

Mapeamento de fachadas por meio de imagens panorâmicas obtidas por Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT)

M. Bordinhão^{1*} , B. Tamiosso¹ , S. Venquiaruto¹ , A. Temp¹ , F. Costa^{1,2} 

* Autor de Contato: mbordinhao.engcivil@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v14i3.752>

Recebido: 01/06/2024 | Correções recebidas: 24/08/2024 | Aceito: 29/08/2024 | Publicado: 01/09/2024

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar a contribuição do Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) na identificação e na quantificação de manifestações patológicas nas fachadas da edificação DTIC da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) campus Alegrete/RS, antes e após seis meses a sua manutenção. Utilizaram-se imagens e fichas de inspeção para a elaboração dos Mapas de Danos e o Método de Gradeamento para quantificação. A comparação dos mapas, antes e após a manutenção, revelou que a intervenção (pintura) foi ineficaz, ocultando temporariamente as anomalias sem corrigi-las. O uso de Veículos Aéreos Não Tripulados mostrou-se uma boa ferramenta para a inspeção, proporcionando economia de tempo, diagnóstico eficaz e segurança ao operador, eliminando a necessidade de trabalho em altura.

Palavras-chave: anomalias; inspeção de fachadas; mapa de danos; manifestações patológicas; VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado).

Citar como: Bordinhão, M., Tamiosso, B., Venquiaruto, S., Temp, A., Costa, F. (2024), “Mapeamento de fachadas por meio de imagens panorâmicas obtidas por Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT)”, Revista ALCONPAT, 14 (3), pp. 318 – 331, DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v14i3.752>

¹ Grupo de Pesquisa em Tecnologia da Construção – GPTeC, Universidade Federal do Pampa, Alegrete/RS, Brasil.

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia – PPEng, Universidade Federal do Pampa, Alegrete/RS, Brasil.

Contribuição de cada autor

Neste trabalho, o autor Bordinhão, M. contribuiu como executor, escritor e colaborador na ideia da pesquisa. Os autores Venquiaruto, S. e Costa, F. contribuíram na elaboração da ideia da pesquisa e na redação do trabalho. Os autores Tamiosso, B. e Temp, A. contribuíram na redação do trabalho, em porcentagens iguais.

Licença Creative Commons

Copyright (2024) é propriedade dos autores. Este trabalho é um artigo de acesso aberto publicado sob os termos e condições de uma Licença Internacional Creative Commons Atribuição 4.0 ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

Discussões e correções pós-publicação

Qualquer disputa, incluindo as respostas dos autores, será publicada na segunda edição de 2025, desde que as informações sejam recebidas antes do fechamento da primeira edição de 2025.

Mapping building facades using panoramic images captured by Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

ABSTRACT

This work aims to verify the building pathologies of DTIC's building front (Diretoria de Tecnologia da Informação e Comunicação at Federal University of Pampa – Alegrete/RS, Brazil) by using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV). The study was conducted before and six months after its maintenance. Images and inspection records were used to elaborate the Damage Maps and the Grid Method for pathologies quantifications. The comparison of the Damage Maps before and after maintenance has revealed that the intervention (paint) was not efficient, since it has disguised temporarily the anomalies without correcting them. The use of UAV proved to be a good tool for building inspections, providing effective diagnosis, time-saving and security for the operator without working at height.

Keywords: anomalies; building inspection; damage map; pathological manifestations; UAV (Unmanned Aerial Vehicle)..

Mapeo de fachadas mediante imágenes panorámicas obtenidas por Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT)

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la contribución del Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT) en la identificación y cuantificación de manifestaciones patológicas en las fachadas del edificio DTIC de la Universidad Federal de Pampa (UNIPAMPA) campus Alegrete/RS, antes y después de seis meses de su mantenimiento. Se utilizaron imágenes y fichas de inspección para la elaboración de los Mapas de Daños y el Método de Gradación para cuantificación. La comparación de los mapas, antes y después del mantenimiento, reveló que la intervención (pintura) fue ineficaz, ocultando temporalmente las anomalías sin corregirlas. El uso de Vehículos Aéreos No Tripulados demostró ser una buena herramienta para la inspección, proporcionando ahorro de tiempo, diagnóstico eficaz y seguridad al operador, eliminando la necesidad de trabajo en altura.

Palabras clave: anomalías; inspección de fachadas; mapa de daños; manifestaciones patológicas; VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado).

Informações legais

Revista ALCONPAT é uma publicação trimestral da Associação Latino-Americana de Controle de Qualidade, Patologia e Recuperação de Construção, Internacional, A.C., Km. 6, antiga estrada para Progreso, Merida, Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Website: www.alconpat.org

Reserva de direitos de uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos concedidos pelo Instituto Nacional de Direitos Autorais. Editor responsável: Dr. Pedro Castro Borges. Responsável pela última atualização deste número, Unidade de Informática ALCONPAT, Eng. Elizabeth Sabido Maldonado.

As opiniões expressas pelos autores não refletem necessariamente a posição do editor.

A reprodução total ou parcial do conteúdo e das imagens da publicação é realizada de acordo com o código COPE e a licença CC BY 4.0 da Revista ALCONPAT.

1. INTRODUÇÃO

No contexto atual da construção civil brasileira, tem-se observado um aumento expressivo de edificações com problemas relacionados a agentes de degradação em fachadas, que contribuem para o baixo desempenho estético, estanqueidade, conforto e economia. A compreensão da relevância da manutenção de edificações já esta intrinsecamente estabelecida em âmbito global, e, quando realizadas preventivamente é fundamental para aprimorar a durabilidade da estrutura e de seus elementos constituintes (Pereira, Silva e Brito, 2018).

