliminadas, reduzindo a incerteza inicial pelo progressivo levantamento dos dados. A redução das hipóteses continuará até que reste apenas uma ou se alcance uma correlação satisfatória entre o problema observado e as possíveis hipóteses restantes para este problema.

Na fase de diagnóstico de manifestações patológicas em fachadas, a etapa de inspeção visual (vistoria) merece destacada atenção em virtude da inerente complexidade (altura, tamanho, dificuldades de acesso e condições de exposição) (RUIZ et al., 2021).

2.3 TÉCNICAS DE INSPEÇÃO

O IBAPE-SP (2012) define inspeção predial como a vistoria da edificação para avaliar suas condições técnicas, funcionais e de conservação, objetivando orientar as atividades de manutenção.

Segundo Colen (2009), as inspeções têm como objetivo verificar o surgimento de anomalias, assim como o comportamento em serviço em condições de exposição ao ambiente, pós-intervenções ou mal funcionamento de materiais e o envelhecimento dos elementos.

Nascimento (2016) retrata a importância das inspeções para mensuração e quantificação das manifestações patológicas, a qual pode ser inserida em um plano de manutenção. Neste contexto, destaca-se a importância da realização de inspeções de maneira geral, pois se feitas no tempo correto são extremamente úteis, sendo a identificação de anomalias realizadas precocemente, torna possível o tratamento adequado, caso a identificação seja feita tardiamente, a gravidade possivelmente será maior e consequentemente o custo de reparo será mais elevado. Com relação a periodicidade, a NBR 5674 (ABNT, 2012) recomenda a realização de inspeção predial das fachadas a cada 3 anos dependendo do estado dos elementos e executada por profissionais habilitados.

A metodologia utilizada para detectar patologias em fachadas de edificações fundamenta-se basicamente em: análise de documentação; inspeção visual; identificação das manifestações patológicas e respectivos mecanismos; mapeamento da fachada; tratamento dos dados recolhidos em campo por meio da quantificação e classificação das manifestações patológicas em torno de regiões, tipo da fachada; proposição das regiões com maior probabilidade de incidência e, por fim, o diagnóstico (COSTA, 2014).

A inspeção visual é feita a olho nu ou com o auxílio de instrumentos ópticos que ampliem a capacidade visual. Este tipo de análise aplica-se, sobretudo à avaliação das características geométricas da estrutura e à identificação genérica dos materiais que a constituem e dos sintomas patológicos eventualmente presentes. Durante a inspeção, deverão ser verificadas e classificadas todas as anomalias detectadas em todas as partes do edifício. A observação e a análise dos sintomas patológicos,

permitem realizar um primeiro diagnóstico baseado na experiência, intuição e observação do investigador (FERREIRA, 2010). Ruiz e Lordsleem Jr (2021) complementam que a inspeção visual de fachadas tem como propósito avaliar o estado de conservação da mesma e os diferentes elementos que a compõem, fornecendo diretrizes para uma manutenção eficaz e de custo-benefício adequado. Com essa prática pode-se garantir o seu correto funcionamento, de forma a cumprir as funções para as quais foi construído e possivelmente ter sua vida útil estendida.

2.3.1 Métodos de inspeção sem drone

Colen (2009) destaca que a inspeção visual é uma das atividades mais antigas do setor industrial, cabendo mencionar que talvez em referência às técnicas de inspeção é o primeiro ensaio não destrutivo aplicado em qualquer tipo de componente.

As inspeções visuais na engenharia civil têm um papel cada vez mais significativo e por esse motivo os processos de levantamento de anomalias e do estado de conservação das edificações recorrem a representações detalhadas. Conforme Valença (2011), o emprego de imagens no passado servia para auxiliar e documentar as inspeções visuais e que, atualmente, o objetivo dos registros fotográficos não se pode limitar à documentação e arquivo do estado dos edifícios, pois a elevada qualidade das câmeras fotográficas digitais disponíveis no mercado a baixo custo, associada à existência de poderosas ferramentas de cálculo, possibilitaram o desenvolvimento de novos métodos, assim como a aplicação de ferramentas de processamento de imagem existentes, ao serviço da Engenharia Civil e de outras áreas.

Segundo Lichtenstein (1986), a vistoria *in situ* conceitualiza-se como o processo em que o profissional se aproxima fisicamente do edifício, em particular do dano especifico e procura obter informações da manifestação patológica a partir do contato físico, seguindo os passos descritos:

- Determinação da existência e da gravidade do dano;
- Definição da extensão e alcance do exame;
- Caracterização da manifestação patológica (Utilizando sentidos humanos ou instrumentos);

- Registro dos resultados.

Porém, edificações de planta complexa, segundo Amorim (2012), representam um problema para o levantamento das manifestações patológicas, pela dificuldade de se medir e controlar as manifestações existentes. Outra limitação para a vistoria *in situ* consiste na tomada de medidas em edificações de grande altura, devido a necessidade do uso de equipamentos de rapel ou andaimes e o risco de acidentes.

2.3.2 Métodos de inspeção com drone

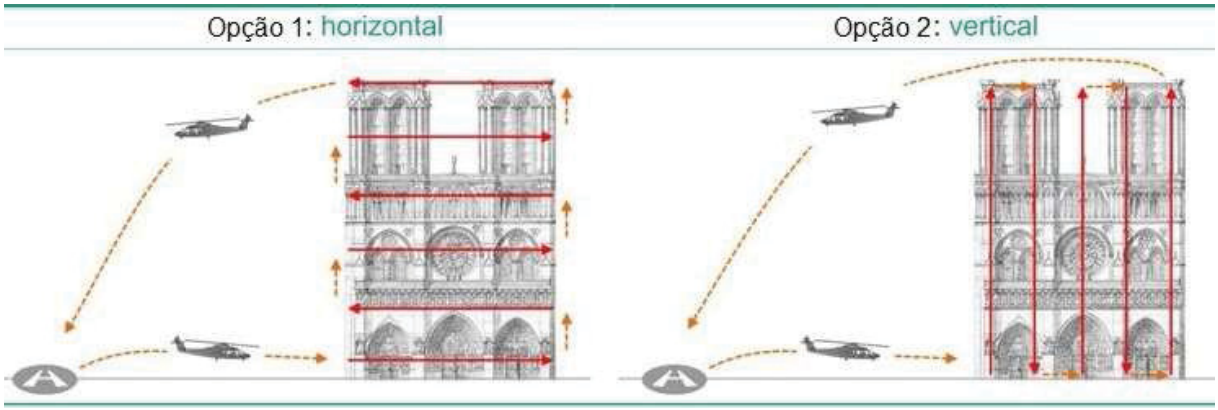
O VANT tem diversos usos em vários segmentos, conforme Assis, et al. (2017), pode-se elencar algumas utilizações na construção civil:

- Acompanhamento e inspeção de obras: planejamento, produção, elaboração de medições, segurança do trabalho.
- Inspeção predial em locais de difícil acesso e grandes alturas: lajes de cobertura, coberturas de vidro, telhados, reservatórios de água, componentes do sistema de energia solar, platibandas, fachadas.
- Inspeção estrutural.
- Cálculos diversos: volume, área, perímetro.
- Levantamento topográfico: descrição do terreno, volume de terra a ser movimentado, cálculo do percentual de vegetação existente, planialtimétrica, locação de obras.
- Fotos e vídeos para projetos 3D.
- Identificação de áreas de risco.
- Monitoramento de impactos na vizinhança de empreendimentos.
- Fiscalização e monitoramento temporal de canteiros de obras de engenharia.
- Inspeção e mapeamento de instalações industriais.
- Inspeção de estruturas (pontes, plataformas, barragens, viadutos, etc.).
- Inspeção de Áreas de Risco (contenção de encostas).

Para ter uma imagem fiel atribuída ao objeto real de forma estruturada há duas opções de padrões de vo disponíveis ao usar um VANT para a inspeção de fachadas. Por um lado, a trajetória de voo pode ser alocada horizontalmente, como uma

varredura do prédio, e, por outro, pode seguir fatias alinhadas verticalmente, conforme a FIGURA 15 (ESCHMANN et al., 2012).

FIGURA 15 - PADRÕES DE VOO PARA INSPEÇÃO COM VANT

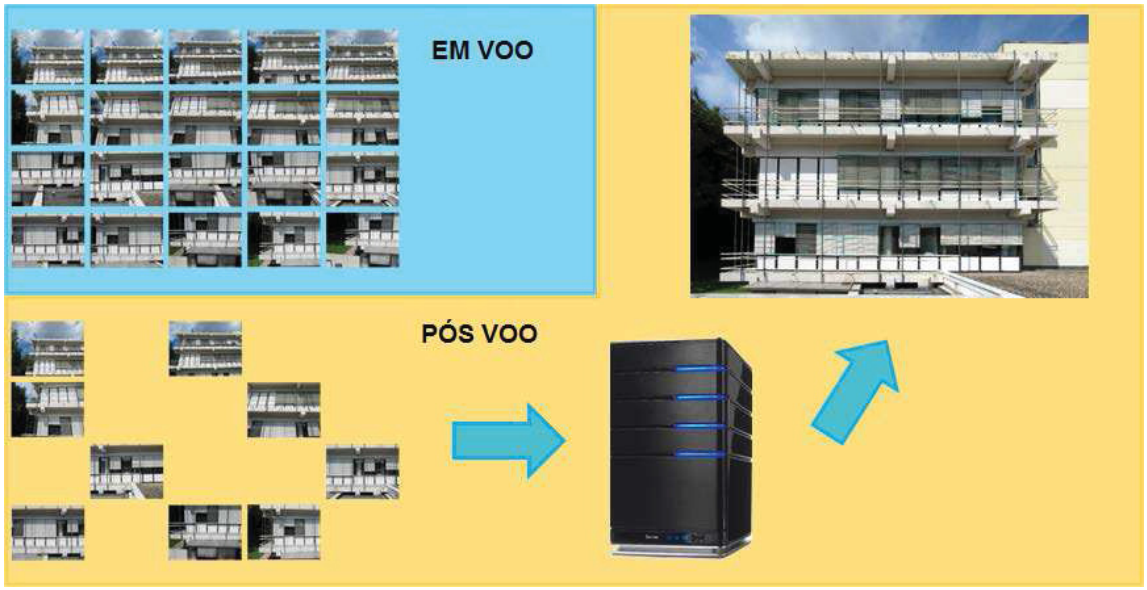


FONTE: Eschmann et al. (2012)

O foco principal do uso de VANT está na aquisição de dados da infraestrutura a ser inspecionada. Para voar em torno de um objeto, um planejamento de trilha do voo preliminar se faz necessário, que geralmente é feito usando um software comum baseado em navegação por pontos do GPS. No entanto, para inspecionar um edifício a navegação por GPS torna-se insuficiente, devido à precisão requerida para a fachada monitorada e a ameaça de qualquer efeito de sombreamento resultante dos edifícios, não permitindo o controle preciso da altitude de voo, que é um fator essencial. O desenvolvimento de uma combinação de sensores de colisão e navegação vem permitindo um programa de voo autônomo (sob controle direto do piloto) viável a longo prazo. Todavia, o controle de voo manual ainda é a única opção para executar o voo perto de um edifício (ESCHMANN et al., 2012). Nas inspeções em fachadas, segundo Aguilar (2019), o trabalho deve ser orientado por engenheiro ou arquiteto, o qual poderá usar o método de captação de imagens por VANT, sendo o engenheiro o próprio piloto da aeronave ou atuando em conjunto com um piloto habilitado.

O método de inspeção visual de edifícios usando o VANT é geralmente dividido em duas etapas de processo: aquisição de dados (por pesquisa aérea, em voo) e pós-processamento digital (pós-voo). As etapas desse processo são mostradas esquematicamente na FIGURA 16.

FIGURA 16 - PROCESSO DE ETAPAS PARA MODELAGEM DE FACHADAS



FONTE: Eschmann et al. (2012)

2.3.3 Estudos no Brasil e no mundo

VANT são ferramentas com facilidade em se locomover, deslocar em sentido vertical e horizontal, alcançar boas alturas e recolher o maior número de imagens e vídeos possível. Segundo Coutinho et al. (2017), além da simples coleta de imagens, alguns destes veículos são dotados de sistemas de sensores de bordo capaz de fazer uma coleta de dados que seriam utilizados como amostragem para a realização de ensaios não destrutivos. Uma vez que se faça a coleta de imagens através de um veículo com uma boa câmera e que se tenha a estabilização das imagens para gerar fotos com boa resolução, segue-se para o laboratório para compilar os dados, montar as fotos da melhor maneira e analisar o que foi coletado em campo.

A utilização de VANT como plataforma que pode frequentemente inspecionar locais de construção, monitorar trabalhos em andamento, criar documentos para segurança, e inspecionar estruturas existentes, particularmente para áreas de difícil acesso, tem levado estudiosos a realizar pesquisas no Brasil e no mundo. Ham et al. (2016) realiza uma revisão concisa dos métodos mais recentes que simplificam a coleta, análise, visualização e comunicação dos dados visuais capturados dessas plataformas, com e sem o uso de Building Information Models (BIM), demonstrados nas TABELAS 1 e 2.

TABELA 1 - MÉTODOS ORIENTADOS POR VANT PARA MONITORAMENTO DE OBRA E CONSTRUÇÃO

Aplicação	Análise de dados		Integ. c/ BIM	Literatura
Monitor. de progresso	Reconstrução 3D e 4D baseada em imagem assistida por BIM	Aproveitando informações espaciais e temporais em 4D BIM para monitorar o trabalho em andamento	Sim	Lin, Han, Fukuchi et al. (2015)
		Raciocínio baseado em aparência sobre desvios de progresso.	Sim	Han et al. (2015)
	Reconstrução 3D e 4D baseada em imagem	Medição de escavação em massa.	Sim	Lin, Han & Golparvar-Fard (2015)
		Superfície reconstruída • fusão multi-sensores (GPS, IMU, rastreador panorâmico baseado em visão) para registro de dados no sistema AR móvel.	Sim	Zollmann et al. (2014)
		Superfície reconstruída • Visualização 4D com vários níveis de detalhe.	Sim	Zollmann et al. (2012)
		Detecção de alterações baseada em geometria.	Não	Kluckner et al. (2011)
Monitor. de local	Integrando imagens aéreas e cenas de renderização virtual (modelos 3D) para sistema AR baseado em WLAN.		Sim	Wen et al. (2014)
Inspeção predial	Reconstrução e mesclagem 3D baseada em imagem.		Não	Wefelscheid et al. (2011)
	Mapeamento 3D de danos por terremoto em edifícios usando sensores RGB-D e scanners a laser 3D rotativos.		Não	Michael et al. (2014)
	Costura de imagem para grandes reconstruções de fachadas Detecção de bordas para identificação de rachaduras em fachadas de edifícios.		Não	Eschmann (2012)
Medição de edifícios	Reconstrução 3D baseada em imagem usando um sistema de quatro câmeras montado no VANT.		Sim	Xie et al. (2012)
	Extração dos contornos do telhado.			
Agrimensura	Reconstrução 3D baseada em imagem.		Não	Siebert & Teizer (2014)
	Georreferenciamento usando o software GPS Data ou PhotoScan com registro de data e hora.			
	Mapeamento 3D para monitoramento de terraplenagem.			
	Reconstrução 3D baseada em imagem • Segmentação de imagem e ortofoto mapeamento.		Não	Fiorillo et al. (2012)
Inspeção de segurança	Inspeção visual para a contagem de capacetes em imagens sob diferentes condições ambientais.		Não	Gheisari et al. (2014; Irizarry et al. (2012)

FONTE: Adaptado de Ham et al. (2016)

TABELA 2 - MÉTODOS ORIENTADOS POR VANT PARA AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DE INFRA-ESTRUTURA

Aplicação	Análise de dados		Literatura
Avaliação de danos estruturais	Reconstrução 3D baseada em imagem • Segmentação e objeto de imagem classificação para extração de característica de dano.		Fernandez Galarreta et al. (2015); Kerle (2014)
	Aprendizado de máquina baseada em classificação de edifícios danificados usando conjuntos de recursos obtidos da extração de recursos e transformação em imagens.		Ye et al. (2014)
Inspeção de infra-estrutura	Reconstrução 3D baseada em imagem - Reconhecimento de características geométricas e classificação para planejamento de varreduras a laser.		Oskouie et al. (2015)
	Criação de 3D abrangente e de alta resolução e semanticamente rico modelos de infraestrutura.		ARIA (Team 2015)
Monitoramento Urbano	Reconstrução 3D baseada em imagem para inferir características geométricas de edifícios.		Vetrivel (2015)
	Segmentação usando recursos geométricos obtidos a partir da nuvem de pontos 3D, juntamente com recursos radio métricos.		
	Registro de imagem 4D para detecção de alterações. Mapeamento ortofoto e segmentação multi-primitiva de imagens para análise de árvore de decisões baseada em objeto.		Qin (2014)
Avaliação Rodoviária	Reconstrução 3D baseada em imagem.	Extração de recursos por meio de filtragem de imagem.	Dobson et al. (2013)
		Analisando o tamanho e a dimensão das perturbações da superfície da estrada.	Zhang & Elaksher (2012)
		Extração de recursos e mapeamento ortofoto.	
Agrimensura	Reconstrução 3D baseada em imagens - Levantamento de locais pós-desastre.		Yamamoto et al. (2014)
Investigações de usinas solares	Aproveitando a triangulação aérea usando o software ISAT (Image Station Automatic Triangulation).		Matsuoka et al. (2012)
Investigações de perigo geográfico	Mapeamento ortofoto e interpretação visual para inspecionar riscos geológicos ao longo de oleodutos e gasodutos.		Gao et al. (2011)

FONTE: Adaptado de Ham et al. (2016)

No Brasil existem estudos em diversas áreas da construção civil, sendo o VANT, ferramenta principais para pesquisas em áreas distintas, conforme TABELA 3.

TABELA 3 - ESTUDOS QUE UTILIZAM VANT NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

Aplicação	Análise de dados	Literatura
Inspeção de segurança	Diretrizes para Inspeção de Segurança em Canteiros de Obra por Meio de Imageamento com VANT	Melo (2016)
Inspeção predial	Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) para inspeção de manifestações patológicas em fachadas com revestimento cerâmico	Ruiz; Lordsleem Jr. (2021)
	A Revolução das Atividade de Inspeções e Vistorias em Avaliações e Perícias de Engenharia	Assis et al. (2017)
	Inovação na Gestão da Qualidade: Utilização de VANT em Inspeções em Projetos Civis	Coutinho et al. (2017)
	Análise das Manifestações Patológicas em Fachadas por Meio de Inspeção com VANT	Tondelo; Barth (2019)
	Utilização de Drone e Termografia na Detecção de Manifestações Patológicas em Edificações	Nascimento (2014)
Avaliação Rodoviária	Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de patologia superficial em pavimento asfáltico	Parente et al. (2017)
Monitoramento urbano	Uso de drones na atualização de área construída de imóveis urbanos	Arantes et al. (2018)
Monitoramento de taludes	Fotogrametria Aplicada ao Monitoramento de Taludes em Loteamentos Urbanos	Zucatelli et al.. (2018)
Modelagem 3D	Mapeamento 3D com Drone para Suporte ao BIM Aplicado a Arquitetura	Silva de Deus (2017)
Topografia	Comparação entre Topografia com Drones x Topografia Tradicional	Fortunato (2018)
Monitoramento de barragens	Inspeção de Barragens Utilizando Drone como um Importante Dispositivo Auxiliar	Mantese (2017)

FONTE: o autor. (2021)

2.4 VANT – VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO

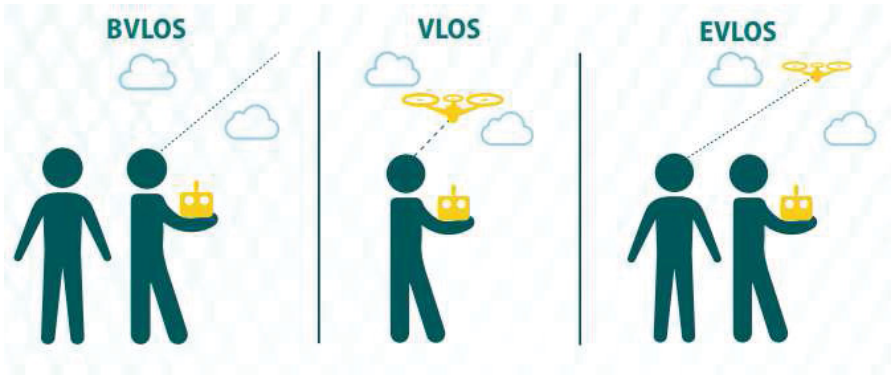
Segundo o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA, 2019), os drones são equipamentos que se utilizam de reações aerodinâmicas com o ar (por intermédio de seus rotores ou asas) para alçar voos e possibilitam o transporte de equipamentos, como câmeras, sensores, entre outros. Essas características vão ao encontro do que o Código Brasileiro de Aeronáutica-CBA preconiza em seu Art. 106, o qual possui o seguinte texto “Considera-se aeronave todo aparelho manobrável em voo, que possa sustentar-se e circular no espaço aéreo, mediante reações aerodinâmicas, apto a transportar pessoas ou coisas”. Pois bem, dada as características dos VANT e a definição legalmente consolidada, não só no âmbito brasileiro, mas,

também, no internacional, os VANT são considerados aeronaves e para tal devem seguir as regras aplicáveis.

Para completo entendimento sobre VANT, se faz necessário conhecimento sobre alguns termos utilizados na operação (FIGURA 17) de tais aparelhos, conforme orientações da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2017):

- Piloto remoto – Pessoa que manipula os controles e conduz o voo de uma aeronave não tripulada.
- Observador – Pessoa que, sem o auxílio de equipamentos, auxilia o piloto remoto na condução segura do voo mantendo contato visual direto com a RPA (Aeronave Pilotada Remotamente).
- Operação BVLOS – Operação na qual o piloto não consegue manter a RPA dentro de seu alcance visual, mesmo com a ajuda de um observador.
- Operação VLOS – Operação na qual o piloto mantém o contato visual direto com a RPA (sem auxílio de lentes ou outros equipamentos).
- Operação EVLOS – Operação na qual o piloto remoto só é capaz de manter contato visual direto com a RPA com auxílio de lentes ou de outros equipamentos e de observadores de RPA.

FIGURA 17 - TIPOS DE OPERAÇÃO COM VANT



FONTE: ANAC (2017)

2.4.1 Tipos de VANT (Drones)

A principal forma de diferenciação dos drones está na quantidade e forma como os rotores estão dispostos no aparelho, conforme a Multidrone (2018), têm-se os seguintes tipos:

VANT de asa fixa (FIGURA 18): Aparelhos projetados como aeronaves convencionais, um corpo central com duas asas, impulsionado por um rotor na horizontal situado na parte frontal ou posterior do aparelho. Sua principal vantagem é a capacidade de sobrevoar áreas lineares por longos períodos sem necessidade de recarregar a bateria com frequência em relação aos drones com rotor vertical. Como desvantagem, necessitam de áreas maiores para pouso e decolagem, são menos compactos e necessitam de um piloto experiente para operá-los.

FIGURA 18 - VANT DE ASA FIXA

FONTE: Xdrones Brasil (2019)

VANT com rotor único (FIGURA 19): Possuem apenas um rotor vertical com hélice para estabilização, geralmente se assemelham a um helicóptero reduzido.

FIGURA 19 - VANT COM ROTOR ÚNICO

FONTE: Xdrones Brasil (2019)

Quadricoptero (FIGURA 20): Aparelhos com um corpo central e quatro rotores verticais com hélices dispostas nas quatro extremidades, apresentam grande manobrabilidade e são mais estáveis que os modelos de rotor único. Como desvantagem, menor capacidade de carga em relação aos hexacópteros ou octocópteros e não suportam ventos fortes.

FIGURA 20 - QUADRICÓPTERO

FONTE: Xdrones Brasil (2019)

Hexacóptero (FIGURA 21): Aparelho de seis rotores verticais com hélices dispostas ao redor de um corpo central. Essa configuração confere maior potência e capacidade de carga ao aparelho, podendo carregar mais acessórios, são capazes de alcançar maiores velocidades, altitudes e voar em condições com ventos mais fortes do que os quadricópteros. Como desvantagem, seu valor de aquisição e manutenção mais elevado em relação ao quadricoptero, além do tamanho, que o impende de voar em locais confinados ou com muitos obstáculos.

FIGURA 21: HEXACÓPTERO

FONTE: Xdrones Brasil (2019)

Octacópteros (FIGURA 22): Aparelho de oito rotores verticais com hélices dispostas ao redor de um corpo central. Configuração considerada de mais alta potência, segurança, velocidade e estabilidade mesmo com interferência de intempéries, continuando voando mesmo que haja falha de dois ou três rotores dependendo da posição. Como desvantagem, seu valor de aquisição e manutenção mais elevado em relação aos outros citados, peso total mais elevado que as outras categorias, além do tamanho, que o impende de voar em locais confinados ou com muitos obstáculos.

FIGURA 22: OCTOCÓPTERO

Fonte: Xdrones Brasil (2019)

2.4.2 Normas e regras

Conforme o Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA (2019), o espaço aéreo é uma área de interesse público e finito, bem como estratégico para a defesa nacional de uma nação. Por conseguinte, é de entendimento que todo e qualquer equipamento ou artefato que acesse o espaço aéreo deva atender as legislações pertinentes com o objetivo de atuar de forma coordenada e segura para com os demais usuários do espaço aéreo. Nesse contexto, reside a necessidade da regulamentação do acesso ao espaço aéreo dos Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS), popularmente conhecidas como “drones”. Cabe ressalvar que, se percebe, no âmbito dos operadores, pilotos e mesmo da indústria, relacionados com o desenvolvimento e emprego do RPAS, que, de uma forma geral, a cultura aeronáutica e o conhecimento de regras e regulamentos relacionados à atividade aérea, como regras de tráfego aéreo, navegação, meteorologia etc., estão ainda aquém do nível

desejado e, com isso, a regulamentação vem, também, no sentido de educar os usuários desse novo segmento aeronáutico.

Ainda conforme o DECEA (2019), no campo da regulamentação da área afeta à certificação do equipamento e da operação, de competência da ANAC, a regulamentação governamental é o principal aspecto que os empreendedores identificam como primordial, pois as incertezas jurídicas impedem - ou no mínimo inibem - que usuários que precisam dos serviços façam contratações, e que empresários tomem suas decisões e façam novos investimentos, bem como as empresas seguradoras não abranjam esse mercado.

2.4.2.1 Governamentais

Seguindo a tendência mundial em prol da segurança no compartilhamento do espaço aéreo, no Brasil têm-se dois órgãos federais responsáveis pela elaboração das regras para as operações civis de aeronaves não tripuladas, sendo a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) e o DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo) como órgão gestor do sistema de controle do espaço aéreo brasileiro subordinado ao Comando da Aeronáutica.

A ANAC publicou no dia 03/05/2017 o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94/2017 (RBAC-E nº 94/2017), o regulamento aborda os requisitos gerais de competência da ANAC para aeronaves não tripuladas.

Pelo regulamento da ANAC, aeromodelos são as aeronaves não tripuladas remotamente pilotadas usadas para recreação e lazer e as aeronaves remotamente pilotadas (RPA) são as aeronaves não tripuladas utilizadas para outros fins como experimentais, comerciais ou institucionais. Aeronaves Não Tripuladas Autônomas, nas quais não há interferência do piloto durante o voo, não estão contempladas na norma e sua utilização continua proibida no Brasil.

As RPA estão divididas em três classes com regras distintas (FIGURA 23), de acordo com o peso máximo de decolagem, no qual devem ser considerados os pesos do equipamento, da bateria ou combustível, e da carga eventualmente transportada.

- Classe 1 – RPA: Peso máximo de decolagem maior que 150 kg

- Classe 2 – RPA: Peso máximo de decolagem maior que 25 kg e até 150 kg
- Classe 3 – RPA: Peso máximo de decolagem de até 25 kg

RPAs e aeromodelos com peso total acima de 250 gramas precisam ser cadastrados junto a ANAC e o piloto possuir o Certificado de Aeronavegabilidade Especial de RPA – CAER. Até junho de 2019 a ANAC tinha 71.561 aparelhos cadastrados, sendo 26.016 de uso profissional e 45.545 de uso recreativo, no estado do Paraná tem 4.557 aparelhos cadastrados segundo dados da própria ANAC.

FIGURA 23 - RESUMO DA REGULAMENTAÇÃO DA ANAC

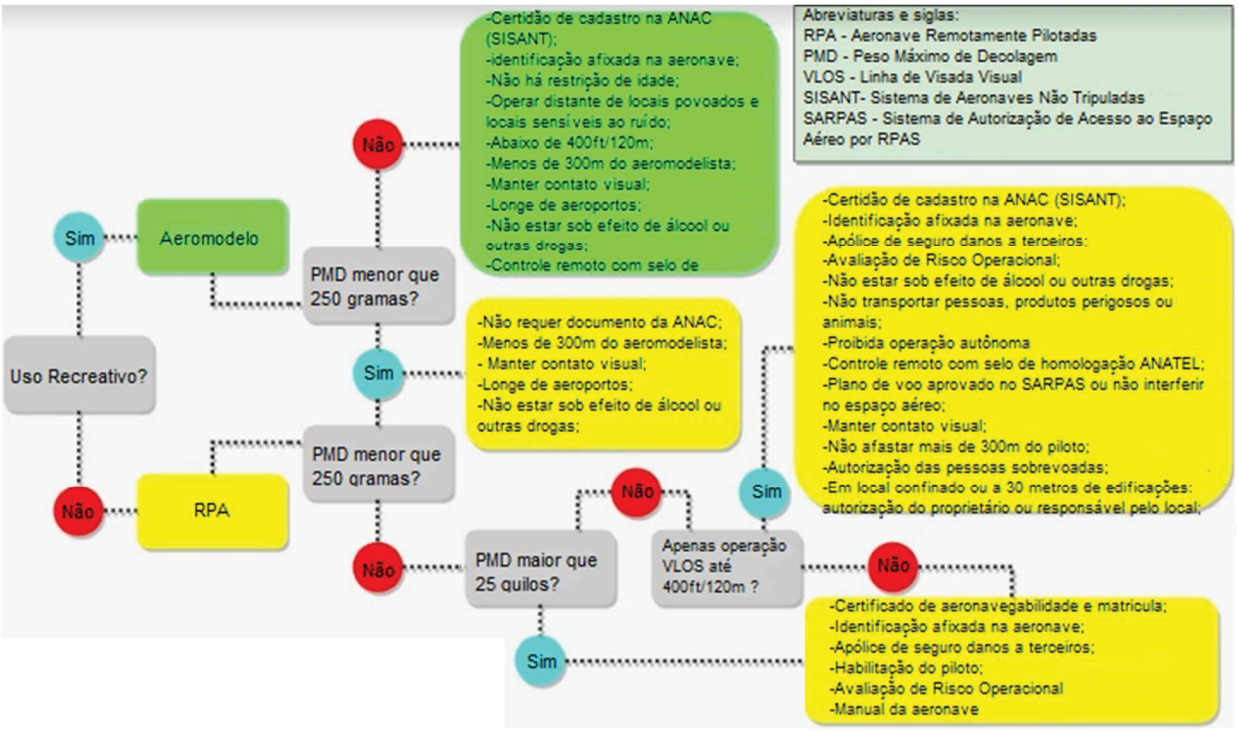
Resumo da Regulamentação da ANAC				
	RPA Classe 1	**RPA Classe 2**	**RPA Classe 3**	**Aeromodelos**
Registro da aeronave?	Sim	Sim	BVLOS: Sim VLOS: Sim [1]	Sim [1]
Aprovação ou autorização do projeto?	Sim	Sim [2]	Apenas BVLOS ou acima de 400 pés [2]	Não
Limite de idade para operação?	Sim	Sim	Sim	Não
Certificado médico?	Sim	Sim	Não	Não
Licença e habilitação?	Sim	Sim	Apenas para operações acima de 400 pés	Apenas para operações acima de 400 pés
Local de operação	A distância da aeronave não tripulada NÃO poderá ser inferior a 30 metros horizontais de pessoas não envolvidas e não anuentes com a operação. O limite de 30 metros não precisa ser observado caso haja uma barreira mecânica suficientemente forte para isolar e proteger as pessoas não envolvidas e não anuentes. Esse limite não é aplicável para operações por órgão de segurança pública, de polícia, de fiscalização tributária e aduaneira, de combate a vetores de transmissão de doenças, de defesa civil e/ou do corpo de bombeiros, ou operador a serviço de um destes.			

Fonte: ANAC (2017)

No âmbito do DECEA, após cadastro na ANAC, o operador do VANT deverá efetuar seu cadastro no sistema SARPAS e solicitar a autorização de utilização do

espaço aéreo sempre que a operação for realizada em área não confinada, ou seja, voos a céu aberto. Para tal, o operador de drones deve seguir a instrução sobre “Aeronaves não tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro”, ICA-100-40, aprovado pela portaria do DECEA nº 224/DGCEA de 20 de novembro de 2018. Para melhor entendimento das regras e procedimentos descritos no ICA-100-40, vide fluxo exposto na figura 24.

FIGURA 24 - FLUXO RESUMIDO ICA-100-40



FONTE: noardrone (2017)

O DECEA também regulamenta como locais proibidos para operação de VANT, voos sobre infraestruturas críticas, áreas de segurança, aglomerações de pessoas e trajetórias utilizadas por outras aeronaves. São consideradas infraestruturas críticas as instalações, serviços e bens que, se forem interrompidos ou danificados, provocarão sério impacto social, econômico, político ou à segurança, tais como: redes elétricas, usinas hidroelétricas, usinas termoelétricas, usinas nucleares, redes de abastecimento de água ou gás, barragens ou represas, redes de comunicação (como, por exemplo, sítios de antenas) ou de vigilância da navegação aérea (como, por exemplo, radares de vigilância aérea), dentre outras. São consideradas áreas de segurança:

refinarias, plataformas de exploração de petróleo, depósitos de combustível, estabelecimentos penais e áreas militares.

2.4.2.2 Procedimentos de voo.

Os procedimentos de voo variam conforme marca e modelo do VANT, é fundamental seguir as orientações dispostas nos manuais dos fabricantes, porem algumas recomendações gerais são propostas para garantia da segurança e das pessoas envolvidas, a Associação Brasileira Drones propõe um checklist pré-voo (FIGURA 25).

FIGURA 25 - CHECKLIST PRÉ-VOO

PROCEDIMENTOS PRE-VÔO	S	N
Atualização de programas e aplicações (Drone e RC)		
Controlo visual integridade do Drone		
Controle físico do aperto das hélices		
Bateria totalmente carregada do Drone		
Bateria totalmente carregada do RC		
Carga completa da bateria do dispositivo móvel ou Ipad		
Definição ponto de decolagem		
Tampa da lente removida		
Cartão SD inserido		
Alto brilho do visor		
Antena desdobrada		
Calibração da bússola do aparelho		

PROCEDIMENTOS DECOLAGEM	S	N
Ligue o transmissor (controle)		
Coloque a multicopter no ponto de decolagem		
Ligue o multicopter		
Ligue o seu dispositivo móvel e lançar o APP (DJI)		
Certifique-se de que o Drone está pronto para voar.		
Ligue o motor e verificar no terreno a eficiência de todos os comandos		
Certifique-se de que a área de descolagem esteja livre de pessoas ou objetos e decolar.		

PROCEDIMENTOS APÓS ATERRISAGEM	S	N
Desligue o multicopter, sempre antes do controle de rádio		
Desligue o transmissor e unidades móveis ou IPAD		
Nunca religar o multicopter, com o rádio desligado		

REGISTRO DE VÔO

Data:	Hora início:	Hora fim:
Local:	Meteo:	Vento:
Bateria:	Carga residual:	
Notas:		

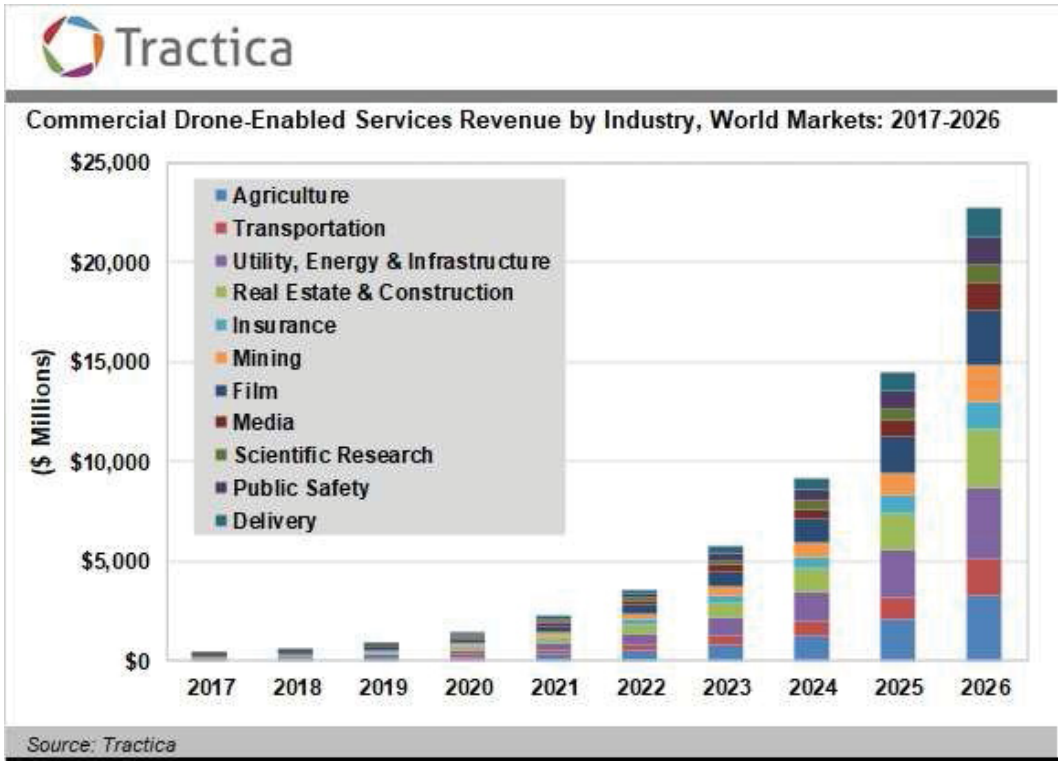
FONTE: Adaptado de Associação Brasileira Drones (2016)

2.4.3 VANT na construção civil

Antes do advento e popularização da utilização de VANT, sempre que era necessário visualizar determinados locais a partir do céu nas obras e construções, não havia opções a curto prazo disponíveis, conforme Loturco (2019), quando havia necessidade de obter imagens, a única opção era contratar os serviços de um fotógrafo, que a bordo de um pequeno avião ou helicóptero, tirava as fotos necessárias. Além de ter um custo elevado em comparação com os VANT atuais, tais imagens demandavam tempo para serem produzidas e entregues para o solicitante, sendo que não havia garantia da obtenção de todas as fotos, pois mesmo alguns pontos eram de difícil acesso. Ainda segundo Loturco (2019), devido aos custos elevados, tal recurso era restrito apenas as obras de grande porte.

De acordo com a empresa de análise de mercados *Tractica*, nos próximos anos o setor de VANT comerciais irá multiplicar em mais de 10 vezes o faturamento do setor. Em 2018 superou 1 bilhão de dólares, e a perspectiva até 2025 é chegar próximo a 14 bilhões de dólares (FIGURA 26) (LIMA, 2019).

FIGURA 26 - ESTIMATIVA DE MERCADO MUNDIAL PARA DRONES



FONTE: Tractica (2018)

No setor da construção civil mundial, estima-se arrecadar 45 bilhões de dólares em serviços prestados em torno da tecnologia. Entre os diversos equipamentos tecnológicos que estão sendo utilizados em canteiros de obras, os drones são apontados por estudos que, 40% das construtoras já fizeram algum tipo de experimento com essa tecnologia no dia a dia (LIMA, 2019).

Segundo Lima (2019), os usos na construção civil podem ser divididos nas seguintes áreas de atuação:

- Içamento de cabos: No contexto de obras de linhas de transmissão de energia na operação da travessia de cabos por lagos, mares, área com grande volume de vegetações e alagados.
- Mapeamento de áreas: Avaliação de terrenos, mineração, topografia, etc.
- Inspeções: Edifícios, Industrias, Pontes, Barragens, estradas, oleodutos, gasodutos, Linhas de transmissão, etc.
- Marketing e vendas: aplicação do VANT na comercialização dos imóveis.
- Monitoramento: progresso de obras e segurança do trabalho na fiscalização de EPC (Equipamentos de Proteções Coletivas) e de EPI (Equipamentos de Proteção Individual) dos trabalhadores.

2.4.4 Mapeamento de danos

A inspeção visual é etapa preponderante para o mapeamento de danos em fachadas, apoiando-se sobre instrumentos que possam auxiliar no trabalho de campo, como: representação em desenho das fachadas; instrumentos de auxílio para visualização (binóculos, lupas, dentre outros); e equipamentos de registros (máquinas fotográficas). A quantificação dos danos deve ser realizada junto à caracterização e comentários pertinentes aos mesmos, sendo identificados nas representações das fachadas (MELO JR, 2014). De acordo com Bauer *et al*. (2015), a quantificação das manifestações patológicas em uma fachada é uma abordagem complexa, porém fundamental, tanto para a posterior análise dos agentes como também dos mecanismos envolvidos.

Segundo Tinoco (2009), pode-se entender mapeamento de danos como a coleta de informações necessárias para a produção de uma base de dados sobre as manifestações patológicas na edificação, para tal, recomenda a elaboração de Fichas de Identificação de Danos (FIDs). As fichas são documentos com os registros e anotações gráficas e fotográficas sobre os danos existentes na edificação, tendo um formato básico que contenha os seguintes campos: identificação do elemento construtivo, data da vistoria, manifestação, caracterização do dano, ilustração (foto ou desenho) e um campo para observações (FIGURA 27).

FIGURA 27 - EXEMPLO DE FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS

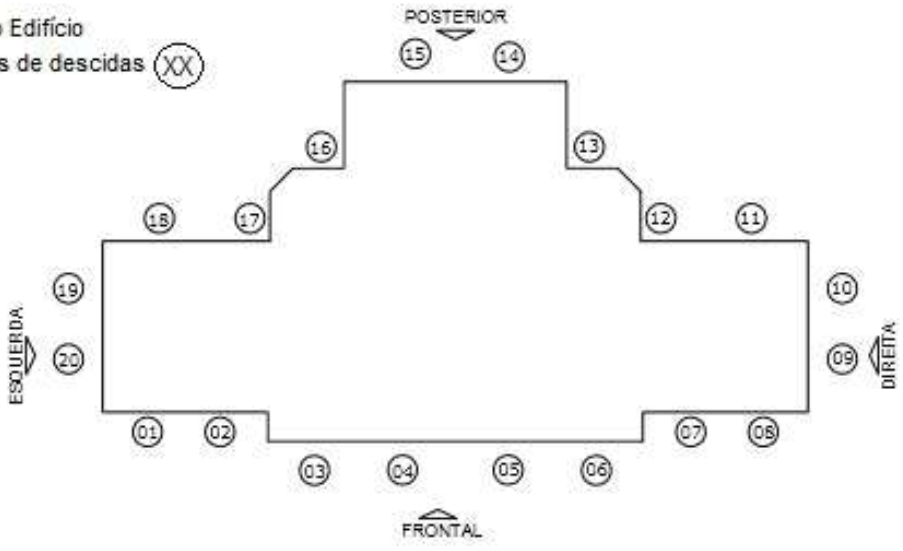
FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS - ED. XXX

FACHADA 01 - FRENTE			Data: 10/05/19		
DESCIDA	ANDAR	MANIFESTAÇÃO / DANO	QUANTIDADE	UNIDADE	FOTO
1	9	Desplacamento	0,4	m2	001-02-03
1	1	Destacamento	0,3	m2	004-006
2	22	Ausência de vedação em janela	0,5	m	007-008
2	18	Desplacamento	0,5	m2	009-011
2	18	Trinca	0,7	m	012-013
2	17	Destacamento	0,5	m2	014-015
2	16	Desplacamento	0,5	m2	016-017
2	15	Desplacamento	0,5	m2	018-019
2	6	Trinca	1,0	m	020-021
2	3	Destacamento	0,5	m2	022-023
2	2	Destacamento	0,5	m2	024-025
2	1	Desplacamento	0,5	m2	026-027
3	24	Junta sem vedação	2,1	m	028-029
3	22	Reparo Defeituoso-Pastilhas	0,5	m2	032-033

Obs.

