Revista ALCONPAT
www.revistaalconpat.org
eISSN 2007-6835
Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción

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

M. Bordinhão[1]*, B. Tamiosso[1], S. Venquiaruto[1], A. Temp[1], F. Costa[1,2]
*Autor de Contacto: mbordinhao.engcivil@gmail.com
DOI: https://doi.org/10.21041/ra.v14i3.752

Recibido: 01/06/2024 | Correcciones recibidas: 24/08/2024 | Aceptado: 29/08/2024 | Publicado: 01/09/2024

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).

Citar como: Bordinhão, M. Tamiosso, B., Venquiaruto, S., Temp, A., Costa, F. (2024), *"Mapeo de fachadas mediante imágenes panorámicas obtenidas por Vehículo Aéreo No 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.

Contribución de cada autor
En este trabajo, el autor Bordinhão, M. contribuyó como ejecutor, escritor y colaborador en la idea de investigación. Los autores Venquiaruto, S. y Costa, F. contribuyeron al desarrollo de la idea de investigación y a la redacción del trabajo. Los autores Tamiosso, B. y Temp, A. contribuyeron a la redacción del trabajo, en porcentajes iguales..

Licencia Creative Commons
Los derechos de autor (2024) son propiedad de los autores. Este trabajo es un artículo de acceso abierto publicado bajo los términos y condiciones de una licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

Discusiones y correcciones posteriores a la publicación
Cualquier discusión, incluyendo la réplica de los autores, se publicará en el segundo número del año 2025 siempre y cuando la información se reciba antes del cierre del primer número del año 2025.

© 2024 ALCONPAT Internacional

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).

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

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).

Información Legal

Revista ALCONPAT es una publicación cuatrimestral de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, Internacional, A. C., Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Página Web: www.alconpat.org

Reserva de derechos al uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Editor responsable: Dr. Pedro Castro Borges. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de Informática ALCONPAT, Ing. Elizabeth Sabido Maldonado.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor.

La reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación se realiza en apego al código COPE y a la licencia CC BY 4.0 de la Revista ALCONPAT.

1. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de la construcción civil brasileña, ha habido un aumento significativo de edificios con problemas relacionados con los agentes de degradación en las fachadas, que contribuyen a un bajo rendimiento estético, estanqueidad, confort y economía. Entender la relevancia del mantenimiento de los edificios ya está intrínsecamente establecido a nivel global, y, cuando se realiza de forma preventiva, es fundamental para mejorar la durabilidad de la estructura y sus elementos constituyentes (Pereira, Silva y Brito, 2018).

La presencia de manifestaciones patológicas en las fachadas se considera uno de los elementos de mayor peso estético, causando molestias desde el punto de vista del usuario. Además, las manifestaciones patológicas externas son responsables de altos costos de mantenimiento y reparación (Olivi, 2013; Francia, 2016). En este contexto, es necesario inspeccionar, identificar y cuantificar las manifestaciones patológicas, para evitar un mantenimiento costoso en el futuro. En la búsqueda de producir más en menos tiempo, provoca que ocurran fallas en las fases de diseño y ejecución. Sin embargo, los avances tecnológicos han generado nuevas prácticas, materiales y equipos en el entorno de la construcción civil, como el uso de Vehículos Aéreos No Tripulados (UAVs). Dada la dificultad del acceso físico a las partes superiores de los edificios, alto riesgo y reducción de tiempo, el uso de VANTs para inspecciones colabora directamente en la agilidad del proceso (Souza, 2018).

A la vista de lo anterior, se evidencia la necesidad de poner en valor las encuestas de manifestaciones patológicas mediante VANTs, ya que ofrecen una forma eficiente y segura de recopilar datos detallados sobre el estado de las edificaciones, permitiendo un análisis detallado de las manifestaciones patológicas. Esto es crucial, no solo para entender la la magnitud de los daños, sino también para planificar intervenciones de mantenimiento eficaces. El uso de estas tecnologías emergentes no solo simplifica el proceso de inspección, sino que también mejora la precisión y rapidez en la obtención de información esencial para la toma de decisiones técnicas, lo que justifica la propuesta de esta investigación. Dicho esto, este trabajo tiene como objetivo evaluar la contribución de los VANTs para facilitar la identificación y cuantificación de las manifestaciones patológicas de los edificios. La investigación se desarrolló en el edificio DTIC, ubicado en la Universidad Federal de Pampa, Campus Alegrete/RS. A través de una inspección técnica, se identificaron anomalías en el edificio en dos etapas distintas, antes y después de seis meses de su mantenimiento. Posteriormente, se elaboraron y correlacionaron los Mapas de Daños y se evaluó la contribución del VANT en el proceso de mapeo del edificio.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Inspección del edificio con el VANT

De acuerdo con la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT) y la Norma Brasileña NBR 16747 (ABNT, 2020), la evaluación implica analizar la condición del edificio en relación con su capacidad para cumplir con sus funciones de acuerdo con los requisitos de los usuarios. Esto incluye el registro de anomalías, fallos de mantenimiento, uso y operación, así como manifestaciones patológicas identificadas en los diversos componentes del edificio. Las inspecciones deben describir la degradación de cada sistema, siempre que sea posible, estimar la pérdida de su rendimiento y recomendar acciones para minimizar los servicios de mantenimiento correctivo que contengan un pronóstico de ocurrencias (ABNT 2012).

