CBPAT 2020 ANAIS
CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
DE 15 A 17 DE ABRIL | FORTALEZA - CE
http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.063
ISBN 978-65-86819-05-2

INOVAÇÃO NA INSPEÇÃO DE FACHADAS COM VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANT)

BALLESTEROS RUIZ, RAMIRO DANIEL
Engenheiro Civil
Universidade de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
rdbr@poli.br

LORDSLEEM JR., ALBERTO CASADO
Engenheiro Civil
Universidade de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
acasado@poli.br

FERNANDES, BRUNO JOSÉ TORRES
Engenheiro de Computação
Universidade de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
bjtf@ecomp.poli.br

OLIVEIRA, SÉRGIO CAMPELLO
Engenheiro Eletrônico
Universidade de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
scampello@yahoo.com

MOURA JR., JOSÉ MARIA DE
Estudante de Engenharia civil
Universidade de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
jmdemjr@gmail.com

LIMA, MOEMÍ
Estudante de Engenharia Civil
Universidade de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
moemilima@gmail.com

RESUMO

Na fase de diagnóstico das manifestações patológicas em fachadas, a etapa de inspeção visual merece uma destacada atenção em virtude da inerente complexidade (altura, tamanho e dificuldades de acesso). Nesse contexto, os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) estão assumindo crescente relevância como novo mecanismo de coleta de dados e imagens para inspeções visuais de forma eficaz e eficiente, mais ágeis e seguros quando comparados com o método tradicional de inspeção que inclui o professional de alpinismo industrial. O objetivo desta pesquisa foi realizar o estudo experimental do uso de VANT como ferramenta visual para inspeção de manifestações patológicas em fachadas. A estratégia de pesquisa contemplou três etapas distintas: a estruturação do procedimento de inspeção, o estudo experimental numa edificação de grande altura, e finalmente o processamento de dados, objetivando verificar a viabilidade do procedimento de inspeção. Como contribuição, evidencia-se a conveniência de utilização do VANT particularmente onde o acesso é difícil, esses veículos transportados por via aérea podem reduzir tempo, custos e gerar dados de forma eficiente.
Palavras-chave: VANT; Inspeção fachada; manifestações patológicas; fotos aéreas.

ABSTRACT

In the diagnosis phase of pathological manifestations in facades, the visual inspection stage deserves special attention due to its inherent complexity (height, size and access difficulties). In this context, Unmanned Aerial Vehicles (UAV) are becoming increasingly relevant as a new mechanism for collecting data and images for effective and efficient visual inspections, more agile and safer when compared to the traditional method of inspection that includes industrial mountaineering. The objective of this research was to perform the experimental study of the use of UAV as a visual tool for inspection of pathological manifestations in facades. The research strategy included three different steps: the structuring of the inspection process, the experimental procedure in a tall building and finally, the data processing, aiming to verify the viability of the inspection procedure. As a contribution, it is evident the convenience of using the UAV particularly where access is difficult, these airborne vehicles can reduce time, costs and generate data efficiently.
Keywords: UAV, facade inspection; pathological manifestations; aerial photos.

ISBN 978-65-86819-05-2

1. INTRODUÇÃO

A fachada é o elemento construtivo exterior que constitui a envoltória do edifício, sendo responsável por fornecer as condições de habitabilidade, estética e a valorização aos empreendimentos (Gripp, 2008). No entanto, nem sempre recebe a atenção que necessita em relação a projeto, execução e manutenção (Silva, 2007), fato que aumenta a suscetibilidade do desenvolvimento de manifestações patológicas.

Bauer *et al.*, (2011) afirmam que as manifestações patológicas podem interferir na vida útil e no desempenho do sistema de revestimento, e segundo Viégas (2015) tais fatores podem gerar desconforto e risco, tanto para as pessoas que utilizam diretamente o empreendimento quanto para os transeuntes de seu entorno. Em vista disso, é de fundamental importância o processo de investigação e monitorização das faces de uma edificação, pois de acordo com Agostinho (2012), tais procedimentos permitem o acompanhamento do comportamento das mesmas ao longo do uso do empreendimento, recolhendo informações que, ao serem enviada para os modelos de análise e decisão, permitem acompanhar e detectar avarias.

Para Freitas *et al*., (2014) os ensaios destrutivos aplicados em materiais, componentes ou sistemas construtivos tornam-se indesejáveis quando se trata de diagnóstico de problemas no contexto das edificações em uso. Com efeito, o desenvolvimento de técnicas não destrutivas que visem ao diagnóstico de deteriorações espelhadas em manifestações patológicas nas construções, de forma geral, vem sendo objeto de estudo de muitas pesquisas. A partir daí, na fase de diagnóstico das manifestações patológicas em fachadas de edifícios de mediana e grande altura, a etapa de inspeção visual (vistoria) merece uma destacada atenção em virtude da inerente complexidade (altura, tamanho, dificuldades de acesso e condições exposição).