A presença de manifestações patológicas em fachadas é considerada um dos elementos de maior peso estético, ocasionando um desconforto sob o ponto de vista do usuário. Além do mais, as manifestações patológicas externas, são responsáveis por elevados custos de manutenção e reparos (Olivi, 2013; França, 2016). Nesse contexto, tornam-se necessárias a inspeção, identificação e quantificação das manifestações patológicas, para evitar manutenções onerosas futuramente. Na busca por produzir mais em menos tempo, faz com que ocorram falhas nas fases de projeto e execução. Entretanto, os avanços tecnológicos têm gerado novas práticas, materiais e equipamentos no ambiente da construção civil, como por exemplo, a utilização de Veículos Aéreos não Tripulados (VANTs). Diante da dificuldade de acesso físico as partes altas das edificações, alto risco e redução do tempo, a utilização de VANTs para inspeções colabora diretamente na agilidade do processo (Souza, 2018).

Diante do exposto, torna-se evidente a necessidade de valorizar os levantamentos das manifestações patológicas utilizando o VANT, pois oferecem uma maneira eficiente e segura de coletar dados detalhados sobre o estado das edificações, permitindo uma análise detalhada das manifestações patológicas. Isso é crucial, não apenas para entender a extensão dos danos, mas também para planejar intervenções de manutenção eficazes. A utilização dessas tecnologias emergentes não só simplifica o processo de inspeção, mas também melhora a precisão e a velocidade na obtenção de informações essenciais para a tomada de decisões técnicas, justificando, assim, a proposta desta pesquisa. Posto isto, este trabalho tem como objetivo avaliar a contribuição do VANT na facilitação da identificação e da quantificação das manifestações patológicas de edificações. A pesquisa foi desenvolvida na edificação DTIC, localizada na Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete/RS. Por meio de vistoria técnica foram identificadas as anomalias na edificação em duas etapas distintas, antes e após seis meses da sua manutenção. Posteriormente, os Mapas de Danos foram elaborados e correlacionados e foi avaliado a contribuição do VANT no processo de mapeamento da edificação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Inspeção Predial Com VANT

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e Norma Brasileira NBR 16747 (ABNT, 2020), a avaliação envolve a análise da condição do edifício em relação à sua capacidade de atender às suas funções de acordo com os requisitos dos usuários. Isso inclui o registro de anomalias, falhas de manutenção, uso e operação, bem como manifestações patológicas identificadas nos vários componentes da edificação. As inspeções devem descrever a degradação de cada sistema, sempre que possível estimar a perda do seu desempenho e recomendar ações para minimizar os serviços de manutenção corretiva contendo prognóstico de ocorrências (ABNT 2012).

Até recentemente, profissionais qualificados conduziam inspeções prediais em edifícios e condomínios, visando avaliar in loco a estrutura. Essa avaliação incluía uma análise técnica das condições de conservação, segurança e estabilidade da construção, fazendo uso de recursos como câmeras fotográficas e planilhamento. No entanto, com o advento de novas tecnologias, surgiram equipamentos inovadores, sendo os VANTs, no qual tem como principal objetivo a otimização do

tempo, conforto, eliminação da necessidade de equipamentos de elevação, operadores especializados e aumento da segurança durante o processo de inspeção (Souza, 2018). O uso do VANT se destaca em várias áreas do setor da engenharia civil, dentre elas: Área de infraestrutura urbana; Infraestrutura de pavimentos; Inspeção de estruturas com intuito de avaliação dos danos (Passuello, 2021). Diante de locais perigosos que exigem equipamentos de segurança especializados, os VANTs podem ser aplicados para o monitoramento do canteiro de obras para conhecimento completo do local. Outra finalidade dos VANTs na construção civil, é coletar remotamente dados de umidade, quando acoplado uma câmera termográfica (Wasaki, 2022).

2.2 Mapa De Danos

De acordo com Gaspar e Brito (2013), o mapa de danos se trata de um documento gráfico que resume as informações levantadas sobre os danos observados no objeto em estudo. Este documento deve abranger todas as manifestações patológicas identificadas nos elementos constituintes da estrutura. Em adição, Tirello e Correa (2012) e Costa (2010), conceituam o mapa de danos como um registro fotográfico minucioso e rigoroso da estrutura, com a identificação das manifestações patológicas presentes, abrangendo várias formas de representação (símbolos, manchas de cores ou texturas, índice de letras ou números, entre outros), sendo o retrato mais fiel do estado de conservação em que se encontra a edificação.

Na visão de Barthel, Lins e Pestana (2009), o mapa de danos tem como objetivo ter um rigor de identificação dos danos, para facilitar futuras ações preventivas (manutenção do estado de conservação) e de intervenções, trazendo maior durabilidade e significância na vida útil da edificação. Por melhor que seja o mapa de danos, em um determinado tempo, será necessário refazer o trabalho, visto que o diagnóstico certamente mudará em virtude do desenvolvimento das manifestações patológicas. Também cabe ressaltar que para o processo de identificação de anomalias para a confecção dos mapas de danos não é um processo trivial e depende do conhecimento das suas formas de manifestação (Lopes, Bauer e Silva, 2024).