Hasta hace poco, profesionales calificados realizaban inspecciones de edificios y condominios, con el objetivo de evaluar la estructura in loco. Esta evaluación incluyó un análisis técnico de las condiciones de conservación, seguridad y estabilidad de la construcción, haciendo uso de recursos como cámaras y planillas. Sin embargo, con el advenimiento de las nuevas tecnologías, han surgido equipos innovadores, como los VANTs, cuyo principal objetivo es optimizar el tiempo, la

comodidad, eliminar la necesidad de equipos de elevación, operadores especializados y aumentar la seguridad durante el proceso de inspección (Souza, 2018).
El uso de VANTs, se destaca en varias áreas del sector de la ingeniería civil, entre ellas: Área de infraestructura urbana; Infraestructura de pavimento; Inspección de estructuras con el fin de evaluar los daños (Passuello, 2021). Frente a ubicaciones peligrosas que requieren equipos de seguridad especializados, los vehículos aéreos no tripulados se pueden aplicar para el monitoreo del sitio de construcción para un conocimiento completo del sitio. Otro propósito de los vehículos aéreos no tripulados en la construcción civil es recopilar datos de humedad de forma remota, cuando se combinan con una cámara termográfica (Wasaki, 2022).

2.2 Mapa de Daños

De acuerdo con Gaspar y Brito (2013), el mapa de daños es un documento gráfico que resume la información recopilada sobre los daños observados en el objeto de estudio. Este documento debe abarcar todas las manifestaciones patológicas identificadas en los elementos constitutivos de la estructura. Además, Tirello y Correa (2012) y Costa (2010) conceptualizan el mapa de daños como un registro fotográfico detallado y riguroso de la estructura, con la identificación de las manifestaciones patológicas presentes, abarcando diversas formas de representación (símbolos, manchas de color o textura, índice de letras o números, entre otros), siendo el retrato más fiel del estado de conservación en el que se encuentra el edificio.
En opinión de Barthel, Lins y Pestana (2009), el mapa de daños pretende tener una identificación rigurosa de los mismos, para facilitar futuras acciones preventivas (mantenimiento del estado de conservación) e intervenciones, aportando una mayor durabilidad y significación en la vida útil del edificio. Por muy bueno que sea el mapa de daños, en un tiempo dado será necesario rehacer el trabajo, ya que el diagnóstico seguramente cambiará debido al desarrollo de manifestaciones patológicas. También cabe destacar que el proceso de identificación de anomalías para la elaboración de mapas de daños no es un proceso trivial y depende del conocimiento de sus formas de manifestación (Lopes, Bauer y Silva, 2024).
Para ayudar en la preparación del mapa de daños, se recomienda preparar Formularios de Identificación de Daños (FID). Los FID son documentos primarios en la base de datos (impresos o digitales), que contienen registros, notas gráficas y fotográficas sobre el estado actual del edificio. Dichos documentos son los principales materiales para la elaboración del mapa de daños, en el que se debe utilizar un vocabulario objetivo y claro, por lo tanto, es necesario prestar atención para transmitir correctamente el estado de conservación del edificio a inspeccionar (Tinoco, 2009).

2.3 Cuantificación de las manifestaciones patológicas

Para cuantificar las manifestaciones patológicas, Silva (2014) recomienda el uso del método de la barandilla. En el estudio realizado por Silva (2014), se realizaron pruebas en la elaboración de mapas de daños en mallas de diferentes dimensiones (1.60 x 1.60 m, 1.00 x 1.00 m y 0.70 x 0.70 m) con el fin de evaluar los resultados obtenidos. El autor encontró la necesidad de un refinamiento adicional en la resolución de las mallas para el mapeo de daños, hasta alcanzar la dimensión utilizada de 0.50 m x 0.50 m. De acuerdo con Silva (2014), cada unidad de malla es considerada como una representación de daño, y para convertir estas unidades de daño en metros cuadrados, es necesario multiplicar por el valor correspondiente al área de una unidad de malla. Este recuento de daño convertido en área se utilizará posteriormente en el cálculo del Factor de Daño (FD). Por lo tanto, el método se basa en la superposición de una malla (Figura 1) con unidades de 0,50 m x 0,50 m sobre el mapa de daños de cada fachada del edificio. Cada unidad de la cuadrícula corresponde a 0,25 m² de la superficie. Posteriormente, se aplica el índice denominado Factor de Daño – Ecuación 1. El FD evalúa la magnitud de los daños en función de la superficie total de la fachada y consiste en un parámetro inicial de análisis, que puede utilizarse como un diagnóstico sencillo del porcentaje de la superficie total degradada.

