



De 17/07/2024 a 20/07/2024
Fortaleza, Ceará.
DOI: 10.5281/zenodo.12795820

Congresso Brasileiro de Patologia das Construções

MAPEAMENTO DE DANOS DE FACHADAS DE EDIFICAÇÃO HISTÓRICA APOIADO POR DRONE

Alisson Souza Silva^{1*}, Rafael Oliveira Sena²; Carolina Andrade de Oliveira³; Roseneia Rodrigues Santos Melo⁴; Dayana Bastos Costa⁵ e Reymard Savio Sampaio Melo⁶

*Autor de contato: so_alisson@hotmail.com

^{1,2,3,4,5,6} Departamento de Construção e Estruturas, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil

RESUMO

Este estudo avaliou a fachada do Museu de Arte Sacra da Bahia (MAS), utilizando ortomosaicos gerados pela fotogrametria com imagens coletadas por drones para criar um mapa de danos, integrados a uma avaliação baseada na metodologia GUT, visando apoiar a tomada de decisão na gestão da manutenção. A estratégia de pesquisa adotada foi o Estudo de Caso. Os resultados demonstraram que a sobreposição do ortomosaico possibilitou um mapeamento preciso das anomalias, fornecendo dados quantitativos para orçamentos e qualitativos para priorização das intervenções. A análise através do método GUT revelou as principais anomalias e suas classificações de gravidade, subsidiando recomendações para atividades corretivas. O estudo apresentou o mapa de danos de apenas uma fachada do MAS devido a algumas limitações, mas busca aprofundar análises e integrar as informações ao sistema de gestão da manutenção em pesquisas futuras, visando superar desafios e otimizar a tomada de decisões. Apesar da subjetividade da análise do GUT, a combinação com os ortomosaicos proporcionou dados relevantes, embora desafios como obstáculos no entorno do edifício tenham sido enfrentados, sugerindo testes futuros com tecnologias complementares, como LiDAR.

Palavras-chave: Mapa de danos; Museu de Arte Sacra da Bahia; Fachadas; Drone; Sistema de Gestão da Manutenção.

ABSTRACT

This study evaluated the facade of the Museu de Arte Sacra da Bahia (MAS), using ortho mosaics generated by photogrammetry with images collected by drones to create a damage map, integrated into an assessment based on the GUT methodology, aiming to support decision-making in management. of maintenance. The research strategy adopted was the Case Study. The results demonstrated that the ortho mosaic overlay enabled accurate mapping of anomalies, providing quantitative data for budgets and qualitative data for prioritizing interventions. The GUT method analysis revealed the main anomalies and their severity classifications, supporting recommendations for corrective activities. The study presented the damage map of just one façade of the MAS due to some limitations but seeks to deepen analysis and integrate the information into the maintenance management system in future research, aiming to overcome challenges and optimize decision-making. Despite the subjectivity of the GUT analysis, the combination with ortho mosaics provided relevant data, although challenges such as obstacles in the building's surroundings were faced, suggesting future tests with complementary technologies, such as LiDAR.

Keywords: Damage map; Museu de Arte Sacra da Bahia; Facades; Drone; Maintenance Management System.

1. INTRODUÇÃO

As fachadas de edifícios servem principalmente para proteger os usuários e componentes estruturais das forças naturais, fornecendo isolamento térmico e acústico (FLORES-COLEN *et al.*, 2010). Além disso, elas separam e filtram elementos externos e internos, protegendo os usuários das ações de agentes do lado externo, criando um ambiente salubre, estável e confortável. Entretanto, devido à exposição permanente a condições ambientais extremas durante sua vida útil, muitas vezes, elas sofrem maior degradação do que outros componentes da construção (LEE, 2018). O surgimento de defeitos pode reduzir sua vida útil, além de aumentar custos operacionais intrínsecos a manutenções corretivas. Portanto, destaca-se a necessidade de estratégias eficientes para manutenção preventiva garantindo o bom desempenho desse sistema (LEE; LEE; KIM, 2022).

No ciclo de vida de um edifício, as fases de Operação e Manutenção (O&M) são extremamente importantes. Comparando-as com outras fases, os maiores custos ocorrem durante essa fase, evidenciando a importância das atividades de Gestão da Manutenção (COUPRY *et al.*, 2021). Nesse contexto, a manutenção predial geralmente é reconhecida como uma atividade de extrema importância já que aproximadamente 65% do custo total da gestão da manutenção vem do gerenciamento de manutenção de instalações (CHEN *et al.*, 2018). Nessa fase, os proprietários e a equipe de gestão do edifício são os responsáveis pela manutenção dos sistemas e elementos da edificação. Essa equipe visa evitar falhas funcionais através da aplicação de planos de manutenção corretiva e preventiva com o objetivo de garantir o bom desempenho e melhorar o conforto dos ocupantes (ALAVI *et al.*, 2021). Assim, para que as edificações permaneçam em condições adequadas de uso e atendam a um padrão ou nível mínimo de desempenho, elas requerem despesas operacionais contínuas, incluindo manutenções periódicas (GRUSSING; LIU, 2014).

Todavia, a dificuldade de acesso aos sistemas externos das edificações ainda representa um fator limitante à realização de manutenções, em um cenário de inspeções tradicionais, onde avaliações são realizadas *in loco* e manualmente, consumindo grandes esforços e resultando em elevados custos. Em contrapartida, a utilização de drones se mostra como uma tecnologia promissora para a realização de inspeções periódicas em edifícios, visto que possibilita coletar imagens de locais de difícil acesso (MELO; COSTA, 2015), agregando segurança e agilidade à atividade (LIMA; COSTA, 2022). O equipamento é capaz de capturar fotografias e filmagens em alta resolução em grandes alturas, aproximando-se de fachadas e coberturas, com nível de detalhe suficiente para identificar descolamentos, infiltrações dentre outras anomalias não observáveis a longas distâncias (BALLESTEROS; LORDSLEEM JUNIOR, 2020).