Para auxiliar na realização do mapa de danos, recomenda-se a elaboração de Fichas de Identificação de Danos (FIDs). As FIDs são documentos primários da base de dados (impressos ou em meio digital), que contêm registros, anotações gráficas e fotográficas sobre o estado atual que a edificação se encontra. Tais documentos, são os principais materiais para a produção do mapa de danos, no qual deve-se fazer o uso de um vocabulário objetivo e claro, portanto, é necessário ter atenção para transmitir corretamente o estado de conservação do edifício a ser inspecionado (Tinoco, 2009).

2.3 Quantificação Das Manifestações Patológicas

Para realizar a quantificação das manifestações patológicas, Silva (2014) recomenda a utilização do método do gradeamento. No estudo realizado por Silva (2014) foram conduzidos testes na elaboração de mapas de danos em malhas de diferentes dimensões (1,60 x 1,60 m, 1,00 x 1,00 m e 0,70 x 0,70 m) a fim de avaliar os resultados obtidos. O autor constatou a necessidade de um refinamento adicional na resolução das malhas para o mapeamento de danos, até chegar à dimensão utilizada de 0,50 m x 0,50 m. Segundo Silva (2014), cada unidade de malha é considerada como uma representação de dano, e para converter essas unidades de danos em metros quadrados, é necessário multiplicar pelo valor correspondente à área de uma unidade de malha. Essa contagem de danos convertida em área será posteriormente empregada no cálculo do Fator de Danos (FD). Portanto, o método se baseia na sobreposição de uma malha (Figura 1) com unidades de 0,50 m x 0,50 m sobre o mapa de danos de cada fachada da edificação. Cada unidade da malha corresponde a 0,25 m² da área. Posteriormente, aplica-se o índice denominado Fator de Danos – Equação 1. O FD avalia a extensão dos danos em função da área total da fachada e consiste em um parâmetro inicial de análise, podendo ser utilizado como diagnóstico simples da porcentagem de área total degradada.

$$FD = \frac{\sum Ad(n)}{At} \times 100 \quad (1)$$

FD: Fator de Dano total da fachada (%);

Ad: Área danificada de determinada anomalia (n), calculada na fase de mapeamento (m²);

At: Área total da fachada (m²).

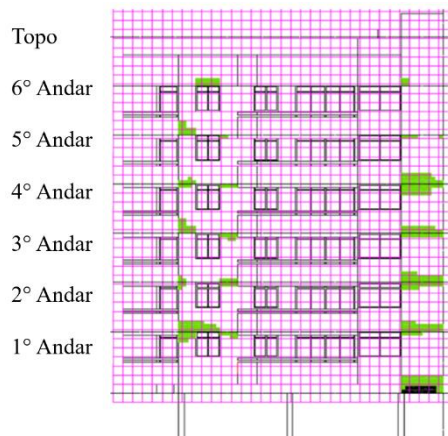


Figura 1. Sobreposição de malha para quantificação de manifestações patológicas.

Para Silva (2014), o Fator de Danos pode ser calculado tanto em termos de área danificada de uma determinada manifestação patológica, quanto em termos da área total danificada, englobando todos os tipos de danos. O autor ressalta que uma área danificada total pode ser, teoricamente, maior que a área da amostra da fachada, considerando que em uma mesma unidade de malha pode existir mais de um tipo de manifestação patológica e que cada unidade de malha é quantificada separadamente.

3. METODOLOGIA

Este estudo foi dividido em quatro (4) etapas: Etapa 1 - a visita à edificação; Etapa 2 - coleta de dados; Etapa 3 - tratamento dos dados e Etapa 4 - análise dos resultados da pesquisa. A Figura 2 apresenta o detalhamento de cada uma das etapas da pesquisa.

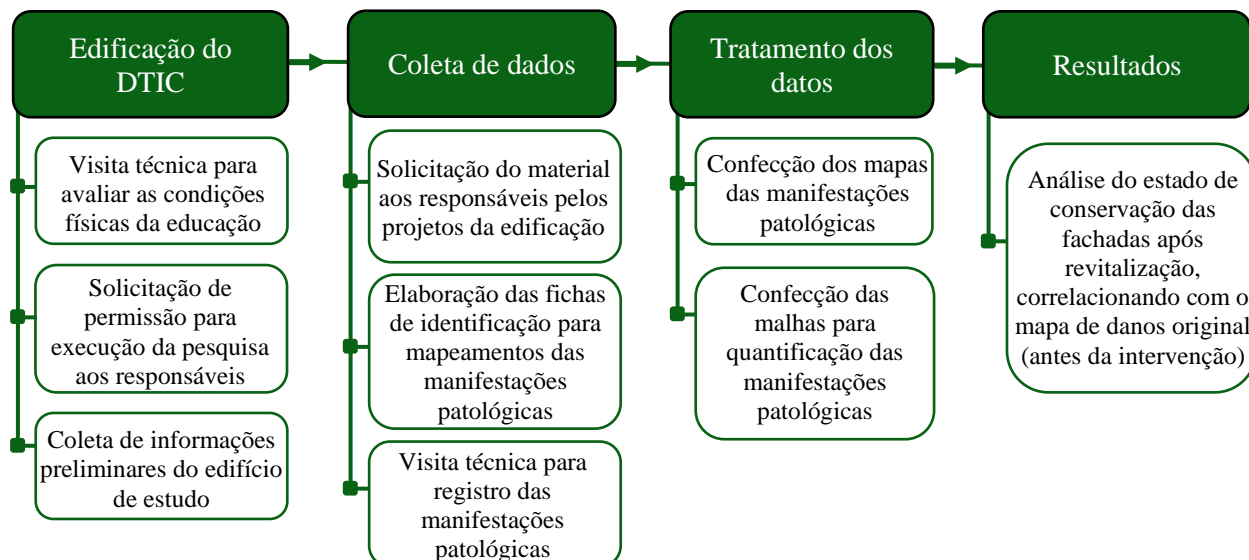


Figura 2. Etapas do Programa Experimental.