$$FD = \frac{\sum Ad(n)}{At} x100 \qquad (1)$$

FD: Factor de Daño total de la fachada (%);
Ad: Área dañada por determinada anomalía (n), calculada en la fase de elaboración del plano (m²);
At: Área total de la fachada (m²).

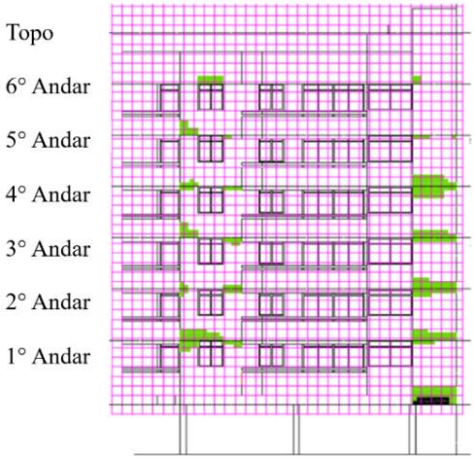

Figura 1. Superposición de malla para la cuantificación de manifestaciones patológicas.

Para Silva (2014), el Factor de Daño puede calcularse tanto en términos del área dañada de una determinada manifestación patológica, como en términos del área dañada total, que abarca todos los tipos de daño. El autor señala que un área total dañada puede ser, teóricamente, mayor que el área de la muestra de fachada, considerando que en una misma unidad de malla puede haber más de un tipo de manifestación patológica y que cada unidad de malla se cuantifica por separado.

3. METODOLOGÍA

Este estudio se dividió en cuatro (4) etapas: Etapa 1 - la visita al edificio; Etapa 2 - recolección de datos; Etapa 3 - procesamiento de datos y Etapa 4 - análisis de los resultados de la encuesta. En la Figura 2 se presentan los detalles de cada una de las etapas de la investigación.

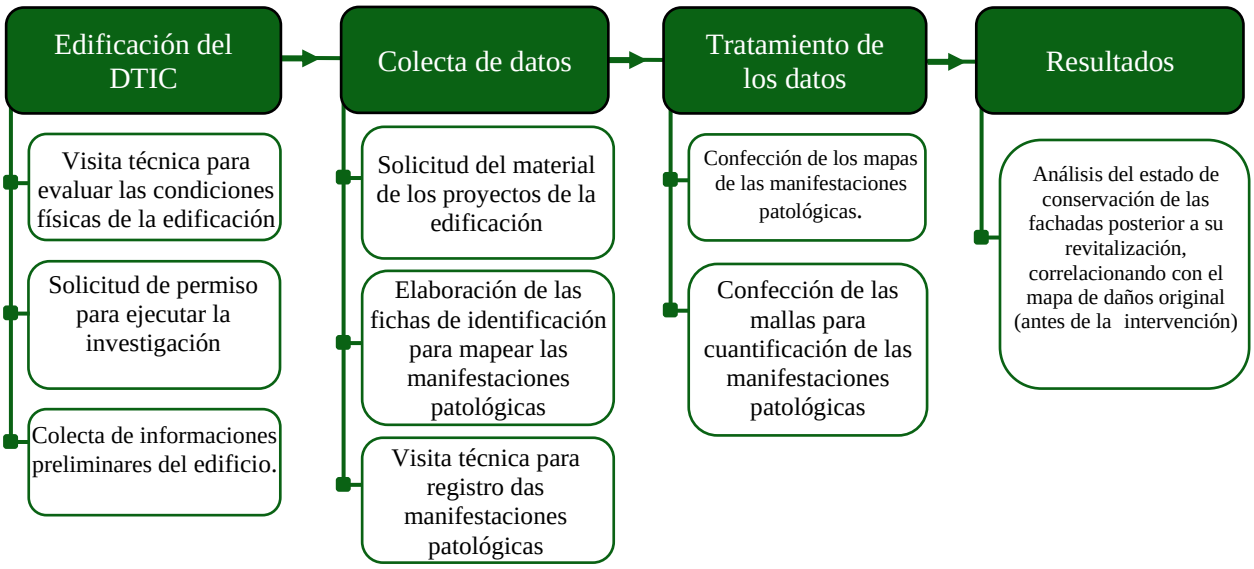

Figura 2. Etapas do Programa Experimental.