Buscando melhorar essa perspectiva, o uso de tecnologias digitais pode automatizar atividades como inspeção, tornando-as mais seguras, ágeis e eficientes, levando a sua realização periódica (KUMARAPU, SHASHI, KEESARA, 2021). Nesse sentido, a fotogrametria, por meio de produtos como ortomosaicos, representa com precisão as fachadas de um edifício. Essas imagens, geradas a partir de fotografias, refletem a forma real efetiva das fachadas por projeção ortográfica. Os ortomosaicos documentam propriedades físicas, cores, deformações e danos, proporcionando uma representação fiel do estado de conservação da fachada no momento da captura fotográfica (MELO JUNIOR *et al.*, 2018). Portanto, este estudo busca avaliar a envoltória de uma edificação universitária localizada em Salvador, Bahia, utilizando ortomosaicos a partir de fotogrametria com imagens coletadas por drones, integrados à avaliação a partir da metodologia GUT (Gravidade, Tendência e Urgência) visando o apoio à tomada de decisão na gestão da manutenção.

2. MAPEAMENTO DE DANOS EM FACHADAS COM USO DE DRONES

O mapeamento de danos consiste no procedimento de levantamento, análise e registro das anomalias presentes em uma edificação, desenvolvido sobre sua representação digital em 2D ou 3D, considerando suas características específicas. Além disso, o produto final é chamado de mapa de danos, que contém a representação gráfica do levantamento realizado (BARTHEL; LINS; PESTANA, 2009). Segundo Costa *et al.* (2022), o mapa de danos é um documento ilustrado que sintetiza as informações sobre o estado de degradação da construção no momento do levantamento, sendo considerado um método qualitativo de análise, permitindo identificar visualmente a localização das anomalias. Ele é muito utilizado como documentação base para processos de recuperação e restauro de edificações pertencentes ao patrimônio cultural e histórico (LOPES; SILVA; BAUER, 2022). Além disso, esse documento dá suporte aos gestores em relação à gestão da manutenção com informações qualitativas e quantitativas geradas a partir de inspeções. Nesse contexto, relevantes trabalhos realizaram mapas de danos em edificações, buscando representar as degradações presentes nelas (PASQUALOTTI; AURICH; TORRES, 2022, RIBEIRO *et al.*, 2022; COSTA; TORRES, 2022). No entanto, embora observa-se na literatura a contribuição de tais trabalhos, o uso de drones para aquisição de dados ainda é limitado.

Atualmente, existem recursos tecnológicos que contribuem para melhores resultados e maior confiabilidade dos dados obtidos no mapeamento, como o uso de drones. Para o aproveitamento aprimorado das imagens coletadas por drones, técnicas de fotogrametria digital podem ser adotadas (PATRIOTA, 2017). Segundo Coelho e Brito (2007), a metodologia se destina ao processamento de imagens bidimensionais de um espaço físico para a obtenção de sua representação tridimensional em um meio digital. Através das imagens coletadas é produzida uma nuvem densa de pontos, que permite a construção de outros produtos decorrentes, como modelos tridimensionais ou ortomosaicos (GROETELAARS, 2016). Para essa finalidade, a implementação dos drones representa grande potencial, uma vez que as aeronaves são capazes de capturar de grandes quantidades de imagens, possibilitando a construção de modelos com alta qualidade de imagem e menor probabilidade de erros dimensionais (MELO JUNIOR, 2017).