Perímetro Edifício

Prumadas de descidas (XX)



FONTE: O autor (2019)

A constatação, identificação e mensuração de anomalias é essencial para que se possa avaliar a real situação da fachada do edifício e, desta forma, o levantamento das anomalias auxilia na proposição de soluções adequadas, sobretudo com foco no desempenho (DE FREITAS, 2012).

2.4.5 Mapa de danos

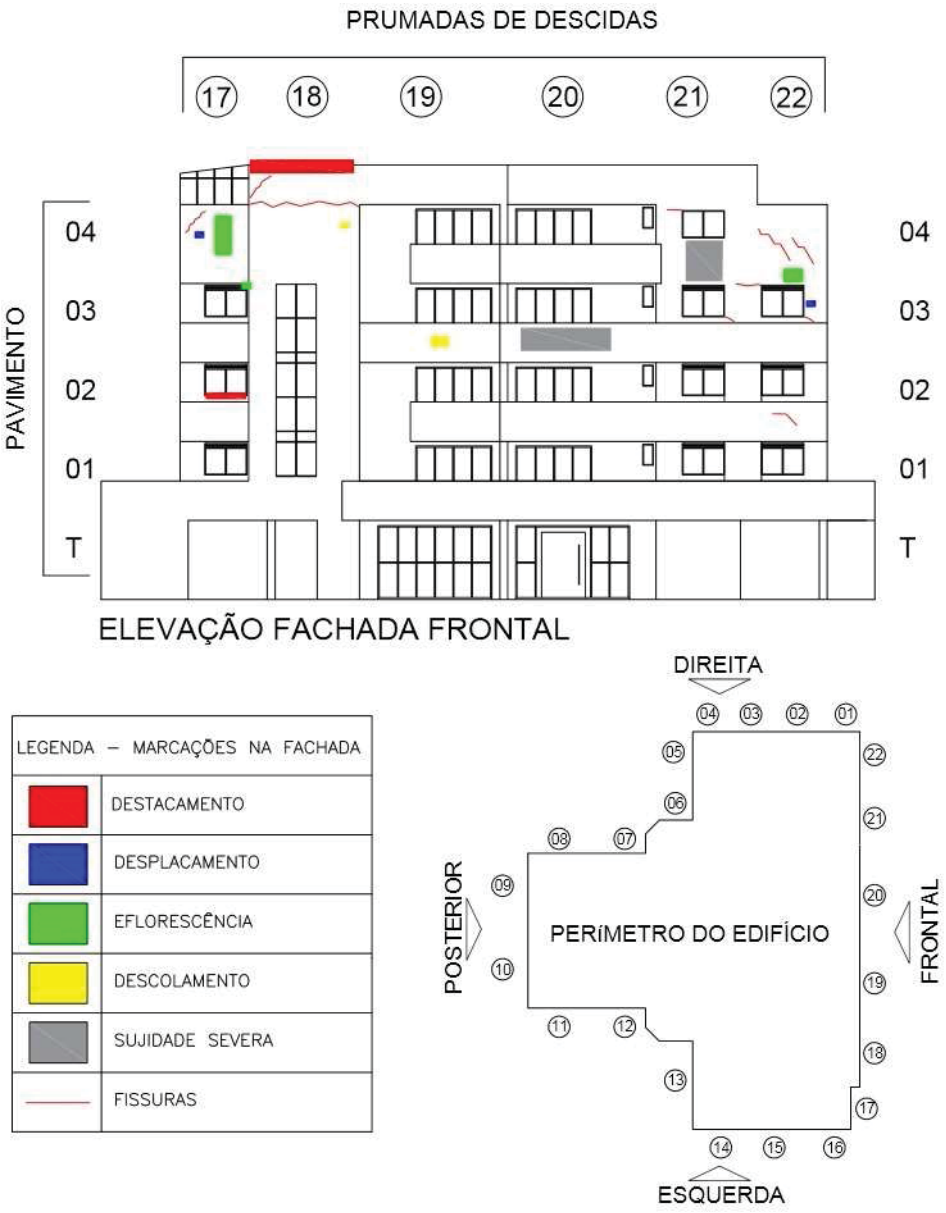
Os mapas de danos de fachadas são representações gráficas que objetivam identificar e discriminar as manifestações patológicas, sintetizando as alterações de condições operacionais e estruturais de partes desse sistema (MELO JR, 2014).

Tinoco (2009) descreve mapa de danos como uma representação gráfico-fotográfica, objetivando ilustrar e discriminar, rigorosamente, todas as manifestações de deterioração da edificação, sintetizando, desse modo, o resultado das investigações sobre as alterações de todos os sistemas e componentes do edifício. Tinoco (2009) relata a importância em não se confundir o termo Mapa de Danos com Mapeamento de Danos, sendo que o primeiro corresponde a um documento ou conjunto de documentos gráficos ou fotográficos que ilustram o estado de uma edificação em determinada data, o segundo refere-se aos processos de investigação, levantamentos e produção de dados para o mapa.

O mapa de danos (FIGURA 28), segundo Lima et al. (2017), é parte integrante na fase de diagnóstico de manifestações patológicas, sendo essencial para a determinação do estado de conservação da fachada e definição das diretrizes básicas da intervenção, corresponde um momento de captura e tratamento de um grande volume de informações sobre o imóvel. Devido à importância desta fase no estudo de manifestações patológicas em fachadas, tais informações devem ser gerenciadas de forma eficiente e confiável.

Para efeito de localização, cada manifestação patológica identificada durante a inspeção e anotada na ficha de danos, tem seu correspondente gráfico no mapa de danos (conforme legenda), sendo suas coordenadas no mapa de danos da fachada definidas pelo número da prumada de descida e o andar correspondente devidamente correlacionado na ficha de danos.

FIGURA 28 - EXEMPLO DE MAPA DE DANOS



Fonte: O autor (2020)

Lima et al. (2017) conclui em sua pesquisa que mapa de danos não necessariamente é apenas uma representação gráfica do estado atual de uma fachada, sendo possível transforma-lo em uma documentação técnica com a possibilidade de extração de informações referentes a quantidade, qualidade e intensidade das manifestações patológicas. Em sua pesquisa, elaborando mapas de danos em *softwares* de modelagem gráfica de arquitetura como REVIT e ARCHICAD, contribuiu para comprovação experimental no que tange a eficiência da elaboração de mapas de danos na plataforma BIM.

2.5 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Aydemir et al. (2004) apud. Guimarães (2016) descrevem o processamento digital de imagens (PDI) como uma extensão da observação visual, extraindo de uma imagem informações qualitativas e quantitativas acerca de uma determinada amostra. A área de processamento de imagens vem ganhando crescente interesse por viabilizar grande número de aplicações no aprimoramento de informações em imagens para posterior investigação e na análise automática de informações em imagens.

O uso de PDI para o aprimoramento e análise de imagens teve início no Jet Propulsion Laboratory (Pasadena, Califórnia - EUA) em 1964, quando imagens da lua transmitidas por uma sonda eram processadas por computador para corrigir vários tipos de distorção, os quais eram inerentes à câmera de TV acoplada à sonda. Estas técnicas serviram de base para métodos aprimorados de realce e restauração de imagens de outros programas espaciais posteriores, como por exemplo, as expedições tripuladas da série Apollo (MARQUES FILHO; VIERA NETO, 1999).

Entretanto, algumas décadas após o início dos estudos com processamento digital de imagens, começaram a surgir computadores de grande porte, com maior poder de processamento e armazenamento, além de possuírem ambientes gráficos mais robustos, o que representou grande impulso para a área e trouxe novas oportunidades de aplicações. Atualmente, técnicas de PDI são utilizadas nas mais diversas áreas do conhecimento, tais como: Medicina; Astronomia; Geografia; Biologia; Indústria; Arqueologia; Física; Engenharias; e outras (GONZALEZ; WOODS, 2002).

Conforme Gonzalez e Woods (2002), um sistema de PDI é dividido em cinco etapas de execução:

1º - **Aquisição de imagens:** consiste em obter a imagem através de um dispositivo de captura que em seguida digitaliza a imagem;

2º - **Pré-processamento**: busca melhorar a qualidade da imagem através da redução de ruídos ou aberrações e ajustes de brilho e contraste, reforçando o contorno dos objetos da imagem, retirando regiões ou tonalidades não desejadas ou então reduzindo distorções;

3º - **Segmentação**: consiste em identificar e isolar as regiões de interesse na imagem digital;

4º - **Representação e descrição**: fase em que os dados obtidos são traduzidos para algum padrão previamente definido para que possam ser tratados pelo computador;

5º **- Reconhecimento e interpretação**: Reconhecer e interpretar os padrões importantes para o objetivo do estudo.

O campo de processamento digital de imagens permite ir além das atividades humanas, segundo Gonzalez e Woods (2002) é possível empregar estes métodos em outras tecnologias de captura de imagens, não se limitando ao espectro visível das ondas eletromagnéticas, podendo varrer quase todo o espectro eletromagnético, desde ondas gama, passando por raio-X e infravermelho até ondas de rádio. Ruiz et al. (2021) descreve que associado ao VANT, o processamento digital de imagens resultaria em benefícios (prazo, custo e segurança) no que diz respeito ao diagnóstico, auxiliando no processo de resolução da manifestação patológica.

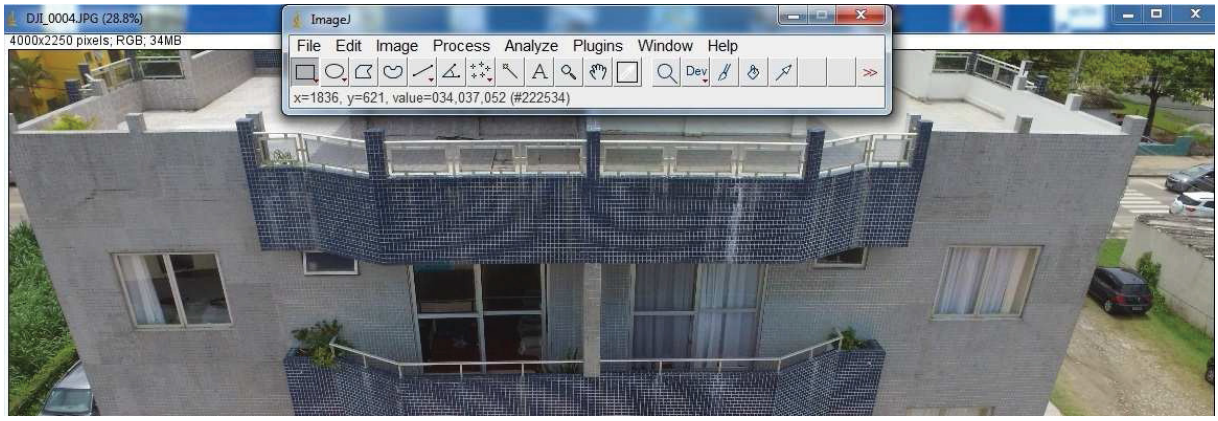
2.5.1 *Software* IMAGEJ para processamento de imagens

ImageJ é um programa de processamento e análise de imagens em Java e de domínio público inspirado no NIH Image para o Macintosh. Ele é executado, como um programa on-line ou como um aplicativo para *download*, em qualquer computador com uma máquina virtual Java 1.5 ou posterior. Distribuições para *download* estão disponíveis para Windows, Mac OS X e Linux. Pode exibir, editar, analisar, processar, salvar e imprimir em 8 bits, imagens de 16 bits e 32 bits. Pode ler muitos formatos de imagem, incluindo TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM, FITS e "raw". Ele suporta "pilhas" (e *hyperstacks*), uma série de imagens que compartilham uma única janela. É *multithreaded* (capacidade de executar várias tarefas simultaneamente sem que uma interfira na outra), operações tão demoradas, como a leitura de arquivos de imagem pode ser realizada em paralelo com outras operações (FERREIRA; RASBAND, 2012).

Conforme TechTudo (2011), o *software* é uma ferramenta que possibilita calcular o valor da área e do *pixel* selecionado pelo usuário, medir distâncias, áreas e

ângulos. O programa (FIGURA 29) suporta funções de processamento como operações aritméticas e lógicas entre imagens, alteração de contraste e analise de Fourier.

FIGURA 29 - EXEMPLO DE IMAGEM ABERTA NO *SOFTWARE* IMAGEJ



FONTE: O autor (2019)

2.5.2 Definição de escala por pixels

De acordo com a Microsoft Corporation (2000), a palavra *pixel* é a forma abreviada dos termos *picture* e *element* formando a expressão “elemento de imagem”. Constitui um único ponto em uma grelha de milhares de pontos que formam uma imagem e individualmente representa uma fração da mesma. O *pixel* é o menor elemento que o hardware e *software* de imagens ou impressão são capazes de manipular na criação de letras, números, gráficos ou imagens. Sendo o número total de *pixels* em um eixo horizontal e vertical de uma imagem considerada sua resolução.

Segundo Marques Filho e Viera Neto (1999), uma imagem digital é uma imagem f(x,y) discretizada tanto espacialmente quanto em amplitude. Portanto, uma imagem digital pode ser vista como uma matriz cujas linhas e colunas identificam um ponto na imagem, sendo possível localizar um *pixel* especifico como em um plano cartesiano de coordenadas x e y.

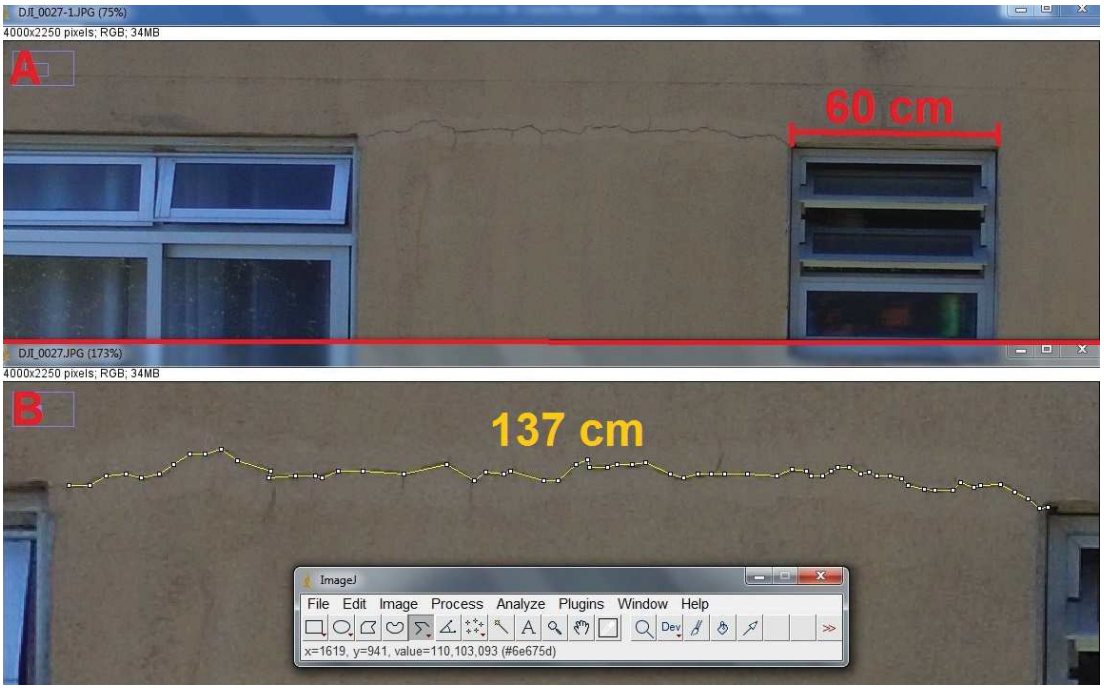
Sendo a visualização de uma imagem como em um plano cartesiano, Ferreira e Rasband (2012), demonstram por meio do *software* ImageJ, que é possível atribuir uma escala com medidas reais a um *pixel*, por exemplo, um *pixel* igual à 3 centímetros em uma determinada foto, traçando uma determinada reta, o *software* calcula a

quantidade de *pixels* envolvidos e transforma para a escala selecionada. Seguindo o exemplo, se a reta tiver 10 *pixels* de comprimento, sua medida em comprimento para a imagem será 30 centímetros.

2.5.3 Inserção de dados e quantificação

Utilizando uma manifestação patológica como uma trinca em fachada por exemplo e seguindo as orientações de Ferreira e Rasband (2012) quanto ao uso do *software* ImageJ, é necessária uma escala conhecida. Na FIGURA 30 como exemplo, o objeto na imagem com medidas conhecidas é uma janela (parte superior A). A partir desse objeto, o *software* calcula a escala em centímetros por *pixel* e inserindo os pontos da trinca, se obtém o comprimento total da mesma (parte inferior B).

FIGURA 30 - EXEMPLO DE MEDIÇÃO DE TRINCA POR MEIO DO IMAGEJ



Fonte: O autor (2019)

O mesmo princípio é seguido para a quantificação de áreas, indiferente do formato da área (quadrada, circular, triangular ou disforme), o *software* efetua os cálculos conforme a unidade escolhida, podendo ser centímetro quadrado ou metro quadrado, apresentando o resultado conforme a quantidade de *pixels* envolvida na seleção.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

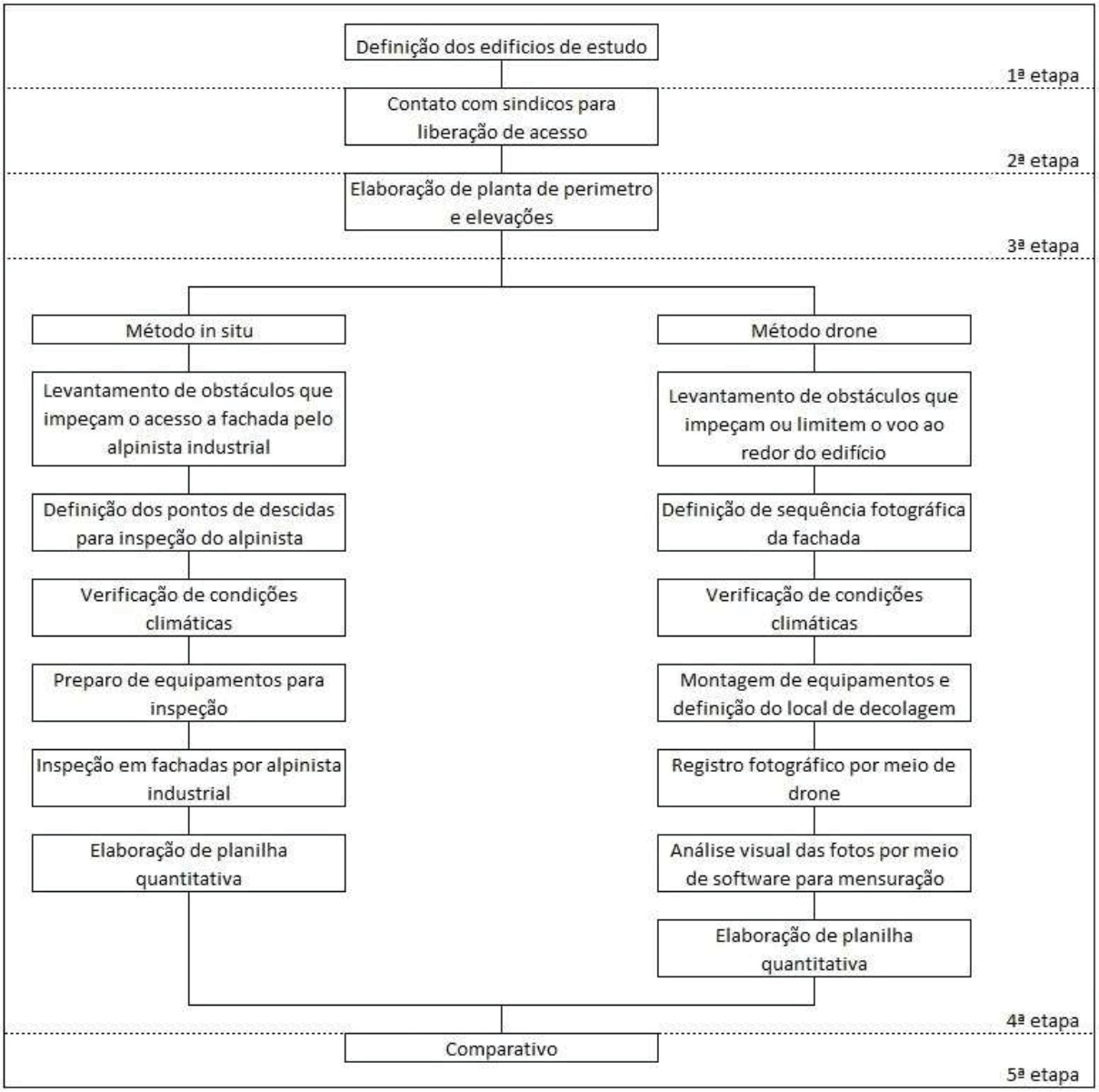
3.1 MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa foi realizada no estudo de 4 casos, comparando dois métodos de identificação e quantificação de manifestações patológicas em fachadas de edifícios em Curitiba. Sendo o primeiro método baseado em apontamentos *in situ* realizados por alpinista industrial, também chamado de inspetor, com treinamento certificado na Norma Regulamentadora Nº 35 – Trabalho em Altura e o segundo método baseado no levantamento fotográfico realizado por meio de VANT (veículo aéreo não tripulado), também conhecido como “drone” com processamento das imagens para medição de parâmetros realizado com *software*.

Comparou-se e identificou-se diferenças que influenciam nos resultados da inspeção em fachada de dois métodos (FIGURA 31) com as seguintes características:

- Processo *in situ*: Inspeção realizada pelo *alpinista industrial* diretamente na fachada, fotografando e realizando anotações pertinentes sobre as manifestações patológicas encontradas.
- Processo com drone: Inspeção realizada com a utilização de VANT (drone) fotografando toda a área das fachadas, avaliação posterior das fotos para identificação de possíveis manifestações patológicas e mensuração através de *software* de processamento de imagens.

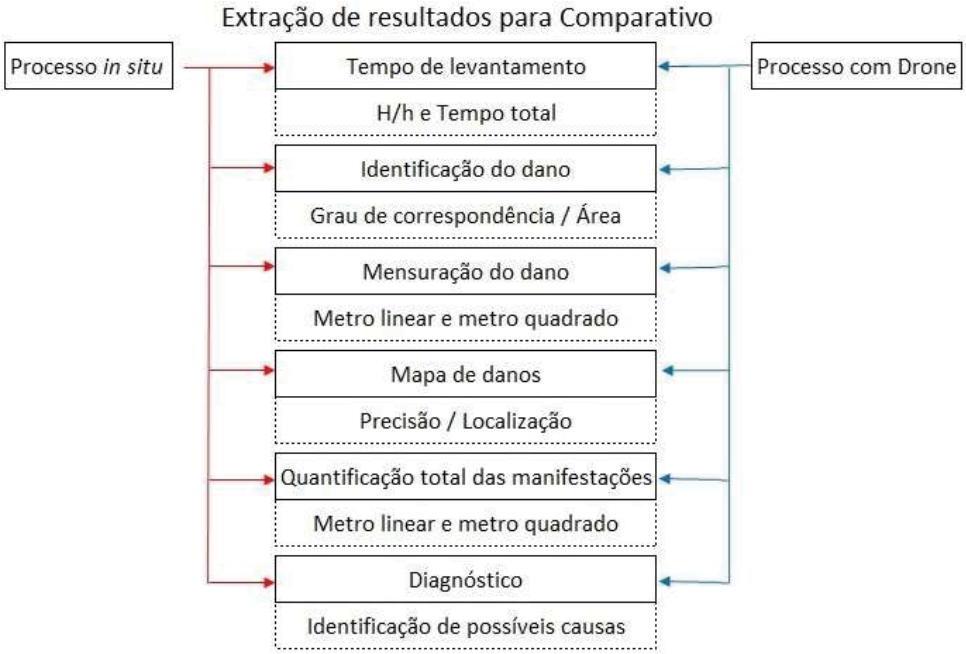
FIGURA 31 - ETAPAS DOS PROCESSOS DE INSPEÇÃO



FONTE: o autor (2019)

Em seguida, após todas as inspeções nas fachadas, comparou-se os dados coletados pelos diferentes métodos de inspeção, conforme FIGURA 32.

FIGURA 32 - COMPARATIVO DE DADOS DOS MÉTODOS



FONTE: o autor (2019)

3.1.1 Equipamentos utilizados

Na inspeção *in situ*, o alpinista industrial, também chamado de inspetor (FIGURA 33), além de EPIs apropriados, utilizou cadeira suspensa com trava queda, mosquetão, talabarte, cordas, cantoneiras, câmera digital Fuji JX580 com 16 megapixels de resolução, prancheta com caneta e trena. Todos os equipamentos para trabalhos em altura seguem as recomendações da NR 35.

FIGURA 33 - INSPEÇÃO *IN SITU* COM ALPINISTA INDUSTRIAL

FONTE: o autor (2019)

Na inspeção com VANT (FIGURA 34) utilizou-se aparelho da fabricante DJI, modelo Phanton 3 Standard com câmera fotográfica acoplada para vídeos até 2.7 K de qualidade e fotos até 12 megapixels de resolução. Sendo o VANT registrado na ANAC e no DECEA, tendo seguro obrigatório “RETA” exigido pela ANAC para este tipo de aparelho.

FIGURA 34 - CAPTAÇÃO DE IMAGENS DA FACHADA COM VANT

FONTE: o autor (2019)

3.1.2 Unidade de análise comparativa

- A avaliação do tempo de duração dos levantamentos se dará por meio de homem/hora.
- A avaliação das limitações (climáticas, arquitetônicas, obstáculos de entorno e interferências de sinais) será qualitativa.
- A quantificação das manifestações patológicas como trincas/fissuras, falhas de vedação em juntas de dilatação de fachada e vedação de esquadrias será na unidade “metro linear”.

- A quantificação das manifestações patológicas como eflorescências, desplacamentos/descolamentos de revestimento, corrosão de armaduras e descascamento de pintura será na unidade “metro quadrado”
- O comparativo entre planilha de danos se dará por percentual das diferenças por item e por soma total por tipo de manifestação.

3.1.3 Delimitação do trabalho

A pesquisa foi realizada em 12 meses, sendo escolhido as fachadas frontais de 4 edifícios localizados na cidade de Curitiba/Paraná. As delimitações de cada edifício se deram pelos tipos e localização na fachada de manifestações patológicas identificadas, detalhes arquitetônicos que impeçam o acesso do alpinista industrial, obstáculos de entorno dos edifícios que impeçam o voo livre e com segurança do VANT e condições climáticas adversas que coloquem em risco a segurança do alpinista industrial, a integridade do VANT ou terceiros sem ligação com o trabalho.

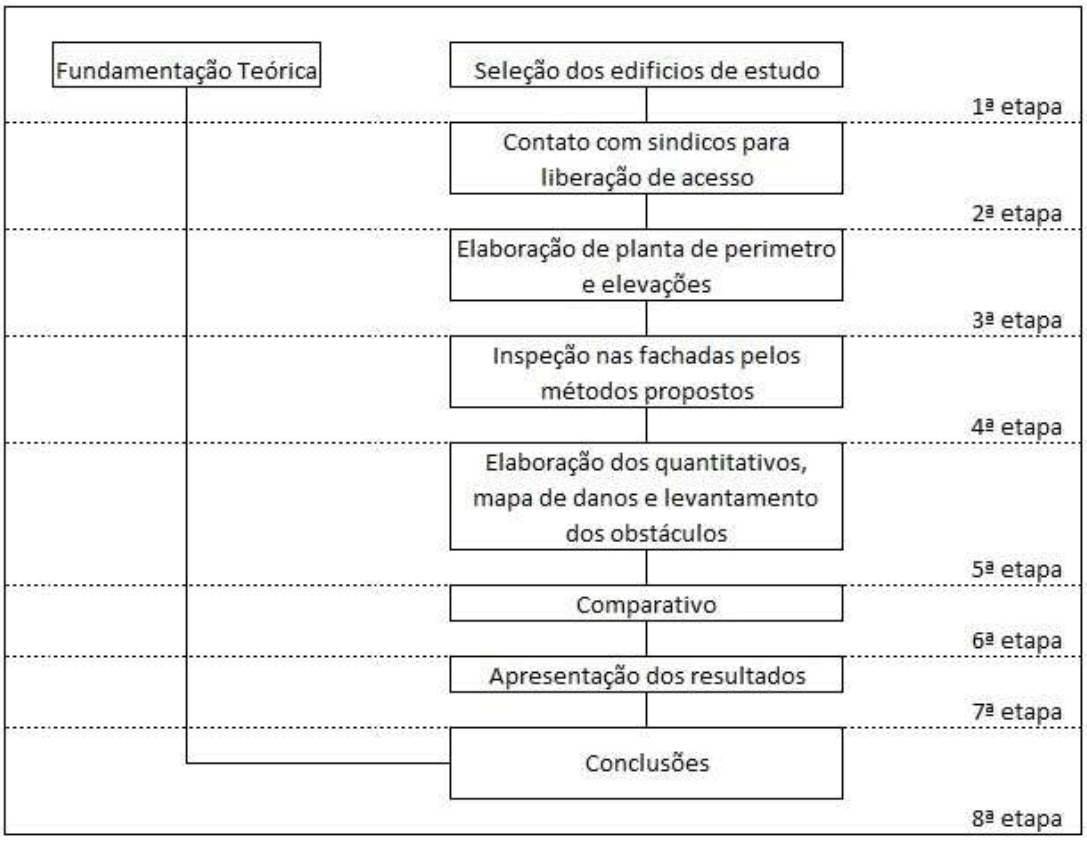
3.1.4 Justificativa da escolha a partir do objetivo

Tendo em vista a proposição de metodologia para inspeção de fachadas, espera-se o aprimoramento da identificação de danos, otimização de tempo, melhor aproveitamento de recursos e mitigação de riscos humanos envolvidos nas atividades em relação a inspeção tradicional por meio apenas de alpinista industrial.

3.1.5 Etapas de pesquisa

O fluxo apresentado na FIGURA 35 representa as etapas de pesquisa.

FIGURA 35 - ETAPAS PESQUISA



FONTE: o autor (2019)

3.1.6 Seleção amostra

As amostras para os estudos são 4 edifícios localizados na cidade de Curitiba para levantamento de manifestações patológicas em suas fachadas. Todos os edifícios com as seguintes características:

- Acima de 15 pavimentos de altura
- Ao menos um edifício com revestimento cerâmico
- Ao menos um edifício com revestimento em pintura
- Ao menos dois tipos de manifestações patológicas identificadas em sua fachada frontal

3.1.7 Protocolo de coleta de dados

Tendo como objetivo comparar dois métodos de levantamento e quantificação de manifestações patológicas, pode-se enumerar um procedimento para o método de inspeção por alpinista industrial:

1 – Definição dos edifícios de estudo.

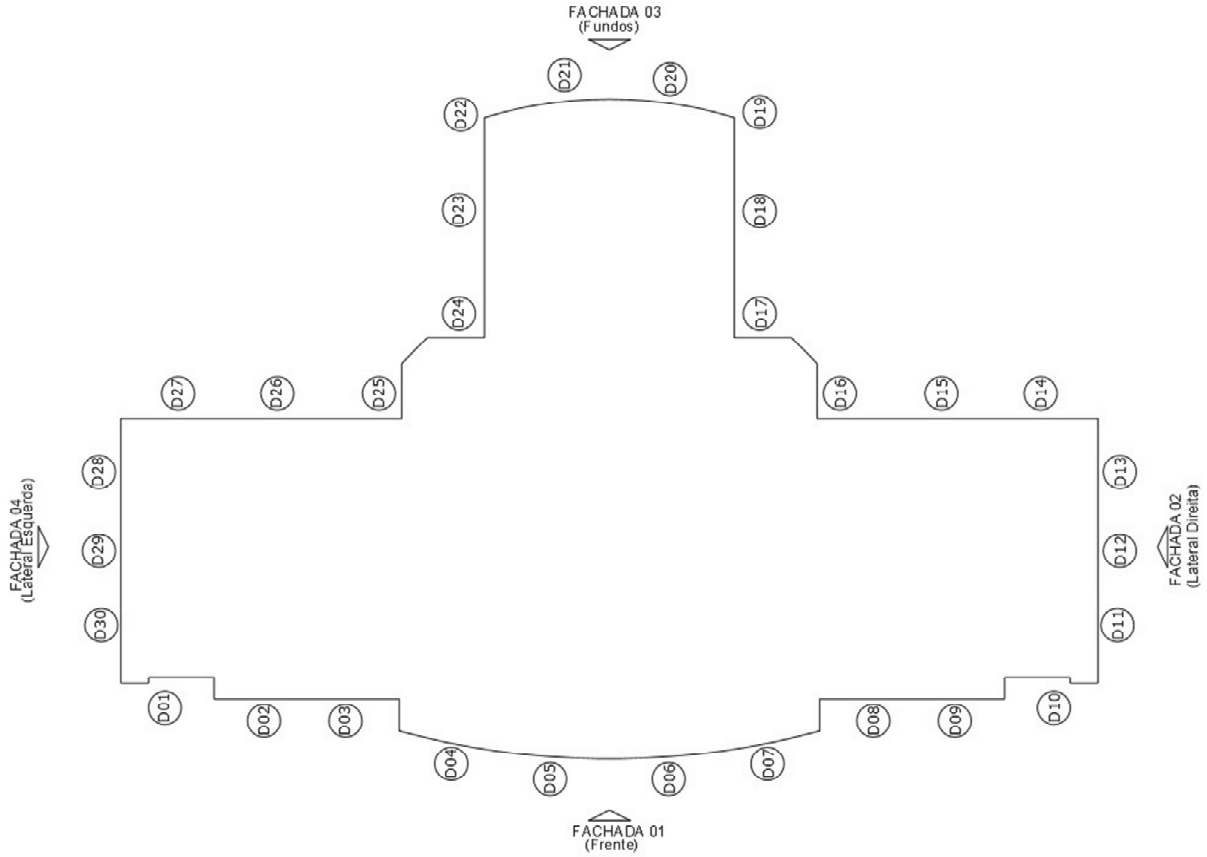
2 – Contato com síndicos para liberação de acesso

3 – Elaboração de planta de perímetro da torre e planta de elevações das fachadas

4 – Levantamento de obstáculos que impeçam o acesso a fachada pelo alpinista industrial

5 – Definição dos pontos de descidas para inspeção do alpinista industrial (FIGURA 36)

FIGURA 36 - EXEMPLO DE PLANTA DE DESCIDAS



FONTE: o autor (2019)

6 – Verificação de condições climáticas

7 – Preparo de equipamentos para descida

8 – Inspeção em fachada por alpinista industrial conforme FIGURA 37, com anotação da data de início

9 – Na constatação do dano, tirar foto e realizar anotação em planilha das seguintes características:

9.1 – Data da identificação do dano

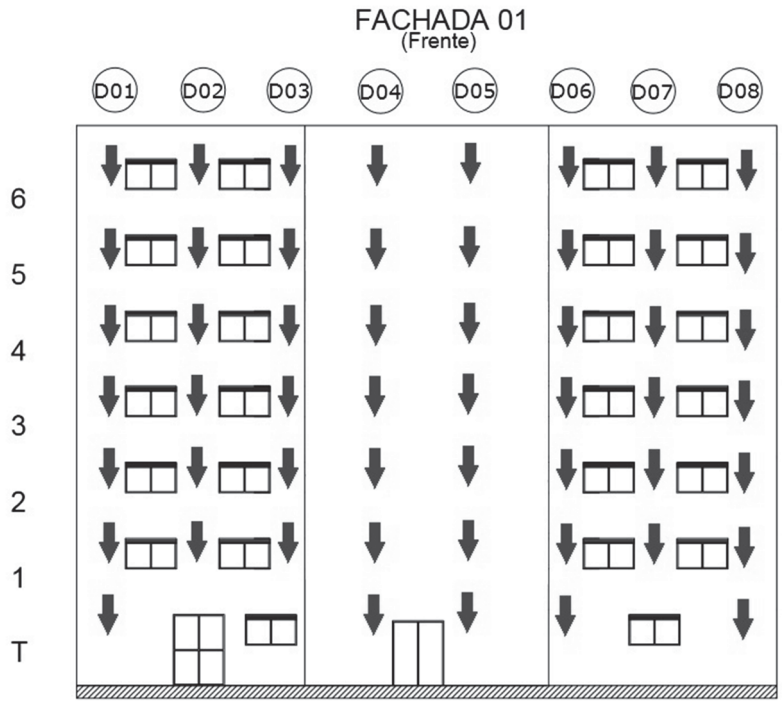
9.2 – Tipo de manifestação patológica

9.3 – Localização na fachada: prumada e andar

9.4 – Medição do dano *in situ* (metro linear ou metro quadrado)

10 – Na finalização do perímetro, anotação da data de fim e remoção de equipamentos

FIGURA 37 - SEQUÊNCIA DE INSPEÇÃO DO ALPINISTA INDUSTRIAL NA FACHADA



FONTE: o autor (2019)

Pode-se igualmente enumerar um procedimento para o método de inspeção por drone:

1 – Definição dos edifícios de estudo.

2 – Contato com síndicos para liberação de acesso

3 – Elaboração de planta de perímetro da torre e planta de elevações das fachadas

4 – Levantamento de obstáculos que impeçam ou limitem o voo ao redor do edifício

5 – Definição dos pontos de descidas e sequência de fotografias da fachada (FIGURA 34, p.50)

6 – Verificação de condições climáticas

7 – Montagem de equipamentos e definição do local de decolagem

8 – Registro fotográfico por meio de vant com anotação da data de início (FIGURA 38)

10 – Na finalização do perímetro, anotação da data de fim e desmontagem de equipamentos

11 – Análise visual das fotos por meio do *software* IMAGEJ com anotação da data de início

12 – Na identificação de danos, realizar anotação em planilha das seguintes características:

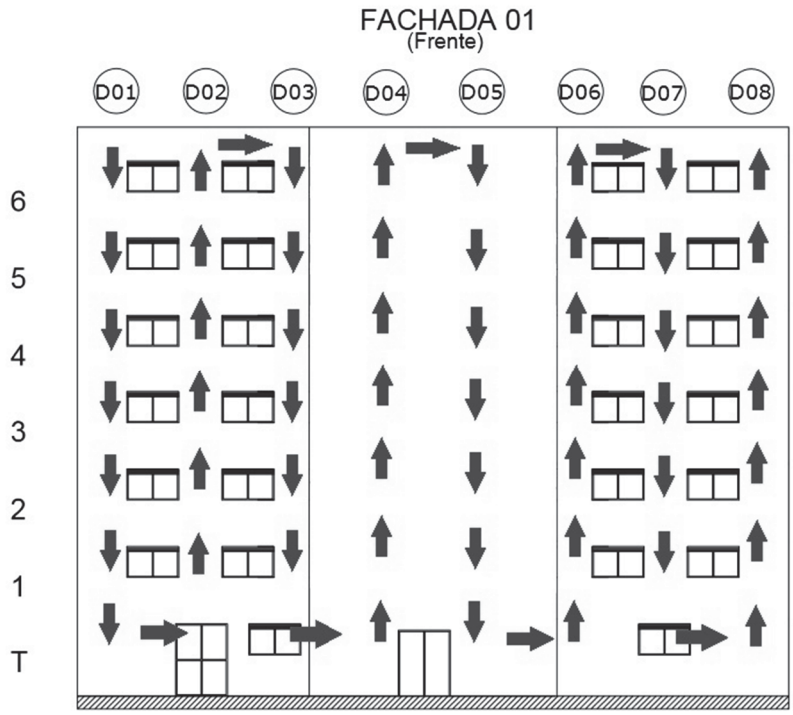
12.1 – Tipo de manifestação patológica

12.2 – Localização na fachada: prumada e andar

12.3 – Mensuração do dano por meio do *software* (metro linear ou metro quadrado)

13 – Finalização da análise visual de todas as fotos com anotação da data de fim

FIGURA 38 - SEQUÊNCIA DE INSPEÇÃO DO VANT NA FACHADA



FONTE: o autor (2019)

3.1.8 Método de análise de dados

Baseou-se a análise de dados nas correlações e diferenças entre os quantitativos gerados pelos dois métodos. Levantando possíveis efeitos benéficos ou deletérios para correta inspeção e mensuração das manifestações patológicas por cada método, bem como a exposição de suas limitações que influenciem no resultado de cada.

3.2 Tipologia dos edifícios de estudo

Edifício A: residencial de alto padrão com 25 pavimentos e fachadas revestidas em combinação simétrica de áreas com revestimento em pintura texturizada, pastilhas cerâmicas e litocerâmica (FIGURA 39), tendo sua obra finalizada em 2014, sendo integrante de condomínio com mais duas torres (FIGURA 40).

FIGURA 39 – FACHADA FRONTAL DO EDIFÍCIO A

FONTE: o autor (2019)

FIGURA 40 – CONDOMÍNIO DO EDIFÍCIO A

FONTE: o autor (2019)

Edifício B: residencial de alto padrão com 19 pavimentos e fachadas revestidas em combinação simétrica de áreas com revestimento em grafiato e pastilhas cerâmicas (FIGURA 41), tendo sua obra finalizada em 2005, sendo integrante de condomínio com mais cinco torres (FIGURA 42).