3.1 Edificación

El edificio analizado es patrimonio federal de UNIPAMPA Campus Alegrete (Figura 3), denominado DTIC (Dirección de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones). La ejecución del edificio finalizó en 2015 y funciona como órgano complementario de la Rectoría. El edificio consta de dos (2) plantas y tiene una superficie total de 1346 m² en estructura de hormigón armado y cerramiento en mampostería de sellado en bloques cerámicos. Sus fachadas están cubiertas con revestimiento de mortero y acabadas con pintura (pintura acrílica), las paredes internas están acabadas en pintura acrílica mate.

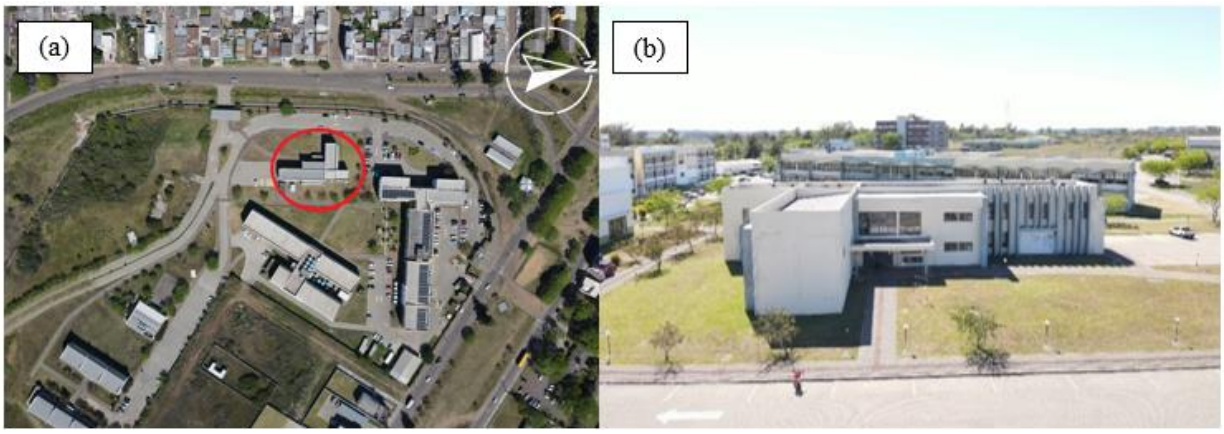

Figura 3. Edificio de estudios: a) Ubicación del edificio en el Campus de UNIPAMPA en Alegrete/RS; b) Fachada de acceso al edificio DTIC.

El edificio se sometió a un mantenimiento de fachada, realizado en 2022, y se realizó pintura en todas las fachadas. Cabe destacar que no se realizaron reparaciones sobre las manifestaciones patológicas existentes y tampoco se realizó una limpieza de las fachadas, lo cual es recomendable para el éxito de la intervención.

3.2 Colecta De Datos

El VANT utilizado para identificar los daños en las fachadas fue el DJI Mavic 2 Enterprise Advanced, equipado con una cámara termográfica radiométrica con una resolución térmica de 640 x 512 píxeles, así como una cámara visual con una resolución de 48 megapíxeles, un sensor CMOS de 1/2" y un zoom digital de 32x. La inspección visual constó de dos pasos distintos, antes de la intervención de la pintura de las fachadas y después de seis (6) meses de su ejecución. El objetivo de las dos inspecciones era comprobar si las manifestaciones patológicas se manifestarían en un corto periodo de tiempo, ya que las causas de las mismas no estaban siendo tratadas durante el mantenimiento del edificio (pintura).

El 17/11/2022 se realizó la primera inspección visual y registros fotográficos por VANT, como se muestra en la Figura 4 con el fin de registrar las anomalías presentes en el edificio. La distancia lateral del dron al edificio fue de aproximadamente 2,5 metros, utilizando 1,5 metros para capturar detalles relevantes de cerca, manteniendo un margen de seguridad. Además, se utilizaron distancias de 10 a 30 metros para capturar la estructura en su conjunto. El mapeo se realizó en el sentido de las agujas del reloj, partiendo desde el punto más alto del edificio hacia la base, con un tiempo de vuelo aproximado de 40 minutos. Es fundamental observar las normativas locales y tener en cuenta las condiciones ambientales a la hora de planificar el mapeo de VANT.