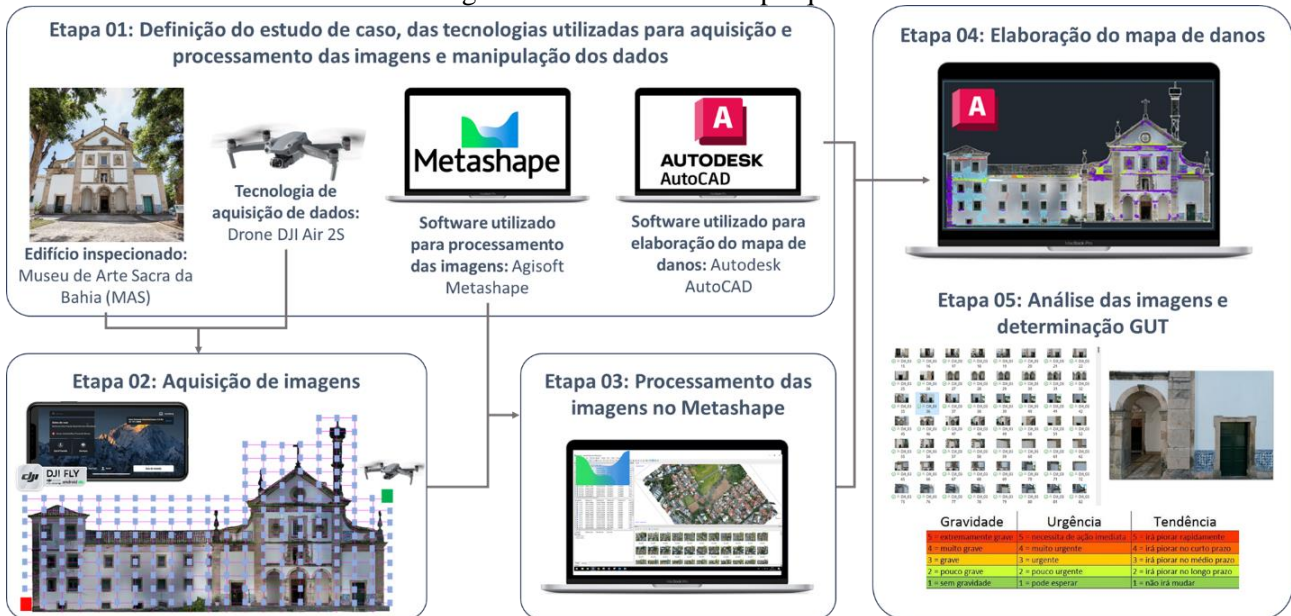
Relevantes estudos tem trabalhado com mapas de danos a partir da aquisição de imagens com tecnologias digitais, para suporte a tomada de decisão em relação a manutenção (COSTA, 2014; MELO *et al.*, 2018). No estudo de Costa (2014), a captura das imagens foi realizada por meio de uma plataforma robótica utilizando uma câmera digital acoplada, obtendo imagens ortorretificadas utilizando fotogrametria. A representação do mapa de danos sobre a imagem da fachada pode deixar mais claro qual elemento construtivo está sendo afetado e quais as anomalias mais recorrentes, sendo altamente ilustrativo. Entretanto, isso pode gerar um excesso de informações. Melo *et al.* (2018), buscaram demonstrar a aplicação de métodos automatizados para geração de mapas de danos de fachadas a partir das nuvens de pontos obtidas pelo processamento digital de imagens. Entretanto, este estudo não representou as fachadas de forma completa, e sim por trechos, ou seja, cada anomalia é apresentada em um mapa diferente.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada foi o Estudo de Caso que, segundo Yin (2015), é uma estratégia de pesquisa empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto do mundo real, envolvendo análises qualitativas e/ou quantitativas. Assim, esta pesquisa investiga a utilização de fotogrametria a partir de imagens coletadas por drones para criação de um mapa de danos de edificações, visando subsidiar atividades de manutenção. Esta pesquisa foi dividida em cinco etapas,

conforme a Figura 1, sendo: i) definição do estudo de caso e das tecnologias utilizadas; ii) aquisição de imagens com drones; iii) processamento das imagens; iv) elaboração do mapa de danos; e v) análise das imagens e determinação da Gravidade, Urgência e Tendência (GUT).

Figura 1- Delineamento da pesquisa



Fonte: Os autores

3.1 Definição do escopo da pesquisa

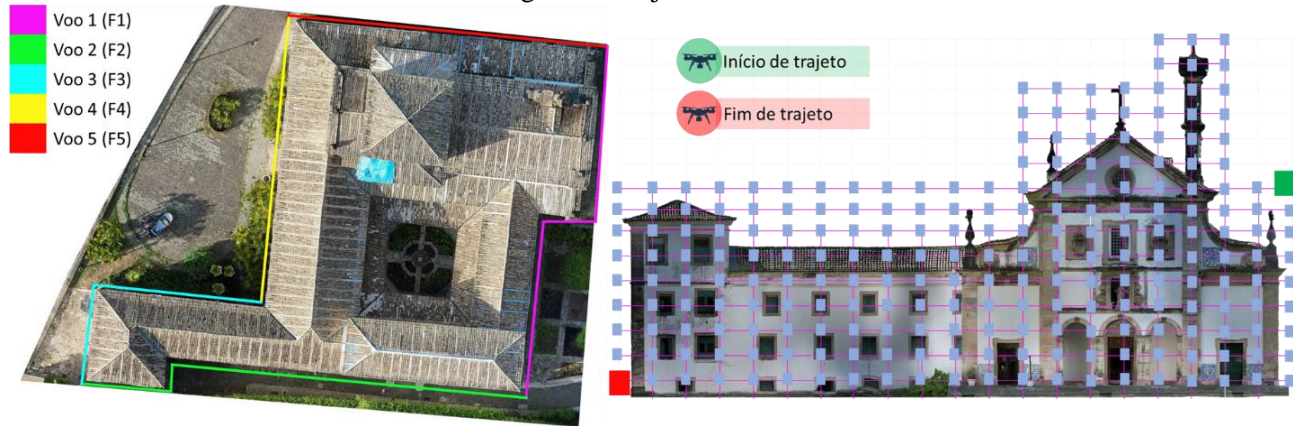
O edifício utilizado com o objeto de estudo é o Museu de Arte Sacra da Bahia (MAS). Esse é um museu universitário inserido na estrutura da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e ligado à sua Reitoria. Foi o primeiro museu da instituição, fundado em 1959, ocupando uma edificação do século XVII no Centro Antigo da cidade de Salvador, fora do campus universitário (RABELO, 2020). Datado do século XVII, existe uma preocupação em manter a integridade física desta edificação, que tem consigo valor de patrimônio histórico, e é ressaltada a necessidade de identificar as não conformidades, visando o apoio à gestão da manutenção desse edifício. As principais características das fachadas, em termos de sistemas construtivos, são compostas por paredes em alvenaria mista de pedra, com arcos de descarga em tijolo maciço embutidos. A atual reserva técnica, reconstruída em 1958, possui alvenarias em tijolo maciços, assim como, a escadaria lateral construída em concreto armado apoiada sobre alvenarias de tijolo maciço. A cobertura possui estrutura em madeira, com tesouras, terça, e sistema de madeiramento leve de caibros e ripas. Todo o entelhamento é em telha cerâmica do tipo capa e canal, cravejadas nos beirais em cima das alvenarias.