3.1 Edificação

O edifício analisado é patrimônio federal da UNIPAMPA Campus Alegrete (Figura 3), chamado de DTIC (Diretoria de Tecnologia da Informação e Comunicação). A execução da edificação foi concluída no ano de 2015 e funciona como um órgão suplementar da Reitoria. A edificação é composta por dois (2) pavimentos e possui uma área total de 1346 m² em estrutura de concreto armado e fechamento em alvenarias de vedação em blocos cerâmicos. Suas fachadas são revestidas com revestimento argamassado e acabamentos com pintura (tinta acrílica), as paredes internas possuem acabamento em tinta acrílica fosca.



Figura 3. Edificação de estudo: a) Localização da edificação no Campus da UNIPAMPA em Alegrete/RS; b) Fachada de acesso a edificação DTIC.

O edifício passou por uma manutenção das fachadas, realizada no ano de 2022, sendo executada a pintura em todas as fachadas. Cabe salientar que não foram realizados reparos das manifestações patológicas existentes e também não houve limpeza das fachadas, o que é recomendado para o sucesso da intervenção.

3.2 Coleta De Dados

O VANT empregado na identificação dos danos das fachadas foi o DJI Mavic 2 Enterprise Advanced, equipado com uma câmera termográfica radiométrica de resolução térmica de 640 x 512 pixels, além de uma câmera visual com resolução de 48 megapixels, sensor CMOS de 1/2" e zoom digital de 32x. A inspeção visual consistiu de duas etapas distintas, antes da intervenção da pintura das fachadas e após seis (6) meses de sua execução. O objetivo das duas inspeções foi verificar se as manifestações patológicas se manifestariam em um curto período de tempo, uma vez que não estavam sendo tratadas as causas das mesmas durante a manutenção da edificação (pintura).

No dia 17/11/2022 foi realizada a primeira inspeção visual e registros fotográficos por VANT, como demonstrado na Figura 4 com intuito de registrar as anomalias presentes no edifício. A distância lateral do drone em relação ao edifício foi de aproximadamente 2,5 metros, utilizando-se 1,5 metros para capturar detalhes relevantes de forma próxima, mantendo uma margem de segurança. Além disso, foram utilizadas distâncias de 10 a 30 metros para capturar a estrutura como um todo. O mapeamento foi realizado no sentido horário, começando do ponto mais alto do edifício em direção à base, com um tempo de voo aproximado de 40 minutos. É fundamental observar as regulamentações locais e considerar as condições ambientais ao planejar o mapeamento com VANT.

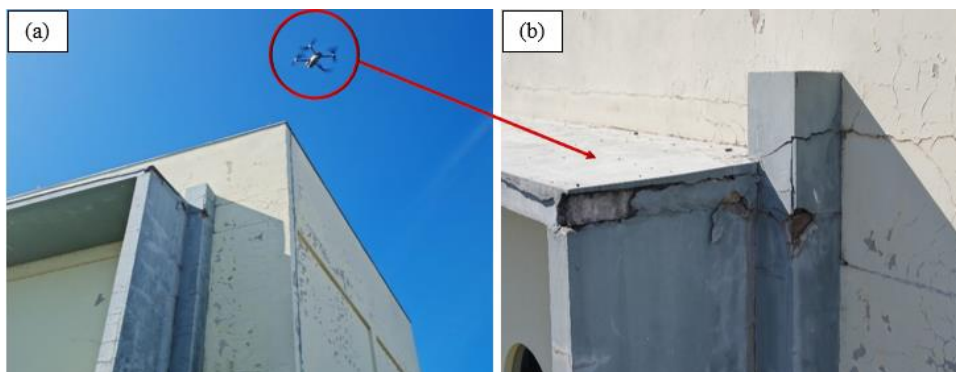


Figura 4. Fachada Norte: Detalhe do voo (a), Captura de imagem com VANT (b).

3.3 Tratamento De Dados Das Áreas Externas

Após a coleta de dados, foi iniciado o estudo da área externa da edificação. A partir do levantamento fotográfico, das fichas de inspeção e de plantas disponíveis foram elaborados os mapas de danos. A marcação dos danos observados nas vistorias antes e após intervenção (pintura) foi executada com o auxílio de uma ferramenta de desenho digital do tipo *Cad*.

Para a quantificação das manifestações patológicas presentes na área externa da edificação (antes e após o reparo) foi utilizado o método de gradeamento (Figura 1) com unidades de malhas de 0,50 m x 0,50 m, conforme recomendado por Silva (2014). Após o gradeamento das fachadas foi realizada a quantificação das áreas degradadas pela Equação 1. Para cada fachada, foram contabilizadas as unidades de malha correspondentes a cada manifestação patológica mapeada. O número de unidades de malha abrangido por uma determinada anomalia, multiplicado pela área de cada unidade de malha (0,25 m²) forneceu as áreas degradadas. Conforme já informado, o processo de gradeamento e quantificação dos danos por fachada foi realizado duas vezes (antes da intervenção) e após seis (6) meses a manutenção da edificação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os levantamentos das manifestações patológicas das fachadas, obtidos por VANT, e a análise e discussão dos resultados.