Atualmente, no Brasil a inspeção visual das fachadas de edificações é realizada em sua maioria, pelo método tradicional, no qual o profissional desta atividade (alpinismo industrial) realiza a verificação visual e o registro fotográfico dos principais pontos a serem analisados (ÁGUILAR, 2018). No entanto, vale a pena questionar quantas horas/dias de trabalho o profissional alpinista leva para escalar e fotografar uma fachada de um prédio alto, além de considerar o elevado risco associado aos trabalhos em altura. Conforme dados divulgados pelo Ministério Público, 40% dos acidentes de trabalho no Brasil estão relacionados a quedas de trabalhadores em altura (EXAME, 2018).

Neste contexto, como resultado do desenvolvimento e aprimoramento de novas ferramentas tecnológicas na indústria da construção civil, um método eficaz e mais seguro que reduz tanto o tempo quanto o custo da inspeção é a inspeção visual com uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) ou também conhecido como drone (MELO; COSTA, 2015). Com ajuda dessa tecnologia é possível realizar uma filmagem completa e captura de fotografias em alta resolução HD (*High Definition*), possibilitando registrar problemas não observados a olho nu visto do térreo, como por exemplo: infiltrações, descolamento ou furos no revestimento e/ou fissuras e trincas na fachada (IRIZARRY E COSTA, 2016; MADER *et al*., 2016; REAGAN *et al*., 2017; HUNG *et al*., 2018; YANG *et al*., 2018).

Assim, este equipamento denominado VANT refere-se a uma classe de aeronaves pilotadas remotamente ou de forma automática através da utilização de coordenadas pré-definidas, sendo uma tecnologia emergente conhecida por seu papel em aplicações militares (IRIZARRY; COSTA, 2016). Mais recentemente, o uso potencial desses veículos aéreos em ambientes civis vem se tornando cada dia mais comum em áreas como agricultura, silvicultura, arqueologia, arquitetura e construção civil. O que era exclusividade de uso militar, agora também está presente em vários outros setores, trazendo uma maneira inovadora para a utilização desta tecnologia.

Apenas no ano de 2017 foi publicada pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) a normativa brasileira que regula os requisitos gerais para as aeronaves não tripuladas de uso civil, a norma Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial – RBAC –E nº 94 (ANAC, 2017). Este regulamento especial estabelece as condições para a operação de VANT no território brasileiro considerando o estágio do desenvolvimento atual, objetivando-se promover seu uso seguro e sustentável. Contudo, o uso destas aeronaves na indústria da construção civil ainda é limitado (MELO; COSTA, 2015), embora perceba-se que essa tecnologia pode ser utilizada de diversas maneiras.

O artigo visa apresentar o desenvolvimento e resultados obtidos na pesquisa experimental do uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) como ferramenta visual para inspeção de manifestações patológicas em fachadas, por meio da captura de imagens aéreas e seu processamento digital por software de fotogrametria para a produção de mapas de danos. Assim, verificando a viabilidade técnica do procedimento de inspeção de manifestações patológicas com uso desta aeronave, e validando o protocolo de atividades a realizar desenvolvido.

ISBN 978-65-86819-05-2

2. METODOLOGIA

O método de pesquisa para a inspeção de manifestações patológicas com uso de VANT abrangeu a realização de um estudo de caso numa edificação de grande altura, considerando três etapas distintas: estruturação do procedimento de inspeção, estudo experimental numa edificação de grande altura, e finalmente, o processamento de dados junto com a produção de mapas de danos e detecção de ocorrências patológicas nas fachadas. Essas etapas foram desenvolvidas como apresentado nos tópicos seguintes.

2.1 Estruturação do serviço de inspeção

Nesta etapa, primeiramente foi desenvolvido o protocolo de atividades a realizar para o procedimento de inspeção. Para isso, foram analisados estudos realizados pelo Instituto de Tecnologia da Geórgia (*Georgia Institute of Technology*), nos Estados Unidos, e pela Universidade Federal da Bahia, no Brasil, referentes a inspeção de segurança em canteiros de obra (ÁLVARES, 2016; MELO, 2016; IRIZARRY; COSTA, 2016; KIM, 2016), que forneceram as diretrizes do protocolo para a inspeção de manifestações patológicas em fachadas. Isto justificado pela implícita similaridade na técnica requerida para coletar fotografias digitais aéreas com VANT, objetivando o processamento computacional das imagens para a geração de ativos visuais 3D e ortomosaícos.

O protocolo desenvolvido consiste em um conjunto de formulários e *Checklists* elaborados ou adaptados conforme as necessidades e particularidades do procedimento de inspeção ao qual o mesmo está alinhado. Em síntese, o protocolo tem o objetivo principal de estruturar e guiar o procedimento de inspeção da fachada e, consequentemente a coleta dos dados em campo e posterior processamento de dados em laboratório.