Em termos de tecnologias, a aquisição das imagens foi realizada através de um drone do tipo quadricóptero, modelo DJI Air 2S. Após a aquisição, o processamento dessas imagens foi realizado no software Metashape, da Agisoft, gerando ortomosaicos e modelo tridimensional do edifício, facilitando a manipulação do edifício para realização do mapa de danos. Em relação ao mapa de danos, como o projeto do MAS estava em AutoCAD, foi mantido este software.

3.2 Aquisição de imagens

Devido a existência de árvores ao redor da edificação, as imagens foram coletadas a partir de voos manuais utilizando o aplicativo DJI Fly. Foram realizados cinco voos (Voo 1, 2, 3, 4 e 5) para fazer a captura total das cinco fachadas do edifício (F1, F2, F3, F4 e F5) e durante os voos, tomou-se cuidado para fazer fotos com intervalos de um metro de distância de cada disparo (Figura 2) Ao todo foram coletadas 809 imagens das fachadas e cobertura, durante aproximadamente 50 minutos.

Figura 2- Trajetória de voo

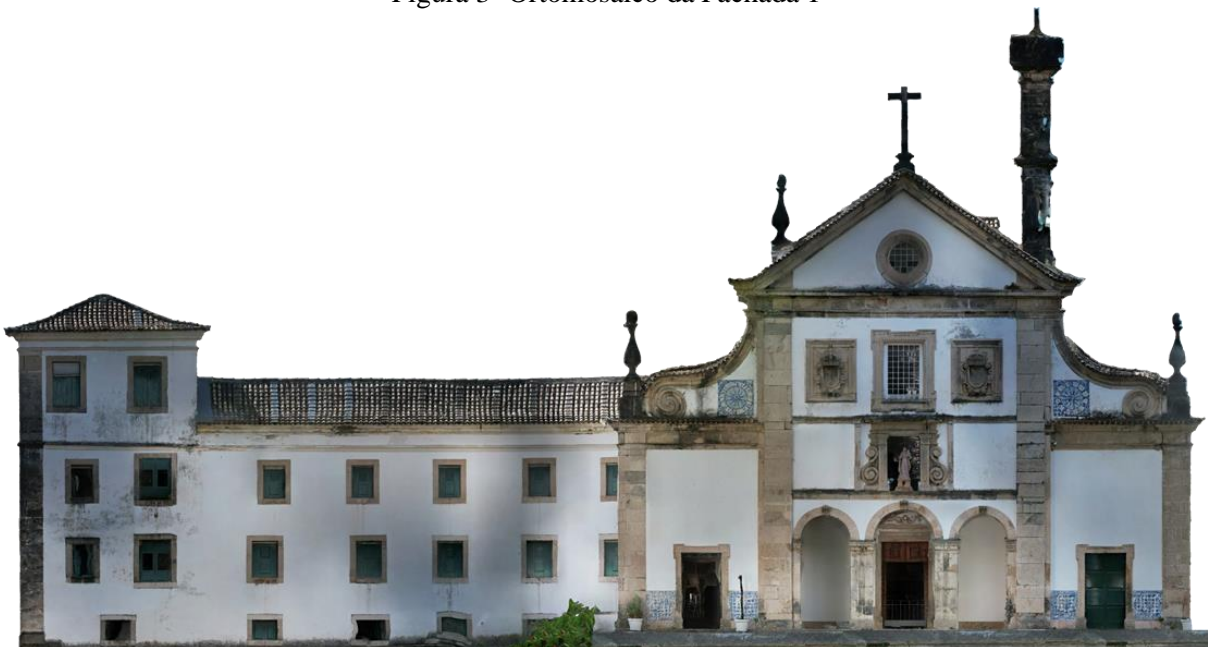


Fonte: Os autores.

3.3 Processamento de imagens

O processamento de imagens para produção do ortomosaico da fachada e telhado foi feito com o software Agisoft Metashape, que se propõe a realizar conversões de imagens 2D georreferenciadas em produtos 3D para usos diversos, como aplicações GIS ou geração de documentações visuais (Agisoft, 2023). A escolha foi embasada por estudos anteriores como Álvares (2019) e Ballesteros (2020), que mostraram a obtenção de bons resultados com a utilização do software. O processamento para a geração do ortomosaico da Fachada 1 (Figura 3) durou cerca de 05h19min utilizando todas as 809 imagens, obtendo uma resolução de 1.5 cm/pix.

Figura 3- Ortomosaico da Fachada 1



Fonte: Os autores

3.4 Análise das imagens e determinação de Gravidade, Urgência e Tendência (GUT)

Após a inspeção e coleta de imagens, estas foram analisadas minuciosamente sob a norma NBR 16747 (ABNT, 2020) para avaliação da estrutura. Essa análise teve o objetivo de estabelecer uma matriz de prioridade para servir de guia para o planejamento da execução das manutenções. Baseada no Método GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), desenvolvido por Kepner e Tregoe (1981), com função de definir prioridades em atividades do setor administrativo. Esta ferramenta é utilizada para priorizar as ações de forma racional, analisando os problemas existentes através dos seguintes parâmetros: i) Gravidade: a intensidade, profundidade dos danos que o problema pode causar se não se atuar sobre ele; ii) Urgência: o tempo para a eclosão dos danos ou resultados indesejáveis se não se atuar sobre o problema; e iii) Tendência: o desenvolvimento que o problema terá na ausência de ação.