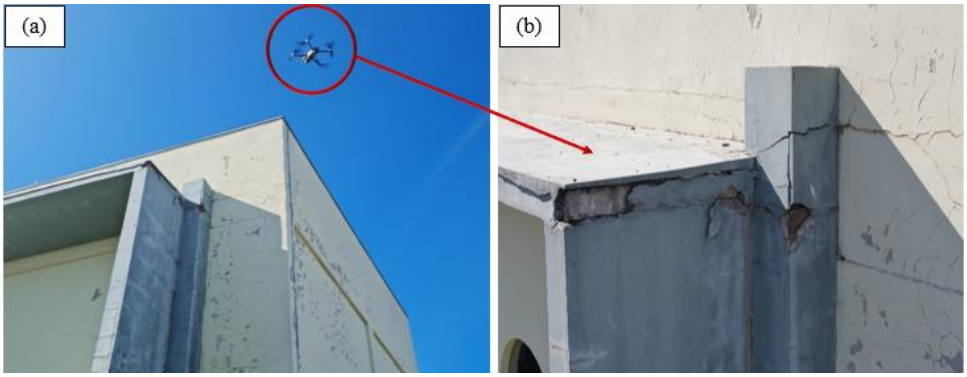

Figura 4. Fachada Norte: Detalle de vuelo (a), Captura de imagem con VANT (b).

3.3 Tratamiento De Datos en las Áreas Externas.

Después de la recolección de datos, se inició el estudio del área externa del edificio. A partir del levantamiento fotográfico, las hojas de inspección y los planos disponibles, se elaboraron los mapas de daños. El marcado de los daños observados en las inspecciones antes y después de la intervención (pintura) se realizó con la ayuda de una herramienta de dibujo digital del tipo Cad.
Para cuantificar las manifestaciones patológicas presentes en el área externa del edificio (antes y después de la reparación), se utilizó el método de barandilla (Figura 1) con unidades de malla de 0,50 m x 0,50 m, según lo recomendado por Silva (2014). Luego de la barandilla de las fachadas, las áreas degradadas se cuantificaron mediante la Ecuación 1. Para cada fachada se contabilizaron las unidades de malla correspondientes a cada manifestación patológica mapeada. El número de unidades de malla cubiertas por una anomalía dada, multiplicado por el área de cada unidad de malla (0,25 m^2) proporcionó las áreas degradadas. Como ya se informó, el proceso de la malla y cuantificación de daños en la fachada se realizó dos veces (antes de la intervención) y después de seis (6) meses el mantenimiento del edificio.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

En este apartado se presentarán los relevamientos de las manifestaciones patológicas de las fachadas, obtenidos por VANTs, y el análisis y discusión de los resultados.

4.1 Fachada oeste – antes de la revitalización

El mapeo de daños fue llevado a cabo por UAV con la ayuda de FIDs. En este proceso, se identificaron las manifestaciones patológicas y sus localizaciones. Posteriormente, se elaboró el mapa de daños de la fachada de estudio (Figura 5).

Figura 5. Fachada Oeste antes de la revitalización.

Para una mayor precisión en la cuantificación de los daños en la fachada oeste, se colocó una malla en el mapa de daños (Figura 6), compuesta por mil setecientas diecisiete (1717) unidades con un área de 0.25 m². La malla superpuesta a la fachada sumaba 429,25 m² de superficie. Esta superposición permitió la cuantificación de las anomalías.

Figura 6. Mapa de daños de la fachada oeste con sobreposición de la malla antes de la revitalización.

En la Tabla 1 se muestran los resultados basados en la cuantificación de cada manifestación patológica, ilustrados en la Figura 7. Cabe destacar que cada manifestación patológica se analizó "por separado" en relación con la superficie total de la fachada. En vista de lo anterior, existe la posibilidad de que una misma unidad de malla tenga la presencia de más de una manifestación patológica. Ante esto, la suma de las manifestaciones patológicas presentes en la fachada puede ser, teóricamente, mayor que el área total de la fachada.

Tabla 1. Manifestaciones patológicas de la fachada oeste antes de la revitalización.

Fachada: Oeste	**Área de la Fachada: 429,25 m²**		
Manifestación Patológica	**Unidades de la malla**	**Porcentaje**	**Área dañada (m²)**
Fisuras	683	40%	170,75
Desprendimientos	369	21%	92,25
Abombamientos	46	3%	11,50
Eflorescencias	27	2%	6,75
Sucio	26	2%	6,50
Despegado	17	1%	4,25
Hongos y moho	14	1%	3,50
Total de daños	7	70%	295,50 m^2

En la Tabla 1 se observa que la anomalía de grietas está presente en gran parte de la fachada, con una incidencia del 40% en relación con el total del área inspeccionada. La manifestación patológica de la descamación es la segunda con mayor incidencia, representando el 21% de la superficie total de la fachada. La ocurrencia de desprendimientos, eflorescencias, mohos y mohos, abombamiento y suciedad fue poco frecuente, correspondiendo al 9% del área total de la fachada oeste. En la fachada oeste no se identificaron anomalías, grietas en las envolventes de las aberturas, arrugas, cráteres y fallos de estanqueidad. De acuerdo con el relevamiento realizado y presentado en la Tabla 1, la fachada oeste presentaba el 70% de su superficie (295,50 m²) comprometida por manifestaciones patológicas.