Desta forma, este protocolo para inspeção de manifestações patológicas em fachadas é apresentado brevemente na Figura 1, abrangendo as etapas de pré-execução, relativa ao planejamento; a execução, relativa ao levantamento fotográfico; e finalmente, a pós-execução, relativa ao processamento das imagens e a consecutiva análise em busca de manifestações patológicas. Assim, o conjunto de formulários e *Checklist* que auxiliam nas sucessivas etapas do protocolo é descrito na continuação.



Figura 1: Protocolo de atividades a realizar

A partir do protocolo mencionado, a pesquisa exploratória foi realizada abrangendo um estudo de caso, realizando a coleta de imagens das fachadas da edificação selecionadas para a pesquisa. A escolha da edificação foi efetuada na área urbana de Recife-PE, considerando o critério de altura, visto que o uso do VANT para inspeção de fachadas é justificado principalmente quando se trata de edifícios de média ou grande altura. Assim, escolheu-se uma edificação residencial multifamiliar com 60 unidades habitacionais (Figura 2 - A), o prédio tem uma altura de 48 metros e possui 16 pavimentos. Consequentemente foi realizada uma análise do projeto: informações da edificação (geometria, localização, idade e tipo de revestimento), detalhes que compõem o plano de voo e, finalmente, o plano para a captura de imagens.

Sendo um edifício residencial, considerou fatores específicos, como por exemplo, a seleção adequada do horário para a realização da operação, visando ter a menor quantidade de moradores nas unidades habitacionais, evitando o desconforto causado pela invasão de privacidade na etapa de captura das imagens da fachada. Adicionalmente, em função das características físicas da edificação e às dificuldades adicionais inerentes a sua localização, as únicas áreas disponíveis para pouso e decolagem estão localizadas no primeiro andar (estacionamento), selecionando 2 pontos de decolagem-pouso no estudo de caso B (Figura 2 - B), e incluindo uma área de fácil acesso destinada para pouso emergencial.