Baseado na adaptação realizada na metodologia proposta por Gomide *et al.* (2009), para o setor da construção civil, a priorização das intervenções deve ser classificada por uma ponderação de 1 a 10 seguindo os conceitos listados na Quadro 1.

Quadro 1 – Método GUT aplicado em inspeção predial

Grau	Gravidade	Urgência	Tendência	Peso
Total	Perda de vidas humanas, ao meio ambiente ou do próprio edifício	Evento em ocorrência	Evolução imediata	10
Alto	Ferimentos em pessoas, danos ao meio ambiente ou do edifício	Evento prestes a ocorrer	Evolução em curto prazo	08
Médio	Desconfortos e/ou deterioração do meio ambiente ou do edifício	Evento prognosticado para breve	Evolução em médio prazo	06
Baixo	Pequenos incômodos e/ou pequenos prejuízos financeiros	Evento prognosticado para adiante	Evolução em longo prazo	03
Nenhum	-	Evento imprevisto	Não vai evoluir	01

Fonte: Gomide *et al.* (2009)

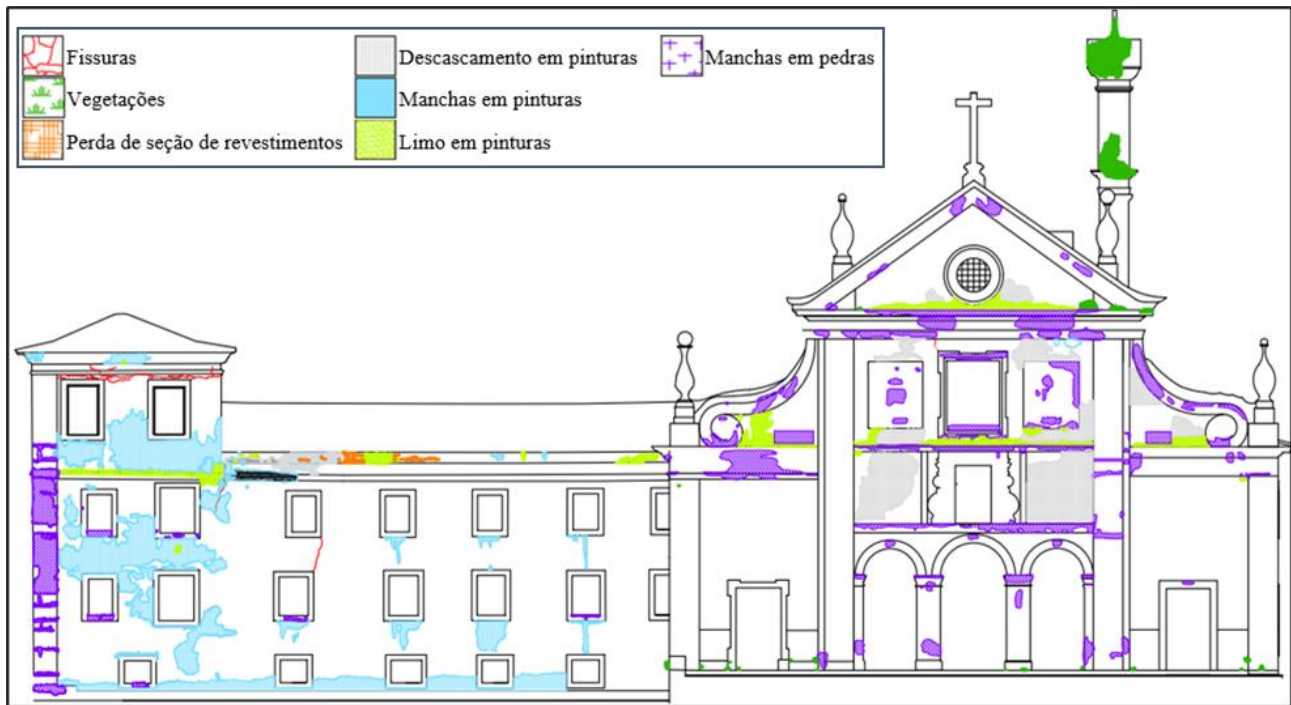
3.3 Elaboração do mapa de danos

Em relação à execução das atividades após a análise das imagens, este estudo propõe um mapa de danos a partir da integração da ortomosaico construído junto ao modelo CAD da edificação, podendo gerar informações qualitativas como a atual condição das fachadas em relação às anomalias e indicar de uma forma mais prática a localização e extensão de cada anomalia. Além disso, é possível gerar informações quantitativas, como a quantidade de anomalias por fachada, a extensão dessas anomalias ou áreas danificadas. Tais informações podem subsidiar a compra de materiais para restauro e preservação. Além disso, integrados ao mapa de danos, a análise através da GUT possibilitará a visualização por ordem de prioridade, ou seja, quais anomalias requerem intervenção imediata. Assim, todas essas informações contribuem para a tomada de decisão em relação à gestão da manutenção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A elaboração do mapa de danos, realizada sobre o ortomosaico produzido, possibilitou a análise das ocorrências através de uma visão ampla, permitindo avaliar possíveis correlações entre os problemas, quais regiões ocorrem e se há um padrão entre as ocorrências que contribua à investigação das causas das situações constatadas (Figura 4).

Figura 4- Mapa de danos



Fonte: Os autores

Foram observadas 7 (sete) situações distintas relacionadas a elementos de degradação na fachada apresentada, a saber: Presença de fissuras, presença de vegetações, perda de seção de revestimentos, descascamento em pinturas, manchas em pinturas, limo em pinturas e manchas em pedras. As fissuras constatadas, com características geométricas predominantemente lineares, indicam processos de deformação da região esquerda da edificação, sendo recomendada a tomada de ação com certa urgência, devido à possibilidade de agravamento da situação em médio prazo.