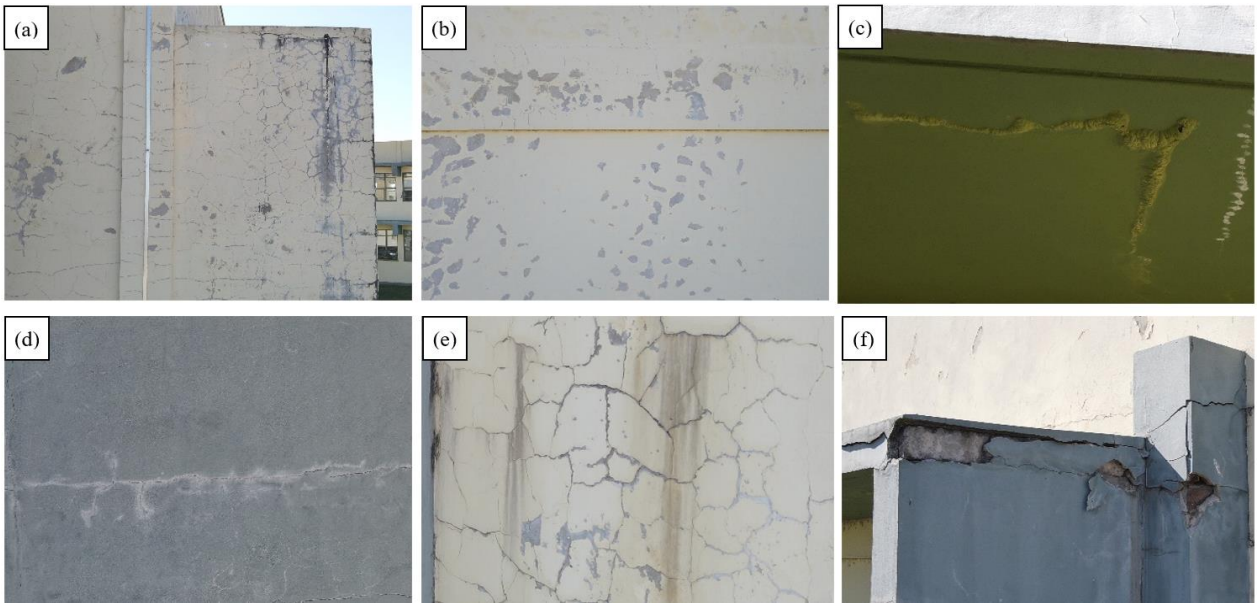

Figura 7. Manifestaciones patológicas de la fachada oeste antes de la revitalización: Grietas, Moho (a), Descamación (b), Abombamiento (c), Eflorescencias, Suciedad (d) y Desapego (e).

4.2 Fachada Oeste – posterior al mantenimiento.

El análisis del estado de conservación de la fachada oeste después de su mantenimiento (Figura 8) se realizó a los seis (6) meses y tuvo como objetivo correlacionar las anomalías identificadas antes de la intervención con las anomalías presentes en la fachada después de su revitalización.

En esta segunda etapa, el relevamiento de las manifestaciones patológicas siguió los mismos procedimientos aplicados a la fachada antes de su intervención, es decir, levantamiento de imágenes con VANTs, hoja de cálculo, elaboración del mapa de daños. Posteriormente, se correlacionaron las anomalías.

Figura 8. Aspecto de la fachada oeste posterior a 6 meses de revitalización

Después de la revitalización, se identificaron seis (6) tipos diferentes de manifestaciones patológicas: fisuras; Suciedad; Destacamentos; eflorescencias; decapado de pintura; y vesículas. En la figura 9 se muestran algunas anomalías encontradas en la fachada. Después del monitoreo de VANT, se mapearon las anomalías a través de los FID y, posteriormente, se elaboró el mapa de daños del oeste (Figura 9) después de la revitalización. Con la malla superpuesta para la cuantificación de las anomalías por separado, se elaboró la Tabla 2.