ISBN 978-65-86819-05-2

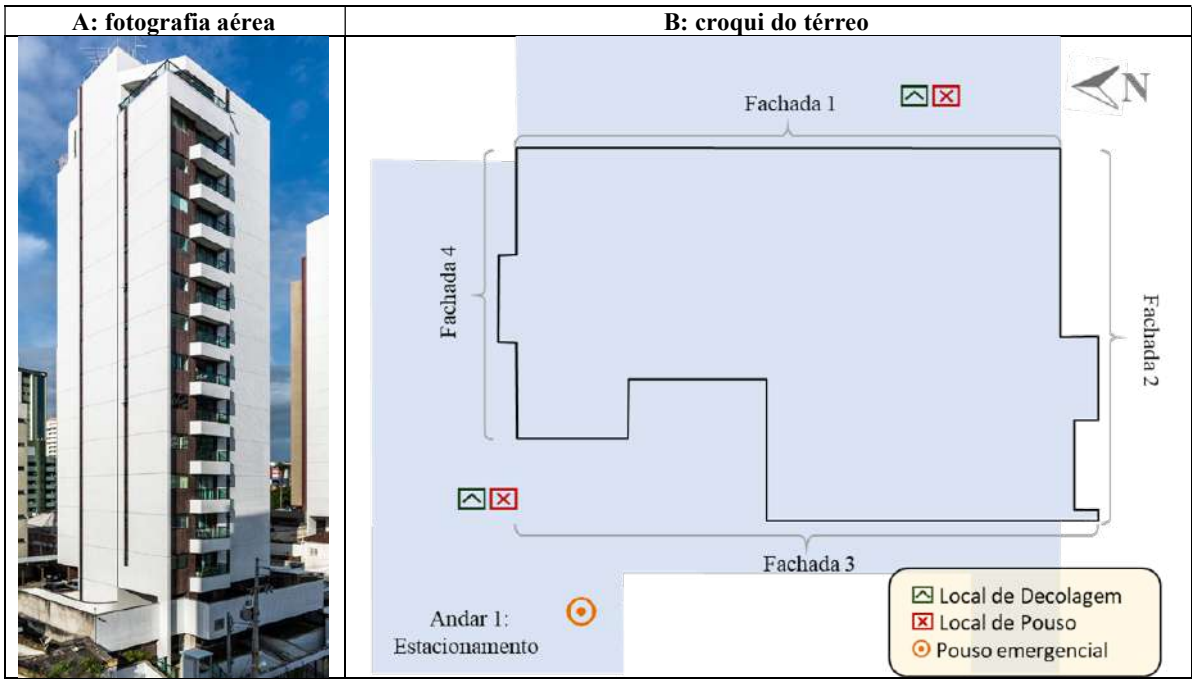

Figura 2: Edificação escolhida para o estudo de caso

2.2 Procedimento experimental

Após a estruturação do procedimento de inspeção, foi realizado o estudo experimental abrangendo as atividades inerentes ao levantamento fotográfico completo das fachadas. Para esse objetivo, foi usado o VANT *Phantom* 4 Pro V 2.0 fabricado pela DJI (Figura 3). A escolha foi fundamentada pela confiabilidade e bons resultados expostos em diferentes estudos científicos analisados (HUNG *et al*., 2018; ÁLVARES, 2016; MELO JR., 2016; IRIZARRY e COSTA, 2016), que utilizaram equipamentos iguais ou similares.



Figura 3: Equipamento VANT utilizado

A técnica para a coleta de imagens com o VANT foi definida baseando-se na premissa de que essas fotografias seriam processadas em softwares de fotogrametria digital. Portanto, foi necessário obedecer a critérios mínimos, como por exemplo, a perpendicularidade ao plano a ser estudado. De acordo com Melo Jr. (2016) a principal característica do posicionamento das câmeras para as tomadas fotográficas é o paralelismo entre si, com uma tolerância de até 10 graus, e devem estar sempre perpendiculares ao plano do objeto de interesse (Figura 4).

ISBN 978-65-86819-05-2

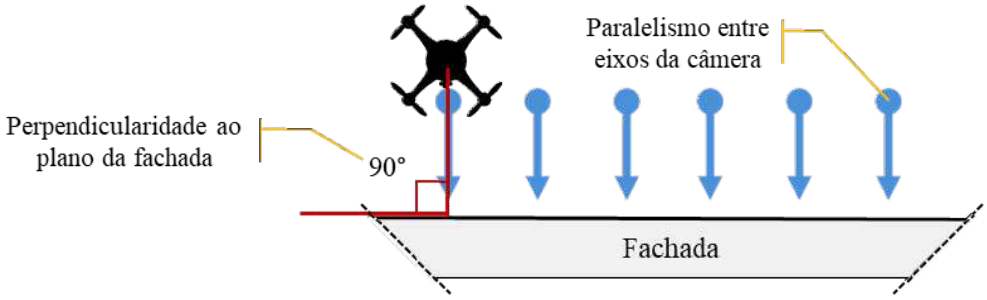

Figura 4: Posicionamento da câmera

Quanto à sobreposição entre cada fotografia, Groetelaars e Amorim (2012) enfatizam que cada parte do objeto estudado deverá ser fotografada pelo menos em três posições diferentes. Assim, quando se trata da aquisição de fotografias de fachadas, pretende-se fotografar as diferentes seções pelo menos em três posições diferentes, no sentido vertical ou horizontal. Este aspecto é importante para maximizar os procedimentos referentes às correlações automáticas do software de fotogrametria digital.

Para garantir essa particularidade, de acordo com Patriota (2017), Melo Jr. (2016), Pierrot-Deseilligny, De Luca e Remondino (2011) deve-se assegurar a sobreposição mínima de 75-80% de uma fotografia para a seguinte, a fim de possibilitar a detecção automática dos pontos homólogos nas imagens digitais e, consequentemente, a orientação da imagem.

Outro aspecto relevante abordado por Melo Jr. (2016), Groetelaars (2015), Brito, Groetelaars e Amorim (2012), é que se deve garantir adequada relação da distância entre a posição das estações na tomada fotográfica e a distância das estações para a fachada fotografada. Assim, os autores recomendam que essa relação deve se manter no intervalo inferior de 0,1 e superior de 0,5 como exemplificado na Figura 5, pois se o mesmo for muito pequeno a correlação automática dos pontos é facilitada, mas a precisão geométrica na reconstrução 3D é prejudicada, sendo ocorrido o contrário caso o valor dessa relação seja elevado (PIERROT-DESEILLIGNY; DE LUCA; REMONDINO, 2011).