A partir da análise do mapa de danos, observou-se que o crescimento de vegetações deve ser visto como um alerta, uma vez que, para sua ocorrência, é necessária a presença de umidade por longos períodos, indicando que a absorção de umidade pelo substrato ocorre há bastante tempo. Sua ocorrência ocasiona impactos colaterais devido ao crescimento de raízes, ocasionando riscos de deslocamento de revestimentos e consequentes acidentes. A situação pode ocasionar danos à edificação com elevados custos de recuperação, sendo recomendada a tomada de ação tão breve possível, interrompendo a degradação dos sistemas a longo prazo.

Outra situação que cabe atenção em grau médio refere-se à presença de limo em pinturas, uma vez que sua ocorrência representa a proliferação de matéria orgânica e indica presença acentuada de umidade no substrato, cabendo intervenção a fim de evitar progressão de danos, cujo prognóstico pode tender ao crescimento de vegetações e perdas de seção do revestimento. A perda de seção de revestimentos, por sua vez, pode ser vista como decorrência de processos de degradação por intempéries desenvolvidos por longos períodos. A exposição de camadas mais internas do revestimento representa risco de propagação de danos de maior gravidade à edificação, visto que sua fachada atua como uma barreira aos agentes externos, sendo necessária a tomada de ação tão breve possível.

Os descascamentos de pinturas devem ser vistos com cautela, uma vez que mostram que a camada superficial da fachada já não é mais capaz de resistir às ações do meio, expondo, assim, camadas interiores às ações externas, e requer uma intervenção tão breve possível. A ocorrência de manchas em pinturas pode indicar o decaimento de vida útil do acabamento do revestimento, em um processo

de degradação ainda em fase inicial, ocasionado pela incidência recorrente de intempéries, acúmulo de sujidades na superfície ou proliferação de fungos, o que demanda intervenção de forma a prevenir que a situação evolua para descascamentos ou perdas de seção do revestimento, cujo impacto ao sistema é significativamente maior. Por fim, a presença de manchas escuras em pedras (cantaria) pode estar relacionada à ação de intempéries, fungos ou mesmo devido ao depósito de sujidades devido à poluição atmosférica urbana. A resolução da situação visa preservar a edificação da ação de agentes degradantes, que podem levar a perdas de seção dos elementos, resultando em danos a um importante patrimônio histórico.

Diante do mapa de danos, foram extraídos os quantitativos das áreas degradadas. A área total de revestimentos das fachadas é equivalente a 470,96 metros quadrados, descontando os vãos. Desse total, identificou-se 45,37 m² de manchas em pinturas, correspondendo a 9,6% da área total, seguido por 30,34 m² de manchas em pedras o que corresponde a aproximadamente 6,5% da área total e 19,20 m² de descascamento da pintura, correspondendo a aproximadamente 4,1% da área total. Além disso, com índices menores, identificou-se 6,90 m² de limo em pinturas (aprox. 1,5% da área total), 4,03 m² de área com vegetação, (aprox. 0,9% da área danificada), cerca de 0,22 m² de perda de seção de revestimentos (0,1% de área total) e por fim, aproximadamente 17,73 metros lineares de fissuras.

Além disso, as imagens coletadas durante a inspeção predial foram analisadas visualmente e com base nestas, foi realizada a avaliação de Gravidade, Urgência e Tendência (GUT), visando o direcionamento de quais anomalias requerem atenção prévia. Ressalta-se que essas análises foram realizadas sob a óptica da NBR 16474 (ABNT, 2020). Diante disso, a Tabela 01 apresenta a análise das anomalias identificadas.

Tabela 01 – Avaliação de Gravidade, Urgência e Tendência (GUT) da fachada

Manifestações patológicas	Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	G*U*T	Ordem
Fissuras	08	08	06	384	1°
Vegetação	06	08	06	288	2°/3°
Perda de seção de revestimento	06	08	06	288	2°/3°
Descascamento em pintura	06	06	06	216	4°
Limo em pinturas	06	06	03	108	5°
Manchas em pinturas	03	03	03	27	6°/7°
Manchas em pedras	03	03	03	27	6°/7°

Fonte: Os autores

A tabela GUT construída destina-se à apresentação sintetizada dos resultados da inspeção realizada. Sua produção desenvolvida sobre o ortomosaico possibilitam ao inspetor uma avaliação mais assertiva, uma vez que suas análises não mais se restringem a imagens isoladas, e sim à representação de toda uma região, agora composta por imagens unificadas, o que possibilita a visualização ampla das regiões e a identificação de áreas de maior incidência de um determinado problema. A análise conjunta aos respectivos quantitativos das anomalias constatadas contribui ao processo de avaliação por agregar confiabilidade ao posicionamento do inspetor, que poderá se basear em valores obtidos a partir das imagens coletadas, reduzindo a subjetividade do processo e trazendo maior segurança à tomada de decisões dos gestores de manutenções.