FIGURA 41 – FACHADA FRONTAL DO EDIFÍCIO B

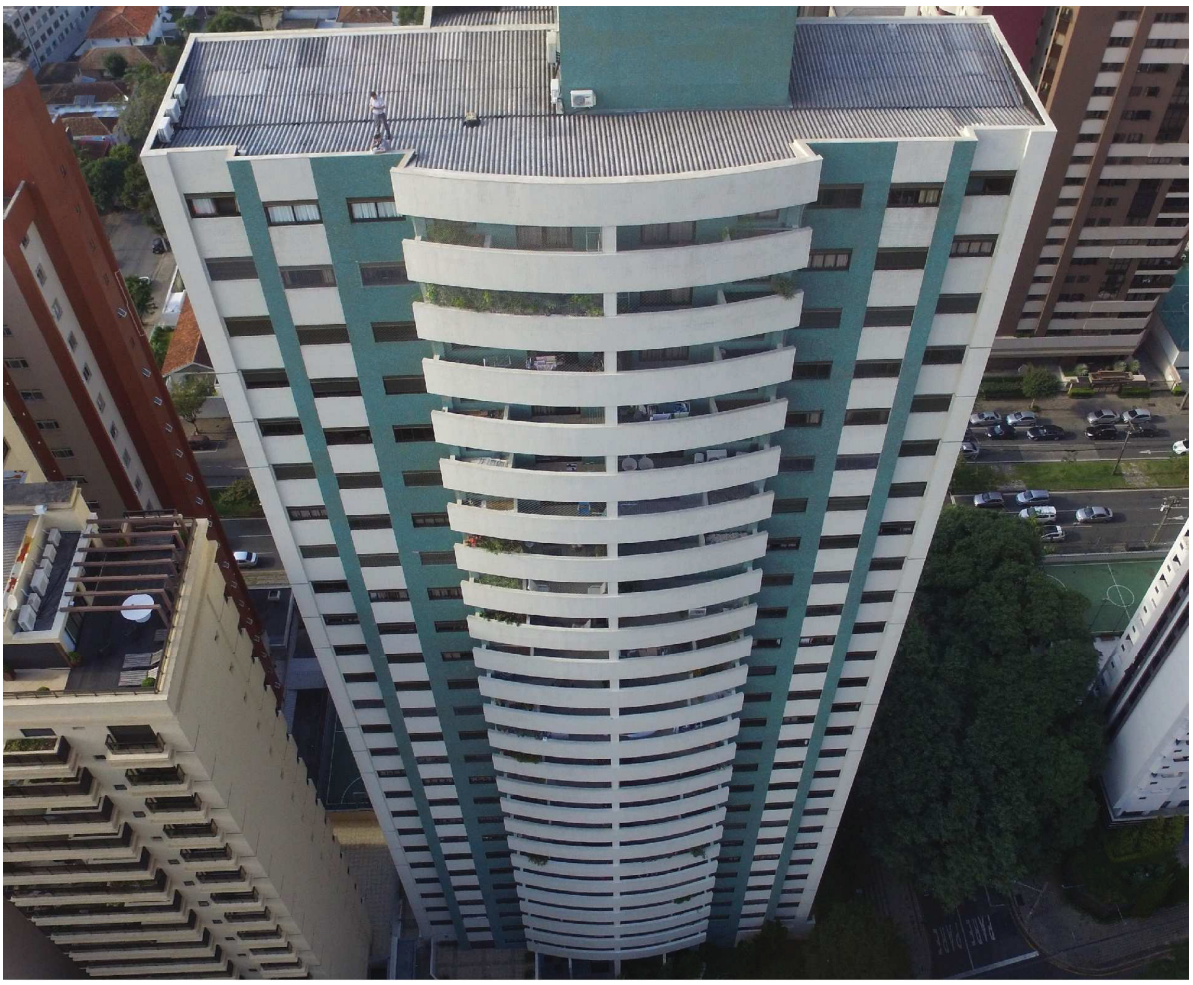
FONTE: o autor (2019)

FIGURA 42 – CONDOMÍNIO DO EDIFÍCIO B

FONTE: Google Earth (2019)

Edifício C: residencial de alto padrão com 27 pavimentos e fachadas com revestimento em pastilha cerâmica (FIGURA 43), tendo sua obra finalizada em 1994.

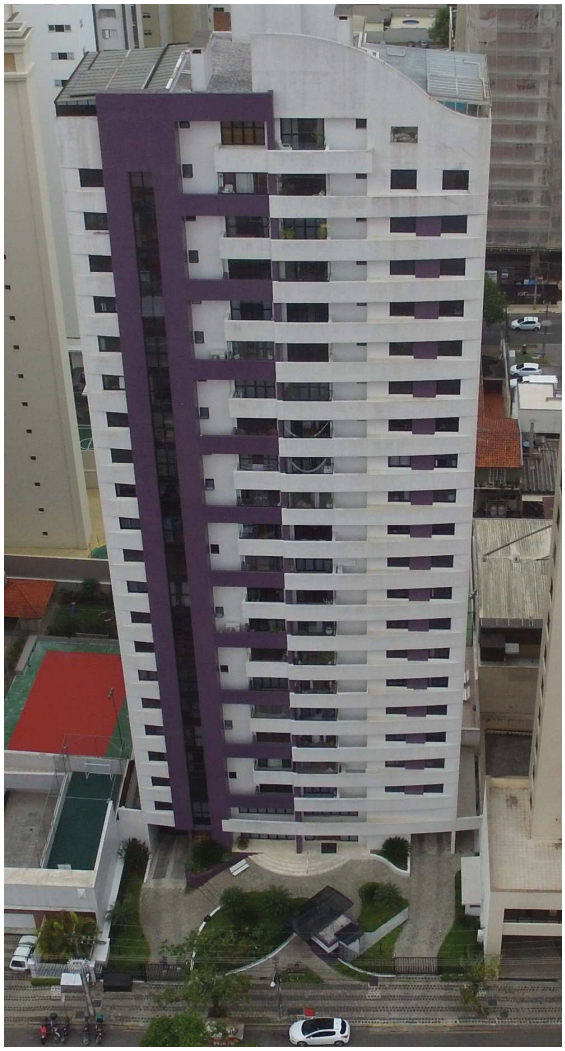
FIGURA 43 – FACHADA FRONTAL DO EDIFÍCIO C



FONTE: o autor (2019)

Edifício D: residencial de alto padrão com 22 pavimentos e fachadas com revestimento em pastilha cerâmica (FIGURA 44), tendo sua obra finalizada em 1998.

FIGURA 44 – FACHADA FRONTAL DO EDIFÍCIO D



FONTE: o autor (2019)

3.2.1 Entorno e limitações das inspeções no edifício A

Situado a 937 metros do nível do mar, sendo o edifício mais alto em número de pavimentos entre as quadras circundantes.

Como fatores limitantes para o voo de VANT, pode-se citar:

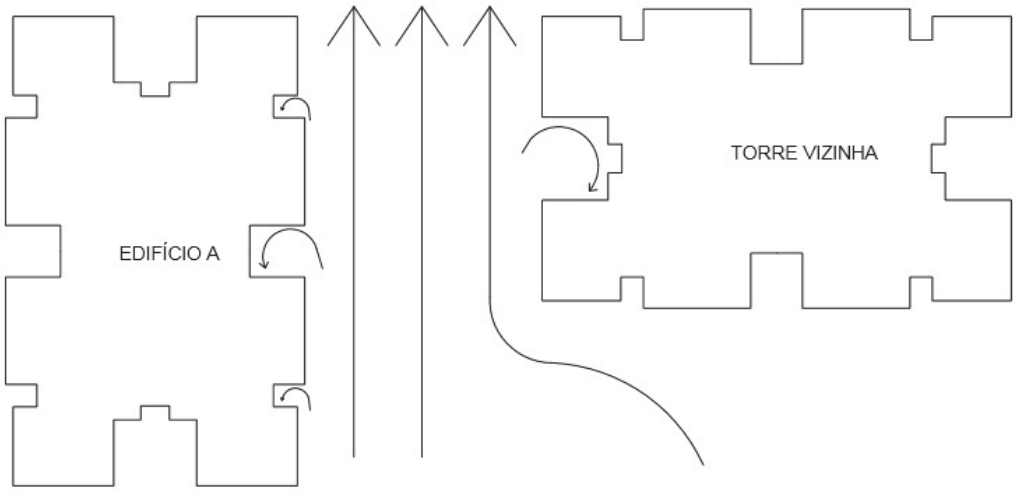
1 - Inexistência de edifícios vizinhos de porte similar que atuem como barreiras contra o vento à norte, oeste e sul (FIGURA 45). Sendo o vento de maior ocorrência durante as inspeções no eixo norte-sul.

FIGURA 45 – ENTORNO EDIFÍCIO A

FONTE: Google Earth (2020)

Como consequência da incidência de ventos constantes, ocorreu impacto no desenvolvimento das atividades de inspeção com VANT, aumentando a distância do aparelho da fachada por segurança, além da formação de redemoinhos de vento nas reentrâncias da fachada do edifício (FIGURA 46).

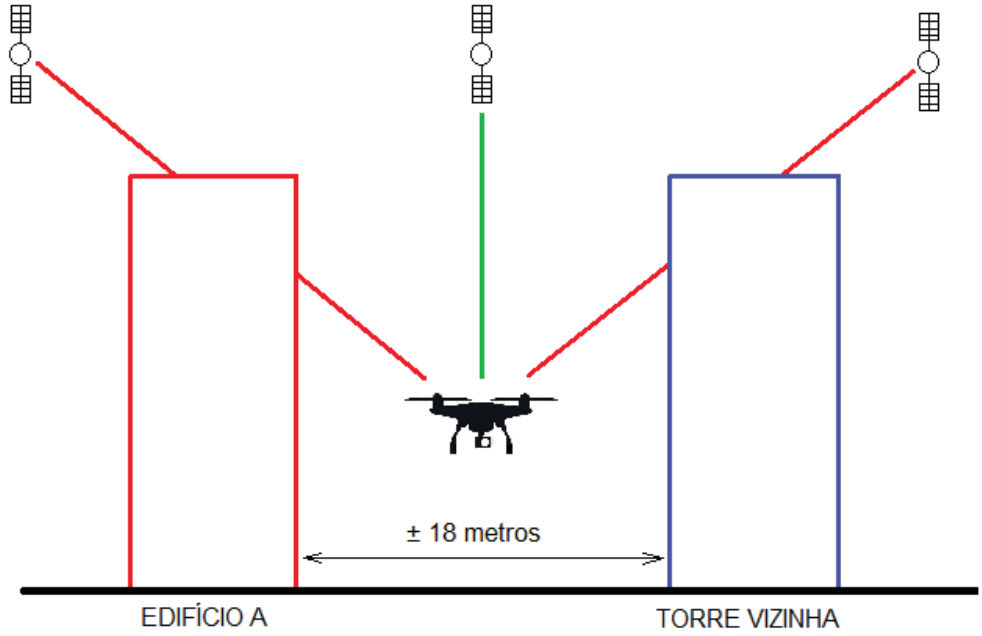
FIGURA 46 – INFLUÊNCIA DO VENTO



FONTE: o autor (2020)

2 - Durante a inspeção com VANT, observou-se que na região entre o edifício A e torre vizinha ocorria-se interferência que ocasionava “sombra” no sinal de estabilização pelo GPS do aparelho (FIGURA 47), ocasionando instabilidade durante o voo do aparelho entre as duas torres, limitando a altura de passagem do aparelho pelas prumadas de descidas situadas neste ponto e sua distância da fachada do edifício. O VANT utilizado para as inspeções necessita de conexão com pelo menos 6 satélites do sistema GPS para se manter estável no eixo horizontal de movimentos sem a intervenção do piloto. Caso ocorresse perda de sinal que resultasse em conexão com 5 satélites ou menos, correções constantes deveriam ser feitas pelo piloto para manter a estabilidade do voo, aumentando o risco de colisões do aparelho com os edifícios circundantes.

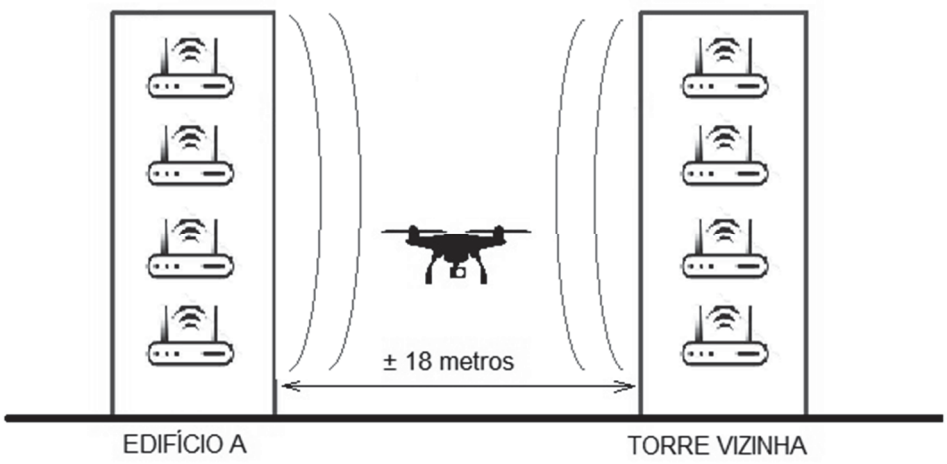
FIGURA 47 – INTERFERÊNCIA SINAL GPS EDIFÍCIO A



FONTE: o autor (2019)

3 - Interferência de sinais wi-fi proveniente das unidades do edifício, aspecto que influencia na estabilidade do VANT durante a inspeção, referente à incidência de um número grande de emissores e suas posições ao redor do aparelho que prejudicam a estabilidade do voo (FIGURA 48).

FIGURA 48 – INTERFERÊNCIA SINAL WI-FI EDIFÍCIO A.



FONTE: o autor (2019)

Como fatores limitantes para a inspeção *in situ*, pode-se citar:

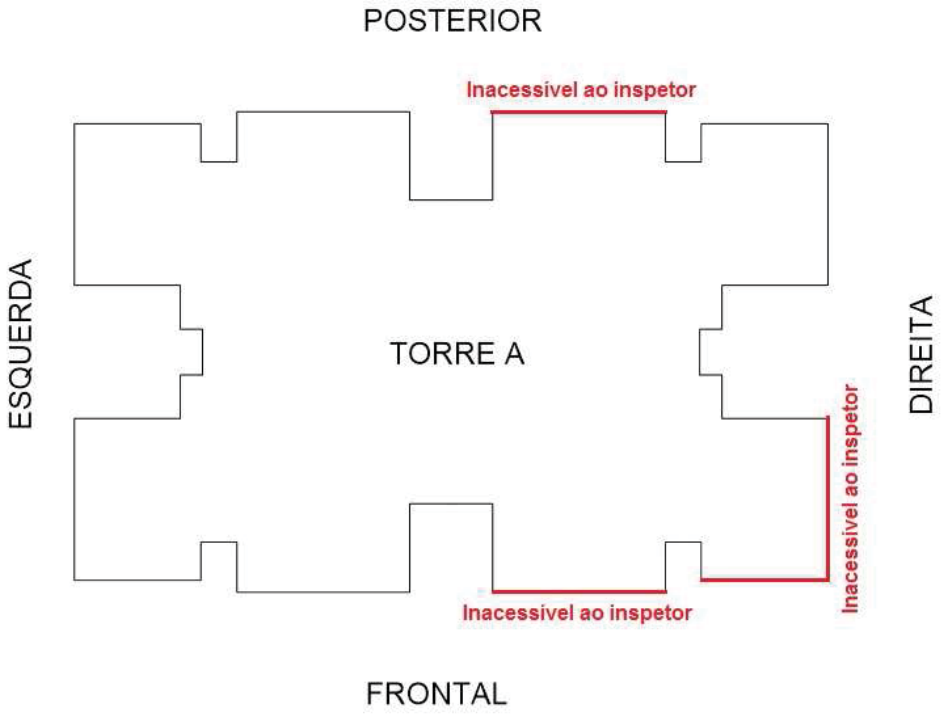
1 – Ocorrência de fechamentos em vidro na cobertura que inviabilizaram alguns pontos de descidas do alpinista industrial na fachada, conforme vista em 360 graus da cobertura na FIGURA 49, dividida em 4 partes (A, B, C e D) com visualização de todos os lados.

FIGURA 49 – VISTA 360º DA COBERTURA DO EDIFÍCIO A

FONTE: o autor (2019)

De todo o perímetro de 166,7 metros do edifício, tem-se 29 metros inacessíveis para o alpinista industrial (inspetor) devido fechamentos de cobertura que inviabilizam a instalação de equipamentos para descida, correspondendo 17,4% da área total de fachada (FIGURA 50).

FIGURA 50 – PERIMETRO FACHADA EDIFÍCIO A



FONTE: o autor (2019)

2 – Incidência de ventos que geraram atrasos no desenvolvimento da inspeção na fachada ou mesmo paralisaram as atividades temporariamente.

3.2.2 Entorno e limitações das inspeções no edifício B

Como fatores limitantes para o voo de VANT, pode-se citar:

1 - Durante a inspeção com VANT, observou-se que na região entre o edifício B e as torres vizinhas ocorria interferência que ocasionava “sombra” no sinal de estabilização pelo GPS do aparelho, delimitado pelo quadrado azul na FIGURA 51, ocasionando instabilidade durante o voo do aparelho entre as três torres, limitando a altura de

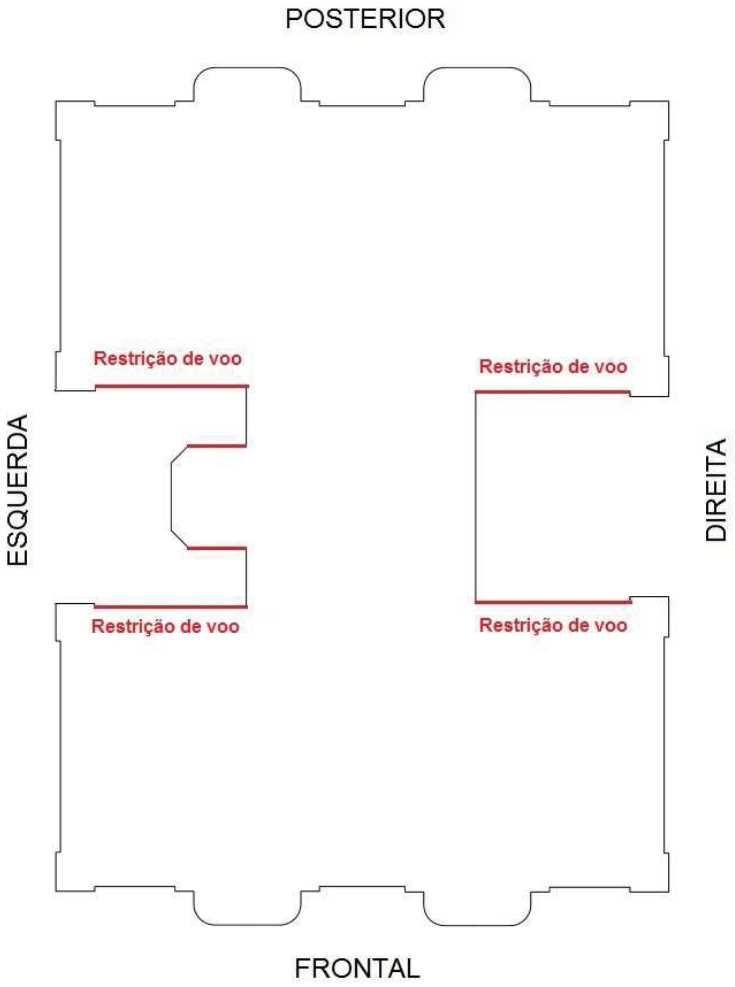
passagem do aparelho pelas prumadas de descidas situadas neste ponto ou sua distância da fachada do edifício.

FIGURA 51 – REGIÃO DE INTERFERÊNCIA SINAL GPS EDIFÍCIO B

FONTE: o autor (2019)

2 – O perímetro do edifício tem reentrâncias em profundidade que impendem o voo do VANT com segurança e consequentemente impedem a obtenção de fotos dessa região da fachada com qualidade satisfatória para análise posterior (FIGURA 52), devido ao ângulo inclinado de obtenção das fotos em relação a fachada e a iluminação de baixa intensidade (FIGURA 53). O voo nessa região enfrenta riscos referentes a desconexão com satélites GPS além da formação de redemoinhos de vento nessa zona.

FIGURA 52 – PERÍMETRO DE VOO EDIFÍCIO B



FONTE: o autor (2019)

FIGURA 53 – REENTRÂNCIA ARQUITETÔNICA NO EDIFÍCIO B

FONTE: o autor (2019)

De todo o perímetro de 155,6 metros do edifício, tem-se 28 metros inacessíveis para o VANT devido a arquitetura do edifício que inviabilizam o voo no local, correspondendo 18% da área total de fachada.

3 - Interferência de sinais wi-fi proveniente das unidades do edifício e seus vizinhos, aspecto que influencia na estabilidade do VANT durante a inspeção, referente a incidência de um número grande de emissores e suas posições ao redor do aparelho que prejudicam a estabilidade do voo.

Não houve fatores limitantes relevantes para a inspeção *in situ*, tendo o trabalho do alpinista industrial decorrendo normalmente em todo o perímetro do edifício.

3.2.3 Entorno e limitações das inspeções no edifício C

Situado a 944 metros do nível do mar, sendo o edifício mais alto em número de pavimentos entre as quadras circundantes.

Como fatores limitantes para o voo de VANT, pode-se citar:

1 - Inexistência de edifícios vizinhos de porte similar que atuem como barreiras contra o vento à norte e sul (FIGURA 54). Sendo o vento de maior ocorrência durante as inspeções no eixo norte-sul.

FIGURA 54 – ENTORNO DO EDIFÍCIO C

FONTE: Google Earth (2020)

2 - Durante a inspeção com VANT, observou-se que na região entre o edifício C e as torres vizinhas ocorria-se interferência que ocasionava “sombra” no sinal de estabilização pelo GPS do aparelho, principalmente no lado da fachada posterior, ocasionando instabilidade durante o voo do aparelho entre as quatro torres, limitando a altura de passagem do aparelho pelas prumadas de descidas situadas neste ponto ou sua distância da fachada do edifício.

3 – A existência da rede elétrica e árvores de porte elevado no lado das fachadas frontal (FIGURA 55) e direita (FIGURA 56), limitaram a altura de voo mínima do VANT para 21 metros.

FIGURA 55 – REDE ELÉTRICA E ÁRVORES FRENTE EDIFÍCIO C

FONTE: o autor (2020)

FIGURA 56 – ÁRVORES LATERAL ESQUERDA EDIFÍCIO C

FONTE: o autor (2020)

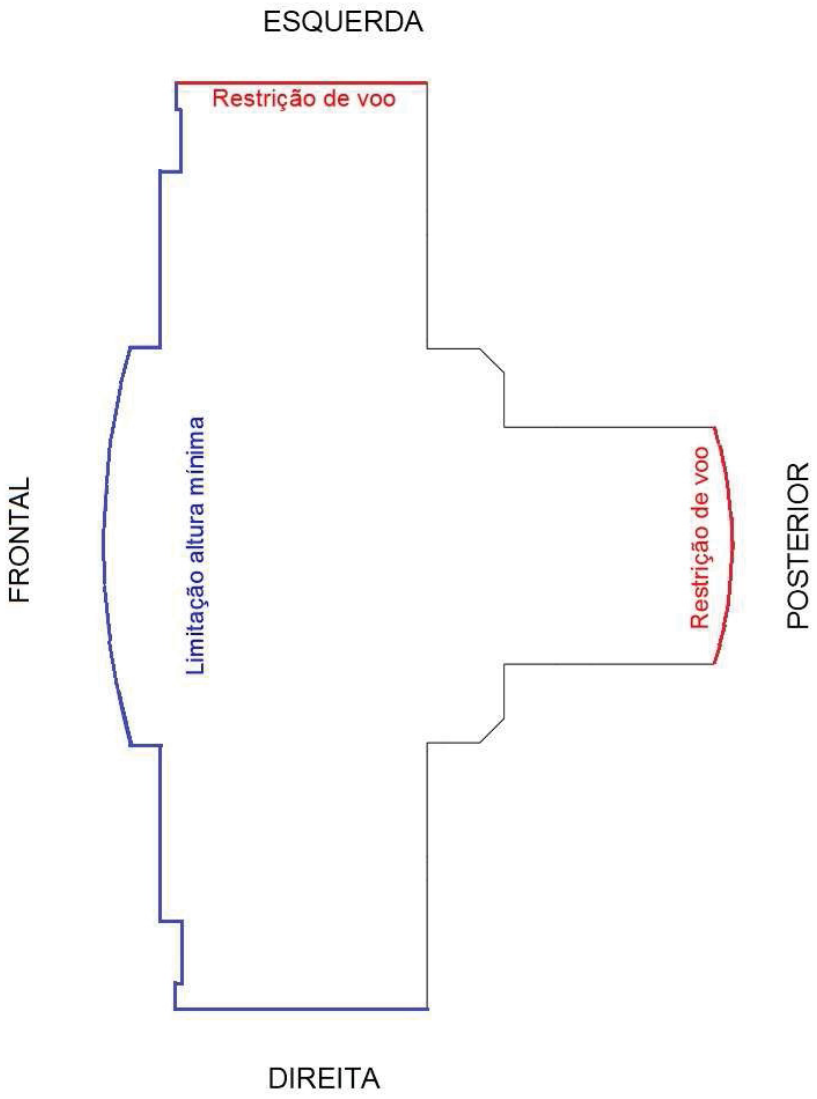
4 – A existência de torres vizinhas ao sul e leste próximos as fachadas posterior e esquerda respectivamente do edifício C, impossibilitando o voo com segurança do VANT em todo o perímetro (FIGURA 57).

FIGURA 57 – TORRES VIZINHAS EDIFÍCIO C

FONTE: o autor (2019)

Desta forma tem-se o perímetro impactado pelas restrições no voo do VANT na fachada posterior e esquerda, assim como o perímetro com limitação de voo do VANT nas fachadas frontal e direita, conforme FIGURA 58.

FIGURA 58 – PERÍMETRO DE VOO EDIFÍCIO C



FONTE: o autor (2020)

Considerando o perímetro total de 103,3 metro do edifico C, destes, 17,0 metros tiveram restrição do voo e não sendo possível obter fotos com qualidade satisfatória, tem-se 83,54% da área de fachada inspecionada pelo VANT.

Não houve fatores limitantes relevantes para a inspeção *in situ*, tendo o trabalho do alpinista industrial decorrendo normalmente em todo o perímetro do edifício.

3.2.4 Entorno e limitações das inspeções no edifício D

Como fatores limitantes para o voo de VANT, pode-se citar:

1 - Inexistência de edifícios vizinhos de porte similar que atuem como barreiras contra o vento à oeste e leste (FIGURA 59). Sendo o vento de maior ocorrência durante as inspeções no eixo norte-sul.

FIGURA 59 – ENTORNO DO EDIFÍCIO D

FONTE: Google Earth (2020)

2 - Durante a inspeção com VANT, observou-se que na região entre o edifício D e as torres vizinhas à direita e esquerda geravam interferência que ocasionava “sombra” no sinal de estabilização pelo GPS do aparelho, principalmente no lado da fachada posterior, ocasionando instabilidade durante o voo do aparelho entre as torres, limitando a altura de passagem do aparelho pelas prumadas de descidas situadas neste ponto ou sua distância da fachada do edifício.

3 – A existência de torres vizinhas ao norte e sul próximos as fachadas esquerda e direita respectivamente do edifício C, impossibilitando o voo com segurança do VANT em todo o perímetro (FIGURA 60 e 61).

FIGURA 60 – VIZINHO ESQUERDO DO EDIFÍCIO D

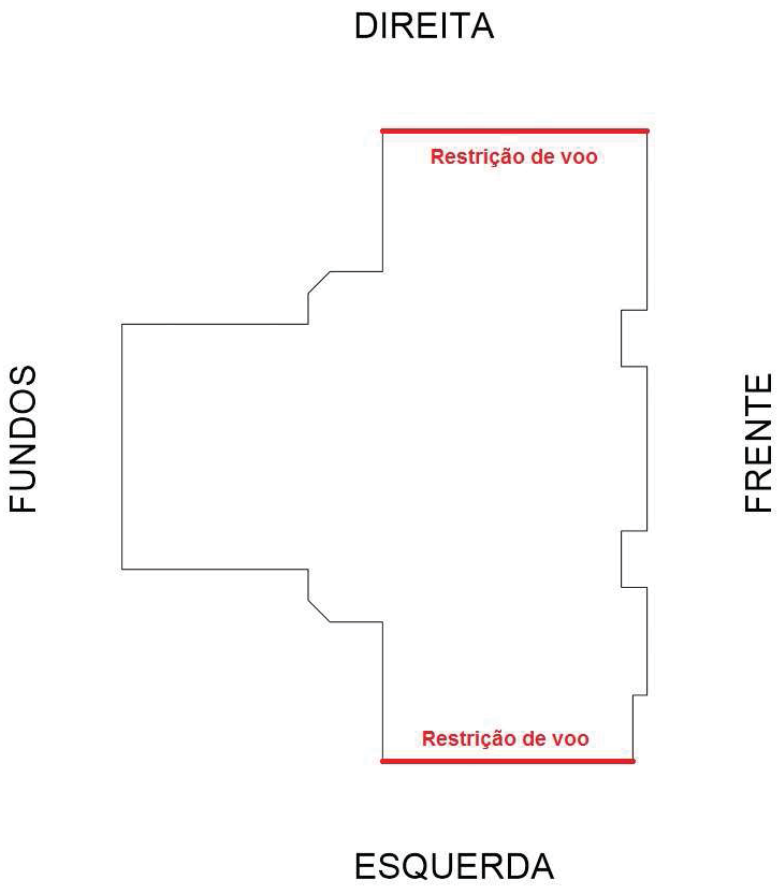
FONTE: o autor (2020)

FIGURA 61 – VIZINHO DIREITO DO EDIFÍCIO D

FONTE: o autor (2020)

Desta forma tem-se o perímetro impactado pelas restrições no voo do VANT na fachada esquerda e direita, conforme figura 62.

FIGURA 62 – PERÍMETRO DE VOO EDIFÍCIO D



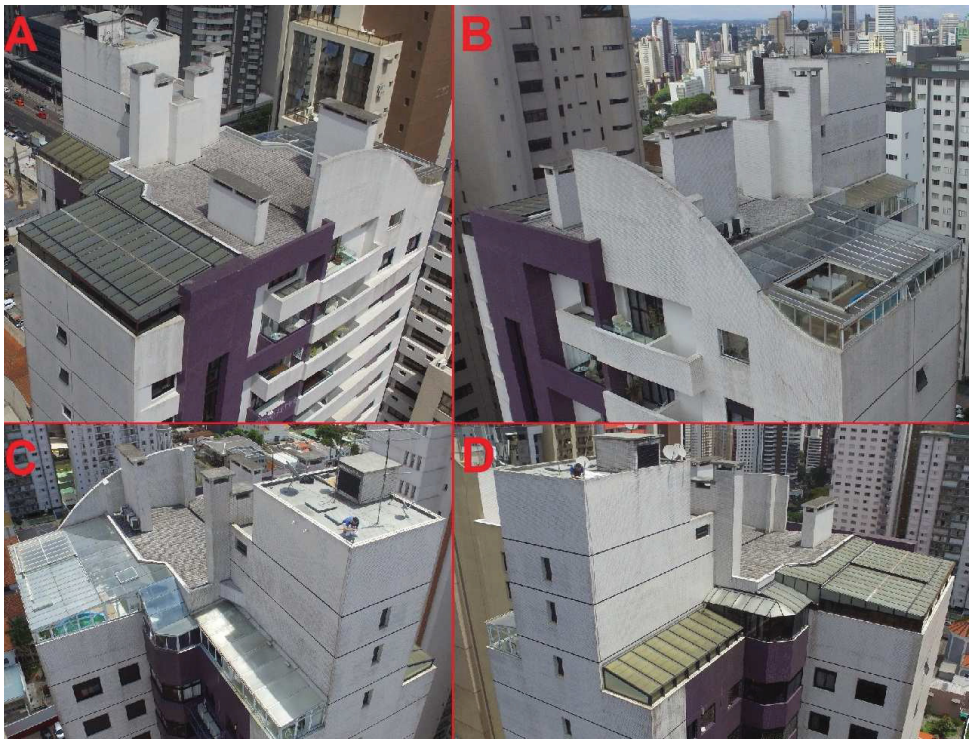
FONTE: o autor (2020)

Considerando o perímetro total de 93,0 metro do edifico D, destes, 20,6 metros tiveram restrição do voo e não sendo possível obter fotos com qualidade satisfatória, tem-se 77,85% da área de fachada inspecionada pelo VANT.

Como fatores limitantes para a inspeção *in situ*, pode-se citar:

1 – Ocorrência de fechamentos em vidro na cobertura que em alguns pontos, inviabilizaram as descidas do alpinista industrial na fachada e em outros despenderam mais tempo para executar as descidas nas prumadas definidas, conforme FIGURA 63 a seguir com vista 360 graus da cobertura, dividida em 4 partes (A, B, C e D) com visualização de todos os lados.

FIGURA 63 – VISTA 360º DA COBERTURA DO EDIFÍCIO D



FONTE: o autor (2020)

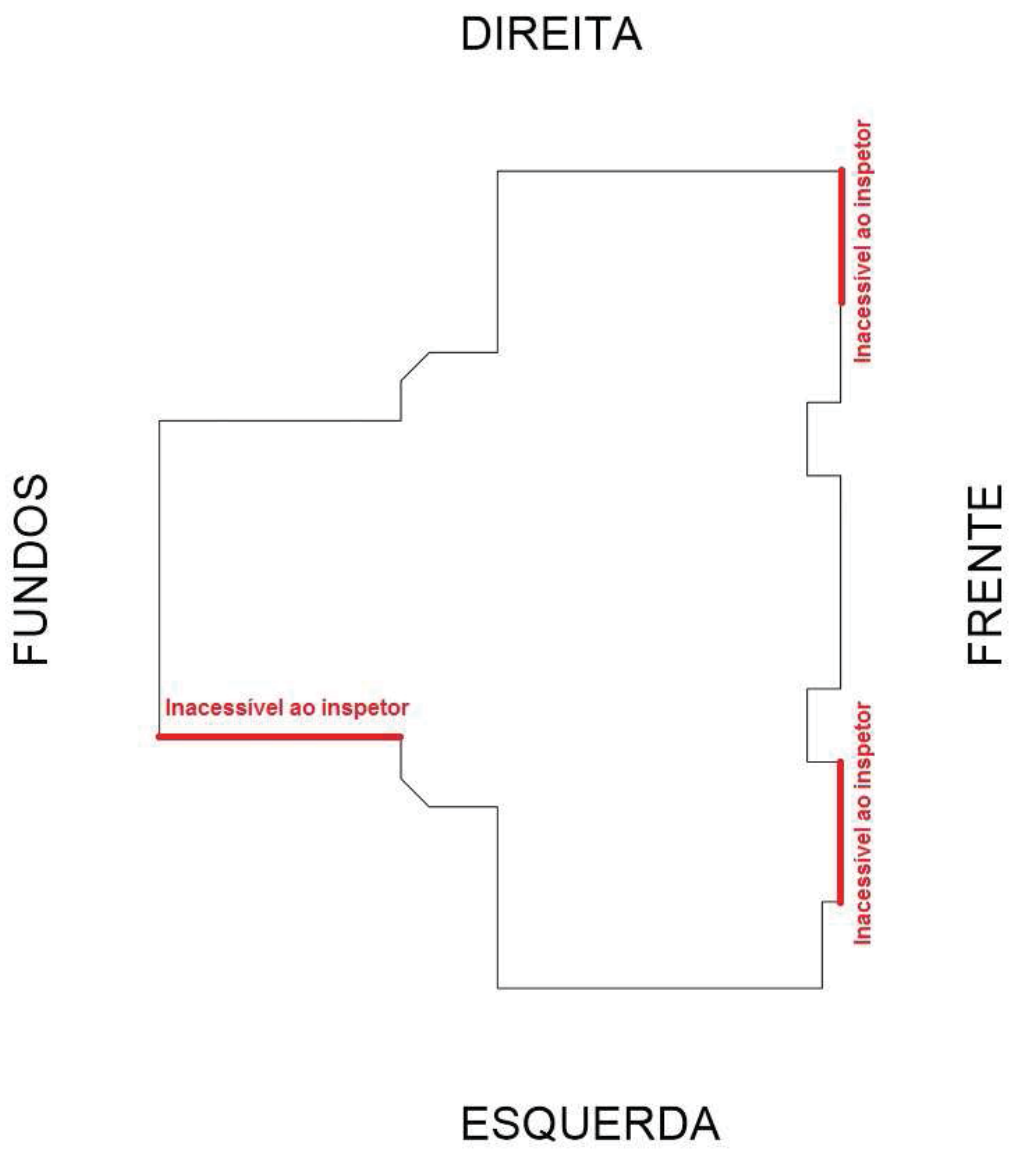
2 – Detalhes arquitetônicos no topo do edifício que inviabilizaram a descida do alpinista industrial em um ponto da fachada frontal e em outros despenderam mais tempo para o executar as descidas nas prumadas definidas (FIGURA 64).

FIGURA 64 – VISTA DETALHES COBERTURA DO EDIFÍCIO D

FONTE: o autor (2020)

Desta forma tem-se pontos da fachada inacessíveis para o alpinista industrial (inspetor), conforme FIGURA 65.

FIGURA 65 – PERÍMETRO DE DESCIDAS DO INSPETOR EDIFÍCIO D



FONTE: o autor (2020)

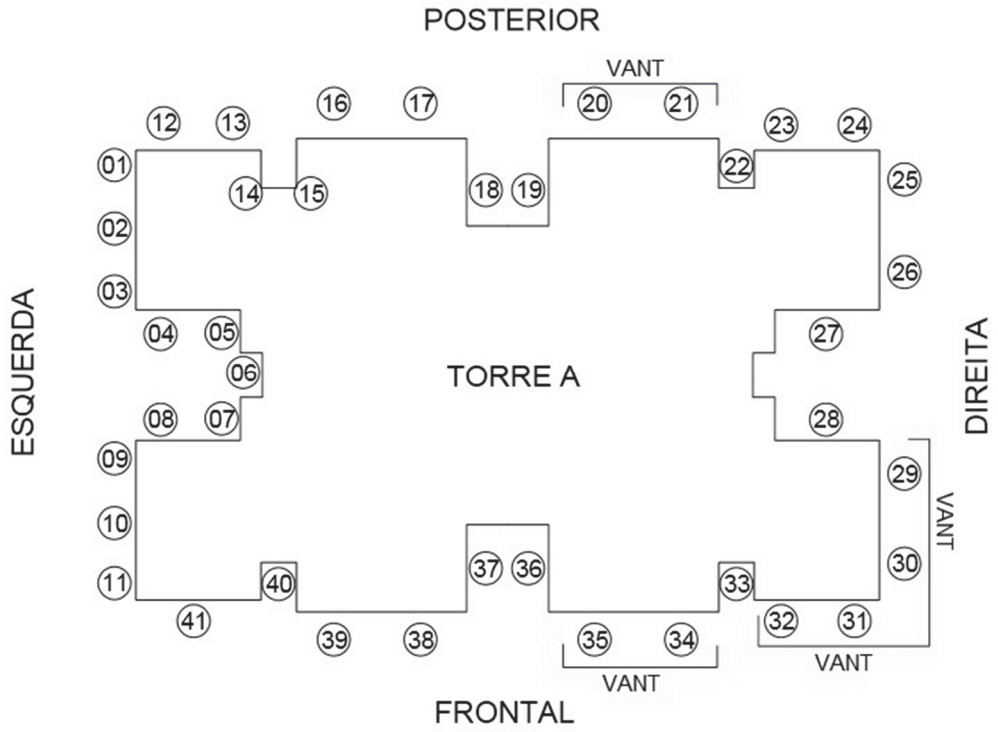
Considerando o perímetro total de 93,0 metro do edifico D, destes, 15,0 metros eram inacessíveis ao alpinista industrial e não sendo possível a inspeção da fachada nestes pontos, tem-se 83,87% da área de fachada inspecionada pelo profissional.

3.2.5 Inspeção *in situ*, VANT e quantificação

-Edifício A:

Considerando todos os fatores de influência nas inspeções, definiu-se as prumadas de descidas conforme FIGURA 66, sendo 8 prumadas executadas exclusivamente pelo VANT.

FIGURA 66 – PRUMADAS DE DESCIDAS EDIFÍCIO A



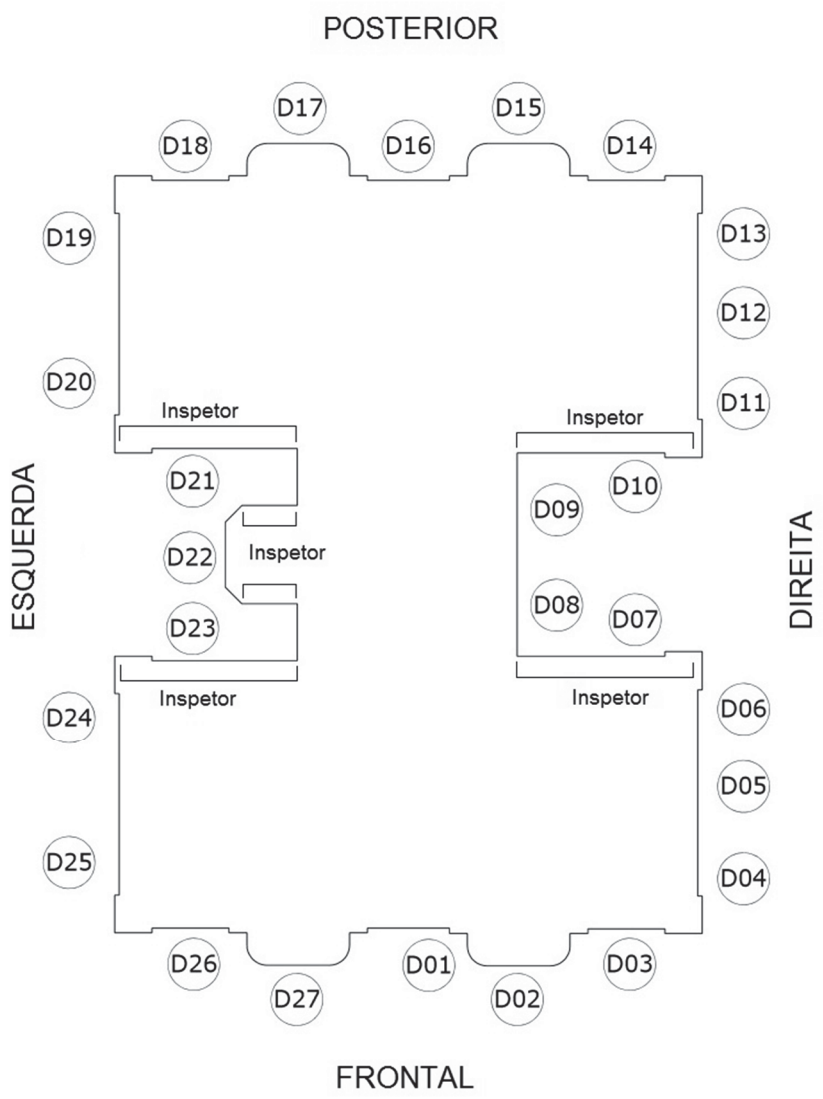
FONTE: o autor (2019)

A inspeção *in situ* decorreu em 8 dias ou 64 horas de trabalho do alpinista industrial. A inspeção com VANT decorreu em 3 horas de voo (considerou-se o tempo de montagem do equipamento, voo em torno da fachada e desmontagem do equipamento), mais 16 horas de identificação das manifestações em 167 fotos e quantificação por processamento digital das imagens, totalizando 19 horas de trabalho do engenheiro civil para levantamento das informações necessárias para preenchimento da planilha de danos.

-Edifício B:

Considerando todos os fatores de influência nas inspeções, definiu-se as prumadas de descidas conforme FIGURA 67, sendo 4 prumadas executadas exclusivamente pelo alpinista industrial (inspetor).