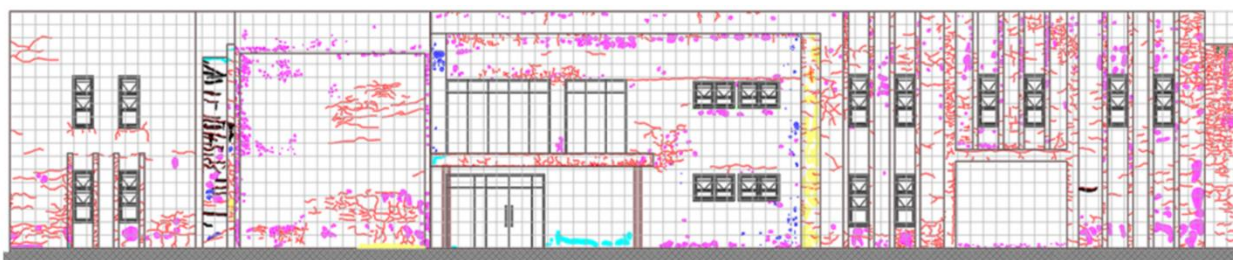
4.1 Fachada Oeste – Antes Da Revitalização

O mapeamento de danos foi realizado por VANT com o auxílio das FIDs. Neste processo foram identificadas as manifestações patológicas e suas localizações. Posteriormente, elaborou-se o mapa de danos da fachada de estudo (Figura 5).



Figura 5. Fachada Oeste antes da revitalização.

Para melhor precisão na quantificação dos danos da fachada oeste foi posicionada sobre o mapa de danos uma malha (Figura 6), composta por um mil setecentos e dezessete (1717) unidades com 0,25 m² de área. A malha sobreposta à fachada, totalizou 429,25 m² de área. Esta sobreposição permitiu a quantificação das anomalias.



Legenda de Manifestação Patológica

Bolor e Mofo	Eflorescência	Fissuras na envoltória de aberturas
Descascamento da Pintura	Enrugamento da pintura e crateras	Sujidades
Descolamento	Falha de vedação	
Fissuras	Vesículas	

Figura 6. Mapa de danos da fachada oeste com sobreposição da malha antes da revitalização.

Na Tabela 1 é exposto os resultados baseados na quantificação de cada manifestação patológica ilustrada na Figura 7. Vale salientar que cada manifestação patológica foi analisada “separadamente” em relação a área total da fachada. Em função do exposto, existe a possibilidade de uma mesma unidade de malha ter a presença de mais de uma manifestação patológica. Diante disso, o somatório das manifestações patológicas presentes na fachada, pode ser, teoricamente, maior que a área total da fachada.

Tabela 1. Manifestações patológicas da fachada oeste antes da revitalização

Fachada: Oeste	Área da Fachada: 429,25 m²		
Manifestação Patológica	Unidades de malha	Percentual	Área danificada (m²)
Fissuras	683	40%	170,75
Descascamentos	369	21%	92,25
Vesículas	46	3%	11,50
Eflorescências	27	2%	6,75
Sujidades	26	2%	6,50
Descolamentos	17	1%	4,25
Bolores e Mofos	14	1%	3,50
Total de danos	7	70%	295,50 m²

Na Tabela 1 é exposto que a anomalia fissuras está presente em boa parte da fachada, apresentando 40% de incidência com relação a área total vistoriada. A manifestação patológica de descascamento é a segunda com maior incidência, representando 21% da área total de fachada. Já a ocorrência de descolamentos, eflorescências, bolores e mofos, vesículas e sujidades foi pouco frequente, correspondendo a 9% da área total da fachada oeste. As anomalias fissuras nas envoltórias de aberturas, enrugamentos, crateras e falhas de vedações não foram identificadas na fachada oeste. Segundo o levantamento realizado e apresentado na Tabela 1, a fachada oeste apresentou 70% da sua área (295,50 m²) comprometida por manifestações patológicas.