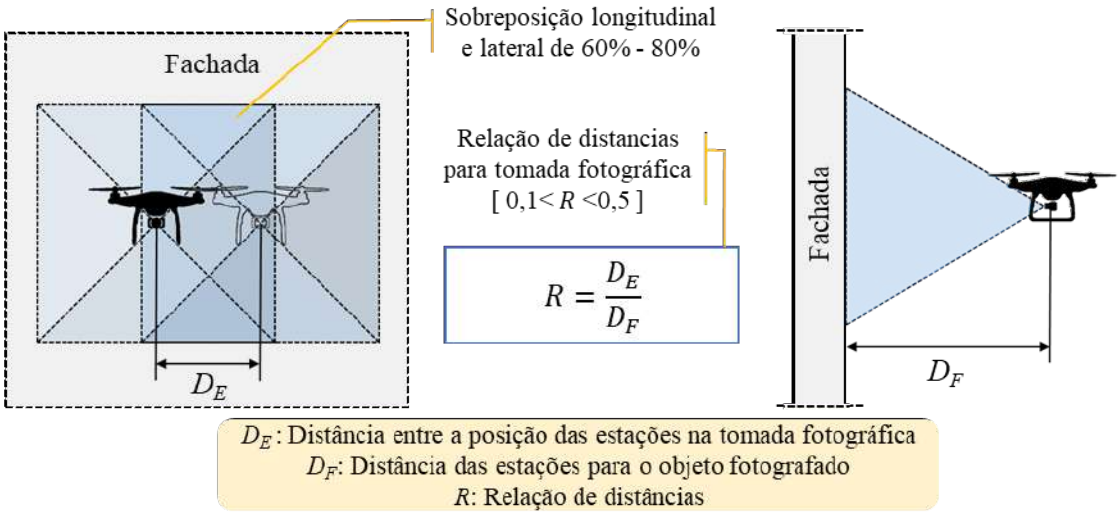

Figura 5: Posicionamento da câmera

Por conseguinte, em concordância com os tópicos antes discutidos, os parâmetros adotados para a captura de imagens consideraram áreas de sobreposição entre as fotografias de aproximadamente 75% nos sentidos longitudinal e lateral das faixas de voo do VANT. Do mesmo modo, a distância da estação para a fachada foi de 8 metros, e consequentemente, a distância entre as estações na tomada fotográfica foi de 1,8 metros no sentido vertical e 3,2 metros no sentido horizontal, permitindo uma relação de distâncias dentro dos intervalos recomendados

ISBN 978-65-86819-05-2

2.3 Processamento de dados

Na sequência, após a coleta fotográfica, foi realizado o processamento computacional das mesmas por meio de software de fotogrametria digital, objetivando a criação de ortomosaícos das fachadas da edificação, que junto com as imagens digitais, constituíram os recursos utilizados simultaneamente para a inspeção visual em busca das manifestações patológicas. Tendo em vista que a combinação de ambos recursos visuais permitiu a localização bidimensional dos achados desde um ponto de vista ortogonal, dentro da conveniente representação geométrica das fachadas oferecida nos ortomosaícos, e consequentemente viabilizou a elaboração dos mapas de danos.

Quanto ao software para o processamento das imagens por técnicas de fotogrametria digital, foi selecionado o *PhotoScan Professional* 1.4.0 build 5076 para sistema operativo Windows 64 bits da AGISOFT. A revisão bibliográfica permitiu observar as diferentes vantagens desse software, que se tem apresentado como uma ferramenta de baixo custo, intuitiva e que proporciona modelos digitais e ortomosaícos com boa qualidade visual (ÁLVARES, 2016). A seguir, a Figura 6 apresenta de forma resumida a sequência de processamento para a produção dos ortomosaícos de cada fachada.



Figura 6: Sequência de produção de ortomosaícos

Para a execução do software antes citado e consequente geração dos modelos, foi empregado um computador com processador Intel Xeon 1.90 Giga-hertz (2 processadores) e memória instalada (RAM) de 16 GB. Essas características permitem processar até 200 fotografias por vez, assumindo a resolução das fotografias do *Phantom* 4 Pro da ordem de 20 megapixels (AGISOFT, 2018).

Após a produção dos ortomosaícos foi efetuada a detecção de manifestações patológicas, por meio da inspeção visual simultânea dos recursos visuais gerados (fotografias digitais e ortomosaícos). Desta forma, a análise das fotografias foi realizada para cada fachada individualmente, seguindo uma ordem de varredura visual de cima para baixo e de esquerda para direita. Quando uma manifestação patológica era visualizada, a mesma era identificada, classificada, numerada, verificada na fotografia com segmentação binária (representação ou transformação da imagem em dois tons, preto e branco), e localizada no ortomosaíco da fachada, para finalmente produzir os mapas de danos para cada fachada. Essa sequência é exemplificada graficamente na Figura 7.