Figura 9. Mapa de daños de la fachada oeste con superposición de la malla posterior a la revitalización

De acuerdo con los datos obtenidos en la Tabla 2, la fachada oeste presenta 158,50 m² (36%) de su área comprometida por manifestaciones patológicas seis meses después de su revitalización. Entre las anomalías observadas, la manifestación patológica de grietas en el revestimiento presentó un 34% de incidencia en relación al área total de la fachada. También se observaron las manifestaciones patológicas de suciedad y desprendimiento, representando el 1% de la superficie total de la fachada. Se identificaron anomalías de descamación, vesículas, eflorescencias, pero con poca representatividad, y se descartaron. No se identificaron moho y anomalías, grietas en los sobres de apertura, arrugas, cráteres y fallas en los sellos después de seis (6) meses de revitalización. La figura 10 ilustra las manifestaciones patológicas de la fachada oeste después de la revitalización.

Tabla 2. Manifestaciones patológicas de la fachada oeste tras la revitalización

Fachada: Oeste	**Área de la Fachada: 429,25 m²**		
Manifestación Patológica	**Unidades de la malla**	**Porcentaje (%)**	**Área dañada (m²)**
Fisuras	592	34%	148,00
Sucios	17	1%	4,25
Despegado	13	1%	3,25
Descamación	4	0%	1,00
Abombamiento	4	0%	1,00
Eflorescencias	4	0%	1,00
Total de daños	6	36%	158,50 m^2

Figura 10. Manifestaciones patológicas de la fachada oeste tras 6 meses de revitalización: Fisuras, desprendimientos y eflorescencias (a), Abombamiento y fisuras mapeadas (b), Suciedad y descamación.

Para el análisis de las manifestaciones patológicas de las demás fachadas del edificio DTIC

(fachadas este, norte y sur), se aplicó el mismo paso a paso presentado en los ítems 4.1 y 4.2. Las compilaciones de los resultados se presentan en el tema 4.3.

4.3 Comparación de las manifestaciones patológicas de las fachadas

Para un mejor análisis de la información recopilada, se elaboraron tablas (Tabla 3) para demostrar la representatividad de cada grupo de manifestaciones patológicas por fachada. En la figura 11 se muestra la imagen panorámica de cada fachada, captada por el VANT antes del inicio de las actividades de mantenimiento (pintura), proporcionando así un análisis más exhaustivo y una comparación precisa de los datos.

Tabla 3. Comparativo de los porcentajes de anomalías por tipo de fachada antes de la revitalización

Fachadas	Norte	Oeste	Sur	Este
Áreas con anomalías	A=256,25 m²	A= 429,25 m²	A=262,25 m²	A=438,50 m²
Fisuras	31%	40%	40%	85%
Descascamientos	12%	21%	11%	10%
Sucio	1%	2%	15%	6%
Eflorescencias	5%	2%	3%	2%
Moho y hongos	0%	1%	5%	1%
Abombamiento	2%	3%	0%	0%
Despegado	1%	1%	1%	1%
Arrugas y cráteres	0%	0%	1%	0%
Fallas de sellado	0%	0%	0%	1%
Nº de anomalías computadas	6	7	7	7
Área con anomalías	52%	70%	76%	106%

Figura 11. Fachada Norte (a), Fachada Oeste (b), Fachada Sur (c), Fachada este (e) antes de la revitalización.

De acuerdo con la información de la Tabla 3, las fachadas oeste, sur y este presentaron el mismo número de anomalías identificadas (siete), mientras que para la fachada norte, este número fue de seis. Las fachadas este, sur y oeste presentaron áreas de fachada ocupadas por anomalías superiores al 60%, mientras que la fachada norte tuvo el índice más bajo, 52%.

La fachada este mostró un mayor predominio de anomalías que las demás. En la fachada oeste destacaban las manifestaciones patológicas de descamación y vesículas. La manifestación

patológica de las eflorescencias tuvo un pequeño predominio en la fachada norte en relación con las demás fachadas. La fachada sur mostró un mayor predominio de moho y anomalías de moho, suciedad, arrugas y cráteres, como era de esperar. El desprendimiento, por su parte, presentó la misma incidencia porcentual (1%) en las cuatro (4) fachadas de análisis.

En la literatura, los autores Brandelli (2019) y Silva et al. (2016) coinciden en que las fachadas con exposición prolongada al sol pueden tener consecuencias indeseables para las fachadas de los edificios. En particular, las zonas más expuestas a los rayos del sol pueden sufrir la aparición de grietas, causadas por el movimiento térmico resultante de los cambios de temperatura. En este estudio, aunque la fachada norte tiene una alta incidencia solar, presenta el menor porcentaje de agrietamiento en relación a las demás. Este resultado puede indicar la presencia de otros factores que influyen en las manifestaciones patológicas, además de la incidencia solar. En un estudio desarrollado por Chen et al. (2017), se encontró que, en fachadas con baja incidencia solar, suelen ser más frecuentes los problemas de suciedad, moho y moho. Este hallazgo se reforzó a través de los resultados obtenidos en esta investigación.