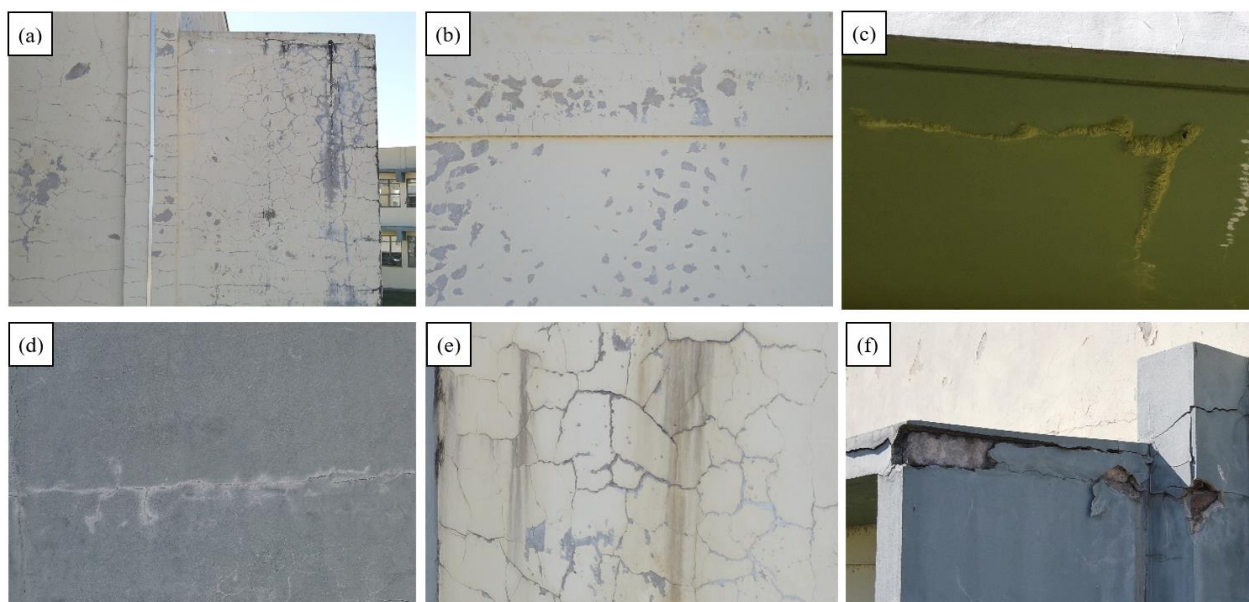


Figura 7. Manifestações patológicas da fachada oeste antes da revitalização: Fissuras, Bolor e Mofo (a), Descascamento (b), Vesículas (c), Eflorescências, Sujidades (d) e Descolamentos (e).

4.2 Fachada Oeste – Após Manutenção

A análise do estado de conservação da fachada oeste após a sua manutenção (Figura 8) foi realizada após seis (6) meses e objetivou correlacionar as anomalias identificadas antes da intervenção com as anomalias presentes na fachada após a sua revitalização.

Nesta segunda etapa, o levantamento das manifestações patológicas seguiu os mesmos procedimentos aplicados na fachada antes da sua intervenção, ou seja, levantamento de imagens com VANT, planilhamento, elaboração do mapa de danos. Posteriormente foi realizada a correlação das anomalias.



Figura 8. Aspecto da fachada oeste após 6 meses a revitalização

Após revitalização foram identificados seis (6) tipos diferentes de manifestações patológicas: fissuras; sujidades; descolamentos; eflorescências; descascamentos da pintura; e vesículas. A Figura 9 apresenta algumas anomalias encontradas na fachada. Após o monitoramento por VANT foi elaborado o mapeamento das anomalias através das FIDs e, posteriormente, elaborou-se o mapa de danos oeste (Figura 9) após a revitalização. Com a malha sobreposta para a quantificação das anomalias separadamente, foi elaborada a Tabela 2.



Legenda de Manifestação Patológica

- Bolor e Mofo
- Eflorescência
- Fissuras na envoltória de aberturas
- Descascamento da Pintura
- Enrugamento da pintura e crateras
- Sujidades
- Descolamento
- Falha de vedação
- Fissuras
- Vesículas

Figura 9. Mapa de danos da fachada oeste com sobreposição da malha após revitalização

Segundo os dados obtidos na Tabela 2, a fachada oeste possui 158,50 m² (36%) da sua área comprometida por manifestações patológicas após seis meses da sua revitalização. Entre as anomalias observadas, a manifestação patológica de fissuras no revestimento apresentou 34% de incidência com relação a área total da fachada. As manifestações patológicas de sujidades e descasamentos também foram observadas, representando 1% da área total da fachada. As anomalias de descascamentos, vesículas, eflorescências, foram identificadas, porém com pouca representatividade, sendo desconsideradas. As anomalias de bolores e mofos, fissuras nas envoltórias de aberturas, enrugamentos, crateras e falhas nas vedações não foram identificadas após seis (6) meses da revitalização. A Figura 10 ilustra as manifestações patológicas da fachada oeste após revitalização.

Tabela 2. Manifestações patológicas da fachada oeste após revitalização

Fachada: Oeste	Área da Fachada: 429,25 m ²		
Manifestação Patológica	Unidades de malha	Percentual (%)	Área danificada (m ²)
Fissuras	592	34%	148,00
Sujidades	17	1%	4,25
Descasamentos	13	1%	3,25
Descascamentos	4	0%	1,00
Vesículas	4	0%	1,00
Eflorescências	4	0%	1,00
Total de danos	6	36%	158,50 m ²



Figura 10. Manifestações patológicas da fachada oeste após 6 meses da revitalização: Fissuras, descasamento e eflorescência (a), Vesículas e fissuras mapeadas (b), Sujidades e descascamento.

Para a análise das manifestações patológicas das demais fachadas da edificação DTIC (fachadas leste, norte e sul) foi aplicado o mesmo passo a passo apresentado nos itens 4.1 e 4.2. As compilações dos resultados são apresentadas no tópico 4.3.

4.3 Comparativo Das Manifestações Patológicas Das Fachadas

Para melhor análise das informações coletadas foram criadas tabelas (Tabela 3) para demonstrar a representatividade de cada grupo de manifestações patológicas por fachada. A Figura 11 exibe a imagem panorâmica de cada fachada, capturada pelo VANT antes do início das atividades de manutenção (pintura), proporcionando, assim, uma análise mais minuciosa e uma comparação rigorosa dos dados.