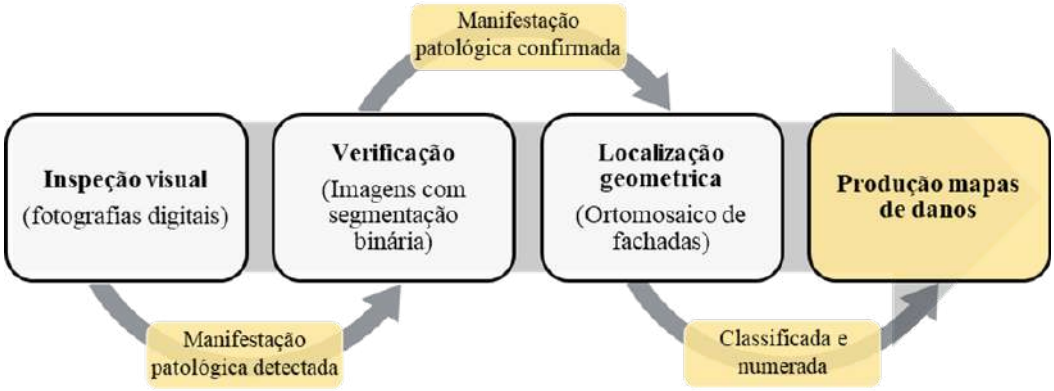

Figura 7: Sequência de detecção de manifestações patológicas

ISBN 978-65-86819-05-2

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Posteriormente à finalização do protocolo de atividades a realizar, foi realizada uma análise ao procedimento de coleta de imagens. Neste sentido, pode-se destacar que nesta atividade foram observadas dificuldades na operação do VANT em virtude das características geométricas da edificação e sua localização numa área urbana densamente habitada. Com pontos de decolagem e pouso limitados, somado a obstáculos como edificações de mediana e grande altura circundantes e próximas à edificação estudada, além de ruas de elevado fluxo veicular nas imediações, a decolagem e o pouso tiveram que ser realizados no primeiro andar destinado a estacionamentos da edificação.

Da mesma forma, outras barreiras físicas prejudicaram na operação do VANT, como o chuvisco intermitente e a presença de fortes correntes de vento nos primeiros metros da edificação (comportamento causado pelo conjunto de características geométricas do edifício estudado e os edifícios próximos), situação que dificultou a decolagem e o pouso da aeronave. Porém, particularmente para a captura de imagens, as dificuldades relativas ao vento não afetaram na qualidade dos ativos visuais gerados nem os resultados esperados, isto é justificado particularmente porque o VANT *Phantom* 4 ProV2.0 não transmitiu à câmera os movimentos indesejados gerados pelo vento ou pelo mesmo deslocamento do VANT. Em sua maioria, todas essas movimentações foram absorvidas pelo estabilizador incorporado na aeronave.

Com tudo, essas dificuldades não interferiram significativamente com os resultados do procedimento de inspeção de manifestações patológicas com uso desta aeronave. Desta forma, a missão aérea com o VANT derivou na coleta de 273 fotografias em total, cobrindo os 2.916 metros quadrados das fachadas da edificação, sendo 97, 49, 101 e 26 fotos para as fachadas 1, 2, 3 e 4 respectivamente. Assim, o processamento das imagens para cada fachada resultou em 4 ortomosaícos que reproduziram de forma fidedigna a geometria bidimensional das fachadas da edificação, a partir dos quais foram construídos os mapas de danos apresentados que a seguir (Figura 8).