FIGURA 67 – PRUMADAS DE DESCIDAS EDIFÍCIO B



FONTE: o autor (2019)

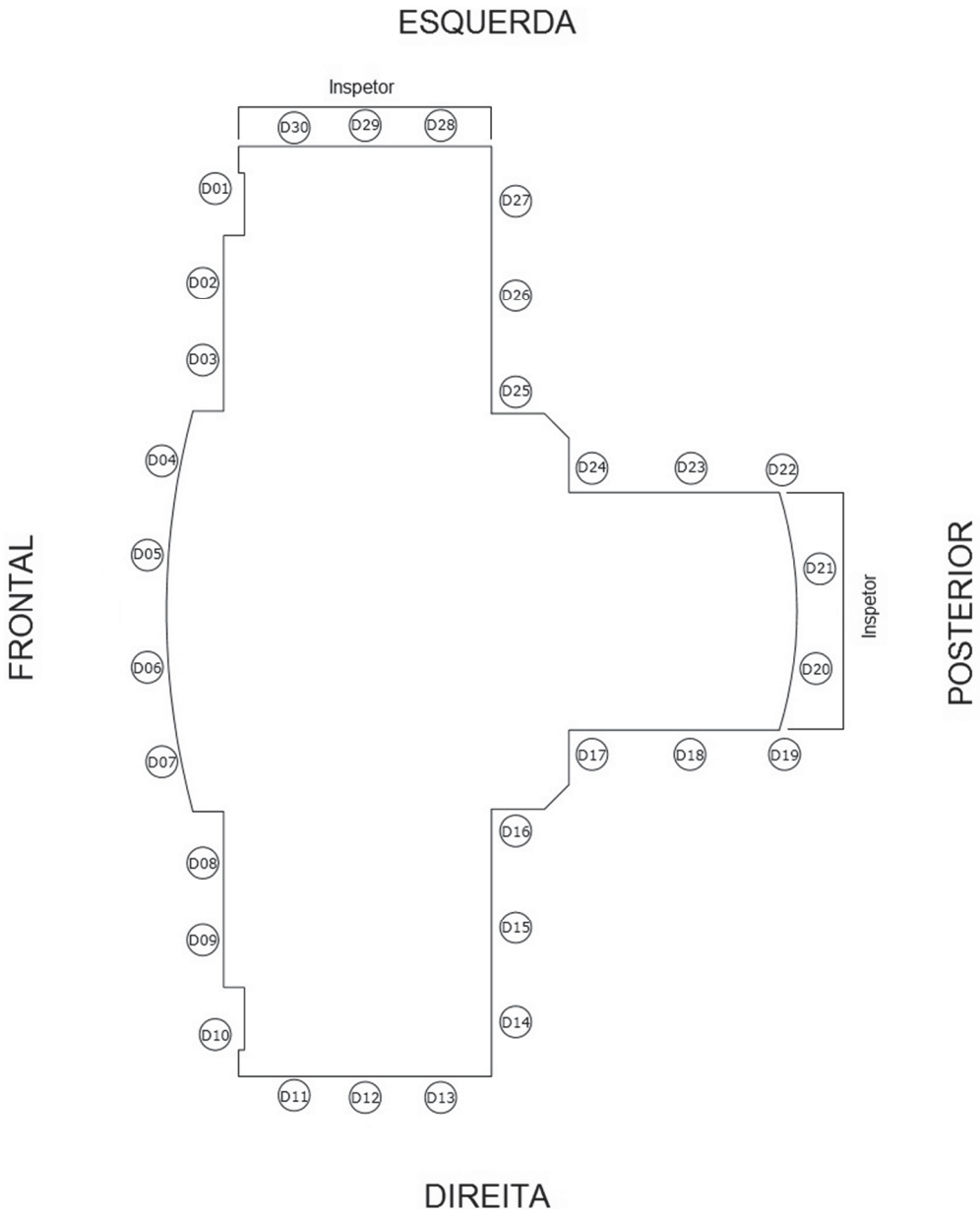
A inspeção *in situ* decorreu em 6 dias ou 48 horas de trabalho do alpinista industrial. A inspeção com VANT decorreu em 2 horas de voo (considerou-se o tempo de montagem do equipamento, voo em torno da fachada e desmontagem do equipamento), mais 12 horas de identificação das manifestações em 132 fotos e quantificação por processamento digital das imagens, totalizando 14 horas de trabalho do

engenheiro civil para levantamento das informações necessárias para preenchimento da planilha de danos.

-Edifício C:

Considerando todos os fatores de influência nas inspeções, definiu-se as prumadas de descidas conforme FIGURA 68, sendo 5 prumadas executadas exclusivamente pelo alpinista industrial (inspetor).

FIGURA 68 – PRUMADAS DE DESCIDAS EDIFÍCIO C



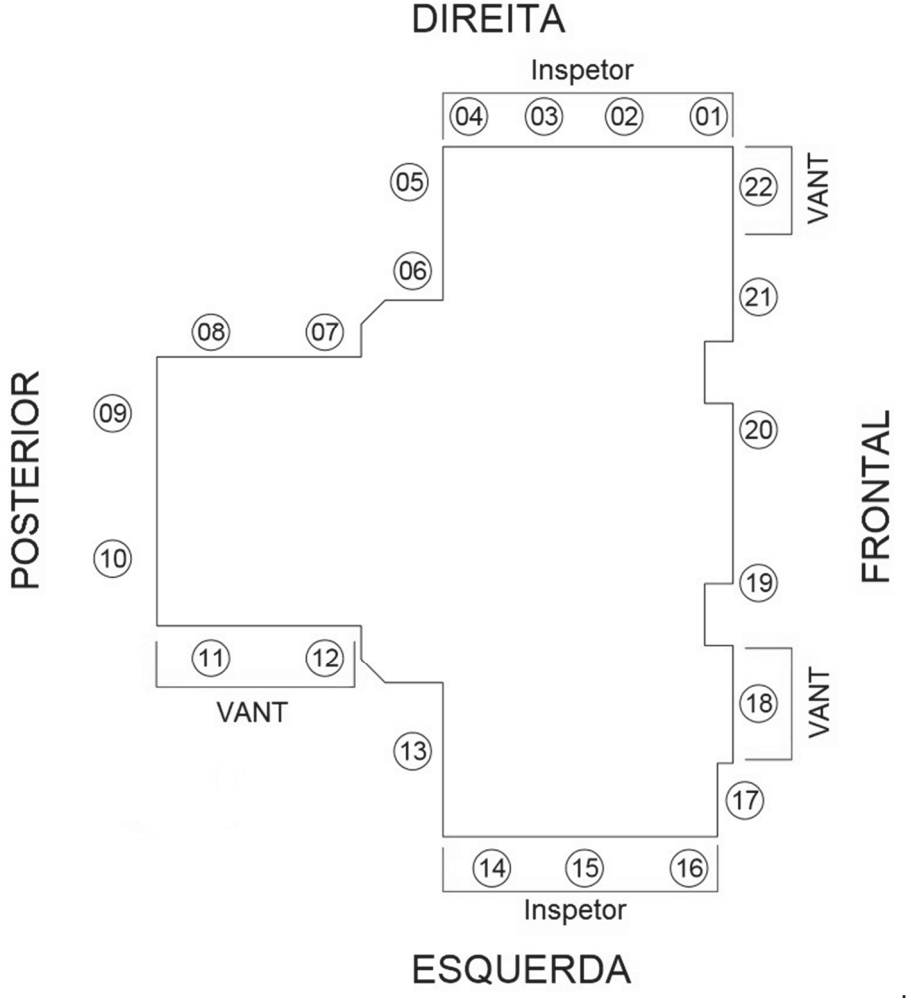
FONTE: o autor (2019)

A inspeção *in situ* decorreu em 5 dias ou 40 horas de trabalho do alpinista industrial. A inspeção com VANT decorreu em 1,5 horas de voo (considerou-se o tempo de montagem do equipamento, voo em torno da fachada e desmontagem do equipamento), mais 16 horas de identificação das manifestações em 142 fotos e quantificação por processamento digital das imagens, totalizando 17,5 horas de trabalho do engenheiro civil para levantamento das informações necessárias para preenchimento da planilha de danos.

-Edifício D:

Considerando todos os fatores de influência nas inspeções, definiu-se as prumadas de descidas conforme FIGURA 69, sendo 7 prumadas executadas exclusivamente pelo alpinista industrial (inspetor) e 4 executadas exclusivamente pelo VANT.

FIGURA 69 – PRUMADAS DE DESCIDAS EDIFÍCIO D



FONTE: o autor (2019)

A inspeção *in situ* decorreu em 6 dias ou 48 horas de trabalho do alpinista industrial. A inspeção com VANT decorreu em 2 horas de voo (considerou-se o tempo de montagem do equipamento, voo em torno da fachada e desmontagem do equipamento), mais 12 horas de identificação das manifestações em 117 fotos e quantificação por processamento digital das imagens, totalizando 14 horas de trabalho do engenheiro civil para levantamento das informações necessárias para preenchimento da planilha de danos.

Após a realização das inspeções e elaboração da planilha de dados, foi elaborado as plantas de danos de cada edifício. Todo o trabalho foi realizado visando além dos levantamentos comparativos para a pesquisa, a obtenção de dados que auxiliassem na elaboração de orçamentos para o tratamento das anomalias identificadas em cada edifício.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 TEMPOS DE ELABORAÇÃO DA PLANILHA DE DANOS

Os tempos de levantamento se referem até a finalização da planilha de danos por ambos os processos de inspeção, pode-se resumir as etapas deste processo em inspeção, identificação, mensuração e planilhamento. Na inspeção *in situ*, todas estas etapas são executadas pelo alpinista industrial, com a planilha de danos sendo preenchida no momento da identificação da manifestação na fachada do edifício, enquanto pelo processo com o VANT, tem-se a obtenção das fotos da fachada (inspeção), localização de manifestações nas fotos (identificação), quantificação por meio de *software* (mensuração) e preenchimento da planilha de danos (planilhamento). Para os 4 edifícios têm-se os tempos em horas conforme QUADRO 2.

QUADRO 2 – TEMPOS DE LEVANTAMENTO DE DADOS PARA PLANILHA DE DANOS

Edifício	**Área total fachada (m²)**	**Área inspeção in situ (m²)**	***Inspeção in situ (horas)***	***Área inspeção VANT (m²)***	**Inspeção VANT (horas)**	**VANT X *in situ* (horas)**
A (25 pvto)	12.503	10.328	64	12.503	19	-70,3%
B (19 pvto)	8.869	8.869	48	7.273	14	-70,8%
C (27pvto)	8.343	8.343	40	6.966	17,5	-56,3%
D (22 pvto)	6.138	5.148	48	4.778	14	-70,8%

FONTE: o autor (2020)

Observa-se que a variação no tempo dispendido para inspeção *in situ* reflete principalmente questões relacionadas a arquitetura dos edifícios, fechamentos em coberturas e definição dos pontos de ancoragem para o equipamento que reduzam o tempo entre as descidas nas prumadas.

Em relação ao tempo de Inspeção VANT, a variação reflete o tempo dispendido para identificação das manifestações em cada foto, sendo a iluminação, tipo de substrato (Revestimento cerâmico ou textura), ângulo e distância em que a foto foi obtida, os principais fatores de interferência.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES TOTAIS

Considerando quantidade de manifestações de todos os tipos identificadas nas fachadas frontais dos 4 edifícios, conforme planilha de danos (APÊNDICES 1 ao 8). Desta forma têm-se os resultados apresentados no QUADRO 3.

QUADRO 3 – QUANTIDADE DE MANIFESTAÇÕES TOTAIS IDENTIFICADAS *IN SITU* X VANT

Edifício	***in situ***	**VANT**	**Variação VANT em relação a *in situ***
A	10	38	380 %
B	29	19	-34,5%
C	41	26	-36,5%
D	22	30	36,5%

FONTE: o autor (2020)

Considerando todas as manifestações identificadas nas 4 fachadas frontais, tem-se a quantidade de manifestações identificadas apenas pela inspeção in situ, apenas pela inspeção com VANT e identificadas em ambos, conforme QUADRO 4.

QUADRO 4 – MANIFESTAÇÕES IDENTIFICADAS POR INSPEÇÃO

Edifício	**Apenas *in situ***	**Apenas VANT**	**Ambos (*in situ* e VANT)**
A	3	**31**	7
B	**13**	3	16
C	**17**	2	24
D	11	**19**	11

FONTE: o autor (2020)

No edifício A, do total de 31 manifestações identificadas apenas com o uso do VANT na fachada frontal, 20 manifestações foram identificadas em prumadas em que o alpinista industrial não teve acesso devido ao fechamento da cobertura que inviabilizaram a instalação do equipamento para descida na fachada.

No edifício D, do total de 19 manifestações identificadas apenas com o uso do VANT na fachada frontal, 12 manifestações foram identificadas em prumadas em que o alpinista industrial não teve acesso devido a detalhes arquitetônicos do edifício e fechamento da cobertura que inviabilizaram a instalação do equipamento para descida na fachada.

4.3 MENSURAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES

Todas as manifestações identificadas pelos métodos *in situ* e VANT nas fachadas frontais dos 4 edifícios estão apresentadas nas Planilhas de Danos (Apêndices 1 ao 8) e nos Mapas de Danos (Apêndices 9 ao 16), sendo possível a localização na fachada de cada manifestação por meio do andar e da prumada de descida, conforme esquema exemplo apresentado na FIGURA 70 abaixo.

FIGURA 70 – CORRELAÇÃO PLANILHA X MAPA

FACHADA 01 - FRENTE		
DESCIDA	ANDAR	MANIFESTAÇÃO / DANO
17	4	FISSURA
17	4	DESPLACAMENTO
17	4	EFLORESCÊNCIA
17	2	DESTACAMENTO
18	4	DESTACAMENTO
18	4	FISSURA
18	4	DESCOLAMENTO
19	3	DESCOLAMENTO
20	3	SUJIDADE SEVERA
21	4	SUJIDADE SEVERA
22	4	FISSURA
22	4	EFLORESCÊNCIA
22	3	FISSURA
22	3	DESPLACAMENTO

FONTE: o autor (2020)

Considerando as manifestações identificadas simultaneamente em ambos os métodos de inspeção e levantamento nas fachadas frontais dos 4 edifícios, conforme planilhas de danos (Apêndices 1 ao 8), temos os resultados no QUADRO 5 abaixo.

QUADRO 5 – MENSURAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES SIMULTANEAS *IN SITU* X VANT (continua)

Edifício	**Prumada**	**Andar**	**Manifestação**	***In situ***	**VANT**	**VANT X *in situ***
A	33	23	Fissura (cm)	50	64	28,0%
A	34	10	Destacamento requadro (cm)	400	400	0,0%
A	38	22	Fissura (cm)	195	220	12,8%
A	40	23	Fissura (cm)	220	252	14,5%
A	40	22	Ausência de rejunte (cm²)	2250	1423	-36,8%
A	40	6	Desplac. + Descol. (cm²)	800	930	16,3%
A	41	11	Destacamento requadro (cm)	140	123	-12,1%
B	1	17	Fissura (cm)	180	205	13,9%
B	1	8	Fissura (cm)	80	184	130,0%
B	1	1	Fissura (cm)	80	107	33,8%

QUADRO 5 – MENSURAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES SIMULTANEAS IN SITU X VANT (continua)

Edifício	Prumada	Andar	Manifestação	*In situ*	VANT	VANT X *in situ*
B	2	16	Fissura (cm)	200	248	24,0%
B	2	15	Fissura (cm)	150	186	24,0%
B	2	14	Fissura (cm)	300	293	-2,3%
B	2	13	Fissura (cm)	280	292	4,3%
B	2	12	Fissura (cm)	280	318	13,6%
B	2	4	Fissura (cm)	200	294	47,0%
B	2	2	Fissura (cm)	170	131	-22,9%
B	3	17	Fissura (cm)	170	24	-85,9%
B	26	17	Fissura (cm)	70	80	14,3%
B	27	17	Fissura (cm)	250	329	31,6%
B	27	16	Fissura (cm)	250	282	12,8%
B	27	15	Fissura (cm)	250	375	50,0%
B	27	14	Fissura (cm)	250	238	-4,8%
C	1	24	Fissura (cm)	120	103	-14,2%
C	1	9	Desplacamento (cm²)	50	34	-32,0%
C	2	22	Destacamento requadro (cm)	15	12	-20,0%
C	2	18	Desplacamento (cm²)	75	102	36,0%
C	2	17	Destacamento requadro (cm)	60	63	5,0%
C	2	16	Desplacamento (cm²)	200	298	49,0%
C	2	15	Desplacamento (cm²)	1200	456	-62,0%
C	2	6	Fissura (cm)	70	43	-38,6%
C	2	1	Desplacamento (cm²)	600	642	7,0%
C	3	24	Desplacamento (cm²)	50	51	2,0%
C	3	22	Descolamento (cm²)	900	981	9,0%
C	3	20	Desplacamento (cm²)	400	212	-47,0%
C	3	19	Desplacamento (cm²)	900	722	-19,8%
C	3	18	Desplacamento (cm²)	875	535	-38,9%
C	3	15	Desplacamento (cm²)	1200	921	-23,3%
C	3	14	Desplacamento (cm²)	400	134	-66,5%
C	3	13	Descolamento (cm²)	1225	1349	10,1%
C	3	12	Desplacamento (cm²)	4200	3517	-16,3%
C	4	22	Desplacamento (cm²)	1600	1250	-21,9%
C	6	20	Desplacamento (cm²)	50	55	10,0%
C	6	14	Destacamento requadro (cm)	15	16	6,7%
C	8	11	Desplacamento (cm²)	600	653	8,8%
C	8	10	Descolamento (cm²)	400	409	2,3%
C	9	25	Sujidade severa (cm²)	22500	24258	7,8%
D	17	20	Desplacamento (pastilha)	1	1	0,0%
D	17	19	Eflorescência (cm²)	400	424	6,0%
D	17	2	Destacamento requadro (cm)	160	123	-23,1%
D	19	20	Fissura (cm)	220	280	27,3%
D	19	7	Desplacamento (cm²)	75	89	18,7%
D	20	9	Desplacamento (cm²)	325	275	-15,4%

QUADRO 5 – MENSURAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES SIMULTANEAS IN SITU X VANT (conclusão)

Edifício	Prumada	Andar	Manifestação	*In situ*	VANT	VANT X *in situ*
D	20	5	Desplac.+Descol. (cm²)	2800	250	-91,1%
D	20	3	Desplac.+Descol. (cm²)	5600	791	-85,9%
D	20	2	Descolamento (cm²)	4800	5688	18,5%
D	20	1	Desplac.+Descol. (cm²)	2400	720	-70,0%
D	21	4	Desplacamento (cm²)	200	240	20,0%

FONTE: o autor (2020)

Considerando por tipo de manifestação que tenham 3 ou mais ocorrências, pode-se levantar a média e o desvio padrão da variação VANT em relação a *in situ*, conforme resultados apresentados no QUADRO 6 abaixo.

QUADRO 6 – MÉDIA E DESVIO DA VARIAÇÃO VANT EM RELAÇÃO *IN SITU*

Manifestação	Média	Desvio
Descolamento (medida de área em cm²)	10,0%	6,7%
Desplac.+Descol. (medida de área em cm²)	-64,1%	45,7%
Desplacamento (medida de área em cm²)	-10,1%	31,3%
Destacamento requadro (medida linear em cm)	-7,3%	12,9%
Fissura (medida linear em cm)	14,2%	39,5%

FONTE: o autor (2020)

Analisando as planilhas de danos (Apêndices 1 ao 8), verifica-se que de 18 descolamentos identificados nas inspeções *in situ*, as fotos obtidas por VANT identificaram 4, conclui-se uma capacidade reduzida de identificar descolamentos por meio de fotos obtidas pelo VANT utilizado na pesquisa. Considerando as 4 manifestações identificadas, observa-se uma tendência na mensuração por meio do *software* estabelecer valores em média 10% acima dos registrados na inspeção *in situ*, conforme QUADRO 7 abaixo.

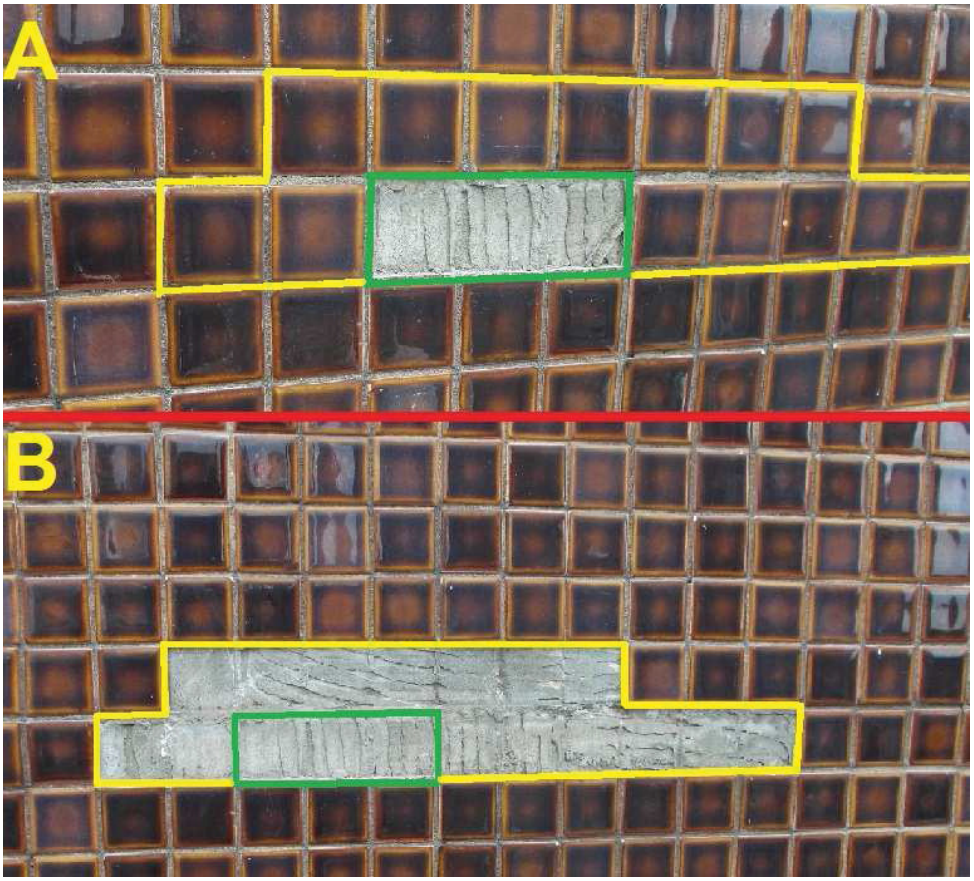
QUADRO 7 –DESCOLAMENTOS - VANT EM RELAÇÃO *IN SITU*

Edifício	Prumada	Andar	Manifestação	*In situ*	VANT	VANT X *in situ*
C	3	13	Descolamento (cm²)	1225	1349	10,1%
C	8	10	Descolamento (cm²)	400	409	2,3%
C	3	22	Descolamento (cm²)	900	981	9,0%
D	20	2	Descolamento (cm²)	4800	5688	18,5%
Média						10,0%
Desvio Padrão						6,7%

FONTE: o autor (2020)

O tipo de manifestação “Desplacamento + Descolamento”, se caracteriza por um “estufamento” (descolamento) em uma parte da região afetada, sendo em outra parte, tendo ocorrido a queda das placas cerâmicas (desplacamento), observando na FIGURA 71 como exemplo, onde na parte superior (A) no momento da inspeção tem-se em verde a região desplacada e em amarelo a região descolada e na parte inferior (B) tem-se as placas cerâmicas anteriormente descoladas, posteriormente retiradas.

FIGURA 71 – DESPLACAMENTO + DESCOLAMENTO



FONTE: o autor (2020)

Analisando as planilhas de danos (Apêndices 1 ao 8), verifica-se que de 4 “Desplacamento + descolamento” identificados nas inspeções *in situ*, as fotos obtidas por VANT identificaram os mesmos 4, porem observa-se que em 3 das 4 manifestações identificadas, a área mensurada pelo *software* ficou abaixo da área mensurada na inspeção *in situ*, devido a impossibilidade de delimitar o final da região em descolamento, conforme QUADRO 8 abaixo.

QUADRO 8 – DESPLACAMENTO+DESCOLAMENTO - VANT EM RELAÇÃO *IN SITU*

Edifício	Prumada	Andar	Manifestação	*In situ*	VANT	VANT X *in situ*
A	40	6	Desplac. + Descol. (cm²)	800	930	16,3%
D	20	5	Desplac.+Descol. (cm²)	2800	250	-91,1%
D	20	3	Desplac.+Descol. (cm²)	5600	791	-85,9%
D	20	1	Desplac.+Descol. (cm²)	2400	720	-70,0%
Média						-57,7%
Desvio Padrão						50,1%

FONTE: o autor (2020)

Analisando as planilhas de danos (Apêndices 1 ao 8), verifica-se que de 22 Desplacamentos identificados nas inspeções *in situ*, as fotos obtidas por VANT identificaram 18, conforme QUADRO 9 abaixo.

QUADRO 9 – DESPLACAMENTO - VANT EM RELAÇÃO *IN SITU*

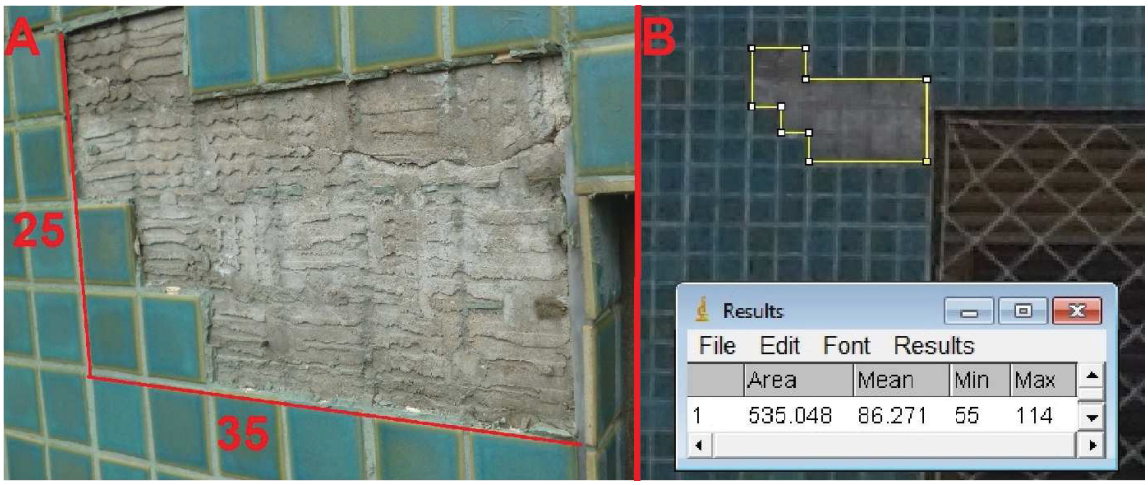
Edifício	Prumada	Andar	Manifestação	*In situ*	VANT	VANT X *in situ*
C	1	9	Desplacamento (cm²)	50	34	-32,0%
C	2	18	Desplacamento (cm²)	75	102	36,0%
C	2	16	Desplacamento (cm²)	200	298	49,0%
C	2	15	Desplacamento (cm²)	1200	456	-62,0%
C	2	1	Desplacamento (cm²)	600	642	7,0%
C	3	24	Desplacamento (cm²)	50	51	2,0%
C	3	20	Desplacamento (cm²)	400	212	-47,0%
C	3	19	Desplacamento (cm²)	900	722	-19,8%
C	3	18	Desplacamento (cm²)	875	535	-38,9%
C	3	15	Desplacamento (cm²)	1200	921	-23,3%
C	3	14	Desplacamento (cm²)	400	134	-66,5%
C	3	12	Desplacamento (cm²)	4200	3517	-16,3%
C	4	22	Desplacamento (cm²)	1600	1250	-21,9%
C	6	20	Desplacamento (cm²)	50	55	10,0%
C	8	11	Desplacamento (cm²)	600	653	8,8%
D	19	7	Desplacamento (cm²)	75	89	18,7%
D	20	9	Desplacamento (cm²)	325	275	-15,4%
D	21	4	Desplacamento (cm²)	200	240	20,0%
Média						-10,6%
Desvio Padrão						32,1%

FONTE: o autor (2020)

A área mensurada pelo *software* ficou em média abaixo da área mensurada na inspeção *in situ*, devido principalmente a forma de medição do alpinista industrial, que

utilizando trena como ferramenta de medição, faz arredondamentos para uma forma quadrada ou retangular de área, conforme FIGURA 72 abaixo demonstra, sendo no lado esquerdo (A) a medição *in situ* e a direita (B) a medição por *software*.

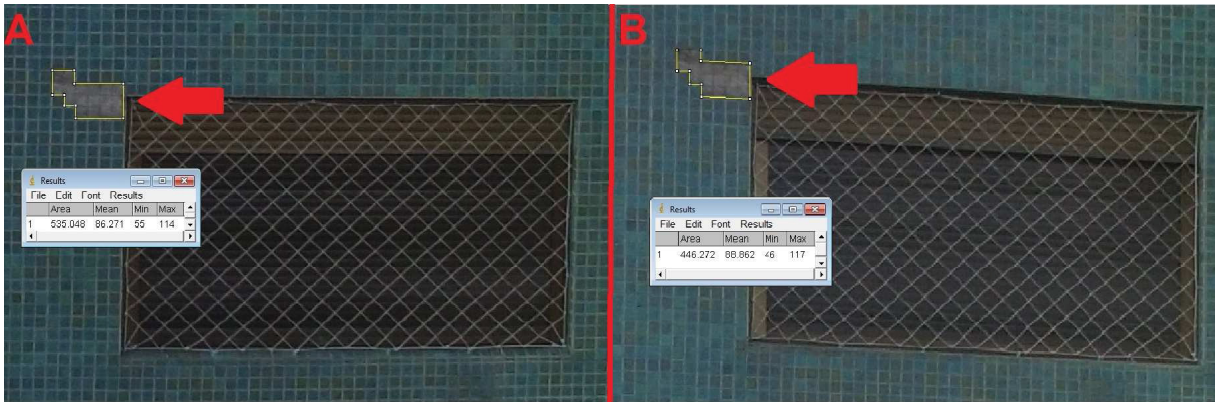
FIGURA 72 – MEDIÇÃO DESPLACAMENTO



FONTE: o autor (2020)

Outro ponto de distorção nas medições, se refere ao ângulo da manifestação em relação câmera fotográfica no momento da foto, efeito conhecido como “Paralaxe”, que é basicamente o deslocamento aparente de um objeto quando se muda o ponto de observação, a maior precisão para mensuração da manifestação na foto encontra-se no centro da mesma, quanto mais para o canto da foto encontra-se a manifestação, maior será a variação na mensuração, como exemplo, a FIGURA 73 abaixo demonstra a medição do mesmo desplacamento, porem em ângulos diferentes de foto.

FIGURA 73 – PARALAXE DESPLACAMENTO



FONTE: o autor (2020)

Na imagem à esquerda (A), onde o desplacamento situava-se mais próximo do centro da foto, a mensuração pelo *software* resultou em 535 cm², à direita (B), onde o desplacamento situava-se mais próximo ao canto superior direito da foto, a mensuração da mesma manifestação resultou em 446 cm², uma variação negativa de 16,6%.

Analisando as planilhas de danos (Apêndices 1 ao 8), verifica-se que de 33 Fissuras identificados nas inspeções *in situ*, as fotos obtidas por VANT identificaram 22, conforme QUADRO 10 abaixo.

QUADRO 10 – FISSURAS - VANT EM RELAÇÃO *IN SITU*

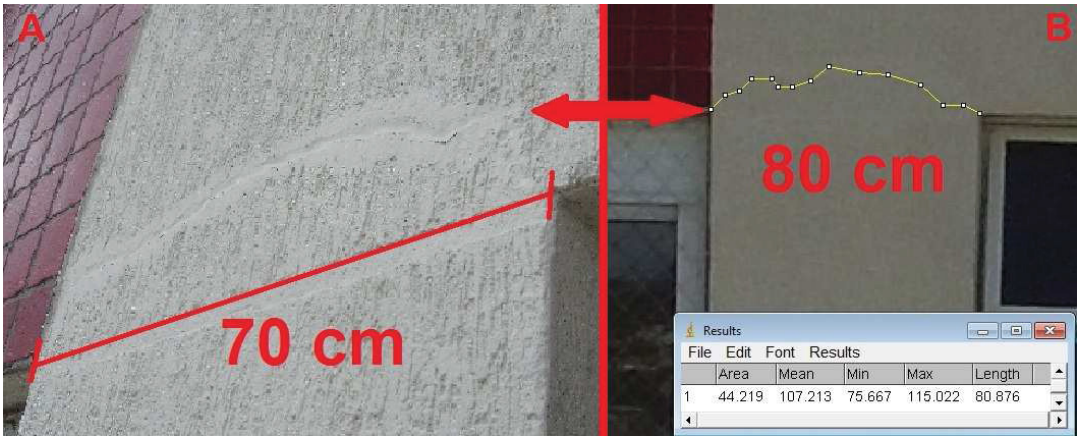
Edifício	Prumada	Andar	Manifestação	*In situ*	VANT	VANT X *in situ*
A	33	23	Fissura (cm)	50	64	+28,0%
A	38	22	Fissura (cm)	195	220	+12,8%
A	40	23	Fissura (cm)	220	252	+14,5%
B	1	17	Fissura (cm)	180	205	+13,9%
B	1	8	Fissura (cm)	80	184	+130,0%
B	1	1	Fissura (cm)	80	107	+33,8%
B	2	16	Fissura (cm)	200	248	+24,0%
B	2	15	Fissura (cm)	150	186	+24,0%
B	2	14	Fissura (cm)	300	293	-2,3%
B	2	13	Fissura (cm)	280	292	+4,3%
B	2	12	Fissura (cm)	280	318	+13,6%
B	2	4	Fissura (cm)	200	294	+47,0%
B	2	2	Fissura (cm)	170	131	-22,9%
B	3	17	Fissura (cm)	170	24	-85,9%
B	26	17	Fissura (cm)	70	80	+14,3%
B	27	17	Fissura (cm)	250	329	+31,6%
B	27	16	Fissura (cm)	250	282	+12,8%
B	27	15	Fissura (cm)	250	375	+50,0%
B	27	14	Fissura (cm)	250	238	-4,8%
C	1	24	Fissura (cm)	120	103	-14,2%
C	2	6	Fissura (cm)	70	43	-38,6%
D	19	20	Fissura (cm)	220	280	+27,3%
Média						+14,2%
Desvio Padrão						39,5%

FONTE: o autor (2020)

O comprimento mensurado pelo *software* ficou em média acima do mensurado na inspeção *in situ*, devido principalmente a forma de medição do alpinista industrial, que utilizando trena como ferramenta de medição, não torna possível a medição da

fissura totalmente desenvolvida, conforme FIGURA 74 abaixo demonstra, sendo no lado esquerdo (A) a medição *in situ* e a direita (B) a medição com *software*.

FIGURA 74 – MEDIÇÃO FISSURAS



FONTE: o autor (2020)

Ocorre em diversos casos, onde o alpinista industrial, por não dispor de um apoio que o mantenha estável, realiza uma medição aproximada com a trena entre os pontos de início e fim da fissura.

Analisando as planilhas de danos (Apêndices 1 ao 8), verifica-se que de 11 destacamentos de requadro identificados nas inspeções *in situ*, as fotos obtidas por VANT identificaram 6, conforme QUADRO 11 abaixo.

QUADRO 11 – DESTACAMENTOS REQUADRO - VANT EM RELAÇÃO *IN SITU*

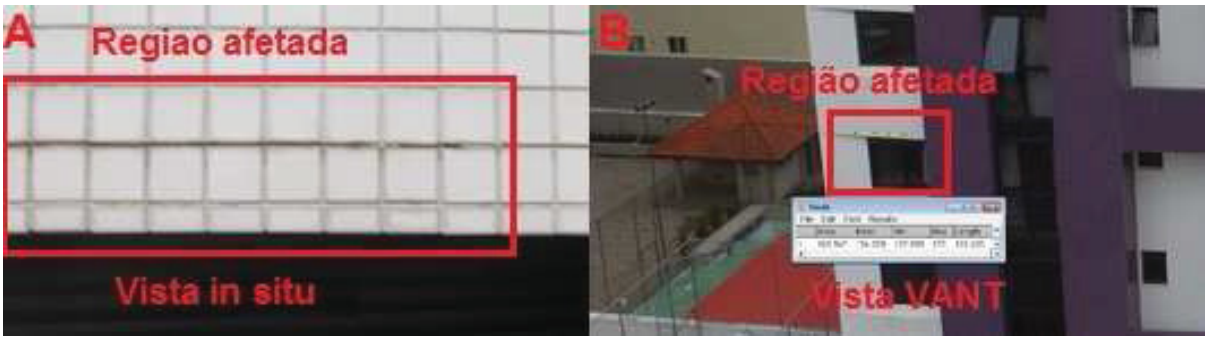
Edifício	Prumada	Andar	Manifestação	*In situ*	VANT	VANT X *in situ*
A	34	10	Destacamento requadro (cm)	400	400	0,0%
A	41	11	Destacamento requadro (cm)	140	123	-12,1%
C	2	22	Destacamento requadro (cm)	15	12	-20,0%
C	2	17	Destacamento requadro (cm)	60	63	5,0%
C	6	14	Destacamento requadro (cm)	15	16	6,7%
D	17	2	Destacamento requadro (cm)	160	123	-23,1%
Média						-7,3%
Desvio Padrão						12,9%

FONTE: o autor (2020)

O comprimento de destacamento de requadros mensurado pelo *software* ficou em média abaixo do mensurado na inspeção *in situ*, entre os motivos para isto, tem-

se a reduzida percepção por meio das fotos obtidas pelo VANT do início e fim da manifestação patológica, sendo a posição e ângulo da foto em relação ao requadro, determinantes para a aferição destes pontos, conforme observado na FIGURA 75 abaixo, foto “A” com a vista *in situ* e a foto “B” com a vista do VANT.

FIGURA 75 – VISTAS DO MESMO DESTACAMENTO REQUADRO



FONTE: o autor (2020)

Por se tratar de uma manifestação localizada em requadros de janelas e sacadas, tal região da fachada apresenta usualmente uma sujidade mais severa em relação a outros pontos da mesma fachada, devido principalmente ao acumulo de água da chuva e fuligem nessa região, sujidade esta que dificulta sua identificação por meio de fotos obtidas por VANT.

4.4 QUANTIFICAÇÃO TOTAL

Para orçamentação de manifestações patológicas, a quantificação total se faz necessária em virtude do estabelecimento de preços globais para os serviços de reparo que por ventura serão realizados após vistorias. Neste quesito, a capacidade de identificação de manifestações patológicas mais próximas a realidade da fachada, se traduz em um orçamento fiel ao estado da fachada.

4.4.1 Quantificação de manifestações no Edifício “A”

Analisando as planilhas de danos das inspeções *in situ* e VANT, considera-se a somatória total mensurada por manifestação patológica identificada em cada edifício, desta forma temos o QUADRO 12 abaixo demonstrado para edifício A.

QUADRO 12 – TOTAL POR MANIFESTAÇÃO DA FACHADA FRONTAL: EDIF. A

Manifestação Patológica - Edifício A	***In situ***	**VANT**	**VANT X *in situ***
Fissura (metro linear)	5,1	42,6	735,3%
Destacamento requadro (metro linear)	8,3	35,1	322,9%
Ausência de rejunte (metro quadrado)	0,22	0,14	-36,4%
Desplacamento + Descolamento (metro quadrado)	0,08	0,093	16,3%
Descolamento (metro quadrado)	-	0,21	-
Eflorescência (metro quadrado)	-	0,07	-

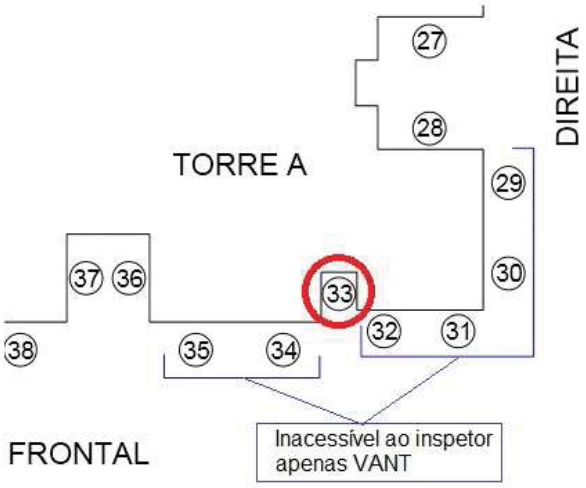
FONTE: o autor (2020)

Analisando a quantidade total mensurada de fissuras, observa-se uma diferença acentuada na quantidade de fissuras mensuradas entre *in situ* e VANT, porém quando se verifica a localização na fachada dessas fissuras, observa-se que do total de 22 pontos de fissuras identificados na fachada frontal, 13 pontos situam-se em prumadas de descidas que o alpinista industrial não obteve acesso, seja por fechamento em vidro da cobertura ou por questões arquitetônicas que inviabilizavam o acesso, como as fissuras em chaminés do edifício. Somando-se o comprimento total das fissuras identificada nesses 13 pontos, têm-se 27,67 metros lineares de fissuras que só foram possíveis sua identificação pelo VANT.

De 9 pontos de fissuras identificados em prumadas inspecionadas por ambos os métodos, 4 pontos de fissuras localizam-se na prumada 33, sendo esta prumada localizada entre prumadas inacessíveis ao alpinista industrial, conforme FIGURA 76 abaixo.

Destaca-se que o descolamento identificado no método VANT localiza-se em uma prumada se acesso ao inspetor, no caso da eflorescência, não houve a identificação por parte do alpinista industrial relatada na sua ficha de danos.

FIGURA 76 – DETALHE PRUMADA 33 EDIFÍCIO A



FONTE: o autor (2020)

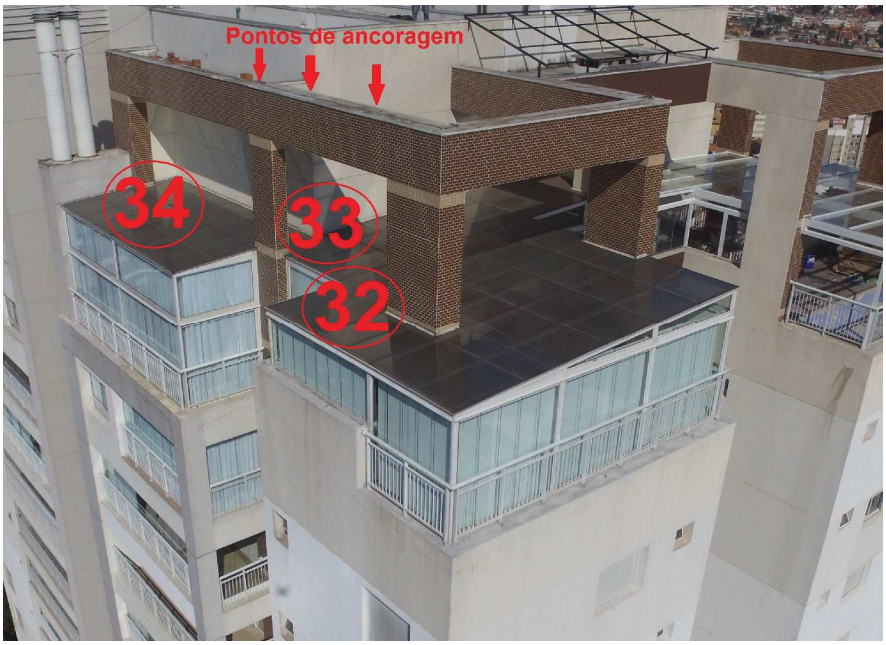
Dos 4 pontos de fissuras identificados pelo método VANT nesta prumada, o alpinista industrial identificou apenas 1, tal fato decorre que mesmo com acesso à prumada, o alpinista industrial não teve liberdade para posicionar as cordas de descida na posição mais adequada para sua inspeção, tendo apenas uma posição de ancoragem disponível para esta prumada, gerando assim dificuldades para vistoriar todo o perímetro da prumada 33, na FIGURA 77 abaixo, tem-se a localização da prumada 33 na cobertura do edifício A.