Tabela 3. Levantamento dos percentuais de anomalias por tipo fachada antes da revitalização

Fachadas	Norte	Oeste	Sul	Leste
Áreas com anomalias	A=256,25 m ²	A= 429,25 m ²	A=262,25 m ²	A=438,50 m ²
Fissuras	31%	40%	40%	85%
Descascamentos	12%	21%	11%	10%
Sujidades	1%	2%	15%	6%
Eflorescências	5%	2%	3%	2%
Bolores e Mofos	0%	1%	5%	1%
Vesículas	2%	3%	0%	0%
Descolamentos	1%	1%	1%	1%
Enrugamentos e Crateras	0%	0%	1%	0%
Falhas de vedações	0%	0%	0%	1%
Nº de anomalias computadas	6	7	7	7
Área com anomalias	52%	70%	76%	106%



Figura 11. Fachada Norte (a), Fachada Oeste (b), Fachada Sul (c), Fachada Leste (e) antes da revitalização.

De acordo com as informações da Tabela 3, as fachadas oeste, sul e leste apresentaram o mesmo número de anomalias identificadas (sete), enquanto que para a fachada norte, esse número foi de seis. As fachadas leste, sul e oeste apresentaram áreas de fachada ocupadas por anomalias superiores a 60%, enquanto que a fachada norte apresentou o menor índice, de 52%.

A fachada leste apresentou maior predominância de anomalias que as demais. Já as manifestações patológicas de descascamentos e vesículas se sobressaíram na fachada oeste. A manifestação patológica de eflorescência teve uma pequena predominância na fachada norte em relação as outras fachadas. A fachada sul apresentou uma maior predominância quanto as anomalias de bolores e

mofos, sujidades, enrugamentos e crateras, como o esperado. Já o descolamento apresentou a mesma incidência de percentagem (1%) nas quatro (4) fachadas de análise.

Na literatura, os autores Brandelli (2019) e Silva *et al.* (2016) concordam que as fachadas com exposição prolongada ao sol podem trazer consequências indesejáveis para as fachadas de edifícios. Em especial, as áreas mais expostas aos raios solares podem sofrer com o aparecimento de fissuras, causadas pela movimentação térmica decorrente das mudanças de temperatura. Neste estudo, embora a fachada norte tenha uma grande incidência solar, a mesma dispõe da menor porcentagem de fissuração em relação as demais. Este resultado pode indicar a presença de outros fatores que influenciam nas manifestações patológicas, além da incidência solar. Em um estudo desenvolvido por Chen *et al.* (2017), foi constatado que nas fachadas com baixa incidência solar, os problemas de sujidades, bolores e mofos tendem a ser mais frequentes. Essa constatação foi reforçada por meio dos resultados obtidos nesta pesquisa.

Na Tabela 4 são apresentados os percentuais representativos de cada grupo de manifestações patológicas, de acordo com a orientação solar de cada fachada após seis (6) meses a revitalização do prédio do DTIC. Figure 12 shows how the facades looked after the revitalization.

Tabela 4. Levantamento dos percentuais de anomalias por tipo fachada após revitalização

Fachadas	Norte	Oeste	Sul	Leste
Áreas com anomalias	A=256,25 m ²	A= 429,25 m ²	A=262,25 m ²	A=438,50 m ²
Fissuras	25%	34%	32%	44%
Sujidades	1%	1%	1%	1%
Bolores e Mofos	0%	0%	2%	1%
Descolamentos	0%	1%	1%	0%
Nº de anomalias computadas	2	3	4	3
Área com anomalias	26%	36%	36%	46%



Figura 12. Fachada Norte (a), Fachada Oeste (b), Fachada Sul (c), Fachada Leste (e) após revitalização.

Entre as anomalias observadas (Tabela 4) após seis meses da revitalização da edificação está a fissuração no revestimento argamassado, sendo a fachada leste a que apresentou a maior área degradada. As anomalias de sujidade proporcionaram a mesma percentagem de incidência nas quatro fachadas de análise (1%), já as anomalias de bolores e mofos apresentaram uma pequena predominância na fachada sul (2%) em relação a fachada leste (1%). Nas fachadas norte e oeste

esta anomalia não foi identificada. A manifestação patológica de descolamento dispôs da mesma percentagem na fachada norte e fachada oeste (1%). Para a fachada sul e leste não foi registrada a incidência desta anomalia.

As possíveis causas e origens das manifestações patológicas na estrutura podem incluir erros de concepção, dimensionamento inadequado e escolha de materiais impróprios, predispondo a edificação a problemas prematuros. Mesmo projetos bem elaborados podem falhar se não houver um rigoroso controle de qualidade na execução. A má aplicação de revestimentos argamassados, a ausência de cuidados na cura do concreto e a utilização de mão de obra não qualificada são fatores críticos que contribuem para o aparecimento de fissuras, descascamento, sujidades e outras manifestações patológicas (Silva, 2008). O ambiente onde a edificação está inserida exerce grande influência sobre a durabilidade das fachadas. Climas agressivos, como regiões com elevada umidade e variações térmicas significativas, além da exposição a ciclos de umidade e secagem, podem promover a movimentação de materiais, resultando em danos. Em edificações com aproximadamente 8 anos de idade, as manifestações patológicas podem ser particularmente reveladoras das condições iniciais de projeto e execução. Neste estágio, as anomalias observadas frequentemente refletem o desgaste prematuro dos materiais, onde materiais de qualidade inferior ou inadequados para o uso específico começam a mostrar sinais evidentes de degradação (Souza, 2012).