En la Tabla 4 se muestran los porcentajes representativos de cada grupo de manifestaciones patológicas, de acuerdo a la orientación solar de cada fachada después de seis (6) meses la revitalización del edificio DTIC. En la Figura 12 se muestra cómo quedaron las fachadas después de la revitalización.

Tabla 4. Levantamiento de los porcentajes de anomalías por tipo de fachada tras la revitalización

Fachadas	**Norte**	**Oeste**	**Sur**	**Este**
Áreas con anomalías	A=256,25 m²	A= 429,25 m²	A=262,25 m²	A=438,50 m²
Fisuras	25%	34%	32%	44%
Sucio	1%	1%	1%	1%
Hongos y moho	0%	0%	2%	1%
Despegado	0%	1%	1%	0%
Nº de anomalías computadas	2	3	4	3
Área con anomalías	26%	36%	36%	46%

Figura 12. Fachada Norte (a), Fachada Oeste (b), Fachada Sur (c), Fachada Este (e) luego de la revitalización.

Entre las anomalías observadas (Tabla 4) seis meses después de la revitalización del edificio se encuentra el agrietamiento en el revestimiento de mortero, siendo la fachada este la de mayor superficie degradada. Las anomalías de suciedad proporcionaron el mismo porcentaje de incidencia en las cuatro fachadas de análisis (1%), mientras que las anomalías de moho y moho mostraron un

pequeño predominio en la fachada sur (2%) en comparación con la fachada este (1%). En las fachadas norte y oeste no se identificó esta anomalía. La manifestación patológica del desprendimiento tuvo el mismo porcentaje en la fachada norte y oeste (1%). Para la fachada sur y este, no se registró la incidencia de esta anomalía.

Las posibles causas y orígenes de las manifestaciones patológicas en la estructura pueden incluir errores de diseño, dimensionamiento inadecuado y elección inadecuada de materiales, lo que predispone al edificio a problemas prematuros. Incluso los proyectos bien diseñados pueden fracasar si no hay un estricto control de calidad en la ejecución. La mala aplicación de los revestimientos de mortero, la falta de cuidado en el curado del hormigón y el uso de mano de obra no calificada son factores críticos que contribuyen a la aparición de grietas, descamaciones, suciedad y otras manifestaciones patológicas (Silva, 2008). El entorno donde se ubica el edificio tiene una gran influencia en la durabilidad de las fachadas. Los climas duros, como las regiones con alta humedad y variaciones térmicas significativas, así como la exposición a la humedad y los ciclos de secado, pueden promover el movimiento de los materiales, lo que resulta en daños. En edificios de aproximadamente 8 años de antigüedad, las manifestaciones patológicas pueden ser particularmente reveladores de las condiciones iniciales de diseño y ejecución. En esta etapa, las anomalías observadas a menudo reflejan el desgaste prematuro de los materiales, donde materiales de calidad inferior o inadecuados para el uso específico comienzan a mostrar signos evidentes de degradación (Souza, 2012).

5. CONCLUSIONES

La metodología utilizada en este estudio permitió identificar y cuantificar con éxito las manifestaciones patológicas en el edificio DTIC. Los datos indicaban que:

• La fachada este presentó el mayor número de problemas en comparación con las otras fachadas;

• La fachada sur fue la segunda más afectada, mostrando manifestaciones patológicas significativas;

• La fachada oeste presentó un menor nivel de degradación en comparación con las fachadas este y sur;

• La fachada norte fue la menos afectada, presentando menos anomalías que las otras fachadas inspeccionadas;

• El estado de las fachadas del edificio después del mantenimiento reveló que, si bien la pintura puede parecer una solución rápida y eficaz, no es eficiente para prevenir la recurrencia de manifestaciones patológicas;

• En cuanto al uso de vehículos aéreos no tripulados para capturar imágenes de las fachadas del edificio, se encontró que es altamente efectivo. El VANT proporcionó una identificación clara y eficiente de las manifestaciones patológicas presentes;

• En resumen, el VANT ha alcanzado sus principales objetivos son ahorrar tiempo y analizar grandes elevaciones sin necesidad de andamios u otros equipos que puedan suponer riesgos para el personal.

6. AGRADECIMIENTOS

UNIPAMPA por apoyar el desarrollo de esta investigación. Al Prof. Dr. José Wagner Maciel Kaehler y al Grupo EIRE.

7. REFERENCIAS

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: Congreso Iberoamericano, 1.; Jornada "Técnicas De Rastauración 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 Pathologycib – 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). *Critérios 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 Constuções, 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 Congreso de patología 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.