FIGURA 77 – VISTA PRUMADA 33 EDIFÍCIO A

FONTE: o autor (2020)

Observando este ponto da cobertura a partir de cima (FIGURA 78), verifica-se a limitação na prumada 33 para acesso integral do alpinista industrial, que disponha de poucos pontos de ancoragem para fixação das cordas de descida.

FIGURA 78 – VISTA SUPERIOR PRUMADA 33 EDIFÍCIO A



FONTE: o autor (2020)

Seguindo a análise da quantidade total mensurada de destacamento de requadro, verifica-se uma diferença acentuada na quantidade mensurada entre método *In situ* e método VANT, porém quando se verifica a localização na fachada desses destacamentos, observa-se que do total de 14 pontos de destacamento identificados na fachada frontal, 8 pontos situa-se em prumadas de descidas ou pontos da fachada que o alpinista industrial não obteve acesso, seja por fechamento em vidro da cobertura ou por questões arquitetônicas que inviabilizavam o acesso com segurança, como o topo da chaminé situada na prumada 36 demonstrado na FIGURA 79, que não dispunha de pontos de ancoragem adequados próximos, não sendo possível verificar se a estrutura da chaminé resistiria ao peso do alpinista industrial com o equipamento de descida.

FIGURA 79 – CHAMINÉ PRUMADA 36

FONTE: o autor (2020)

No décimo andar da prumada 34, não se obteve acesso para medição integral da anomalia, medindo apenas uma fração da mesma. Tal fato decorre de o comprimento do destacamento ser maior que o alcance de medição do alpinista industrial (inspetor) descendo na prumada mais próxima, na FIGURA 80 está demonstrado a localização do eixo de descida na prumada, a localização do destacamento de requadro e o alcance máximo de medição possível pelo inspetor a partir da prumada 33, não sendo possível descer na prumada 34 devido fechamentos em vidro na cobertura.

FIGURA 80 – ALCANCE DE MEDIÇÃO DO INSPETOR

FONTE: o autor (2020)

Somando-se o comprimento total dos destacamentos de requadros identificados nesses 8 pontos, têm-se 18,63 metros lineares de destacamento de requadro que só foram possíveis sua identificação pelo VANT.

Tem-se restando 6 pontos de destacamento de requadro identificados em prumadas com acesso sem impedimentos ao alpinista industrial, sendo 2 pontos identificados exclusivamente *in situ*, 3 pontos identificados exclusivamente por fotos obtidas pelo VANT e 1 ponto identificado por ambos.

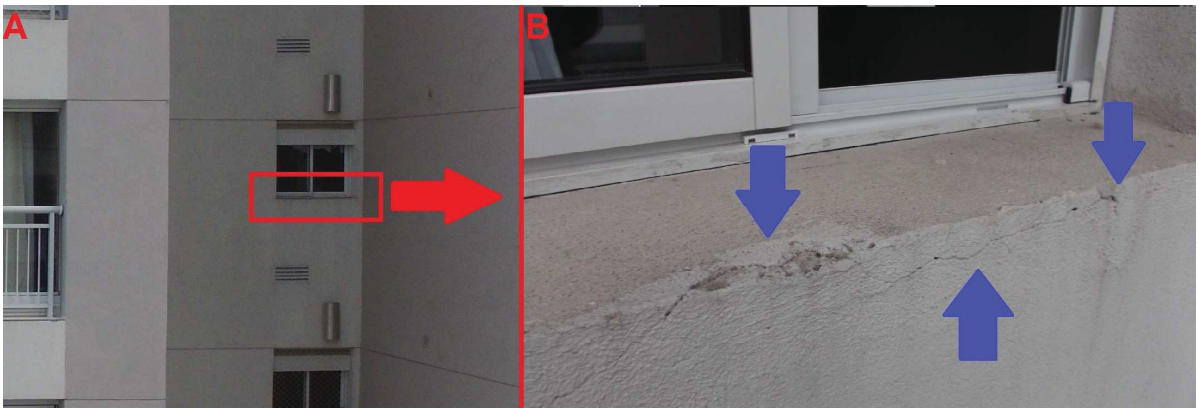
No primeiro ponto identificado apenas no método *in situ*, no andar 13 da prumada 36, observa-se que as prumadas 36 e 37 do edifício A, situa-se em pontos de baixa iluminação, devido principalmente a arquitetura do edifício que impede a iluminação solar direta nessa parte da fachada, observando a FIGURA 81, percebe-se o sombreamento nessas prumadas, sendo a fachada virada para leste e a foto tirada em torno das 11 horas da manhã.

FIGURA 81 – SOBREAMENTO PRUMADA 36 E 37 EDIFÍCIO A

FONTE: o autor (2020)

O efeito provocado pela falta de iluminação na região fica claro quando se compara as fotos obtidas pelo inspetor e pelo VANT no mesmo local. Na FIGURA 82 tem-se a esquerda (A) foto obtida pelo VANT do andar 13 da prumada 36 e a direita foto (B) obtida *in situ* identificando o destacamento de requadro da janela.

FIGURA 82 – PRUMADA 36: VANT X *IN SITU* NO ANDAR 13 EDIFÍCIO A

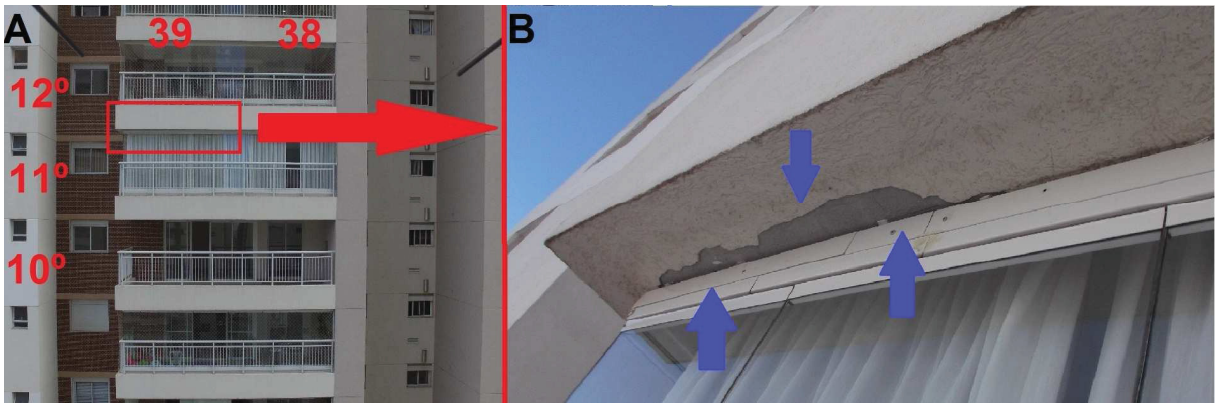


FONTE: o autor (2020)

É possível observar a fissuração provocada pelo destacamento do requadro da janela na foto obtida *in situ*, não sendo possível visualizar tais fissuras na mesma região da foto obtida através do VANT.

No segundo ponto identificado apenas *in situ*, no andar 11 da prumada 39, o destacamento de requadro situa-se no canto superior da sacada, sendo uma região de visualização com pouca definição, dependendo da posição do VANT no momento da foto, na FIGURA 83 abaixo está demonstrado a região da anomalia na foto à esquerda (A) obtida pelo VANT e o destacamento do requadro à direita (B) *in situ*.

FIGURA 83 – PRUMADA 39: ANDAR 11 EDIFÍCIO A



FONTE: o autor (2020)

Na foto obtida pelo VANT, ao utilizar o recurso de zoom, percebe-se um tom mais escuro de cor na região, porém não é possível afirmar pela foto que há alguma anomalia neste requadro, diferente da foto obtida a curta distância pelo método *in situ*.

4.4.2 Quantificação de manifestações no Edifício “B”

Analisando as planilhas de danos das inspeções *in situ* e VANT, consideramos a somatória total mensurada por manifestação patológica identificada em cada edifício, desta forma tem-se o QUADRO 13 abaixo demonstrado para edifício B.

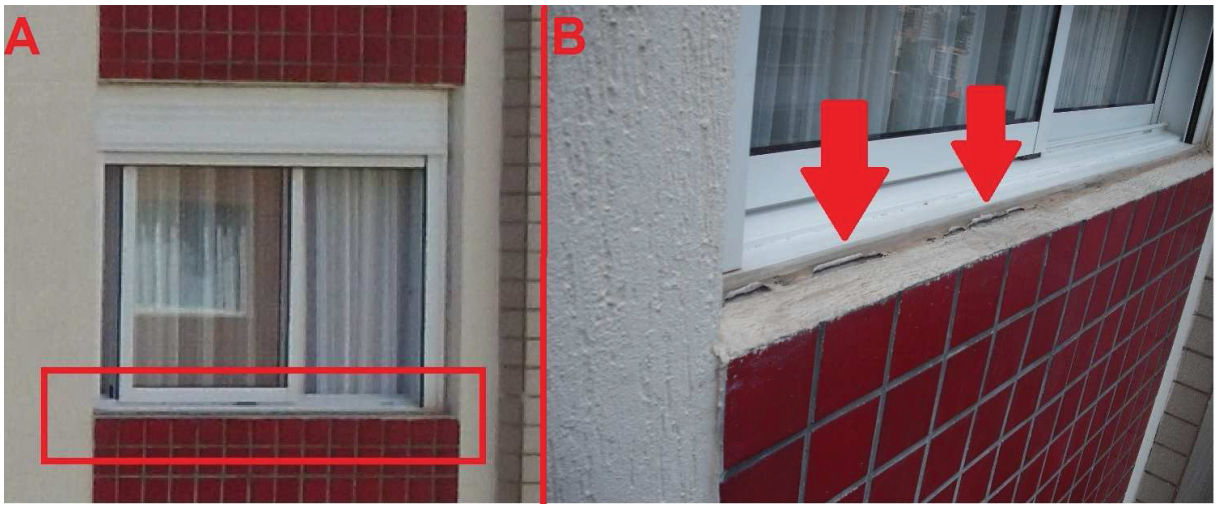
QUADRO 13 – TOTAL POR MANIFESTAÇÃO DA FACHADA FRONTAL: EDIF. B

Manifestação Patológica - Edifício B	***In situ***	**VANT**	**VANT X *in situ***
Fissura (metro linear)	39,4	35,86	-9,0%
Eflorescência (metro quadrado)	-	0,27	-
Falha vedação janela (metro linear)	15,6	-	-
Desplacamento (unidade)	-	1	-

FONTE: o autor (2020)

Nota-se a ausência de identificação de falhas em vedação em janelas pelo VANT, comparando fotos obtidas na inspeção *in situ* com fotos do mesmo local obtidas pelo VANT, percebe-se que não fica claro na foto obtida pelo VANT a falha na vedação, sendo um tipo de manifestação de difícil observação através do VANT. Abaixo temos a FIGURA 84, sendo à esquerda (A) imagem captada pelo VANT e a direita (B) imagem captada na inspeção *in situ* da mesma janela.

FIGURA 84 – VANT X *IN SITU*: FALHA VEDAÇÃO DE JANELA



FONTE: o autor (2020)

Destaca-se que no caso da eflorescência e do desplacamento, não houve a identificação por parte do alpinista industrial relatada na sua ficha de danos.

4.4.3 Quantificação de manifestações no Edifício “C”

Analisando as planilhas de danos das inspeções *in situ* e VANT, considera-se a somatória total mensurada por manifestação patológica identificada em cada edifício, desta forma tem-se o QUADRO 14 abaixo demonstrado para edifício C.

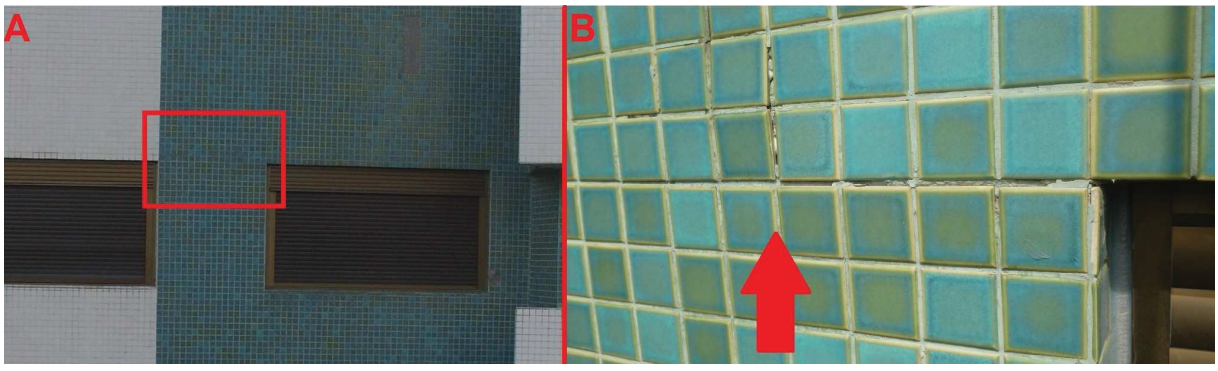
QUADRO 14 – TOTAL POR MANIFESTAÇÃO DA FACHADA FRONTAL: EDIF. C

Manifestação Patológica - Edifício C	***In situ***	**VANT**	**VANT X *in situ***
Fissura (metro linear)	3,8	1,46	-61,6%
Destacamento requadro (metro linear)	4,65	0,91	-80,4%
Descolamento (metro quadrado)	19,32	0,27	-98,6%
Desplacamento (metro quadrado)	1,24	0,96	-22,6%
Sujidade severa (metro quadrado)	2,25	2,61	16,0%

FONTE: o autor (2020)

Conforme mencionado anteriormente, a capacidade de identificar descolamentos por foto obtida pelo VANT fica limitada devido à pouca alteração visual provocada pela manifestação no revestimento, abaixo na FIGURA 85, tem-se à esquerda (A) imagem captada pelo VANT e a direita (B) imagem captada na inspeção *in situ* no mesmo local, demonstrando a dificuldade de identificação visual dessa manifestação.

FIGURA 85 – VANT X *IN SITU*: DESCOLAMENTO EM PASTILHAS



FONTE: o autor (2020)

As limitações visuais para identificação de descolamentos através de fotos obtidas por VANT variam dependendo da cor do revestimento e da iluminação natural disponível no momento da foto.

No caso dos destacamentos de requadro, segue o mesmo princípio dos descolamentos, tendo pouca alteração visual em relação ao entorno, principalmente devido a abertura das fissuras serem diminutas e dificultando sua identificação visual.

4.4.4 Quantificação de manifestações no Edifício “D”

Analisando as planilhas de danos das inspeções *in situ* e VANT, considera-se a somatória total mensurada por manifestação patológica identificada em cada edifício, desta forma tem-se o QUADRO 15 abaixo demonstrado para edifício D.

QUADRO 15 – TOTAL POR MANIFESTAÇÃO DA FACHADA FRONTAL: EDIF. D

Manifestação Patológica - Edifício D	***In situ***	**VANT**	**VANT X *in situ***
Fissura (metro linear)	6	23,32	288,7%
Eflorescência (metro quadrado)	0,04	1,18	2850,0%
Descolamento (metro quadrado)	1,14	0,57	-50,0%
Destacamento requadro (metro linear)	1,6	5,19	224,4%
Sujidade severa (metro quadrado)	-	8,33	-
Desplacamento (metro quadrado)	0,06	0,1	66,7%
Desplacamento + Descolamento (metro quadrado)	1,08	0,18	-83,3%

FONTE: o autor (2020)

No edifício D observou-se limitações similares ao edifício A, com a impossibilidade de acesso total a fachada, devido a fechamentos em vidro na cobertura.

4.5 DIAGNÓSTICO PRELIMINAR

Para a definição do correto tratamento de manifestações patológicas, se faz necessário compreender os mecanismos de causa e efeito das anomalias identificadas, sendo de elevada importância o correto diagnóstico da causa das manifestações. A análise visual neste ponto tem fundamental importância para um diagnóstico

preliminar ou no processo investigatório das manifestações, com a eliminação de hipóteses não coerentes e elaboração de um leque reduzido de possíveis causas para as anomalias. Otimizando tempo e recursos, auxilia na delimitação e definição de outros ensaios físico-químicos utilizados no processo de diagnóstico das manifestações.

4.5.1 Diagnóstico Preliminar de Anomalias no Edifício “A”

Analisando as fotos obtidas durante as inspeções *in situ* e VANT, buscou-se identificar padrões reconhecidos e aceitos entre profissionais e pesquisadores de materiais e patologias da construção para possíveis causas de manifestações patológicas. Abaixo está listado as fotos das inspeções com um descritivo.

- Destacamento de Requadro.

Embora se apresentem como trincas ou fissuras, uma análise mais clara do entorno, percebe-se que tal fissura demonstra na realidade não uma movimentação da estrutura ou diferença de coeficiente de dilatação térmico do material, mas um desprendimento da camada de emboço na região de requadro, tanto de janelas, sacadas ou peitoril. Essa manifestação compromete a impermeabilidade do substrato na região afetada, gerando infiltrações no interior do imóvel e se expandindo pelo processo de entrada e saída de água, ocorrendo desagregação da argamassa, podendo em muitos casos desprender da fachada e ocasionar acidentes, nas fotos obtidas na inspeção *in situ* é possível observar o início e fim da fissura no entorno do requadro (FIGURA 86).

FIGURA 86 – DESTACAMENTO REQUADO INFERIOR DE JANELA DO EDIFÍCIO A: *IN SITU*

FONTE: o autor (2020)

Nas fotos obtidas pelo VANT, quando se identifica a fissura em requadro (FIGURA 87), é possível delimitar início e fim da mesma na região do requadro.

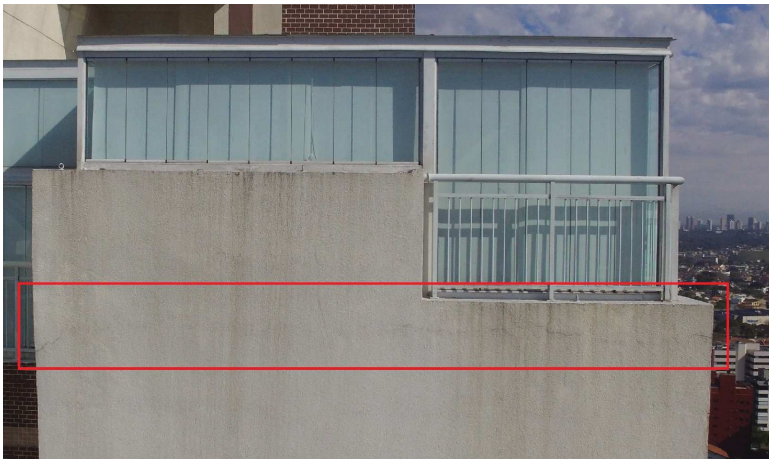
FIGURA 87 – DESTACAMENTO REQUADO SUPERIOR DE JANELA DO EDIFÍCIO A: VANT

FONTE: o autor (2020)

- Fissuras

No edifício A foram identificadas diversas fissuras, em algumas, analisando local na fachada, direção e comprimento é possível delimitar prováveis causas para a fissura. Na FIGURA 88 abaixo, observa-se o aparecimento de uma fissura no último andar seguindo na horizontal, mantendo-se alinhada em uma altura média.

FIGURA 88 – FISSURA ÚLTIMO ANDAR EDIFÍCIO A: VANT

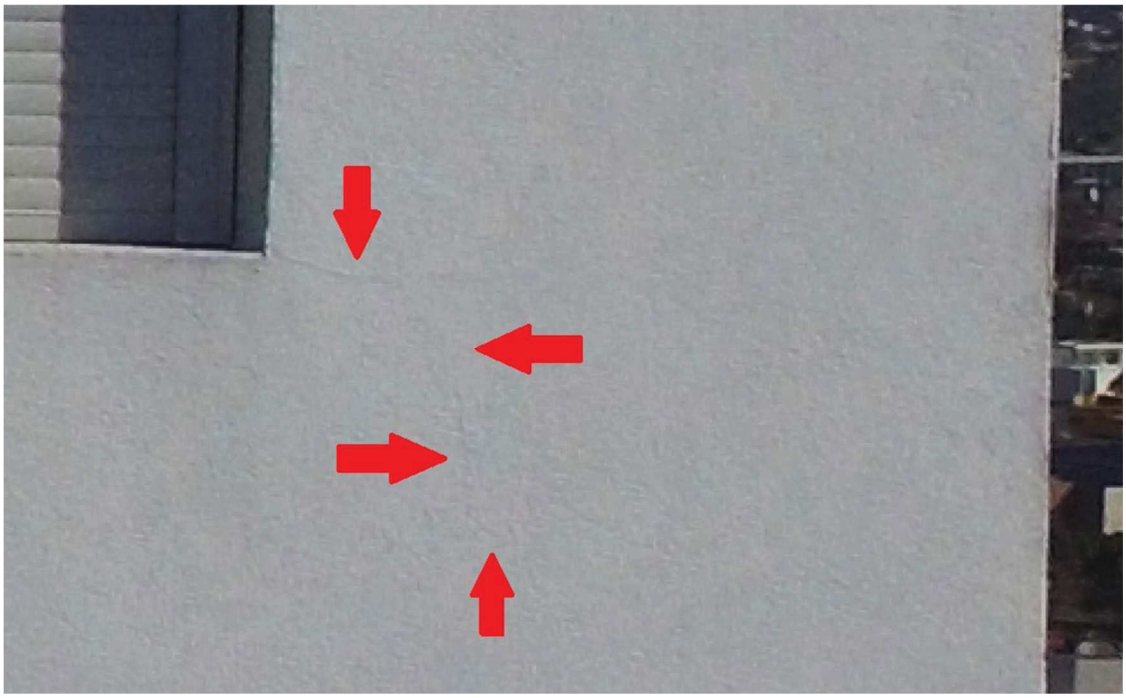


FONTE: o autor (2020)

Ao observa a fissura e entorno, se obtém as seguintes características: Fissura na horizontal se mantendo no mesmo plano do início ao fim, situada abaixo do guarda-corpo e localizada no último andar. Considerando a posição, pode-se presumir que a fissura surgiu no encontro da laje do último andar com a fachada, sendo gerada devido a diferenças de tensões nessa junção provocada pela concentração de movimentações no último andar e dilatações térmicas da cobertura.

Em outra fissura identificada, observa-se seu início a partir do canto de uma janela (FIGURA 89), seguindo ângulo de 45º para baixo.

FIGURA 89 – FISSURA CANTO JANELA EDIFÍCIO A: VANT



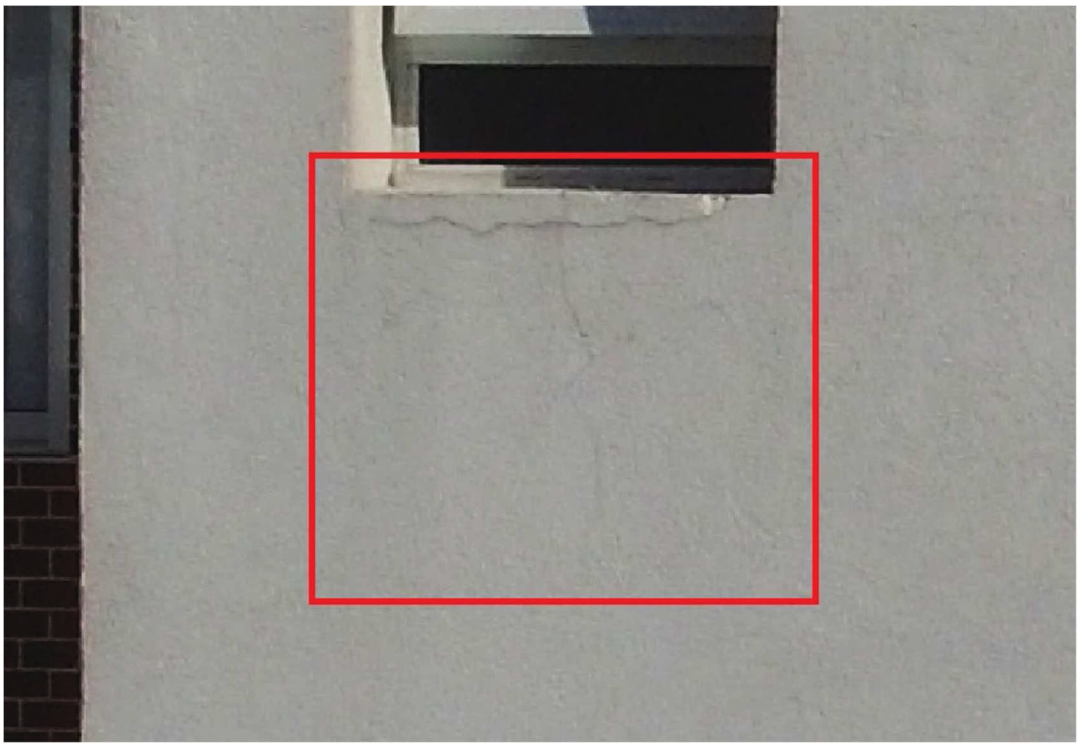
FONTE: o autor (2020)

As tensões que ocorrem em uma fachada, principalmente em edifícios altos, envolvem o peso próprio da estrutura e revestimentos, dilatações ocasionadas por variação térmica, ventos externos, umidade, vibrações devidas ao trafego de veículos pesados nas proximidades, acomodações do terreno, entre outros. Em paredes externas sem cortes ou aberturas, essas tensões se distribuem uniformemente sobre toda a fachada, por outro lado, quando uma parede externa possui aberturas como janelas, sacadas ou portas, essas tensões são redistribuídas ao redor desta abertura, se concentrando nos cantos, gerando em condições normais fissuras à 45º, sendo

acentuadas nos últimos andares de edifícios. Outra causa para o aparecimento de fissuras nessa região é a ausência ou as dimensões reduzidas da contraverga, não possibilitando a dissipação uniforme das tensões nas regiões de janela.

Em outro tipo de fissuração identificado na fachada do edifício A, observa-se a formação de fissuração do tipo “mapa” abaixo da janela, sendo possível identificar destacamento de requadro na mesma janela, conforme FIGURA 90 abaixo.

FIGURA 90 – FISSURA TIPO MAPA EDIFÍCIO A: VANT

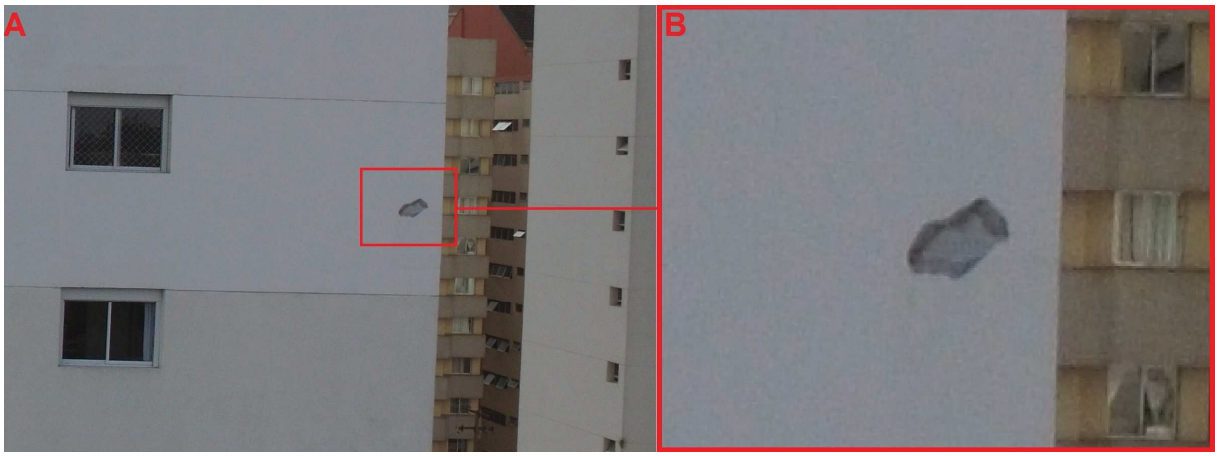


FONTE: o autor (2020)

O surgimento de fissuração tipo “mapa” remete a possíveis anomalias com a argamassa de revestimento, sendo suas possíveis causas derivada da falta de cura do revestimento, utilização de argamassas “vencidas”, excesso de água de amassamento, perda excessiva de água de amassamento para o substrato, dosagem inadequada, em se tratando de argamassas industriais usinadas ou sistemas de mistura em obra, ocorrência de adulteração com adição além do permitido de água ou utilização além do tempo estipulado pelo fabricante. É importante ressaltar que os profissionais envolvidos considerem a realização de ensaios em amostras desta argamassa para conclusões definitivas.

Em outra fachada do edifício “A”, foi possível a identificação de destacamentos junto com a camada de reboco por meio de fotos obtidas por VANT, cita-se manifestação ocorrida na fachada esquerda, conforme observado em FIGURA 96 a seguir, sendo à esquerda, foto “A” normal e à direita, foto “B” com recurso de zoom.

FIGURA 96 – DESTACAMENTO DO REBOCO EDIFÍCIO A: VANT



FONTE: o autor (2020)

Na FIGURA 96 é possível observar pela noção de profundidade na foto a espessura do revestimento no destacamento, caracterizando a queda do revestimento junto ao reboco, fato este confirmado posteriormente pela identificação da manifestação patológica no método *in situ*, no mesmo local, conforme observamos na FIGURA 97 abaixo.

FIGURA 97 – DESTACAMENTO DO REBOCO EDIFÍCIO A: *IN SITU*

FONTE: o autor (2020)

O destacamento do reboco tem como possíveis causas ocorrendo de maneira separada ou em conjunto, traço inadequado da argamassa de reboco, contaminações no agregado ou no substrato, interferindo na aderência da argamassa, excesso de água de amassamento, aplicação da argamassa “vencida” no seu tempo de uso, espessura elevada do revestimento, entre outros. Cabe ressaltar a necessidade de ensaios físico-químicos para conclusões definitivas sobre a argamassa de reboco.

Na fachada posterior no topo do edifício “A”, identificou-se dois pontos de descascamento de pintura, localizados nas setas vermelhas da FIGURA 98 abaixo.

FIGURA 98 – DESCASCAMENTO DE PINTURA EDIFÍCIO A: VANT

FONTE: o autor (2020)

Utilizando o recurso de zoom a partir de outro ângulo de visualização, obtém-se uma melhor identificação e caracterização do descascamento, sendo possível observar o substrato de base da pintura, conforme FIGURA 99 abaixo.

FIGURA 99 – DESCASCAMENTO DE PINTURA NO TOPO EDIFÍCIO A: VANT

FONTE: o autor (2020)

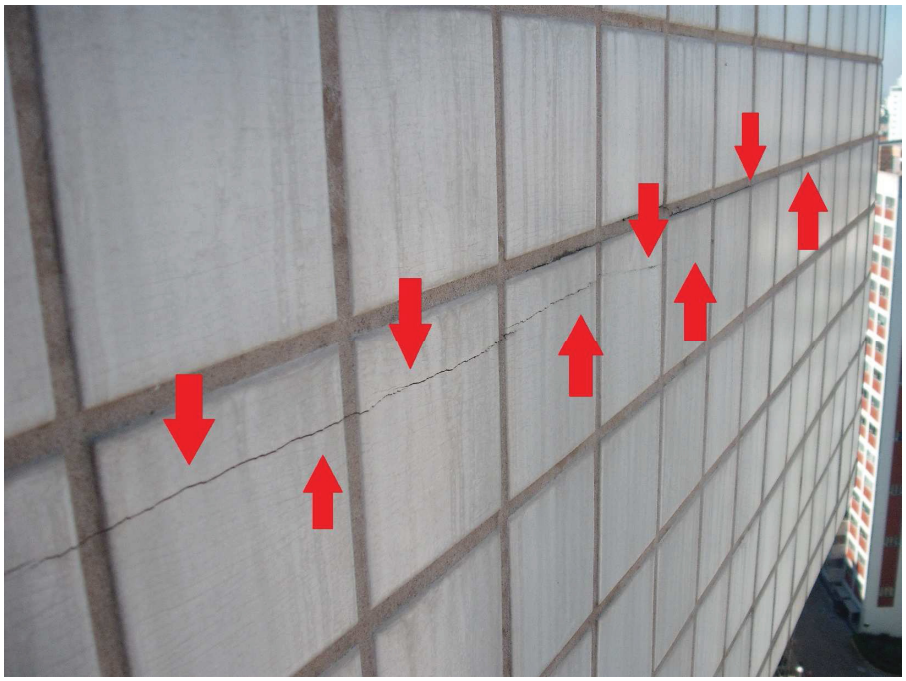
Ressalta-se que foi identificado o descascamento de pintura unicamente nesses pontos, considerando como possíveis causas, ocorrendo separadamente ou em conjunto, a existência de umidade no substrato na ocasião da pintura, gerando evaporação com o aquecimento e consequentemente posterior descascamento, superfície aquecida no momento da pintura e contaminações no substrato antes da pintura.

Em relação as trincas observadas no edifico “C”, têm-se identificados os mesmos fatores apresentados nos edifícios “A” e “B”, não sendo necessário nova explanação.

4.5.2 Diagnóstico Preliminar de Anomalias no Edifício “B”

Analisando as fotos obtidas durante as inspeções *in situ* e VANT no edifício B, verifica-se que a manifestação patológica observada em maior quantidade é as fissuras. Neste caso, observando pelas fotos obtidas *in situ*, percebe-se que quando não há um ponto de referência na foto, torna-se a identificação da localização exata da fissura uma incógnita, conforme observa-se na FIGURA 91 a seguir.

FIGURA 91 – FISSURA PONTO DE VISTA ALPINISTA EDIFÍCIO B

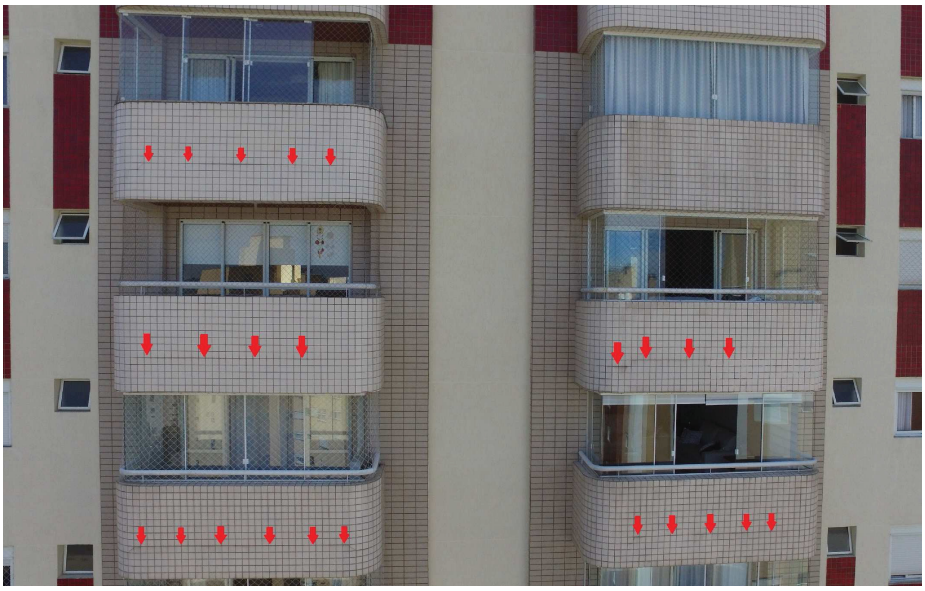


FONTE: o autor (2020)

Percebe-se na foto que não há como identificar algum ponto de referência, algo que torne possível a interpretação de possíveis causas para a fissuração que se inicia na pastilha e segue pelo rejunte nesse caso. Isto ocorre devido ao fato do inspetor se manter próximo da fachada para tirar a foto, não sendo possível manter uma distância que possibilite ao alpinista industrial captar em foto áreas maiores da fachada no momento de enquadrar a manifestação patológica.

Nas fotos obtidas pelo VANT das fissuras quando identificas, observa-se os pontos de referência, o que possibilita levantar possíveis causas para a formação de fissuras. No caso do edifício B, verifica-se que as fissuras identificadas nas sacadas seguiam sempre um mesmo padrão, mantendo sua altura constante em relação ao topo do guarda-corpo, seguindo na horizontal e descendo em 45º conforme se aproximava da seção curva da sacada, conforme verifica-se na FIGURA 92 abaixo.

FIGURA 92 – FISSURA SACADAS EDIFÍCIO B: VANT



FONTE: o autor (2020)

Este padrão de fissuração identificado nas sacadas, sugere como possível causa a concentração de tensão proveniente da laje/piso da própria sacada em contato com a alvenaria do guarda-corpo, sendo perpendiculares, a movimentação da laje/piso “empurra” a alvenaria, gerando fissuras horizontais e paralelas entre elas.

Em outro ponto de fissuração da fachada, a foto obtida pelo VANT tornou possível a visualização do entorno da fissura, contribuindo para identificação da possível causa, na FIGURA 93 abaixo, observa-se a ocorrência de fissura (ressaltada em amarelo na figura) no topo do edifício no corpo de uma chaminé.

FIGURA 93 – FISSURA TOPO EDIFÍCIO B: VANT

FONTE: o autor (2020)

O corpo da chaminé se projeta acima de duas paredes, uma a esquerda e outra à direita. Observando a forma e o desenho arquitetônico do local, tem-se como possível causa desta fissura um efeito “tesoura” das paredes laterais em relação a chaminé, devido movimentações estruturais ou dilatações térmicas.

4.5.3 Diagnóstico Preliminar de Anomalias no Edifício “C”

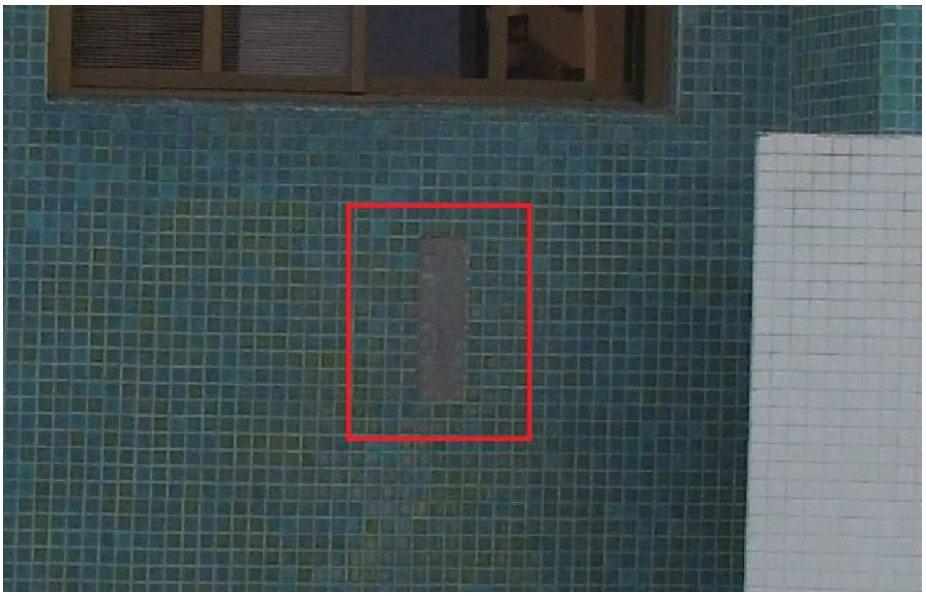
Analisando as fotos obtidas durante as inspeções *in situ* e VANT no edifício C, verifica-se que a manifestação patológica observada em maior quantidade é os descolamentos e desplacamentos. Observando as fotos obtidas pelo alpinista industrial, percebe-se que em todas as quedas de pastilhas da fachada, a argamassa colante permaneceu aderida ao substrato, conforme observa-se na FIGURA 94 abaixo.

FIGURA 94 – DESPLACAMENTO EDIFÍCIO C: *IN SITU*

FONTE: o autor (2020)

Na inspeção por meio do VANT, em foto obtida do mesmo ponto na fachada e com utilização da ferramenta de zoom é possível observar que a argamassa colante se manteve aderida ao substrato, conforme FIGURA 95 abaixo.

FIGURA 95 – DESPLACAMENTO EDIFÍCIO C: VANT



FONTE: o autor (2020)

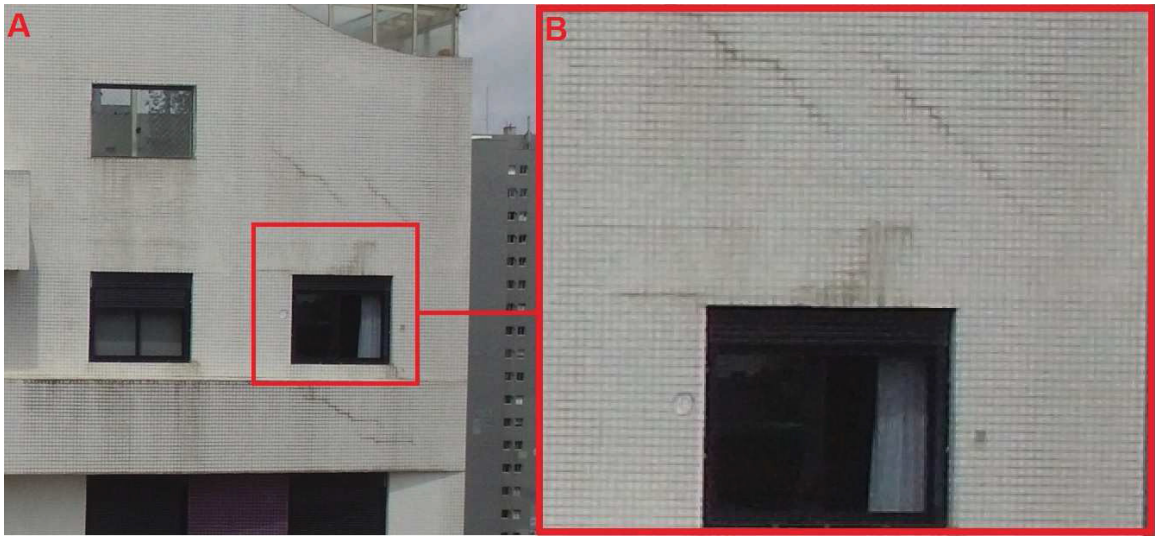
Como a argamassa colante permaneceu aderida ao substrato, se deduz que uma ou mais causas desta manifestação patológica no edifício “C”, resultaram em insuficiente aderência na interface pastilha/argamassa colante frente as tensões nas quais o revestimento está submetido. Entre as possíveis causas, tem-se a composição inadequada da argamassa colante, falhas na execução desta argamassa, como por exemplo, assentamento fora do tempo especificado pelo fabricante/responsável técnico ou adulteração da argamassa em obra, além de contaminações ou sujidades no tardoz das pastilhas, sendo necessário outros ensaios físico-químicos para caracterização desta argamassa. Cabe salientar também a ausência de juntas de dilatação nas fachadas do edifício “C”, gerando acumulo de tensões que possibilitam o desplacamento/descolamento do revestimento.