Durante a elaboração do mapa de danos, a partir da sobreposição do ortomosaico ao modelo em CAD, observou-se maior agilidade na marcação das anomalias, bem como a garantia de um quantitativo mais fidedigno, já que as áreas degradadas são identificadas na imagem em tamanho real. Além disso, o mapa de danos apresentado na Figura 4 é fácil de ser analisado e de identificar as anomalias presentes na fachada. Em geral, a apresentação dos resultados desta pesquisa, confeccionada em um modelo CAD composto pelos contornos dos elementos da fachada, proporciona maior clareza à interpretação

dos dados mapeados. Em contraste com alguns estudos da literatura, como o de Pasqualotti, Aurich e Torres (2022), a densidade de informações nos mapas de danos impactava negativamente à clareza de interpretação dos dados. Além disso, é importante garantir que as informações fornecidas não sejam demasiadas, tão pouco limitadas, como o estudo de Ribeiro *et al.* (2022) por exemplo, que analisa uma edificação histórica, levantando as manifestações patológicas por meio de fotografias e análises não destrutivas, mas não apresenta um quantitativo dos danos levantados.

Diante do exposto, nota-se que o uso de tecnologias digitais apresenta diversas vantagens na elaboração do mapa de danos. Acredita-se que o uso de drones possibilitaria a identificação de outras anomalias, uma vez que podem ser feitas capturas de ângulos diferentes. No entanto, é necessário ter cuidado durante o processo de integração das informações para não gerar confusões na apresentação dos resultados, como no estudo de Costa (2014) que o mapa de danos com a sobreposição de tais imagens em CAD trouxe muitas informações ao mapa, dificultando as análises das fachadas. Já Melo *et al.* (2018), geraram mapas de danos a partir de nuvens de pontos coletadas por drones e embora tenham identificado as anomalias presentes nas fachadas, eles representaram as fachadas por trechos. Em contraste com esse estudo, observa-se a necessidade da apresentação do mapa de danos em toda a fachada, uma vez que isso subsidia as ações corretivas, situando os profissionais de uma maneira mais assertiva.

5. CONCLUSÃO

Este estudo avaliou a envoltória de uma edificação universitária em Salvador, utilizando ortomosaicos coletados por drones, integrados à avaliação a partir da metodologia GUT (Gravidade, Tendência e Urgência) visando o apoio à tomada de decisão na gestão da manutenção. Observou-se que o mapa de danos gerado a partir da sobreposição do ortomosaico gerado a partir das imagens coletadas por drone possibilitaram maior precisão no mapeamento das anomalias, bem como na localização fidedigna delas. A partir desse documento é possível extrair um quantitativo da área degradada, realizar orçamentos a partir das informações de quais e quantas peças será necessário substituição. Além disso, dá suporte para análises qualitativas como a localização de tais anomalias, a extensão delas na fachada e com o apoio do ortomosaico auxilia os gestores na avaliação de quais anomalias tratar em termos de prioridade.

Além disso, o uso da metodologia GUT apoia essa atividade de avaliação, uma vez que ela determina o nível de Gravidade, Urgência e Tendência das principais anomalias mapeadas. Neste estudo, a partir desta análise, observamos que as fissuras apresentam grau 384 de GUT, a presença de vegetação nas fachadas, assim como a perda de seção de revestimentos apresentam grau 288 de GUT, seguidos pela ocorrência de descascamento em pintura com grau 216 de GUT, limo em pinturas com grau 108 de GUT e, por fim, manchas em pinturas e manchas em pedras com grau 27 de GUT. Baseado nisso, recomenda-se que atividades de manutenção corretiva sejam realizadas, visando a garantia de integridade do edifício. Apesar do método GUT possuir uma análise subjetiva à expertise do inspetor, a avaliação baseada na ampla imagem do ortomosaico em conjunto com os quantitativos levantados proporcionam dados relevantes à atribuição dos graus GUT, e ressalta-se que outros estudos foram consultados para suporte às análises.

Em termos de limitações, o objeto de estudo possuía alguns obstáculos em seu entorno, como árvores muito próximas à fachada e muros que dificultaram a aquisição de imagens com drone. Entretanto, testes de processamento digital integrando imagens coletadas por câmeras com LiDAR podem ser realizados para superar tal limitação. Ressalta-se que foram apresentados apenas o mapa de danos de uma das fachadas do Museu de Arte Sacra, devido sua grande extensão e pela limitação de páginas deste documento. Assim, pretende-se aprofundar em relação às análises e recomendações de correções

em trabalhos futuros. Além disso, pretende-se avaliar o uso dessas informações a partir de sua integração no sistema de gestão da manutenção, buscando identificar limitações para serem superadas em novas pesquisas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as agências de fomento CAPES e CNPq e a equipe da Superintendência de Meio Ambiente e Infraestrutura da UFBA (SUMAI-UFBA).

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial (RBAC-E nº94)**. Requisitos Gerais para Aeronaves Não Tripuladas de Uso Civil. Brasília: ANAC, 2021.

AGISOFT. **Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition**, Version 2.1. Agisoft LLC: 2024.

ALAVI, Hamidreza *et al.* Enhancing occupants' comfort through BIM-based probabilistic approach. **Automation in Construction**, v. 123, p. 103528, 2021.

ÁLVARES, J. S. **Monitoramento visual do progresso de obras com uso de mapeamentos 3D de canteiros por VANT e modelos BIM 4D**. 2019. (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPEC), Universidade Federal da Bahia, Salvador.

ANDRADE, Renan Pereira de. **Uso da termografia infravermelha embarcada em drone como ferramenta para a inspeção de patologias em revestimentos aderidos de fachada**. 2020. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ANSARI, F., GLAWAR, R., NEMETH, T., 2019. PriMa: a prescriptive maintenance model for cyber-physical production systems. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**. 32 (May 4-5), 482-503.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16747: Inspeção Predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento**. Rio de Janeiro, 2020.

BALLESTEROS, Ramiro Daniel; LORDSLEEM JUNIOR, Alberto Casado. Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) para inspeção de manifestações patológicas em fachadas com revestimento cerâmico. **Ambiente Construído**, v. 21, p. 119-137, 2020.