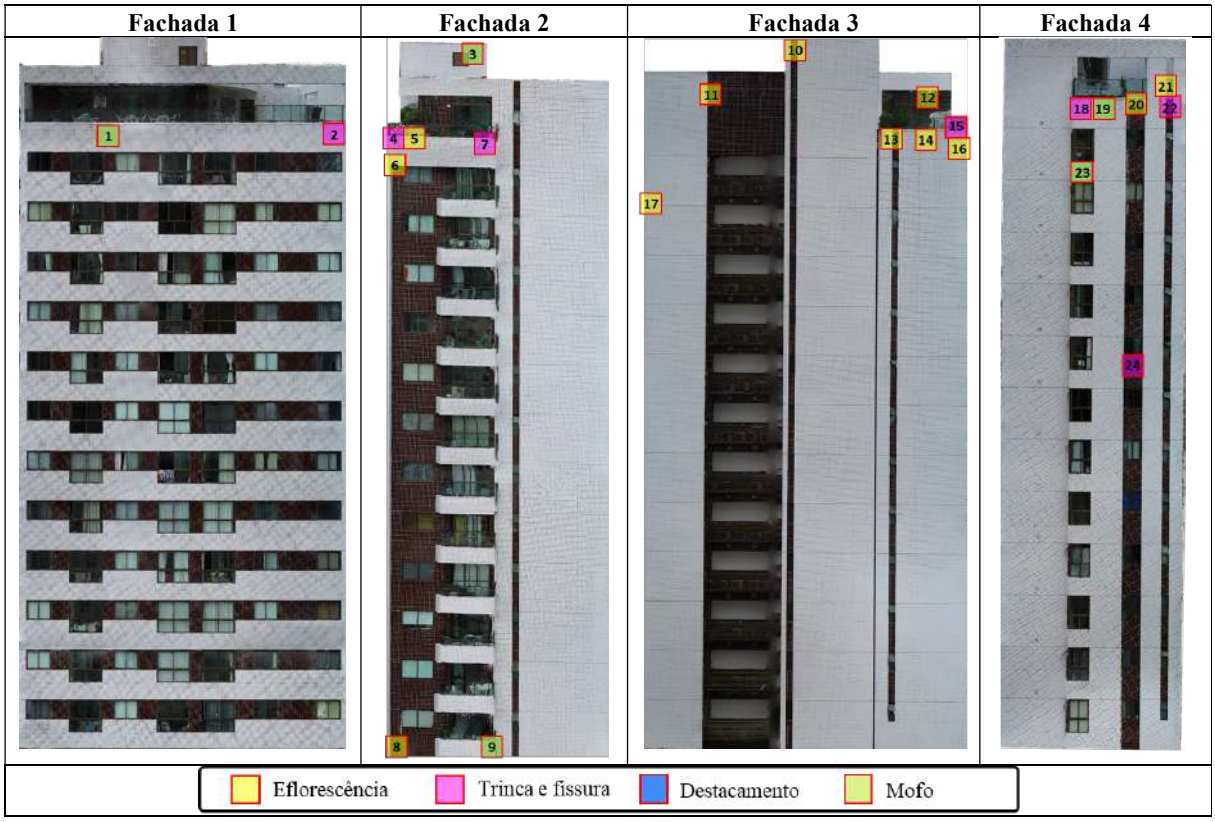

Figura 8: Mapas de danos de fachadas da edificação

ISBN 978-65-86819-05-2

Conforme os mapas de danos apresentados, a análise simultânea das fotografias digitais e os ortomosaícos produzidos permitiu a visualização da ocorrência de manifestações patológicas em todas as fachadas do edifício e a localização espacial dos mesmos na vista ortogonal, totalizando 24 manifestações patológicas detectadas. Entre as quais, 12 foram atribuídas a eflorescência (50%), 7 a trincas e fissuras (29%) e finalmente 5 a mofo (21%) (Figura 9). Adicionalmente, percebe-se que a maior incidência destas manifestações patológicas foi identificada no terço superior da edificação, com um 87,50% dos achados, 8,33% no terço inferior e 4,17% no terço intermédio.

Tipo de Manifestação Patológica	Número de achados	Porcentagem
Fissura e trincas	7	29%
Eflorescência	12	50%
Destacamento	0	0%
Mofo	5	21%
TOTAL	24	100%

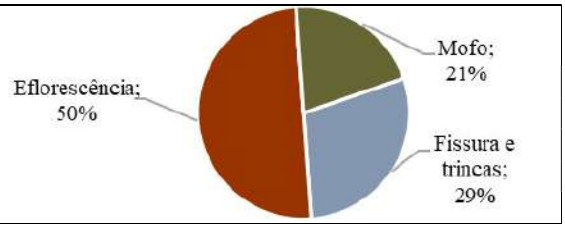

Figura 9: Manifestações patológicas detectadas

Finalmente, numa análise individual dos recursos visuais produzidos, as fotografias digitais demostraram ser mais efetivas para a detecção de manifestações patológicas, em virtude de que esse recurso não sofreu retificações ou distorções, apresentando melhor qualidade visual, assim proporcionando maior fiabilidade para a inspeção. Por outro lado, os ortomosaícos criados, embora não sejam o ativo visual com maior qualidade visual no que diz respeito à definição da imagem, são o recurso que complementa as fotografias digitais para viabilizar a elaboração de mapas de danos. Tendo em vista que a combinação de ambos recursos visuais permite a localização bidimensional das patologias desde um ponto de vista ortogonal, dentro da conveniente representação geométrica das fachadas oferecida nos ortomosaícos.

4. CONCLUSÃO

O uso do VANT como ferramenta para obtenção das imagens demonstrou eficiência, além de versatilidade na locomoção vertical e horizontal bem como a praticidade para alcançar as regiões mais elevadas das edificações. Foi indispensável para a captura de imagens a serem processadas na geração dos ortomosaícos por meio do software de fotogrametria digital, principalmente porque as imagens necessitam ser registradas perpendicularmente ao plano da cena, ou melhor, próximas das fachadas. Dessa forma, representa uma alternativa conveniente para as inspeções de fachadas, proporcionando imagens com qualidade satisfatória e agilidade aos processos.

Quanto às características que influenciam ao uso do VANT, a pesquisa constatou por meio da percepção dos envolvidos, que o veículo aéreo empregado nos estudos de caso tem uma interface de fácil uso para operação, excelente integração de software e hardware, software de fácil atualização, sistema confiável com sensores de respostas emergencial eficiente, além de que a autonomia da bateria satisfez as necessidades para a coleta de imagens. Não obstante, o VANT apresentou-se sensível a mudanças meteorológicas, tais como ventos fortes e chuva. Ressaltando também, que fatores determinantes na eficiência e eficácia do processo de coleta de imagens foram, a experiência do piloto e observadores com o VANT, e a necessidade de treinamento do uso da tecnologia.