4.5.4 Diagnóstico Preliminar de Anomalias no Edifício “D”

Analisando as fotos obtidas durante as inspeções *in situ* e VANT no edifício D, verifica-se que a manifestação patológica observada em maior quantidade são as trincas e desplacamentos, sendo explanado anteriormente nas análises dos edifícios anteriores. Porém é possível identificar eflorescências como um tipo de manifestação

especifica no edifício “D”, conforme observa-se na FIGURA 100 abaixo com recurso de zoom à direita na foto “B”.

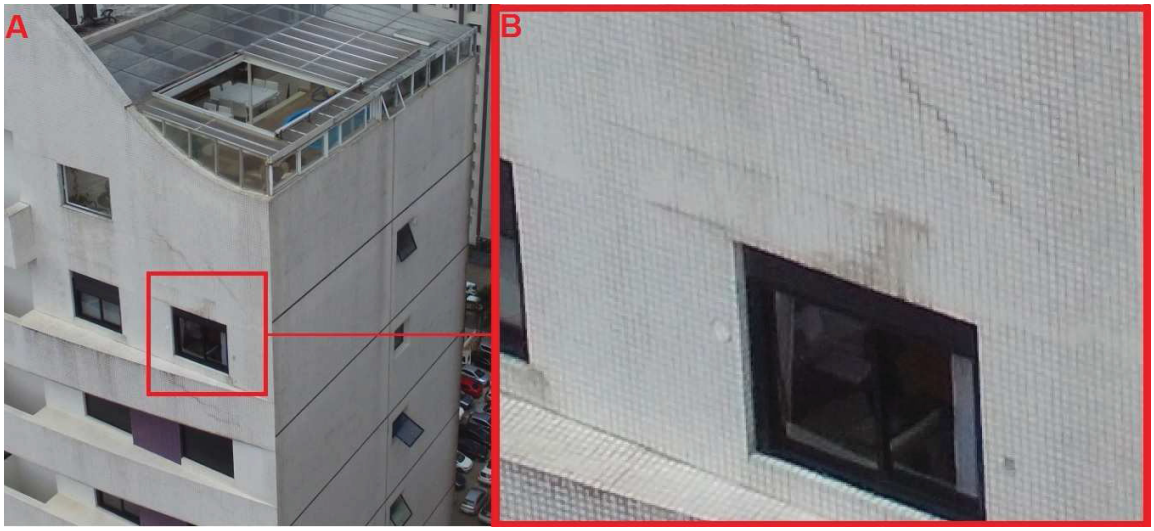
FIGURA 100 – EFLORESCÊNCIA EDIFÍCIO D: VANT



FONTE: o autor (2020)

É possível confirmar a eflorescência no local por meio de fotos obtidas de outro ângulo, vide FIGURA 101 a seguir.

FIGURA 101 – EFLORESCÊNCIA OUTRO PONTO DE VISTA EDIFÍCIO D: VANT



FONTE: o autor (2020)

Pelas fotos é possível observar a ocorrência de trincas ao redor, sendo uma possível causa para o surgimento da eflorescência no local a entrada de água no revestimento e posterior migração para o exterior, carreando o hidróxido de cálcio dos produtos cimentícios, reagindo na superfície com o dióxido de carbono (CO2) do ambiente e formando sais de carbonato de cálcio insolúveis.

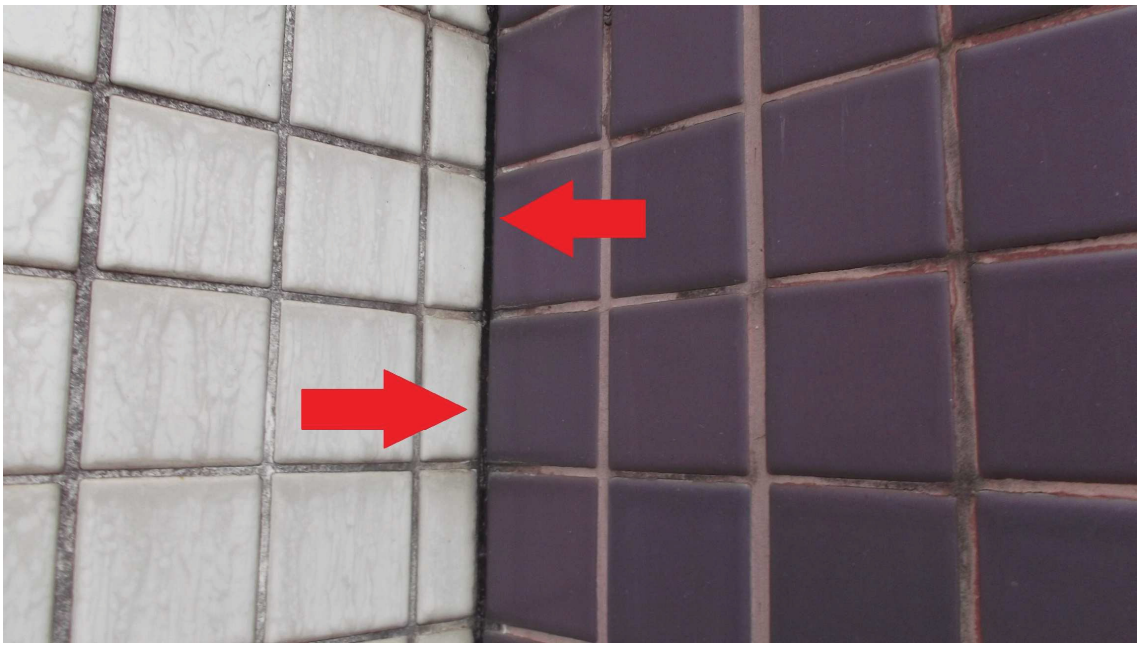
Em outro local, situado no canto superior direito de uma janela, não se identificou a ocorrência de trincas nem desplacamentos ao redor da eflorescência, conforme observado na FIGURA 102 abaixo, sendo à esquerda, foto “A” obtida pelo VANT e à direita, foto “B” obtida na inspeção *in situ*.

FIGURA 102 – EFLORESCÊNCIA VANT E IN *SITU* EDIFÍCIO D: VANT

FONTE: o autor (2020)

A ausência de pontos visíveis de entrada de água (trincas ou desplacamentos) sugere como possível causa para a eflorescência a existência de falhas no rejunte acima, por onde a água teria acesso ao substrato atrás da pastilha cerâmica. Tal hipótese aventada tem possível confirmação em foto obtida pelo alpinista industrial acima da eflorescência (FIGURA 103).

FIGURA 103 – FALHA REJUNTE EDIFÍCIO D: *IN SITU*



FONTE: o autor (2020)

É possível visualizar a ausência de rejunte na junção entra as pastilhas branco e roxa, tornando possível a entrada de água no ponto com a saída da mesma na eflorescência.

Em relação as trincas observadas no edifico “D”, têm-se identificados os mesmos fatores apresentados nos edifícios “A” e “B”, não sendo necessário nova explanação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capitulo, são apresentadas as conclusões e recomendações para trabalhos futuros, destacando as contribuições e limitações quanto ao uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) e o processamento digital de imagens como ferramentas nos processos de inspeção e quantificação de manifestações patológicas em fachadas de edifícios.

5.1 CONCLUSÕES

Para melhor explanação, as conclusões seguem os itens abordados como comparativos.

5.1.1 Tempos de levantamentos

A utilização do VANT juntamente com o processamento digital de imagens demonstrou considerável redução nos tempos de trabalho dos serviços necessários (inspeção, identificação, mensuração e planilhamento) realizados por engenheiro civil para a elaboração das planilhas de danos de cada edifício, tendo reduções entre 56,3% e 70,8% do tempo despendido em relação a inspeção *in situ*, cuja a planilha é elaborada pelo alpinista industrial durante o processo de inspeção na fachada com o engenheiro dispendendo em torno de 1 hora ao final para revisar, mesmo considerando que em 3 dos 4 edifícios foco dos estudos a área de fachada inspecionada pelo VANT foi menor em relação ao método *in situ* de inspeção. A principal redução foi no trabalho de campo, com o tempo despendido pelo alpinista industrial situando entre 4 e 8 dias dependendo do edifício, com o VANT é realizando a obtenção de fotos das fachadas entre 1 e 2 hora, otimizando consideravelmente esta etapa.

5.1.2 Identificação das manifestações patológicas

Observou-se que, considerando todas as manifestações identificadas, o principal limitador para identificação das manifestações por parte do alpinista industrial é o impedimento de acesso pela cobertura dos edifícios, em dois edifícios a inspeção com VANT identificou um número maior de manifestações devido a este limitador, quando em edifícios com amplo acesso a fachada por parte do alpinista, este obteve um número maior de manifestações identificadas. Considerando as prumadas inspecionadas pelo alpinista industrial, foram poucas as manifestações identificadas apenas pelo VANT e não identificadas pelo alpinista industrial. A principal limitação do VANT neste ponto está em sua distância da fachada do edifício, seja por limitações de sinal GPS, seja pelo vento ou interferências de ondas de rádio, tais limitações podem ser contornadas com aparelhos mais capazes e com câmeras de capacidade superior em qualidade fotográfica à utilizada na pesquisa. Atualmente há aparelhos superiores nestes quesitos ao utilizado na pesquisa, sendo provável números maiores de identificação de anomalias caso sejam utilizados esses aparelhos.

No estudo foi possível observar uma dificuldade em identificar descolamentos de revestimentos por meio de fotos obtidas pelo VANT, como esta manifestação resulta primeiramente em um “estufamento” do revestimento, não ocorre na maioria dos casos uma significativa variação visual identificável em relação ao entorno, sendo o descolamento (estufamento) visualmente muito parecido com um revestimento em bom estado, tendo o alpinista industrial com seu contato direto na fachada a possibilidade de identificação desta manifestação patológica com o exame de percussão no revestimento.

Cabe salientar que onde existe a limitação de acesso ao alpinista industrial, os VANT são o método mais adequado de inspeção nas regiões de fachada com anomalias.

5.1.3 Mensuração das manifestações patológicas

Na mensuração de manifestações, o processamento digital de imagens se mostrou eficiente, principalmente para mensuração de trincas, tendo em vista que o alpinista industrial dificilmente consegue medir a trinca em todo o seu comprimento devido ao aspecto irregular das mesmas. O processamento digital permite por meio da configuração de pontos medir a trinca desenvolvida, garantindo o levantamento do real comprimento da mesma, cabe salientar que para a correta medição pelo *software*, se faz necessário um ponto de escala, sendo recomendado que tal ponto situa-se o mais próximo possível da manifestação que se propõe medir, além de que recomenda-se elaborar o plano de voo do VANT de maneira que permita registrar a maioria das manifestações no centro das fotos, evitando variações devido Paralaxe.

O alpinista industrial obteve melhores resultados na mensuração de descolamentos+desplacamentos, devido à dificuldade de se determinar pelas fotos os limites do “estufamento” nesta anomalia caracterizada pela junção de dois tipos de manifestação patológica.

O processamento digital se mostrou eficaz para medição de grandes áreas nas fachadas, principalmente no caso de regiões afetadas por sujidades severas, sendo possível total enquadramento da área afetada e permitindo mensuração total em uma única vez.

5.1.4 Mapa de danos das fachadas

Os mapas de danos de ambos os métodos de inspeção são eficientes quanto a precisão da localização das manifestações patológicas, sendo uma precisão maior alcançada pelo VANT quanto a manifestações em paredes “cegas” da fachada, pontos esses onde devido à proximidade do alpinista industrial em relação a fachada, não se consegue obter fotos com uma distância elevada, não sendo possível muitas vezes identificar algum ponto de referência para o correto posicionamento no mapa de danos.

5.1.5 Quantificação total de manifestações patológicas

Observou-se que a limitação de acesso nas coberturas dos edifícios A e D impactaram a quantificação total do método de inspeção *in situ* nesses edifícios, sendo o VANT uma ferramenta válida para identificar manifestações patológicas nessas áreas de fachada, de maneira que não necessita intervenções na cobertura que seriam necessárias para acesso do alpinista industrial, encarecendo os custos de inspeção *in situ*. Porém existe a dificuldade de se identificar alguns tipos de manifestações que tenham reduzida alteração visual do revestimento em fotos obtidas por VANT, impactando a quantificação total dessas manifestações, sendo importante outros tipos de investigação (vistoria interna nas unidades e depoimento de usuários) quando existir suspeitas da ocorrência dessas manifestações.

5.1.6 Diagnóstico das manifestações patológicas

Como ferramenta para diagnósticos preliminares baseados na visualização das manifestações, a inspeção por VANT com posterior análise das fotos permite formular um leque de possíveis causas para os problemas patológicos mais comuns do estudo, sendo uma ferramenta válida para otimizar e definir quais ensaios futuros serão realizados e colaborar na elaboração de medidas corretivas eficazes para as manifestações observadas.

5.1.7 Considerações finais

Ambos os métodos de inspeção têm vantagens e desvantagens, no caso da inspeção *in situ* realizada por alpinista industrial pode-se elencar como principais vantagens:

- Elevada proximidade com o revestimento permitindo a identificação de pequenas manifestações patológicas nas fachadas como falhas de rejunte e fissuras, bem como um menor grau de suscetibilidade a iluminação ambiente.

- Possibilidade de remoção de revestimentos que por ventura estejam com risco de queda.

- Identificação de descolamentos de revestimento na fachada por meio do exame de percussão.

- Maior resistência ao vento para execução da inspeção.

Como principais desvantagens da inspeção *in situ,* pode-se destacar as seguintes:

- Impossibilidade de inspeção em regiões de fachada onde existem fechamentos na cobertura que impeçam a correta montagem do equipamento de descida.

- Identificação de manifestações dependente exclusivamente do alpinista industrial.

- Dificuldade de medição de manifestações com formas complexas, trincas de elevado comprimento e grandes áreas afetadas.

- Limitação quanto a distância de enquadramento para registros fotográficos, não sendo possível captar em uma única foto anomalias extensas em área.

- Elevado tempo despendido para a completa inspeção da fachada.

- Alteração da rotina dos moradores, principalmente dos residentes nas coberturas.

Na inspeção por VANT pode-se destacar as principais vantagens:

- Reduzido tempo demandado para a total inspeção da fachada

- Capacidade de visualização de regiões da fachada com impedimento de acesso ao alpinista industrial.

- Possibilidade de análise por mais de um profissional especialista.

- Capacidade de mensurar grandes áreas de diversos formatos.

- Capacidade de mensurar o comprimento desenvolvido de trincas extensas e recortadas.

- Fotos de maior enquadramento, permitindo análise eficiente de aspectos da fachada.

- Nenhuma alteração na rotina dos moradores, sendo quase imperceptível durante a inspeção.

- Redução dos riscos derivados do trabalho em altura.

Com relação às desvantagens, cabe salientar que dependem do modelo de aparelho, sendo que aparelhos com capacidades superiores ao utilizado na pesquisa podem mitigar tais pontos, dessa forma pode-se citar as principais desvantagens:

- Alta dependência de condições climáticas favoráveis, principalmente em relação ao vento.

- Alguns modelos de VANT são dependentes de geolocalização por satélites para estabilização do voo, gerando dificuldades em aproximações da fachada devido perda do sinal.

- Possibilidade de interferências no aparelho por ondas de rádio (Wi-fi, celular, rádio, TV, etc.)

- Dependência de boa iluminação da fachada para posterior identificação de manifestações patológicas.

- Limitações de livre voo ao redor dos edifícios, tais como torres vizinhas próximas, árvores de elevada altura e rede elétrica.

- Identificação de pequenas manifestações dependente da resolução das fotos obtidas ou do grau de proximidade com a fachada na obtenção das fotos.

- Menor identificação de manifestações que tenham baixa alteração visual do revestimento, principalmente descolamentos.

Levando em conta as vantagens e desvantagens de cada método, pode-se concluir que embora o método *in situ* tenha maior sucesso na identificação de descolamentos e o método VANT tenha uma visualização mais ampla das manifestações, tendo a possibilidade de uma mensuração com maior precisão, pode-se levar em consideração que visando uma inspeção mais detalhada e com alto grau de representatividade da atual situação da fachada do edifício, a junção dos dois métodos amplia

significativamente a confiabilidade dos dados levantados, salientando que atualmente existem aparelhos de melhor resolução e qualidade fotográfica ao que foi utilizado na pesquisa, sendo esperado resultados melhores na identificação de manifestações com esses aparelhos.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir dos resultados obtidos após as inspeções e análise dos dados colhidos, sugerem-se algumas linhas de pesquisa para futuros estudos:

- Comparação de resultados em inspeções de fachadas utilizando VANT com câmeras com capacidade de vídeo em 4.0 K de qualidade ou superior e fotos com 20 megapixel de resolução ou superior.

- Elaboração de mapa de danos por meio de nuvem de pontos obtidos por scanners 3D acoplado ao VANT e integração com tecnologia BIM.

- Aprimoramento de IA (Inteligência Artificial) para identificação de manifestações patológicas por meio do processamento digital de imagens obtidas por VANT

- Comparação entre mapa de danos elaborado por meio de imagens obtidas por VANT com mapeamento termográfico da fachada realizado com câmera infravermelha acoplada.

- Elaboração de manual de inspeções com VANT

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DRONES. **Checklist Pre-vôo**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: https://www.associacaobrasileiradrones.org/checklist-pre-voo/. Acesso em: 27 jul. 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5674**: Manutenção de Edificações – Requisitos para o Sistema de Gestão de Manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2012;

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9575**: Impermeabilização – Seleção e Projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2010;

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13752**: Perícias de engenharia na construção civi**l**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996;

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13755**: Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante - Projeto, execução, inspeção e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2017;

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575**: Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013;

AGUILAR, G. **Inspeção predial de fachadas com drones à luz da ABNT NBR 5674:2012: manutenção de edificações**. São Paulo, 2019. Disponível em: https://gabrielaguilar.jusbrasil.com.br/artigos/681448850/inspecao-predial-de-fachadas-com-drones-a-luz-da-abnt-nbr-5674-2012. Acesso em: 12 jan. 2021.

AMORIM, A. L. Fotogrametria: Uma Introdução. *In*. AMORIN, A. L. **Criação, Representação e Visualização Digitais: Tecnologias digitais de criação, representação e visualização no processo de projeto**. 1 ed. Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília – UnB. Cap. 3, p. 63-90, 2012.

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento nº RBAC-E 94/2017**. Requisitos Gerais para Aeronaves não Tripuladas de Uso Civil. Brasília, 3 mai. 2017.

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. **Orientações para Usuários de Drones.** 1ª ed. Brasília, 2017.

ANTUNES, G. R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimentos de fachadas em Brasília – Sistematização da incidência de casos.** Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 178 p. 2010

ASSIS, M. de C.; DRUMOND, L. H. Na. G.; LEHMAN, C.; COELHO, G. C. A Revolução das atividades de inspeções e vistorias em avaliações e perícias de engenharia - Utilização de drones. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, 2017, Foz do Iguaçu. **Anais** [...]. São Paulo: IBAPE, 2017.

AZEVEDO, M. T. Patologia e reabilitação de estruturas de concreto. In: ISAIA, G. C.(ed.). **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1ª ed. cap. 31. São Paulo: IBRACON, 2011. ISBN 978-85-98576-16-9.

BAUER, E.; MILHOMEM, P. M.; GIMENEZ AIDAR, L. A. Evaluating the damage degree of cracking in facades using infrared thermography. **Journal of Civil Structural Health Monitoring**, Berlim, Alemanha, p. 171-179, 13 jun. 2018.

BAUER, E.; SILVA, M. N. B.; ZANONI, V. A. G. Mensuração da degradação e vida útil em fachadas. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, Porto Alegre, 2015, **Anais...** ANTAC, Porto Alegre, 2015.

BRAGA, R. E.; CAMARGO, C. R. A.; RESENDE, M. L.; VILAÇA, P. E.; Trincas em fachadas na construção civil. **Revista Pensar: Engenharia**, Belo Horizonte, julho 2015. Disponível em: http://revistapensar.com.br/engenharia/artigo/no=a163.pdf. Acesso em: 12 jul. 2019.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS 5385-2: Wall and floor tiling. Design and installation of external ceramic, natural stone and mosaic wall tiling in normal conditions. Code of practice** – part 2. Londres, 2015.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS 8221-1: Code of practice for cleaning and surface repair of buildings. Cleaning of natural stone, brick, terracotta and concrete** – part 1. Londres, 2012.

CARVALHO, JR., A. N.; SILVA, A. P.; NETO, F. M. Perícias em patologias de revestimentos de fachadas. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, 1999, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo, IBAPE, p. 01-12, 1999.

CHING, F. D. K. **Técnicas de Construção Ilustradas**. [S. l.]: Bookman, 2010.

CLEMENTE, P. Extending the life-span of cultural heritage structures. **Journal of Civil Structural Health Monitoring**, Berlim, Alemanha, p. 1-9, 14 mar. 2018.

COLEN, I. F. **Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção preditiva**. Tese de Doutorado em Engenharia, Instituto Superior Técnico - Universidade de Técnica de Lisboa; Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 487p. 2009.

COLEN, I. F.; BRITO, J. de; FREITAS, V. P. de. Técnicas de diagnóstico e de manutenção para remoção de manchas em paredes rebocadas. In: CONGRESSO NACIONAL DE ARGAMASSAS DE CONSTRUÇÃO, 2005, Lisboa. **Anais...**, Lisboa: APFAC, 2005. Disponível em: https://www.apfac.pt/congresso2005/comunicacoes/Paper%2003.pdf. Acesso em: 15 jul. 2019.

COLEN, I. F.; BRITO, J. de; GASPAR, P. L. de. Técnicas de diagnóstico e classificação de anomalias por perda de aderência em rebocos. In: CONGRESSO NACIONAL DE ARGAMASSAS DE CONSTRUÇÃO, 2007, Lisboa. **Anais...**, Lisboa: APFAC, 2007. Disponível em: https://www.apfac.pt/congresso2007/comunicacoes/Paper%2056_07.pdf. Acesso em: 16 ago. 2019

CORSINI, R. Como se originam, quais os tipos, as causas e as técnicas mais recomendadas de recuperação de fissuras. **Téchne**, ed. 160, São Paulo, julho 2010.

COSTA, M. S. **Identificação de danos em fachadas de edificações por meio de imagens panorâmicas geradas por plataforma robótica fotográfica.** Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 184 p. 2014.

COSTA, M. R. M. M.; CINCOTTO, M. A.; PILEGGI, R. G. Características das argamassas colantes brasileiras de mercado. In: II CONGRESSO NACIONAL DE ARGAMASSAS DE CONSTRUÇÃO, 2007, Lisboa. **Anais...**, APFAC 2007.

COUTINHO, I.; FEITAL, M. R.; COSTA, S. Q. Inovação na gestão da qualidade: Utilização de VANT em inspeções em projetos civis. In: VI SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s. n.], 2017. Disponível em: http://singep.submissao.com.br/6singep/resultado/an_resumo.asp?cod_trabalho=181. Acesso em: 27 jul. 2019.

DE FREITAS, V. P. **Manual de Apoio ao Projeto de Reabilitação de Edifícios Antigos**. 1ª. ed. Ordem dos Engenheiros da Região Norte, Lisboa, Portugal, 2012. ISBN 978-972-99918-7-5.

DECEA – Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Instrução ICA 100-40/2018**. Aeronaves não tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro. Brasília, 03 de janeiro de 2019

DECEA – Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Drone - RPAS**. Brasília, 2019. Disponível em: https://www.decea.gov.br/drone/. Acesso em: 27 jul. 2019.

ESCHMANN, C; KUO, C. M.; KUO, C. H.; BOLLER, C. Unmanned aircraft systems for remote building inspection and monitoring. In: 6TH EUROPEAN WORKSHOP ON STRUCTURAL HEALTH MONITORING, **Anais...**, Dresden, Alemanha, 2012.

FAGUNDES NETO, J. C. P. **Proposta de método para investigação de manifestações patológicas em sistemas de pinturas látex em fachadas**. Dissertação (Mestrado em Habitação, Planejamento e Tecnologia), Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, São Paulo, 2007.

FERREIRA, T.; RASBAND, W. **ImageJ User Guide**. [S. l.], 2 out. 2012. Disponível em: https://imagej.nih.gov/ij/docs/guide/user-guide.pdf. Acesso em: 14 ago. 2019.

FERREIRA, J. A. A. **Técnicas de diagnóstico de patologias em edifícios**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 126 p. 2010.

FERREIRA DE ALMEIDA, S. F. N. Systematization of common cracking patterns in buildings. **IST**, Lisboa, 2015.

GASPAR, P. L. BRITO, J. de. Quantifying environmental effects on cement-rendered facades: A comparison between different degradation indicators. **Building and Environment**, vol. 43, p. 1818-1828, 2008.

GALLETTO, A.; ANDRELLO, J. M. Patologia em fachadas com revestimentos cerâmicos. In: IX CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIA E RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS, 2013, João Pessoa. **Anais...**, CINPAR 2013.

GOMES, A. S. S. **Retrofit de fachadas de edifícios à luz da ABNT NBR 15.575:2015**. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação Lato-senso em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital Image Processing**. 2 ed. Nova Jersey, EUA: Prentice Hall, 793 p. 2002.

GRIMM, C. T. Mansory cracks: a review of the literature. **Masonry: Materials, Design, Construction, and Maintenance.** Philadelphia, EUA, p. 257-280, 1988.

GUIMARÃES, E. R. S., **Quanto, um software para auxiliar na caracterização de imagens**. Tese de Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais. Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, 122 p. 2016.

HAM, Y.; HAN, K. K.; LIN, J. J.; FARD, M. G. Visual monitoring of civil infrastructure systems via camera-equipped Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): a review of related works. **Visualization in Engineering**, Berlim, Alemanha, 2016.

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. Tese de Doutorado em Engenharia. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 231 p. 1993.

HELENE, P. R. L. **Manual Para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2ª ed. Pini, São Paulo, 1992.

HELENE, P. et al. Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. **Téchne**, São Paulo, setembro 2011.

IBAPE – SP. Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo. **Inspeção Predial: Check-up predial: guia da boa manutenção**. 3. Ed. São Paulo. LEUD, 2012;

LICHTENSTEIN, N. B., **Patologia das Construções**. Boletim Técnico 06/86 da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 1986.

LIMA, R. H. F.; ARAÚJO, B. G.; PAZ, G., OLIVEIRA, I. M. Mapa de danos em edificações históricas utilizando a metodologia BIM. In: 10º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2017, Fortaleza. **Anais...**, Marketing Aumentado, 2017.

LIMA, K. B. A. et al. Fissuras em paredes de concreto em um conjunto residencial, localizado em São José de Ribamar – Maranhão. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 05, Ed. 04, Vol. 05, p. 148-163. Abril de 2020. ISSN: 2448-0959. Disponível em: https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/fissuras-em-paredes. Acesso em: 02 jun. 2020

LIMA, T. **Drones na construção civil - Aplicações diretas nas obras**. Florianópolis, 5 fev. 2019. Disponível em: https://www.sienge.com.br/blog/drones-na-construcao-civil/. Acesso em: 11 ago. 2019.

LISBOA, D. W., SILVA, A. B. S., SOUZA, A. B. A., MIKE, P. S. Utilização do vant na inspeção de manifestações patológicas em fachadas de edificações. In. CONGRESSO TÉCNICO CIENTIFÍCO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 2018. **Anais...**CONTECC'2018, Maceió, 2018.

LOTURCO, B. **Cresce a importância dos drones na construção**. Florianópolis, 20 mar. 2019. Disponível em: https://www.buildin.com.br/drones-na-construcao-civil/. Acesso em: 11 ago. 2019.

LORDSLEEM JR, A.C.; Manifestações patológicas associadas à adição de gesso à argamassa de revestimento de fachada. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, Recife, 2007, **Anais...** Recife: ANTAC, 2007.

MACEDO, A. A. R. S. **Mapa de danos das fachadas do teatro de santa isabel, Recife - Pernambuco**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP, Recife, 83 p. 2016.

MARQUES FILHO, O.; VIERA NETO, H. **Processamento Digital de Imagens**. Rio de Janeiro: Brasport, 1999.

MAZER, W., SILVA, L. M. R., LUCAS, E., SANTOS, F. C. M., Avaliação de manifestações patológicas em edifícios em função da orientação geográfica., **Revista ALCONPAT**, Vol. 6, Número 2, p, 145–156, 2016.

MEDEIROS, J. S. **Materiais para revestimentos de fachadas, uma escolha criteriosa.** AECweb**,** São Paulo, 10 mar. 2010. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/revista/materias/materiais-para-revestimentos-de-fachadas-uma-escolha-criteriosa/1132/. Acesso em: 05 out. 2020

MELO, C. M., CARASEK, H., Relationship between the deterioration of multi story building facades and driving rain, **Revista de la Construción**, V. 13, No. 1, p. 64-73, Santiago, Chile, 2014.

MELO JÚNIOR, C. M. **Metodologia para geração de mapas de danos de fachadas a partir de fotografias obtidas por veículo aéreo não tripulado e processamento digital de imagens**. Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 376 p. 2016.

MELO JÚNIOR, C. M, ALVES, G. S., EVANGELISTA JR., F., CHRISTAKOU, E. D., SILVA, L. S., NEPOMUCENO, A. A. Geração de mapas de danos de fachadas a partir de processamento digital de imagens. In. XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Maceió, 2014, **Anais...**ANTAC, Porto Alegre, 2014.

MICROSOFT CORPORATION. **Dicionário Prático de Informática**. Portugal: McGraw-Hill, 2000. 379 p. ISBN 972-773-061-2.

MULTIDRONES. **Tipos de drone: Qual o melhor para cada aplicação?** Brasília, 22 out. 2018. Disponível em: https://www.multidrones.com.br/2018/10/22/tipos-de-drones-qual-o-melhor-para-cada-aplicacao/. Acesso em: 28 jul. 2019.

NASCIMENTO, M. L. M. **Aplicação da simulação higrotérmica na investigação da degradação de fachadas de edifícios.** Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 195 p. 2016

NATIONAL INSTITUTE OF MENTAL HEALTH. **ImageJ**. Bethesda, EUA, 2019. Disponível em: https://imagej.net/Welcome. Acesso em: 31 jul. 2019.

NOAR DRONE. **Qual o alcance dos drones e os tipos de drones?** Campo Grande, 2017. Disponível em: https://noardrone.com.br/perguntas_frequentes/qual-o-alcance-dos-drones-e-os-tipos-de-drones/. Acesso em: 28 jul. 2019.

PACHECO, C. P., VIEIRA, G. L., Análise quantitativa e qualitativa da degradação das fachadas com revestimento cerâmico, **Revista Cerâmica**, No. 63, p. 432-435, São Paulo, Brasil, 2017.

RIBEIRO, E., VOLKWEIS, F. J., Patologias em fachadas externas devido a movimentações higrotérmicas, **Revista Tecnológica**, V. 5, No. 2, p. 151-162, Chapecó, Brasil, 2016.

RIBEIRO, F. A. **Especificação de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios: Levantamento do estado da arte**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

RUIZ, R. D. B.; LORDSLEEM JR, A. C. Veículos aéreos não tripulados (VANT) para inspeção de manifestações patológicas em fachadas com revestimento cerâmico. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, ed. 1, p. 119-137, 2021.

RUIZ, R. D. B.; LORDSLEEM JR, A. C.; NETO, A. F.S.; FERNANDES, B. J. T. Processamento digital de imagens para detecção automática de fissuras em revestimentos cerâmicos de edifícios. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, ed. 1, p. 139-147, 2021.

SAHADE, R. F. **Avaliação de sistemas de recuperação de fissuras em alvenaria de vedação**. Dissertação (Mestrado em Habitação, Planejamento e Tecnologia) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, São Paulo, 2005.

SILVA, A. de P. **Falhas e patologias dos materiais de construção.** Curso de Mestrado em Construção Civil, 2018, 237 p. Notas de Aula. Disponível em: http://www.demc.ufmg.br/adriano/Falhas_Patologias_2018. Acesso em: 17 jan. 2020.

SILVA, M.C.B et al. Manifestações patológicas em edificações hospitalares na região metropolitana do Recife/PE. In: XV CONGRESO LATINOAMERICANO DE PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓ, 2019, Tuxtla Gutiérrez, México. **Anais** [...]. México: ALCONPAT, 2019.

SILVA, W. F. Patologias de revestimento externo. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, Ano 03, Ed. 11, Vol. 07, p. 98-117, São Paulo, 2018. Disponível em: https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/patologias-de-revestimento#REVESTIMENTO-EXTERNO-DEFINICAO-E-FUNCOES. Acesso em: 7 jul. 2019.

SILVA DE DEUS, B. R. B. **Mapeamento 3D com drone para suporte ao BIM aplicado a arquitetura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

SILVESTRE, J.D.; BRITO, J. de. Ceramic tiling in building façades: Inspection and pathological characterization using an expert system. **Construction and Building Materials** V. 25, p.1560–1571, 2011.

TINOCO, J.E.L. Mapa de danos: Recomendações básicas. **Centro de estudos avançados da conservação integrada – CECI**, v. 43, Olinda, Pernambuco, 2009.

TECHTUDO. **ImageJ - Obtenha muito mais recursos para processar suas imagens**. Rio de Janeiro, 10 fev. 2011. Disponível em: https://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/imagej.html. Acesso em: 14 ago. 2019.

TRACTICA. **Commercial drone-enabled services revenue to reach $22.7 Billion worldwide by 2026**. Boulder, EUA, 22 ago. 2018. Disponível em: https://www.tractica.com/newsroom/press-releases/commercial-drone-enabled-services-revenue-to-reach-22-7-billion-worldwide-by-2026/. Acesso em: 11 ago. 2019.

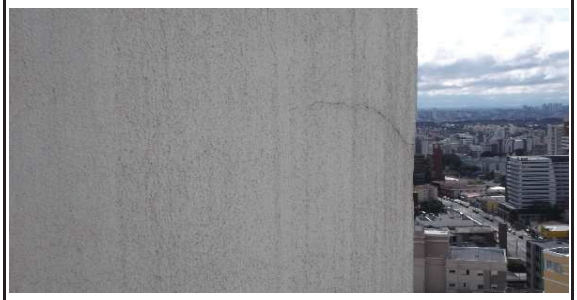
THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** São Paulo: Pini, 2012.

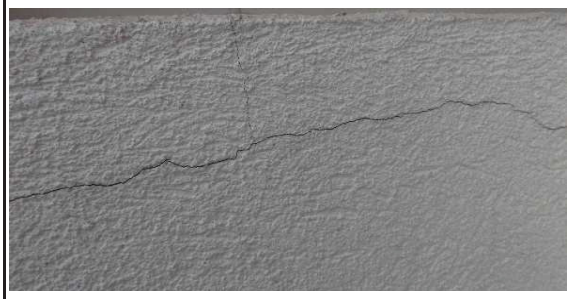
TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. **Inspeção, diagnóstico e prognóstico na construção Civil**, Boletim Técnico 01 da Associação Brasileira de Patologia das Construções (ALCONPAT-BRASIL), Porto Alegre, 2013.

VALENÇA, J. M. de A. **Monitorização do estado de conservação de estruturas de betão por processamento de imagem e análise multi-espectral**. Tese de Doutorado em Mecânica de Estrutura dos Metais e dos Materiais. Universidade de Coimbra. Coimbra, 285 p. 2011.

XDRONES BRASIL. **Tipos de Drones - Saiba escolher o melhor drone para o que você precisa**. São Paulo, 15 mar. 2019. Disponível em: https://www.xdrones-brasil.com.br/blog/tipos-de-drones/. Acesso em: 28 jul. 2019.

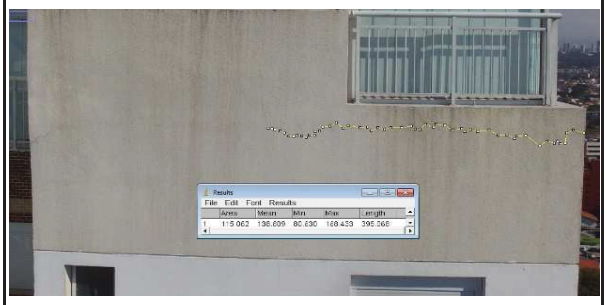
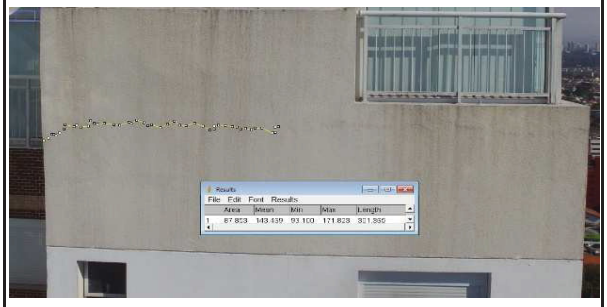
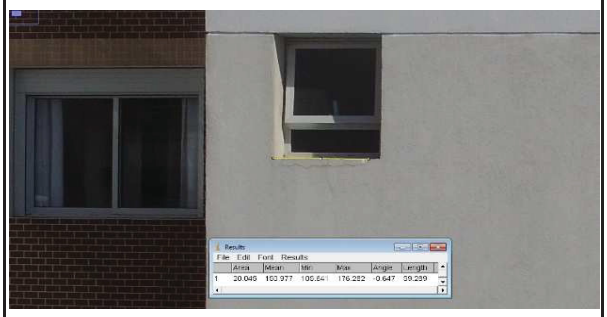
APÊNDICE 1 - PLANILHA DE DANOS *IN SITU* EDIF. A

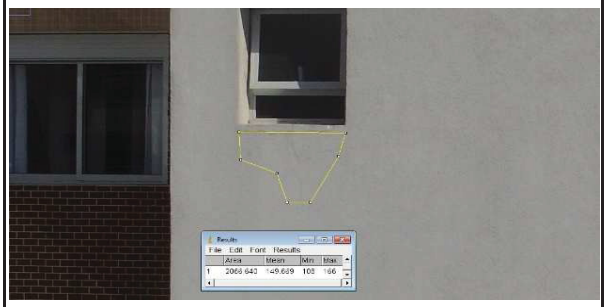
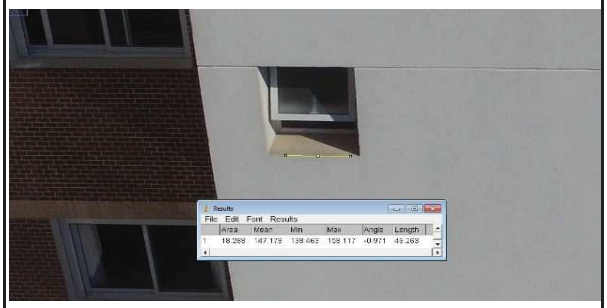
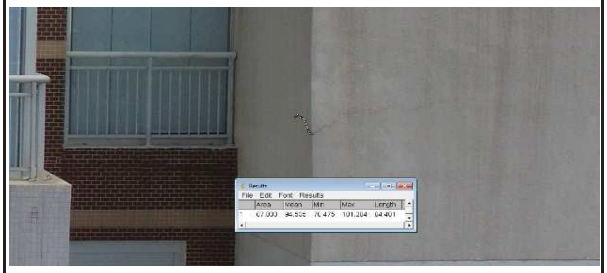
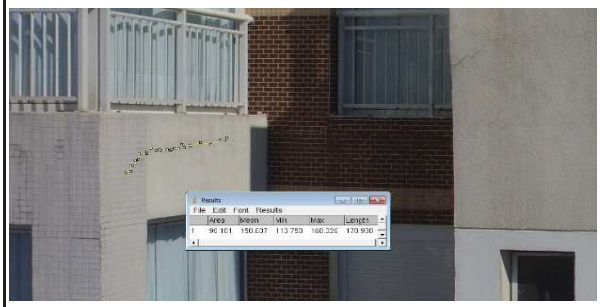
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
33	23	Fissura (cm)	50	
34	10	Destacamento requadro (cm)	400	
36	21	Fissura (cm)	80	
36	13	Destacamento requadro (cm)	120	

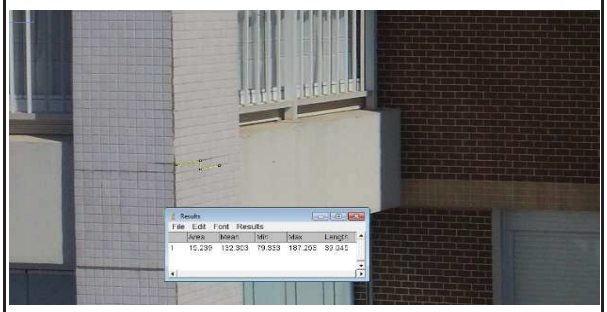
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
38	22	Fissura (cm)	160	
39	11	Destacamento requadro (cm)	170	
40	23	Fissura (cm)	220	
40	22	Ausência de rejunte (cm^2)	150 X 15 = 2250	

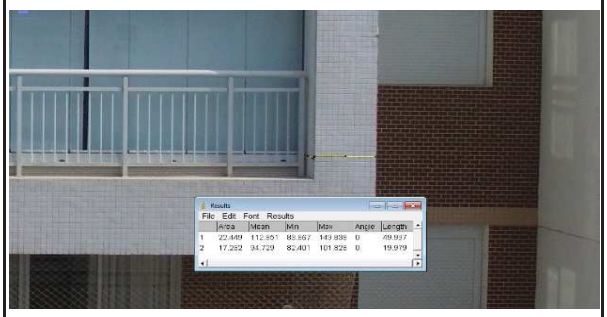
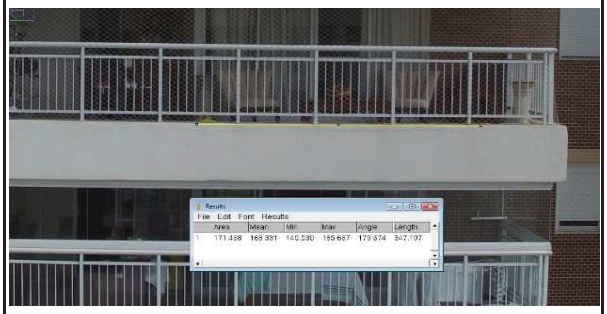
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
40	6	Desplacamento + Descolamento (cm^2)	40 X 20 = 800	
41	11	Destacamento requadro (cm)	140	