BARTHEL, Cecília; LINS, Mariana; PESTANA, Fábio. O papel do mapa de danos na conservação do patrimônio arquitetônico. **Jornada de Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio**, v. 1, 2009.

CHEN, Weiwei *et al.* BIM-based framework for automatic scheduling of facility maintenance work orders. **Automation in Construction**, v. 91, p. 15-30, 2018.

COELHO, Luiz; BRITO, Jorge Nunes. **Fotogrametria digital**. EdUERJ, 2007.

COSTA, M.S. **Identificação de danos em fachadas de edificações por meio de imagens panorâmicas geradas por plataforma robótica fotográfica**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil; 2014: 184 p.

COSTA, V. S. DA; TORRES, A. DA S. Avaliação do estado de degradação de fachadas de edifícios escolares por meio de indicadores qualitativos e quantitativos: estudo de caso em Pelotas/RS. **Congresso Brasileiro De Patologias Das Construções**, p. 84-95. 12 jul. 2022.

COSTA, Vitoria da Silveira; SILVEIRA, Aline Montagna; TORRES, Ariela da Silva. Evaluation of degradation state of historic building facades through qualitative and quantitative indicators: case study in Pelotas, Brazil. **International Journal of Architectural Heritage**, v. 16, n. 11, p. 1642-1665, 2022.

COUPRY, Corentin et al. BIM-Based digital twin and XR devices to improve maintenance procedures in smart buildings: A literature review. **Applied Sciences**, v. 11, n. 15, p. 6810, 2021.

FLORES-COLEN, Inês; DE BRITO, Jorge. Discussion of proactive maintenance strategies in façades' coatings of social housing. **Journal of Building Appraisal**, v. 5, n. 3, p. 223-240, 2010.

GROETELAARS, Natalie Johanna. **Criação de modelos BIM a partir de "nuvens de pontos": estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica**. 2016.

GRUSSING, Michael N.; LIU, Liang Y. Knowledge-based optimization of building maintenance, repair, and renovation activities to improve facility life cycle investments. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 28, n. 3, p. 539-548, 2014.

KEPNER, Charles Higgins; TREGOE, Benjamin B. **The new rational manager**. (No Title), 1981.

KUMARAPU, K.; SHASHI, M.; KEESARA, V. R. UAV in Construction Site Monitoring and Concrete Strength Estimation. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, v. 49, n. 3, p. 619–627, 2021.

LEE, Jae-Seob. Value engineering for defect prevention on building façade. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 144, n. 8, p. 04018069, 2018.

LEE, Kisu; LEE, Sanghyo; KIM, Ha Young. Bounding-box object augmentation with random transformations for automated defect detection in residential building façades. **Automation in Construction**, v. 135, p. 104138, 2022.

LIMA, Mahara Iasmine Sampaio Cardoso; COSTA, Dayana Bastos. Recomendações e boas práticas para a integração do monitoramento da segurança com drone ao planejamento e controle da segurança de obras. **Ambiente Construído**, v. 23, p. 213-231, 2022.

LOPES, Melissa LF; SILVA, Maykon V.; BAUER, Elton. Facade damage maps: a literature review - mapas de danos de fachadas: uma revisão da literatura. In: **Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management**, 2022.

MELO JÚNIOR, Carlos Mariano, Evangelista Jr. F, Da Silva LS, Nepomuceno AA. Geração de mapas de danos de fachadas de edifícios por processamento digital de imagens capturadas por VANT e uso de fotogrametria digital. **Ambiente Construído**. 2018; 18(3). doi:10.1590/s1678-86212018000300277.

MELO JÚNIOR, Carlos Mariano. **Metodologia para geração de mapas de danos de fachadas a partir de fotografias obtidas por veículo aéreo não tripulado e processamento digital de imagens**. 2017.

MELO, R. R. S.; COSTA, D. B. Uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para inspeção de logística em canteiros de obra. **SIBRAGEC-ELAGEC**, São Carlos: São Paulo (Brasil), 2015.

MELO, Roseneia Rodrigues Santos de. **Diretrizes para inspeção de segurança em canteiros de obra por meio de imageamento com veículo aéreo não tripulado (VANT)**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2016.

PASQUALOTTI, F.; AURICH, M.; TORRES, A. DA S. Aplicabilidade do uso do mapa de danos em fachadas de edificações inventariadas. **Congresso Brasileiro De Patologias Das Construções**, p. 303-314. 12 jul. 2022.

PATRIOTA, R. C. **Mapeamento de fachadas usando aeronave remotamente pilotada**. Curitiba, 2017. Monografia (Especialização em VANT em aplicações civis e comerciais)-Curso de Pós-Graduação em VANTs (Drones) em Aplicações Civis e Comerciais, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2017.

RABELO, Priscila Batista. **Museu universitário e comunidade local: o caso do Museu de Arte Sacra da Universidade Federal da Bahia**. Orientadora: Flávia Goulart Mota Garcia Rosa. 2020. 122 f. il. Dissertação (Mestrado em Estudos Interdisciplinares sobre a Universidade) – Instituto de Humanidades, Artes e Ciências Professor Milton Santos, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020.

RIBEIRO, R.; VILHENA, N.; PINA, C.; JÚNIOR, S.; QUEIROZ, L. Degradação de fachadas: um estudo de caso em prédio da escola de teatro e dança da UFPA. **Congresso Brasileiro De Patologias Das Construções**, p. 947-958. 12 jul. 2022.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso-: Planejamento e métodos**. Bookman editora, 2015.