5. CONCLUSÕES

A metodologia empregada neste estudo permitiu com sucesso a identificação e quantificação das manifestações patológicas no edifício DTIC. Os dados indicaram que:

- A fachada leste apresentou o maior número de problemas em comparação com as outras fachadas;
- A fachada sul foi a segunda mais afetada, mostrando manifestações patológicas significativas;
- A fachada oeste exibiu um nível de degradação menor em comparação com as fachadas leste e sul;
- A fachada norte foi a menos afetada, apresentando menos anomalias do que as outras fachadas inspecionadas;
- A condição das fachadas do edifício após a manutenção revelou que, embora a pintura possa parecer uma solução rápida e eficaz, não é eficiente na prevenção da recorrência das manifestações patológicas;
- Quanto ao uso de VANTs para capturar imagens das fachadas do edifício, foi considerado altamente eficaz. O VANT proporcionou uma identificação clara e eficiente das manifestações patológicas presentes;
- Em resumo, o VANT atingiu seus principais objetivos de economizar tempo e analisar grandes elevações sem a necessidade de andaimes ou outros equipamentos que poderiam representar riscos para o pessoal.

6. AGRADECIMENTOS

A UNIPAMPA pelo apoio ao desenvolvimento desta pesquisa.
Ao prof. Dr. José Wagner Maciel Kaehler e ao Grupo EIRE.

7. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas. (2012). *NBR 5674: Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção*. Rio de Janeiro.

- Associação Brasileira De Normas Técnicas. (2020). *NBR 16747: Inspeção predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento*. Rio de Janeiro.
- Barthel, C., Lins, M., Pestana, F. (2009), *O papel do mapa de danos na conservação do patrimônio arquitetônico*. In: Congresso Iberoamericano, 1.; Jornada “Técnicas De Restauración Y Conservación Del Patrimonio, 8, 2009. Anais [...]. Buenos Aires.
- Brandelli, T. M. (2019), *Avaliação do estado de conservação das fachadas de habitações de interesse social do PAR em Pelotas/RS: Residencial Regente, Jardins da Baronesa e Estrela Gaúcha*. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas.
- Chen, G., Luo, Q., Guo, X., Liu, X., Tu, M., He, Y. (2017), *Study on mould germination risk in hydroscopic building wall*, Procedia Engineering, Volume 205, Pages 2712-2719, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.193>.
- Correa, R. H., Tirello, R. A. (2012), *Sistema normativo para mapa de danos de edifícios históricos aplicado à Lidgerwood Manufacturing Company de Campinas*. Campinas.
- Costa, L. G. G. (2010), *Cronidas: elaboração da base de dados para auxílio em representação de mapa de danos*. Dissertação (Mestre em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós - Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia. Salvador.
- Gaspar, P. L., Brito, J. De. (2013), *Damage Atlas Of Cementrendered Façades*. In: Freitas, V. P. De (Ed.). *A State-Of-The-Art Report On Building Pathology* – W086 Building Pathology. Porto University, Faculty of Engineering. CIB – International Council for Research and Innovation in Building and Construction, pg. 200.
- Lopes, M. L. F., Bauer, E., Silva, L. S. (2024). *Crítérios para a identificação de anomalias em fachadas com revestimento em argamassa*. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 24, e132144.
- Olivi, G. C. (2013). *Manutenção de Edifícios: uma abordagem baseada na gestão de ativos*. São Paulo: Editora Pini.
- Passuello, A. C. (2021), *Uso de VANTs na Engenharia Civil: Panorama Acadêmico utilizando a metodologia Proknow - C*. In: Congresso Internacional Sobre Patologia E Reabilitação Das Construções, 18., 2021, Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza.
- Pereira, C., Silva, A., Brito, J. De. (2018), *A Previsão Da Vida Útil De Elementos Construtivos Como Ferramenta De Apoio À Manutenção*. Patorreb 2018: 6 Congresso de patologia y rehabilitación de edificios: 04-06de abril de 2018, Rio de Janeiro, RJ.
- Proplan (2013), *Pró-Reitoria de Planejamento e Infraestrutura: órgão da administração superior da Universidade Federal do Pampa, Alegrete*.
- Silva, J. C. M. (2008). *Patologia das Construções*. 2. ed. São Paulo: Pini.
- Silva, M. N. B. (2014), *Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada – aplicação ao caso de Brasília/DF*. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.
- Silva, V. M. B. Et. al. (2016), *Levantamento de Manifestações Patológicas em Fachadas de Habitações de Interesse Social na Cidade de Pelotas/RS: Residencial Solar das Palmeiras*. In: Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo, v. 5, n. 2, p. 85-103.
- Souza, A. C. B. (2012). *Durabilidade de Materiais e Estruturas*. São Paulo: Editora Pini.
- Souza, M. F. M. (2018), *Panorama da autovistoria no Rio de Janeiro: Inspeção e manutenção de edificações multiresidenciais*. Trabalho de conclusão de curso (Grau de Engenheiro Civil) - Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- Tinoco, J. E. L. (2009), *Mapa de danos: recomendações básicas*. Texto para discussão, série 2: Gestão de Restauro, v. 43
- Wasaki Engenharia (2023), *Benefícios da utilização dos VANTs na construção civil*. Disponível em: <https://www.wasaki.com.br/beneficios-da-utilizacao-dos-vants-na-construcao-civil/>. Acesso em: 20 dez. 2023.