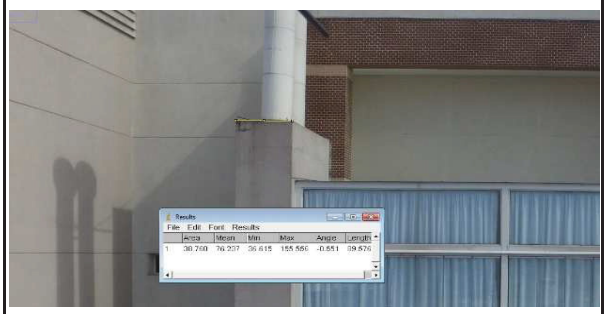
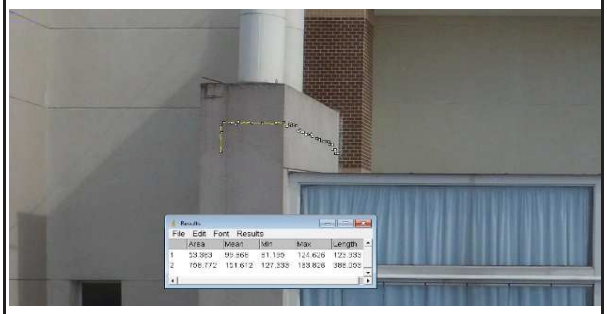
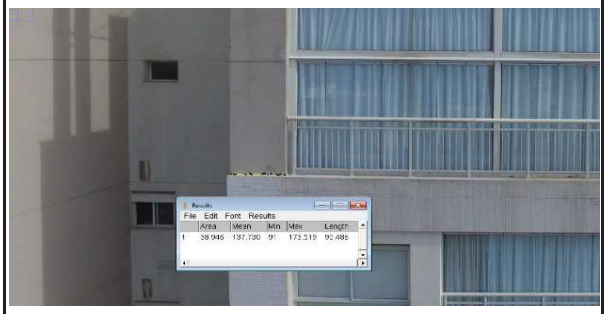
APÊNDICE 2 - PLANILHA DE DANOS VANT EDIF. A

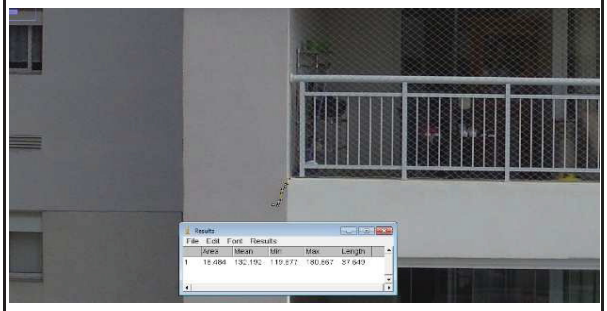
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
31	23	Fissura (cm)	395	
31	22	Fissura (cm)	64	
32	23	Fissura (cm)	301	
32	14	Destacamento requadro (cm)	59	

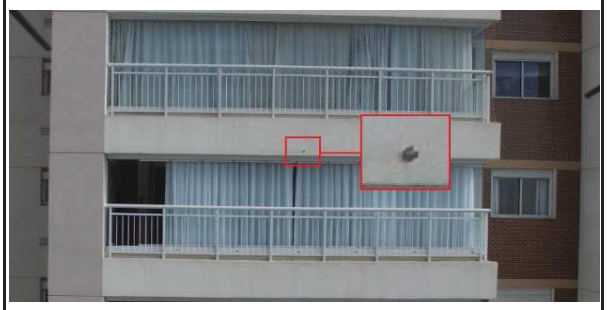
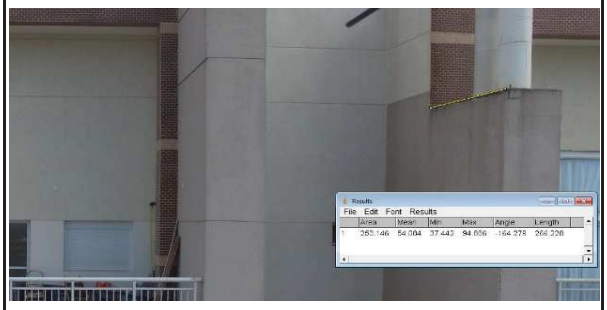
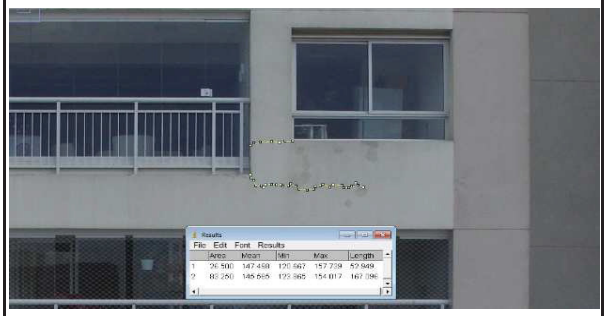
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
32	14	Descolamento (cm²)	2066	
32	9	Destacamento requadro (cm)	46	
33	23	Fissura (cm)	64	
33	23	Fissura (cm)	179	

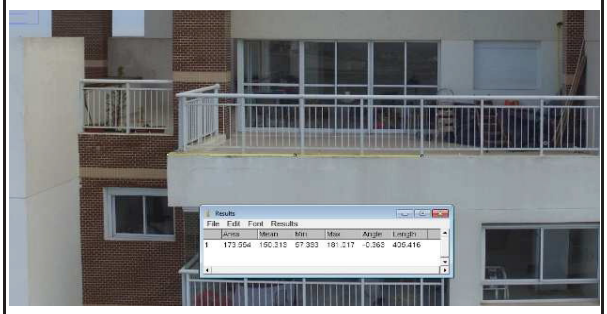
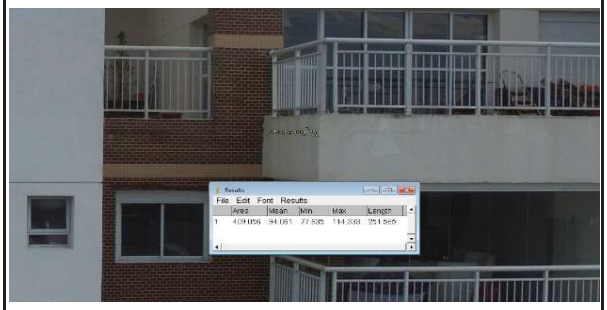
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
33	19	Fissura (cm)	39	
33	18	Fissura (cm)	41	
34	23	Fissura (cm)	414	
34	19	Fissura (cm)	56	

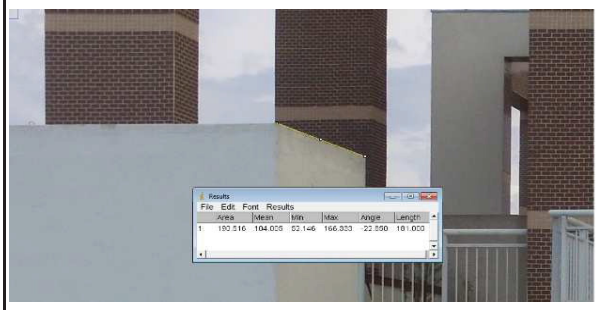
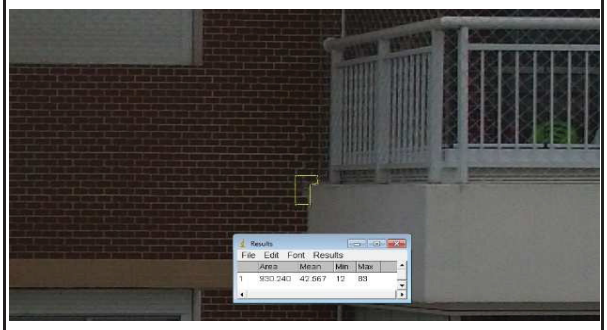
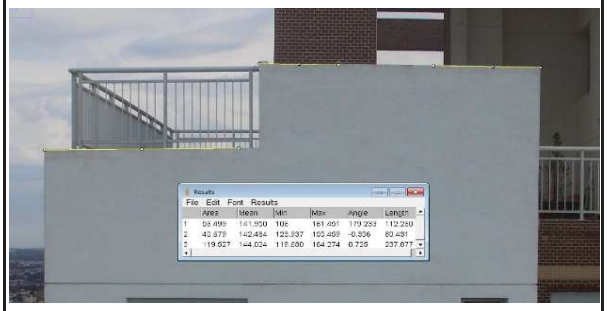
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
34	18	Fissura (cm)	50+20 = 70	
34	17	Destacamento requadro (cm)	347	
34	10	Destacamento requadro (cm)	710	
34	7	Destacamento requadro (cm)	702	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
35	23	Destacamento requadro (cm)	90	
35	23	Fissura (cm)	124+388 = 512	
35	23	Fissura (cm)	115	
35	23	Fissura (cm)	90	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
35	23	Fissura (cm)	383	
35	22	Fissura (cm)	25	
35	19	Destacamento requadro (cm)	149	
35	17	Fissura (cm)	38	

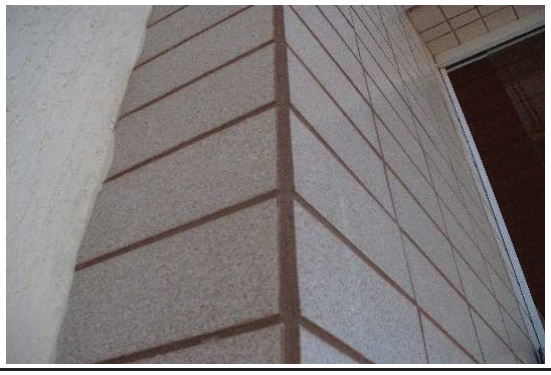
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
35	15	Possivel parafuso (unidade)	1	
36	23	Destacamento requadro (cm)	266	
36	23	Fissura (cm)	304	
38	22	Fissura (cm)	167+53 = 220	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
39	23	Destacamento requadro (cm)	405	
39	23	Fissura (cm)	197	
40	23	Fissura (cm)	252	
40	23	Eflorescência (cm²)	712	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
40	23	Destacamento requadro (cm)	181	
40	22	Ausência de rejunte (cm²)	1423	
40	6	Desplacamento + Descolamento (cm²)	930	
41	23	Destacamento requadro (cm)	112+80+23 8 = 430	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
41	23	Fissura (cm)	153	
41	11	Destacamento requadro (cm)	123	

APÊNDICE 3 - PLANILHA DE DANOS *IN SITU* EDIF. B

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
1	17	Fissura (cm)	180	
1	11	Fissura (cm)	80	
1	8	Fissura (cm)	80	
1	1	Fissura (cm)	80	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
2	16	Fissura (cm)	200	
2	15	Fissura (cm)	150	
2	14	Fissura (cm)	300	
2	13	Fissura (cm)	280	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
2	12	Fissura (cm)	280	
2	10	Fissura (cm)	300	
2	8	Fissura (cm)	280	
2	4	Fissura (cm)	200	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
2	2	Fissura (cm)	170	
3	17	Fissura (cm)	170	
3	14	Vedação janela (cm)	150	
3	12	Vedação janela (cm)	150	

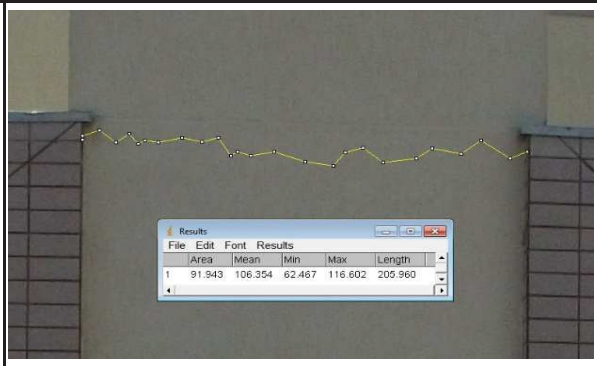
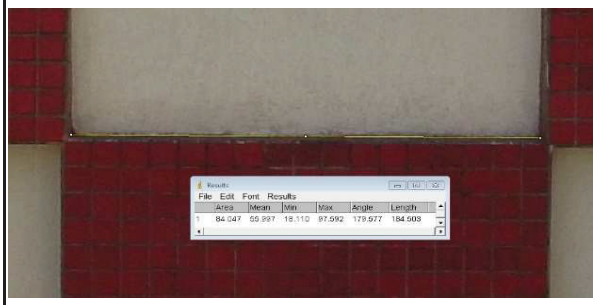
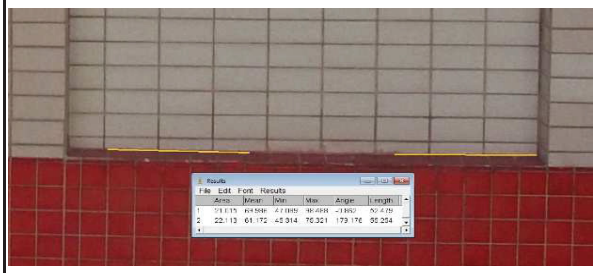
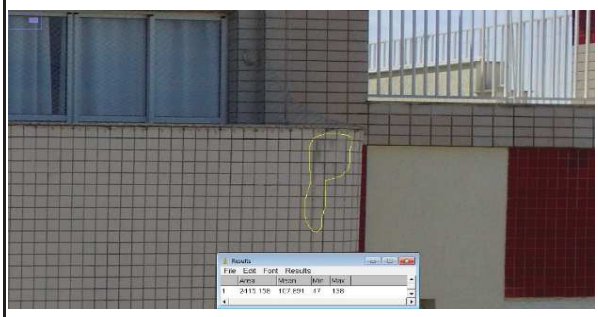
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
3	11	Vedação janela (cm)	150	
3	10	Vedação janela (cm)	150	
3	6	Vedação janela (cm)	150	
3	4	Vedação janela (cm)	150+120	

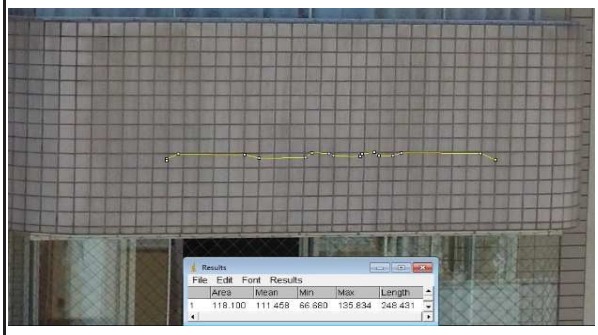
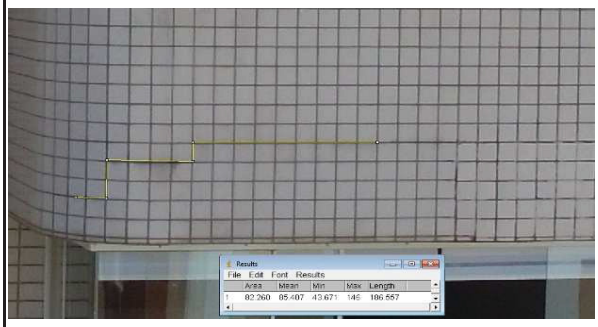
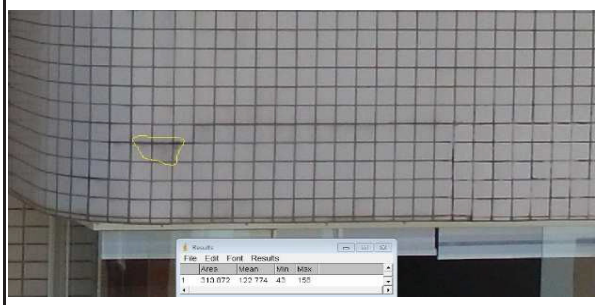
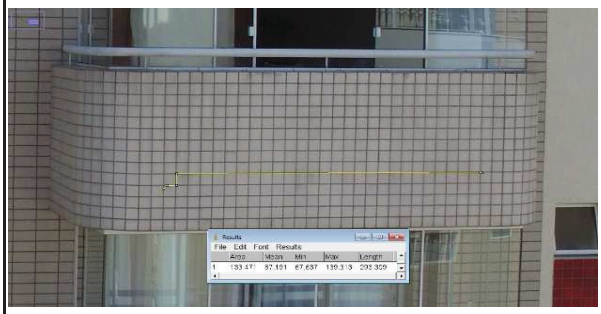
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
3	3	Vedação janela (cm)	150+120	
3	1	Vedação janela (cm)	150+120	
26	17	Fissura (cm)	70	
26	13	Fissura (cm)	80	

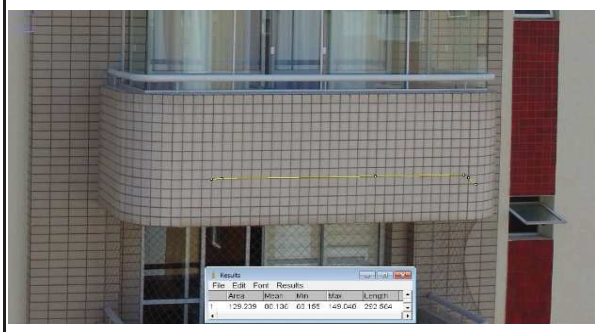
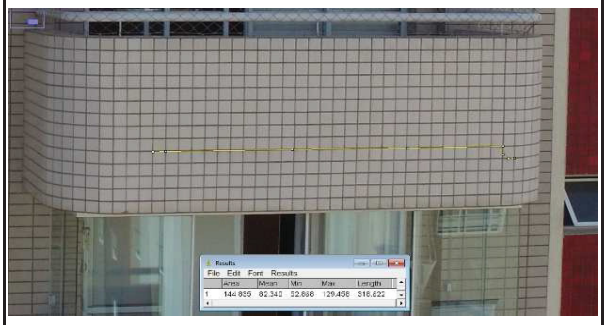
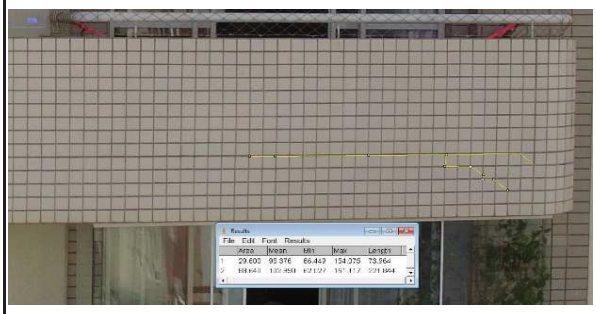
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
26	8	Fissura (cm)	40	
27	17	Fissura (cm)	250	
27	16	Fissura (cm)	250	
27	15	Fissura (cm)	250	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
27	14	Fissura (cm)	250	

APÊNDICE 4 - PLANILHA DE DANOS VANT EDIF. B

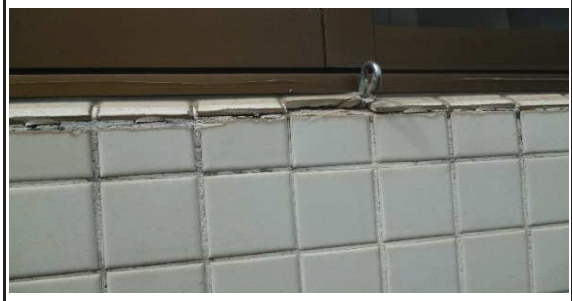
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
1	17	Fissura (cm)	205	
1	8	Fissura (cm)	184	
1	1	Fissura (cm)	107	
2	17	Eflorescência (cm²)	2415	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
2	16	Fissura (cm)	248	
2	15	Fissura (cm)	186	
2	15	Eflorescência (cm²)	313	
2	14	Fissura (cm)	293	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
2	13	Fissura (cm)	292	
2	12	Fissura (cm)	318	
2	4	Fissura (cm)	294	
2	2	Fissura (cm)	131	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
3	17	Fissura (cm)	24	
26	17	Desplacamento (unid.)	1	
26	17	Fissura (cm)	80	
27	17	Fissura (cm)	329	

APÊNDICE 5 - PLANILHA DE DANOS *IN SITU* EDIF. C

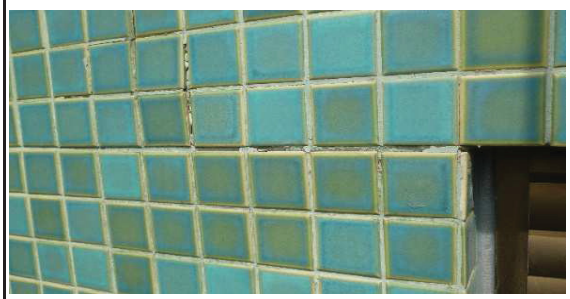
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
1	24	Fissura (cm)	120	
1	9	Desplacamento (cm²)	10 X 5 = 50	
1	1	Destacamento requadro (cm)	55	
2	22	Destacamento requadro (cm)	15	

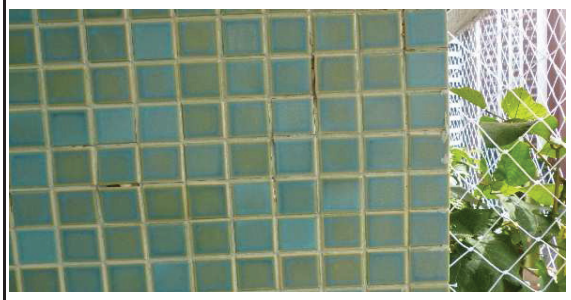
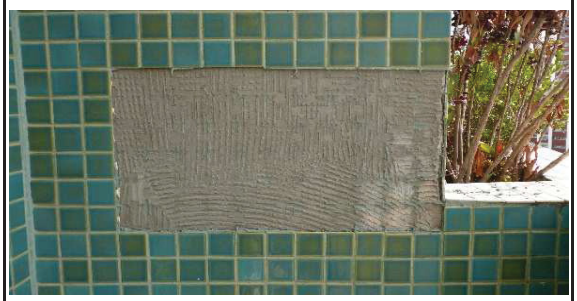
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
2	18	Desplacamento (cm²)	15 X 5 = 75	
2	18	Fissura (cm)	70	
2	17	Destacamento requadro (cm)	60	
2	16	Desplacamento (cm²)	20 X 10 = 200	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
2	15	Desplacamento (cm²)	40 X 30 = 1200	
2	6	Fissura (cm)	70	
2	3	Destacamento requadro (cm)	120	
2	2	Destacamento requadro (cm)	120	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
2	1	Desplacamento (cm²)	20 X 30 = 600	
3	24	Desplacamento (cm²)	10 X 5 = 50	
3	22	Descolamento (cm²)	30 X 30 = 900	
3	20	Desplacamento (cm²)	20 X 20 = 400	

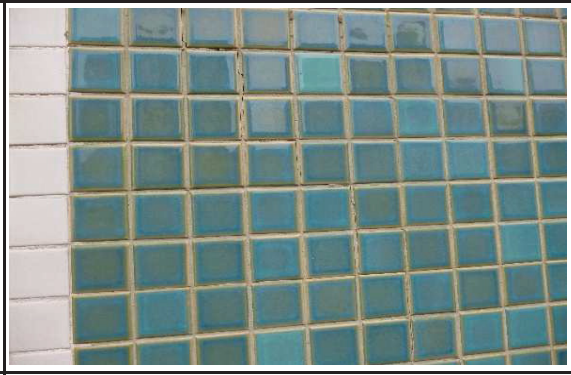
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
3	19	Descolamento (cm²)	30 X 20 = 600	
3	19	Desplacamento (cm²)	30 X 30 = 900	
3	19	Descolamento (cm²)	70 X 70 = 4900	
3	18	Desplacamento (cm²)	25 X 35 = 875	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
3	17	Descolamento (cm²)	80 X 60 = 4800	
3	16	Descolamento (cm²)	10 X 10 = 100	
3	15	Desplacamento (cm²)	60 X 20 = 1200	
3	14	Descolamento (cm²)	40 X 40 = 1600	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
3	14	Desplacamento (cm²)	20 X 20 = 400	
3	13	Descolamento (cm²)	35 X 35 = 1225	
3	13	Descolamento (cm²)	50 X 50 = 2500	
3	12	Desplacamento (cm²)	60 X 70 = 4200	

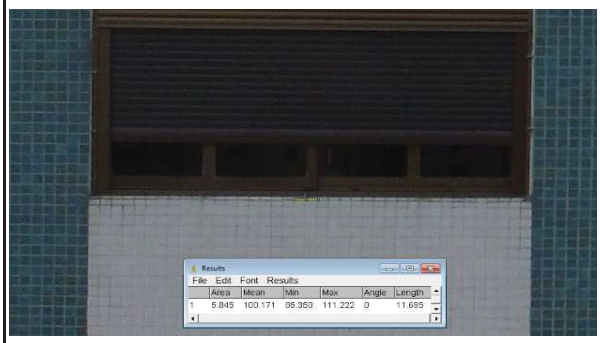
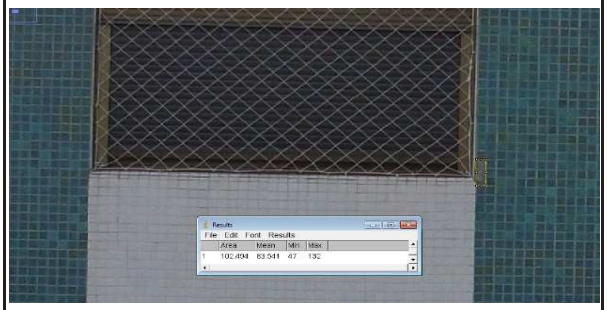
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
4	22	Desplacamento (cm²)	40 X 40 = 1600	
4	7	Destacamento requadro (cm)	80	
4	3	Descolamento (cm²)	70 X 15 = 1050	
6	20	Desplacamento (cm²)	10 X 5 = 50	

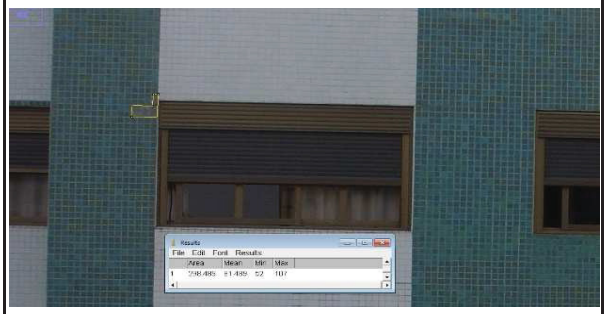
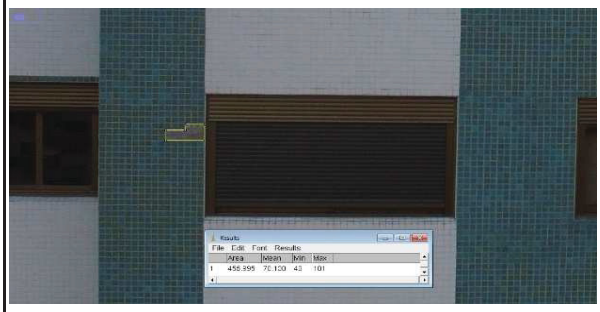
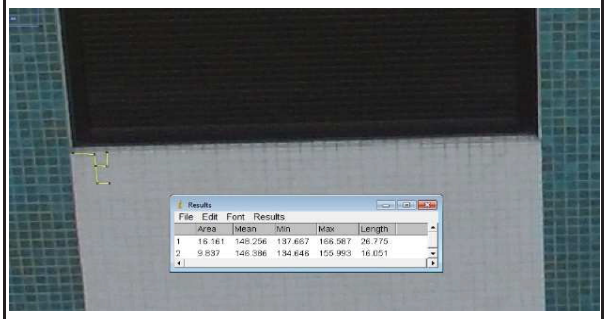
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
6	14	Destacamento requadro (cm)	15	
8	11	Desplacamento (cm²)	20 X 30 = 600	
8	10	Descolamento (cm²)	10 X 40 = 400	
8	7	Descolamento (cm²)	15 X 30 = 450	

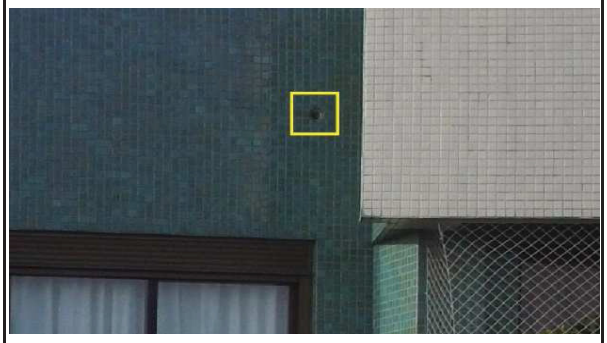
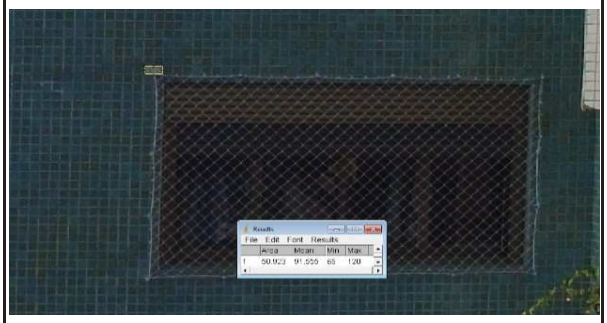
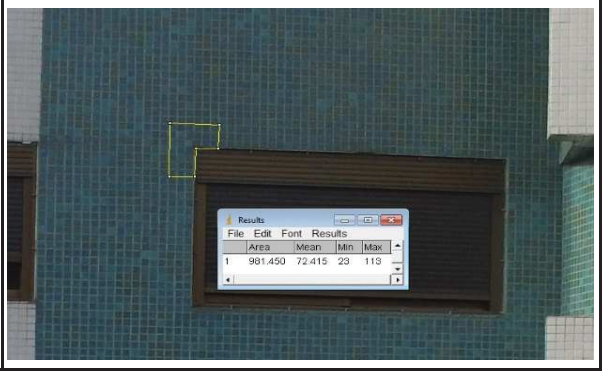
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
9	25	Sujidade severa (cm²)	150 X 150 = 22500	
9	6	Fissura (cm)	120	
10	17	Desplacamento (unidade)	1	
10	11	Descolamento (cm²)	15 X 5 = 75	

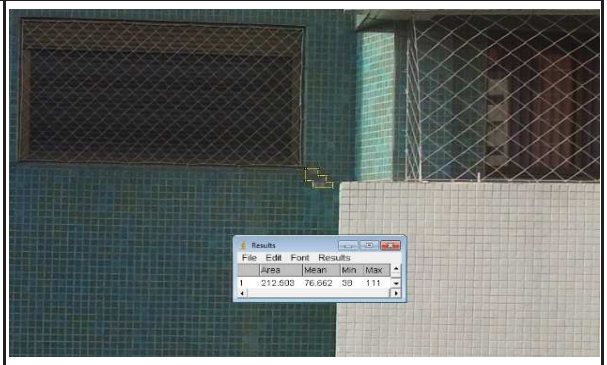
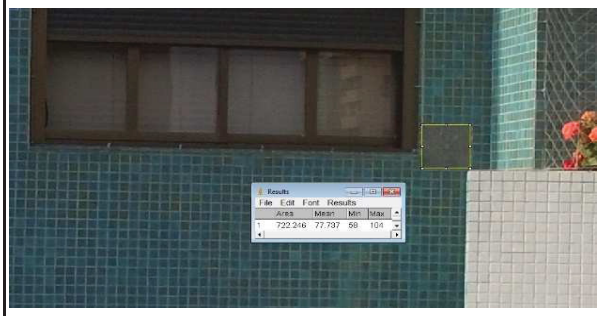
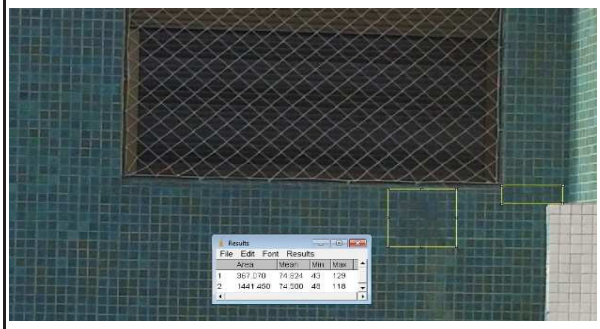
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
10	6	Destacamento requadro (cm)	120 X 5 = 600	

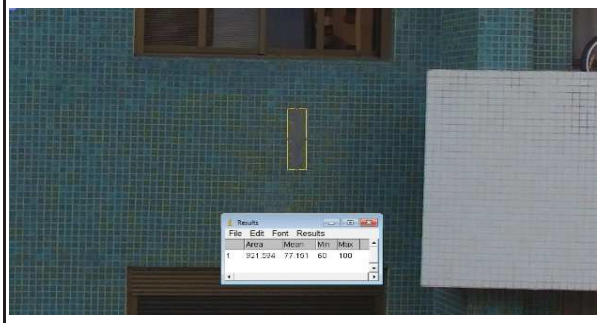
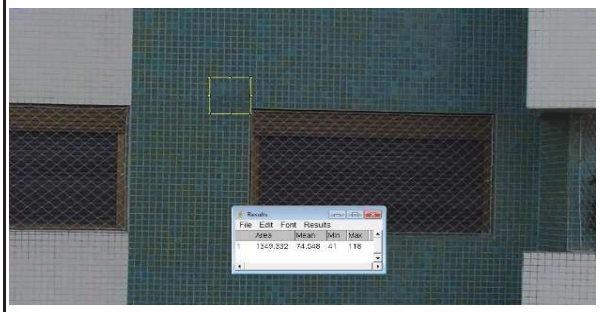
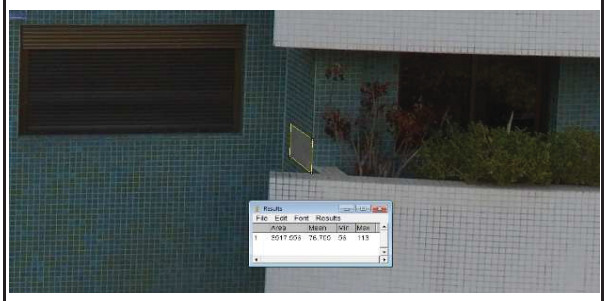
APÊNDICE 6 - PLANILHA DE DANOS VANT EDIF. C

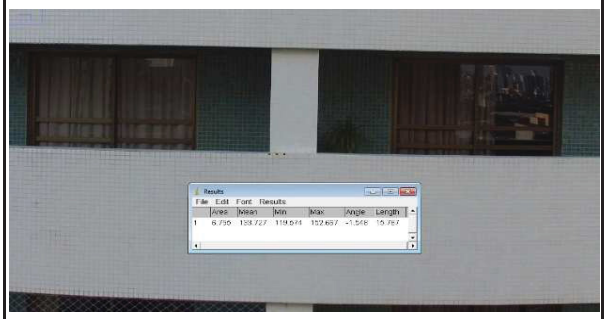
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
1	24	Fissura (cm)	103	
1	9	Desplacamento (cm²)	34	
2	22	Destacamento requadro (cm)	12	
2	18	Desplacamento (cm²)	102	

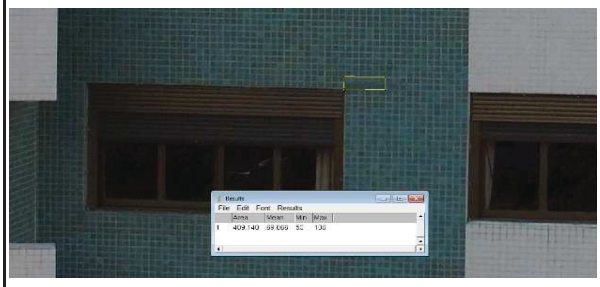
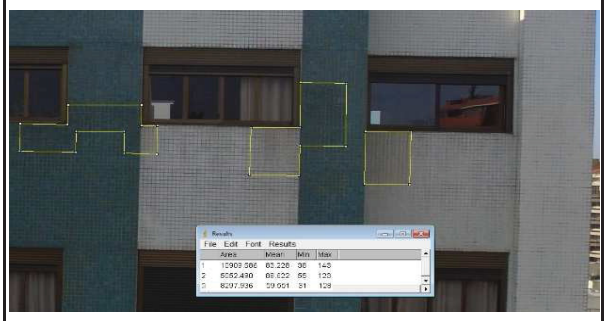
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
2	17	Destacamento requadro (cm)	63	
2	16	Desplacamento (cm²)	298	
2	15	Desplacamento (cm²)	456	
2	6	Fissura (cm)	43	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
2	1	Desplacamento (cm²)	642	
3	25	Ausência teminal tubo de ventilação (unidade)	1	
3	24	Desplacamento (cm²)	51	
3	22	Descolamento (cm²)	981	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
3	20	Desplacamento (cm²)	212	
3	19	Desplacamento (cm²)	722	
3	18	Desplacamento (cm²)	535	
3	18	Sujidade severa (cm²)	1808	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
3	15	Desplacamento (cm²)	921	
3	14	Desplacamento (cm²)	134	
3	13	Descolamento (cm²)	1349	
3	12	Desplacamento (cm²)	3517	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
4	22	Desplacamento (cm²)	1250	
6	20	Desplacamento (cm²)	55	
6	14	Destacamento requadro (cm)	16	
8	11	Desplacamento (cm²)	653	

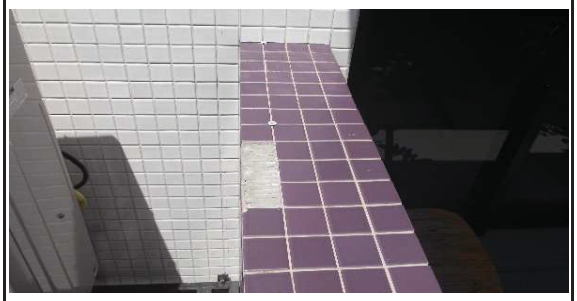
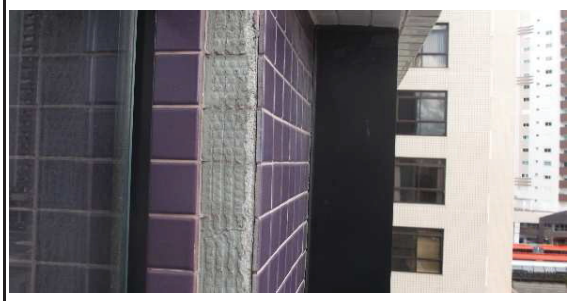
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
8	10	Descolamento (cm²)	409	
9	25	Sujidade severa (cm²)	24258	

APÊNDICE 7 - PLANILHA DE DANOS *IN SITU* EDIF. D

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
17	20	Desplacamento (unidade)	1	
17	20	Fissura (cm)	190	
17	19	Eflorescência (cm²)	20 X 20 = 400	
17	10	Descolamento (cm²)	40 X 40 = 1600	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
17	8	Descolamento (cm²)	30 X 60 = 1800	
17	7	Fissura (cm)	70	
17	3	Fissura (cm)	120	
17	2	Destacamento requadro (cm)	160	

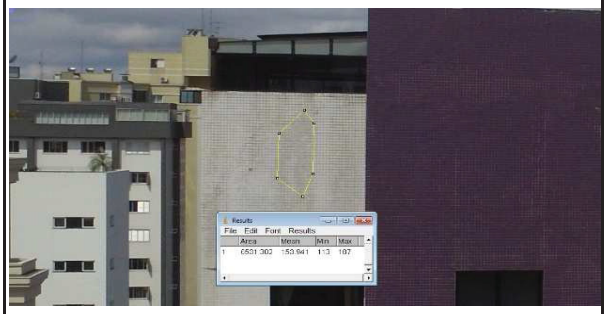
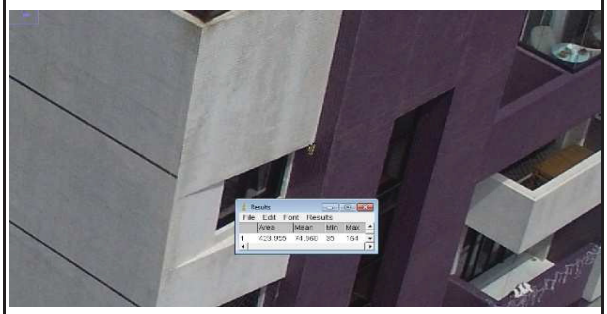
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
17	2	Desplacamento (unidade)	1	
19	20	Fissura (cm)	220	
19	13	Desplacamento (cm²)	5 X 10 = 50	
19	11	Desplacamento (unidade)	1	

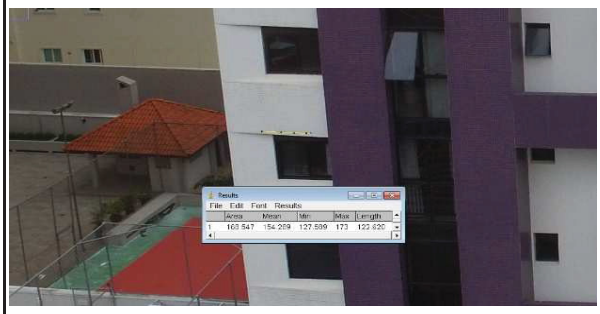
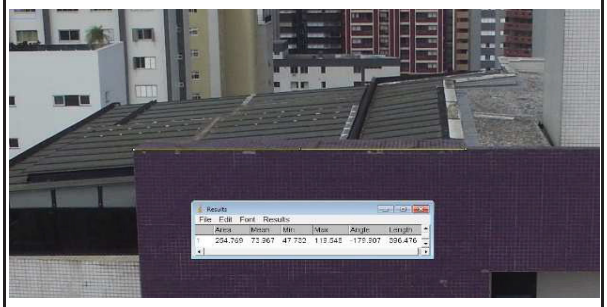
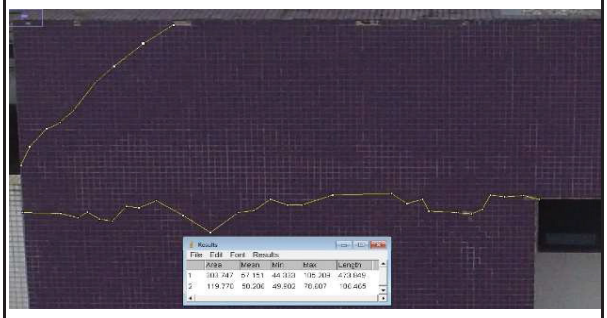
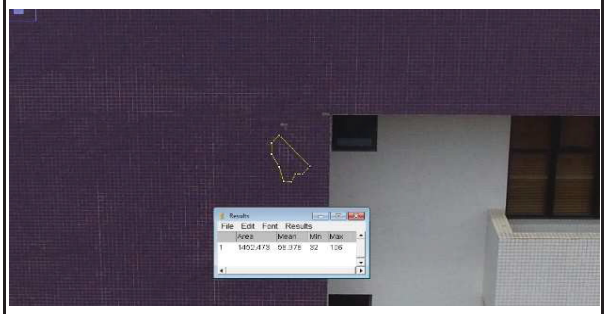
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
19	7	Desplacamento (cm²)	5 X 15 = 75	
20	15	Pastilha diferente (cm²)	5 X 25 = 125	
20	9	Desplacamento (cm²)	5 X 65 = 325	
20	5	Desplacamento (cm²) + Descolamento (cm²)	70 X 40 = 2800	

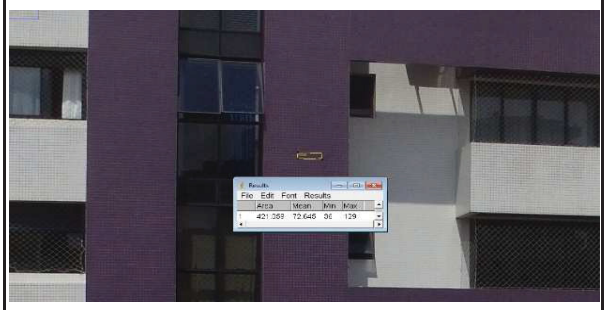
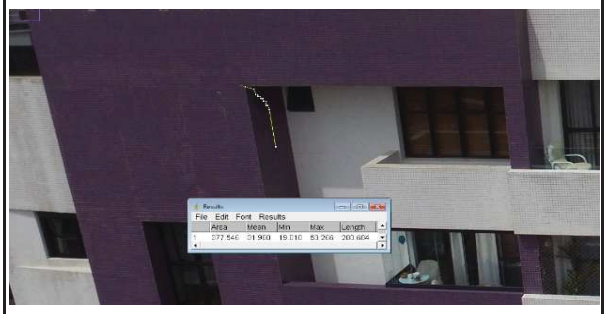
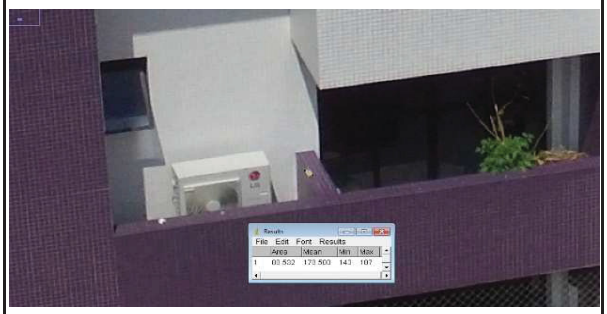
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
20	4	Descolamento (cm²)	80 X 40 = 3200	
20	3	Desplacamento (cm²) + Descolamento (cm²)	140 X 40 = 5600	
20	2	Descolamento (cm²)	120 X 40 = 4800	
20	1	Desplacamento (cm²) + Descolamento (cm²)	80 X 30 = 2400	

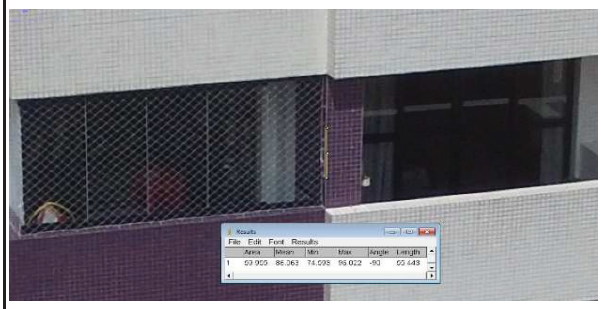
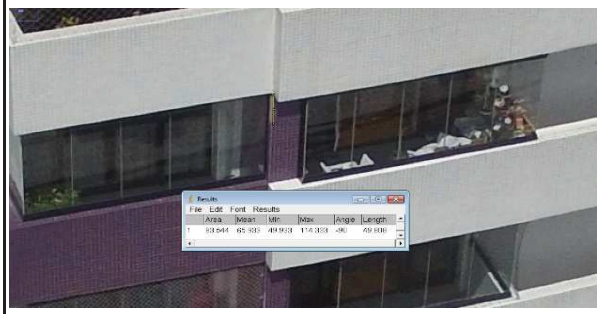
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
21	7	Descolamento (unidade)	1	
21	4	Desplacamento (cm²)	5 X 40 = 200	

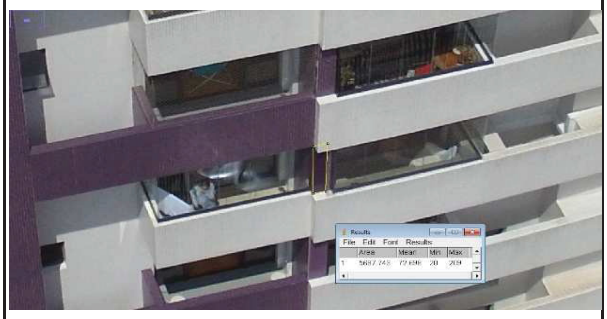
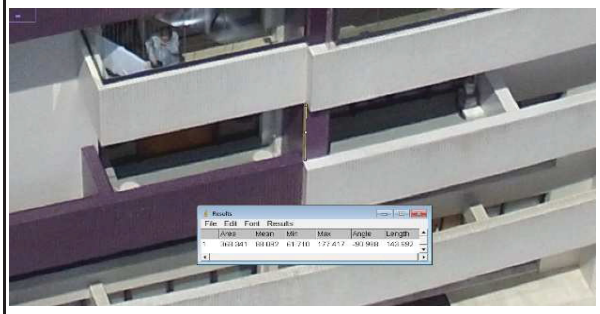
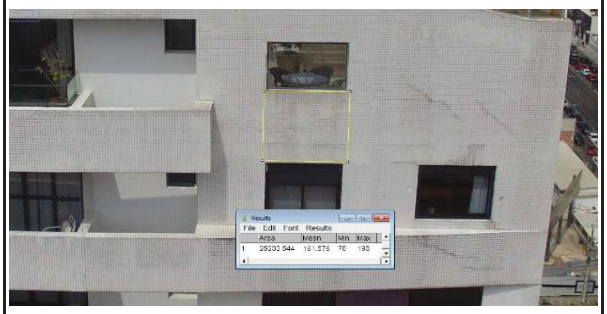
APÊNDICE 8 - PLANILHA DE DANOS VANT EDIF. D

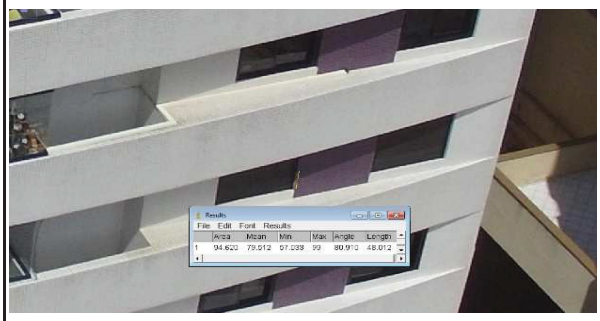
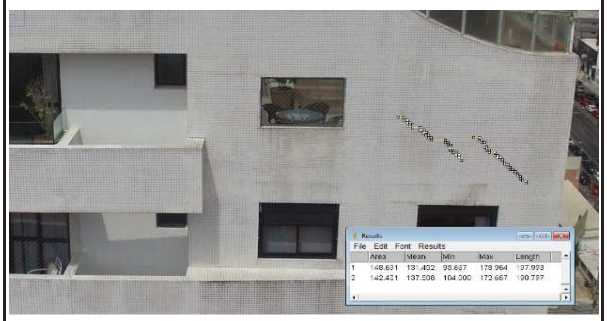
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
17	20	Desplacamento (unidade)	1	
17	20	Eflorescência (cm²)	6531	
17	20	Fissura (cm)	212	
17	19	Eflorescência (cm²)	424	

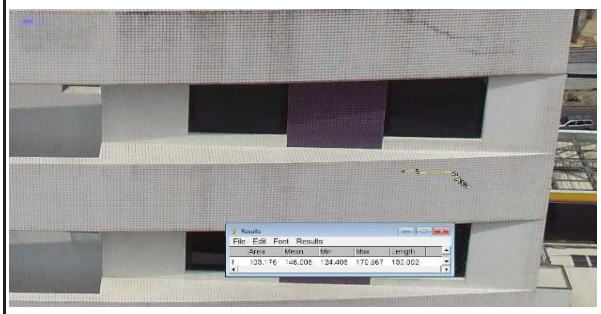
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
17	2	Destacamento requadro (cm)	123	
18	20	Destacamento requadro (cm)	396	
18	20	Fissura (cm)	474+186 = 660	
18	20	Eflorescência (cm²)	1452	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
18	14	Desplacamento (cm²)	421	
18	11	Desplacamento (unidade)	1	
19	20	Fissura (cm)	280	
19	7	Desplacamento (cm²)	89	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
20	19	Sujidade severa (cm²)	18164	
20	9	Desplacamento (cm²)	5 X 55 = 275	
20	5	Desplacamento (cm²)	5 X 50 = 250	
20	3	Desplacamento (cm²)	791	

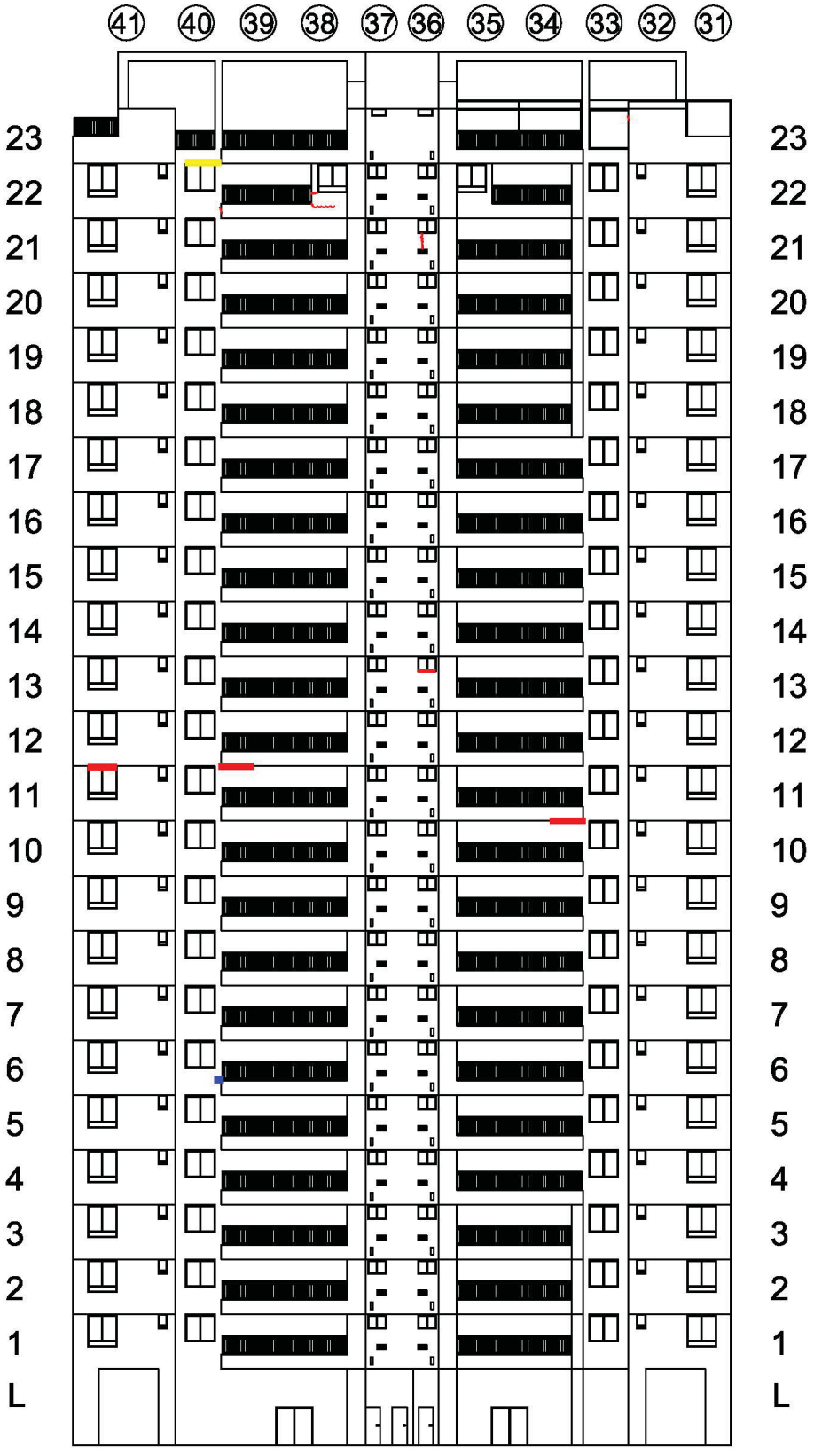
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
20	2	Descolamento (cm²)	5688	
20	1	Desplacamento (cm²)	5 X 144 = 720	
21	20	Fissura (cm)	106	
21	20	Sujidade severa (cm²)	25233	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
21	19	Fissura (cm)	22	
21	19	Sujidade severa (cm²)	39892	
21	4	Desplacamento (cm²)	5 X 48 = 240	
22	20	Fissura (cm)	198+191 = 389	

Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
22	20	Eflorescência (cm²)	3378	
22	19	Fissura (cm)	60+56+101 +154 = 371	
22	19	Desplacamento (unidade)	1	
22	18	Fissura (cm)	130	

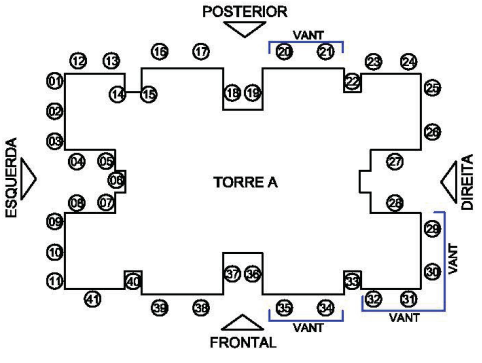
Prumada	Andar	Manifestação	Quantidade	FOTO
22	14	Fissura (cm)	162	
22	7	Desplacamento (unidade)	2	

APÊNDICE 9 - MAPA DE DANOS IN SITU EDIFÍCIO A

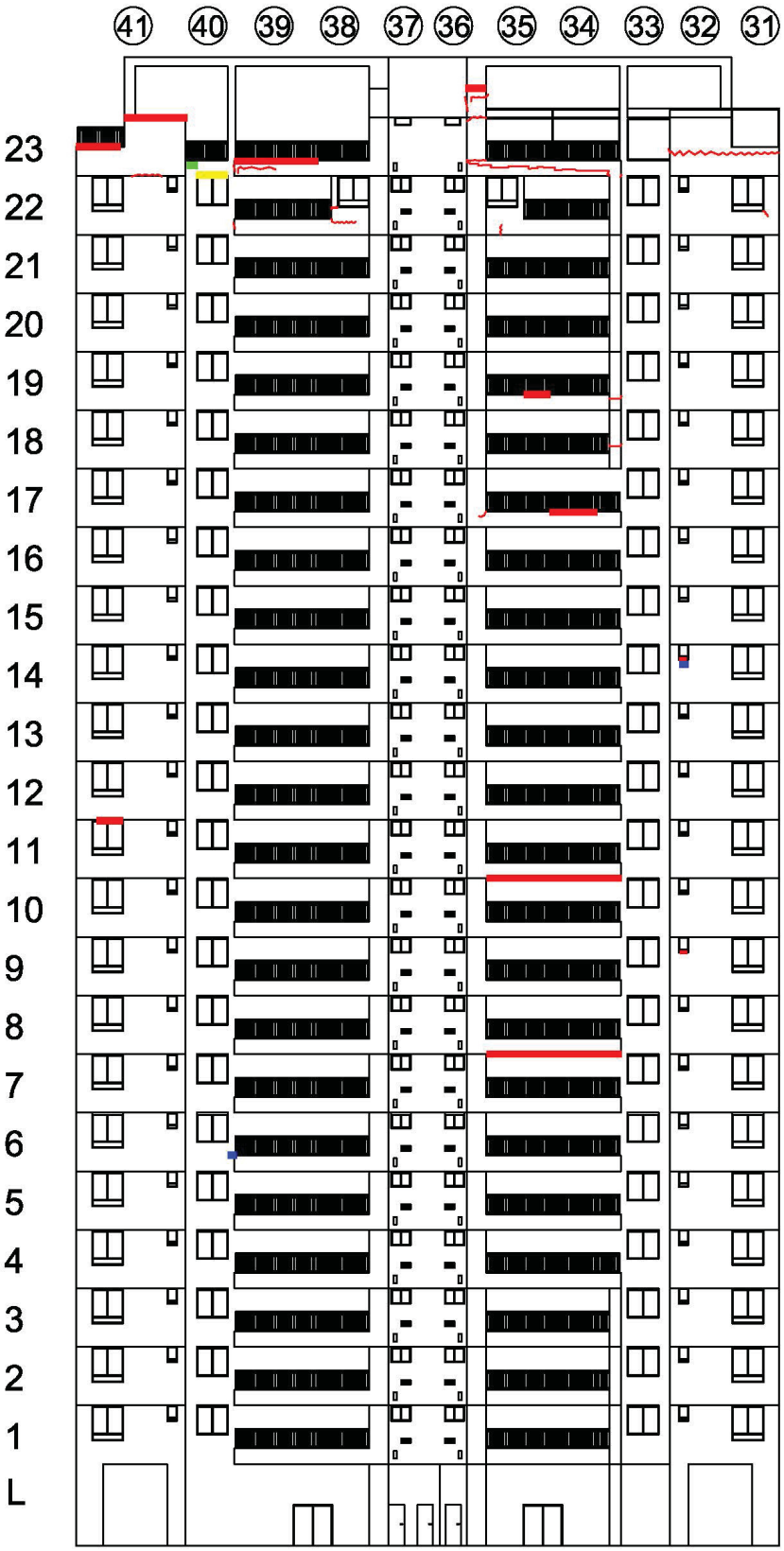


FACHADA FRONTAL

LEGENDA – MARCAÇÕES NA FACHADA
DESTACAMENTO
DESCOLAMENTO
EFLORESCÊNCIA
AUSÊNCIA DE REJUNTE
FISSURAS

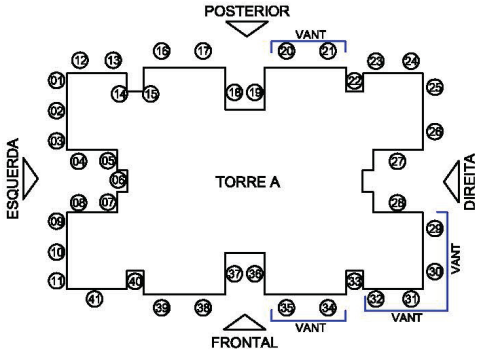


APÊNDICE 10 - MAPA DE DANOS VANT EDIFÍCIO A

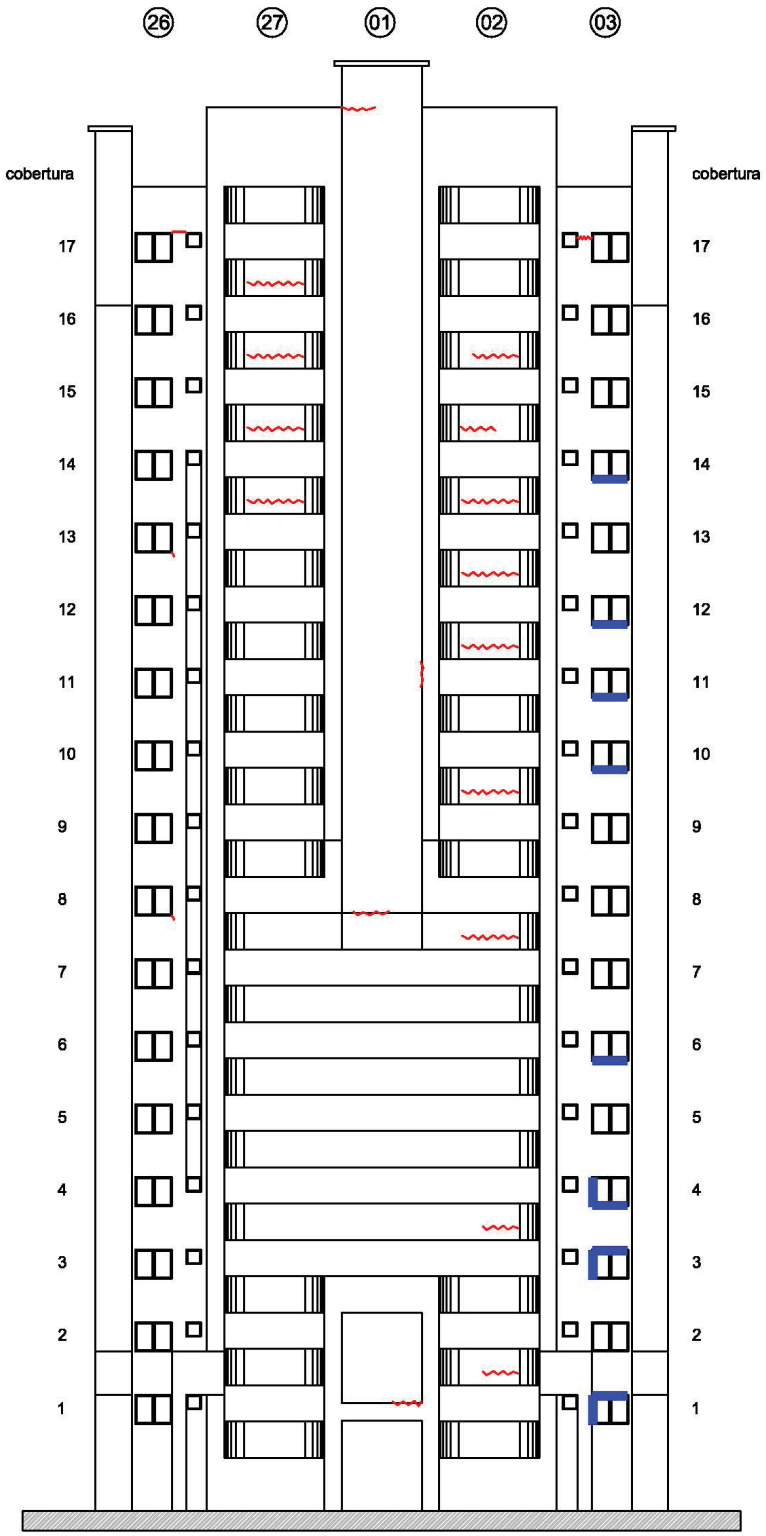


FACHADA FRONTAL

LEGENDA – MARCAÇÕES NA FACHADA
DESTACAMENTO
DESCOLAMENTO
EFLORESCÊNCIA
AUSÊNCIA DE REJUNTE
FISSURAS

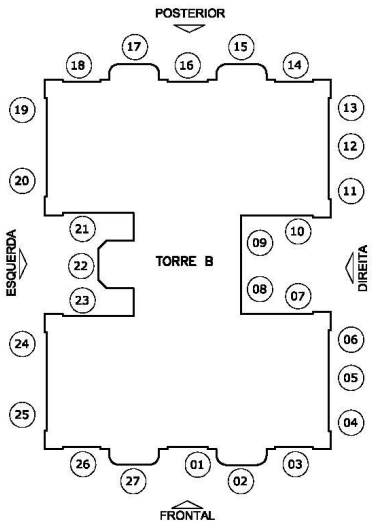


APÊNDICE 11 - MAPA DE DANOS IN SITU EDIFÍCIO B

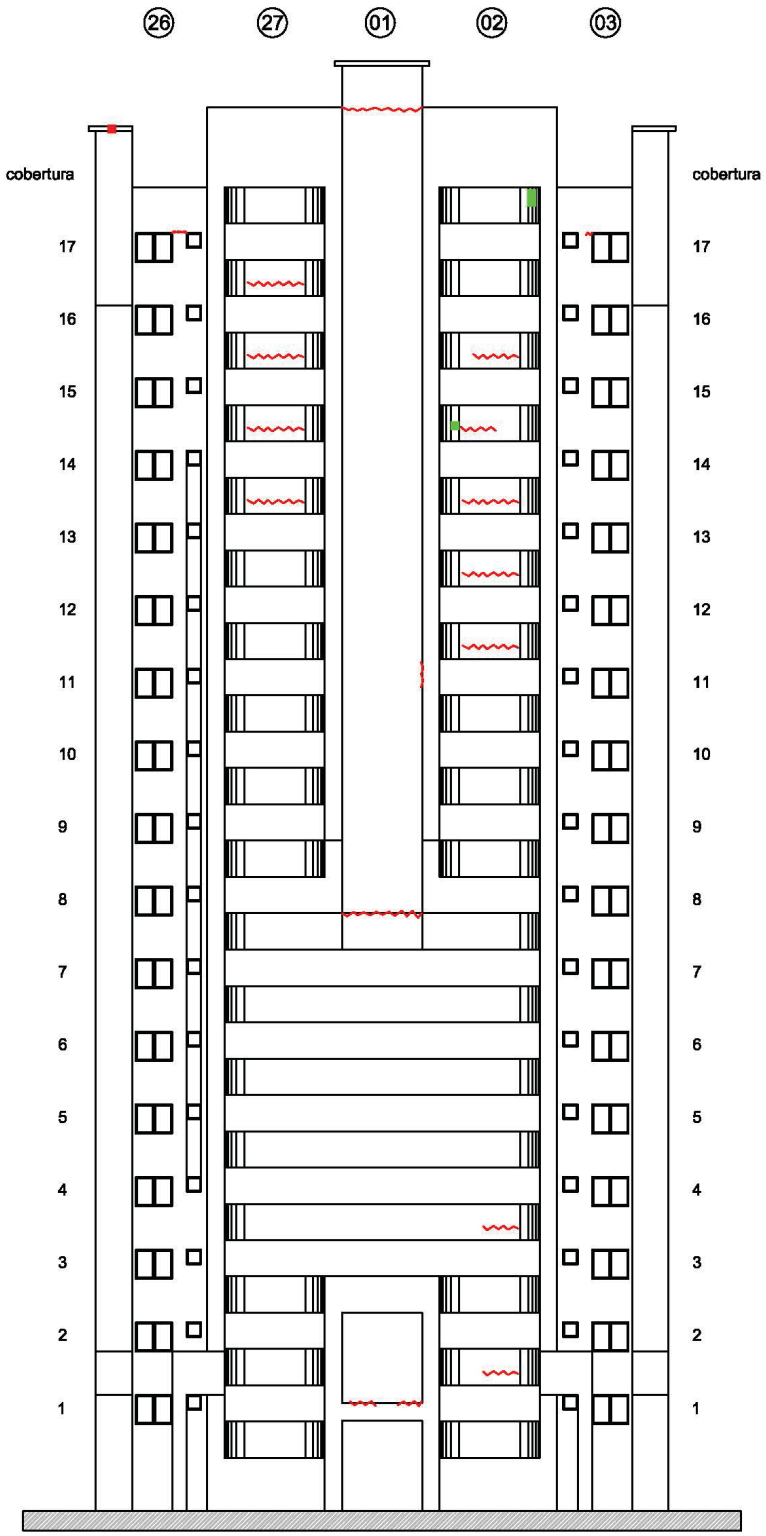


FACHADA FRONTAL

LEGENDA – MARCAÇÕES NA FACHADA	
	FALHA DE VEDAÇÃO
	FISSURAS

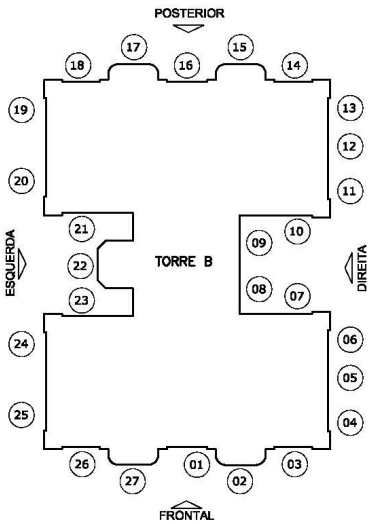


APÊNDICE 12 - MAPA DE DANOS VANT EDIFÍCIO B

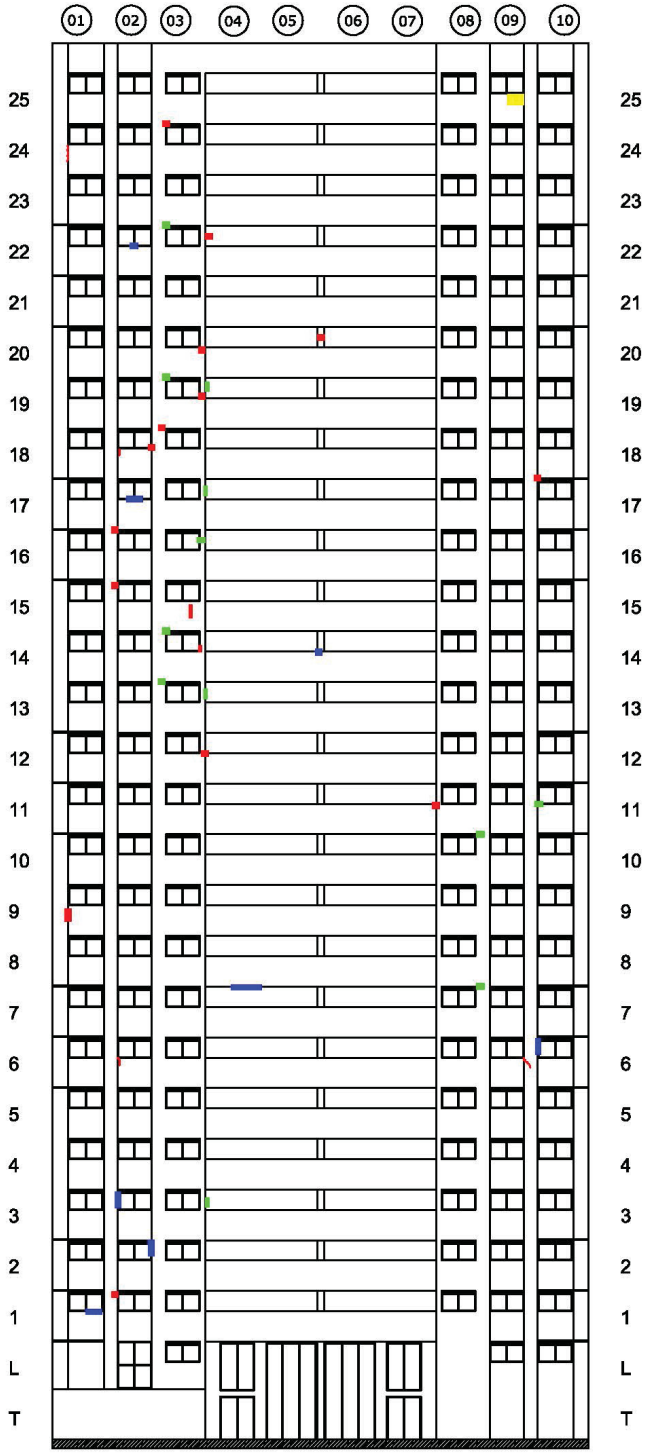


FACHADA FRONTAL

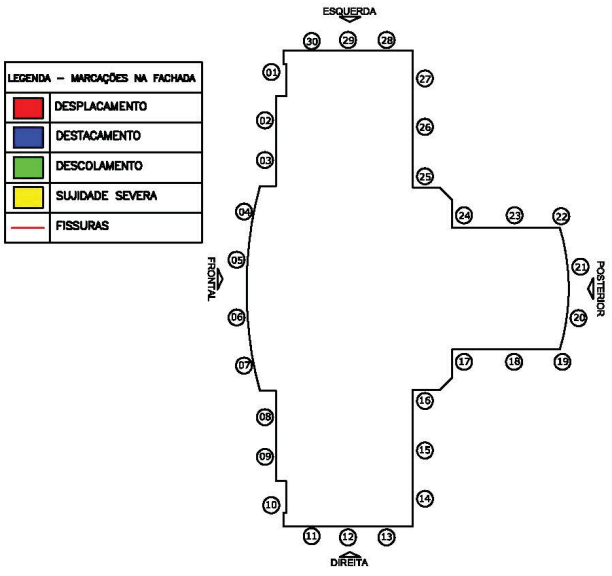
LEGENDA – MARCAÇÕES NA FACHADA	
	DESPLACAMENTO
	EFLORESCÊNCIA
	FISSURAS



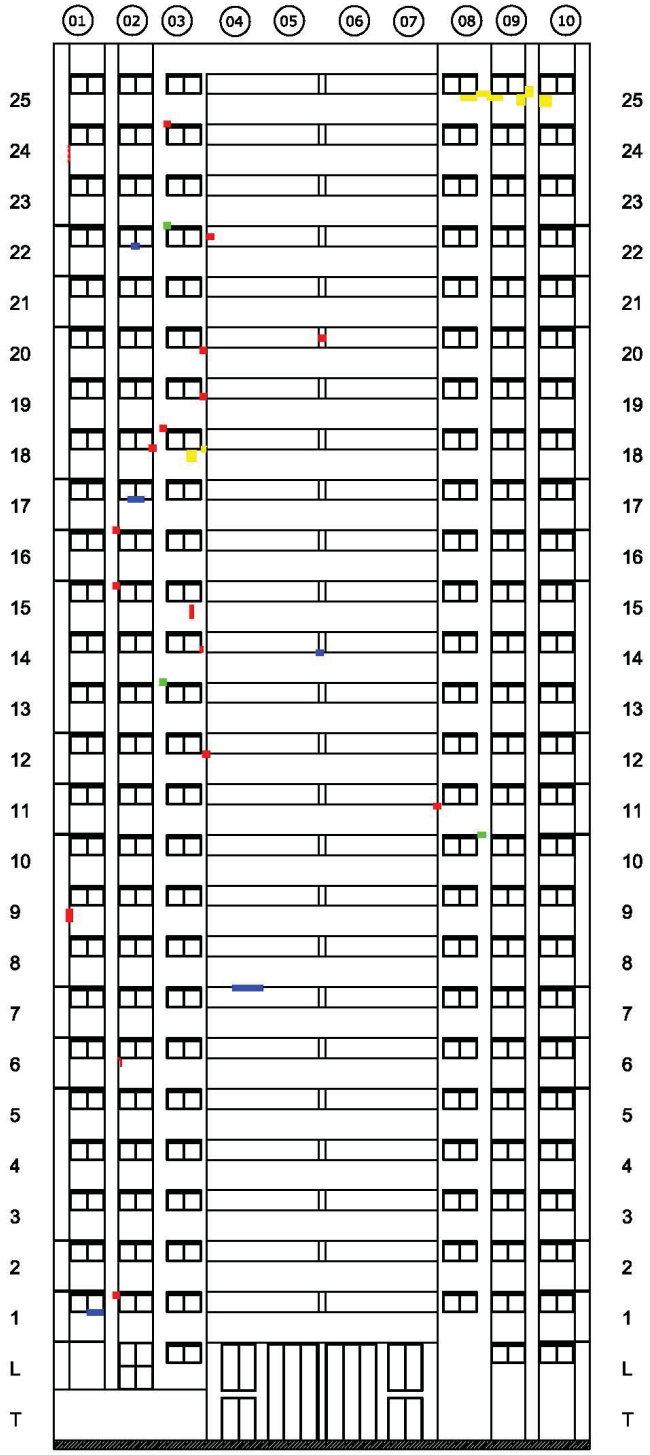
APÊNDICE 13 - MAPA DE DANOS IN SITU EDIFÍCIO C



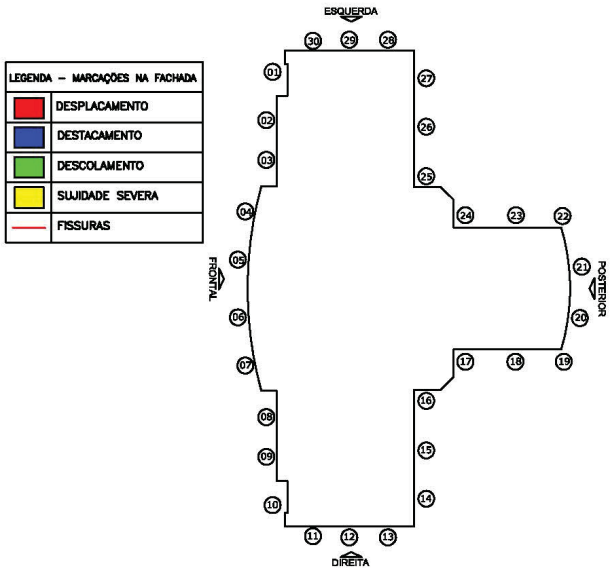
FACHADA FRONTAL



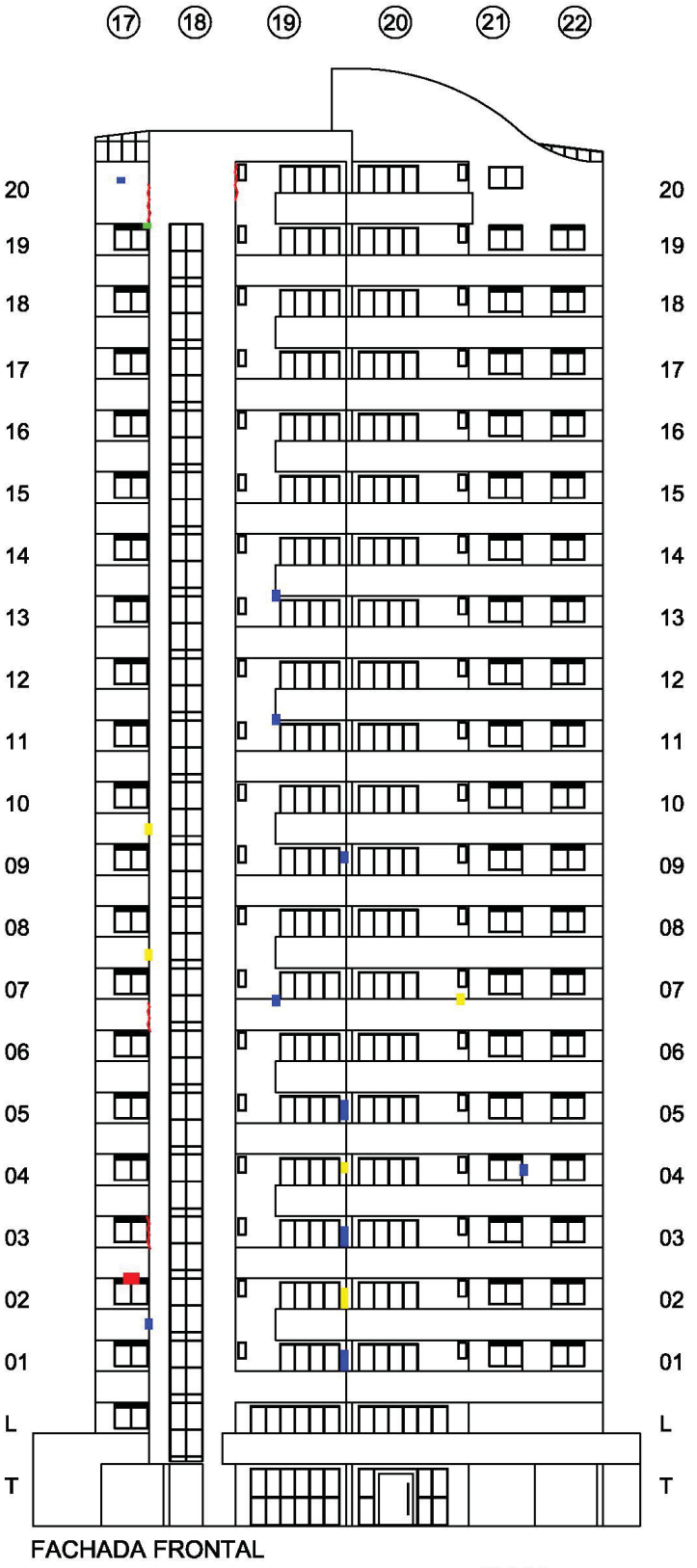
APÊNDICE 14 - MAPA DE DANOS VANT EDIFÍCIO C



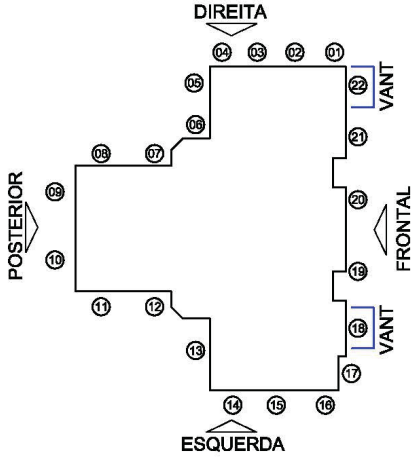
FACHADA FRONTAL



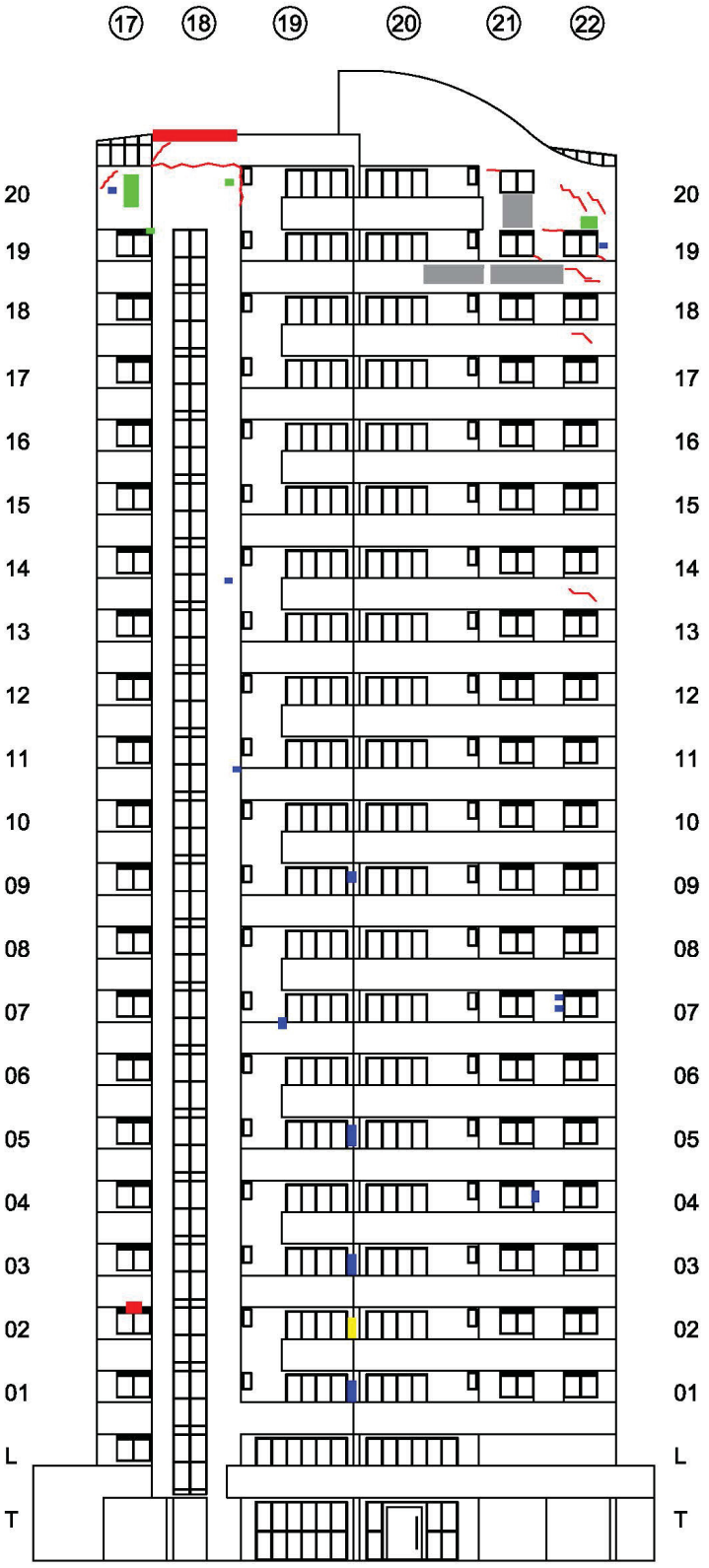
APÊNDICE 15 - MAPA DE DANOS IN SITU EDIFÍCIO D



FACHADA FRONTAL



APÊNDICE 16 - MAPA DE DANOS VANT EDIFÍCIO D



FACHADA FRONTAL

LEGENDA – MARCAÇÕES NA FACHADA	
	DESTACAMENTO
	DESPLACAMENTO
	EFLORESCÊNCIA
	DESCOLAMENTO
	SUJIDADE SEVERA
	FISSURAS