Por outro lado, diante dos resultados obtidos na pesquisa experimental, constatou-se a viabilidade técnica do procedimento de inspeção por meio do levantamento fotográfico com o VANT, esses veículos transportados por via aérea realizam um levantamento fotográfico de forma muito eficiente. Podendo proporcionar um serviço de inspeção com maior segurança e velocidade, exigindo menos recursos quando comparado com o método tradicional de inspeção com alpinismo industrial, representando uma alternativa conveniente para detecção de manifestações patológicas em fachadas de edifícios de grande altura.

ISBN 978-65-86819-05-2

REFERÊNCIAS

AGISOFT PhotoScan. **User Manual:** Professional edition, Version 1.4. 2018. 127 p.

AGUILAR, G. **Inspeção Predial de Fachadas com Drones à luz da ABNT NBR 5674**: 2012 – Manutenção de Edificações. 2018. Disponível em: https://www.linkedin.com/pulse/inspe% C3%A7%C3%A3o-predial-de-fachadas-com-drones-%C3%A0-luz-da-abnt-gabriel-aguilar/?published=t. Acesso em: 19 mai. 2018.

AGOSTINHO, S. L., **Inspeção e Monitorização de Estruturas em Engenharia Civil – Utilização de UAV na Inspeção e Monitorização**, Dissertação de Mestrado, Universidade da Madeira, (2012) p. 105.

ÁLVARES J. S. **Mapeamento 3d de canteiros via imagens coletadas com veículo aéreo não tripulado (VANT). Salvador, 2016**. 156p. Monografia (Graduação) - Escola Politécnica, Universidade Federal de Bahia.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil - **Regulamento Brasileiro da aviação Civil Especial (RBAC-E nº94).** Resolução n. 419, 2 de maio de 2017. Brasília, 2017.

BAUER, E., CASTRO, E. K., ANTUNES, G. R., LEAL, F. E., Identification and Quantification of Pathologies in Facades of New Buildings in Brasília in: XII DBMC INTERNATIONAL CONFERENCE ON DURABILITY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS, Portugal. **Anais…** Porto, 2011.

BRITO, B.; GROETELAARS, N. J., AMORIM, A. O uso da tecnologia dense stereo matching para levantamento de edificações existentes. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DOCUMENTAÇÃO DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO COM O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS, II .2012, Belém. **Anais...** Belém: ARQDOC, 2012.

EXAME. Utilização de drones em construções civis revoluciona setor e startup inaugura novo nicho de mercado, **Revista Online Grupo Abril**. (2018). Disponível em: https://exame.abril.com.br/negocios/dino/utilizacao-de-drones-em-construcoes-civis-revoluciona-setor-e-startup-inaugura-novo-nicho-de-mercado/. Acesso em: 01 de set. 2018.

FREITAS, J. G., CARASEK, H., CASCUDO, O. (2014), Utilização de termografia infravermelha para avaliação de fissuras em fachadas com revestimento de argamassa e pintura, **Ambiente Construído**, V.14, No. 1, pp. 57-73.

GROETELAARS, N. J.; AMORIM, A. L. Dense Stereo Matching (DSM): conceitos, processos e ferramentas para criação de nuvens de pontos por fotografias**.** In: SIGRADI 2012 - CONGRESO DE LA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 2012, Fortaleza. SIGraDi 2012 **Proceedings of the 16th Iberoamerican Congress of Digital Graphics**, 2012. p. 361-365.

GROETELAARS, N. J. **Criação de modelos BIM a partir de nuvens de pontos:** estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica. 2015. 372p. Tese (Doutorado). Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Arquitetura.

Gripp, R. A. A., **Importância do Projeto de Revestimento de Fachada para a Redução de Patologias**, Monografia de Graduação, Universidade Federal de Minas Gerais, (2008) p. 80.

HUNG, M. N. W. B.; SAMPAIO, T. V. M.; SCHULTZ, G. B.; SIEFERT, C. A. C.; LANGE, D. R.; MARANGON, F. H. S.; SANTOS, I. Levantamento com veículo aéreo não tripulado para geração de modelo digital do terreno em bacia experimental com vegetação florestal esparsa. **Revista Ra'e Ga Espaço Geográfico em Análise**, v. 43, p. 215-231.Curitiba, 2018.

IRIZARRY, J.; COSTA, D. B. Exploratory Study of Potential Applications of Unmanned Aerial Systems for Construction Management Tasks. **Journal of Management in Engineering**. 1 May 2016, Vol.32(3). Atlanta, 2016.

KIM, S.; IRIZARRY, J.; COSTA, D. B.; MENDES, A. T. C. Lessons learned from unmanned aerial system-based 3D mapping experiments.52nd ASC Anu-al International Conference, 1., 2016. Provo. **Proceedings...** Provo, 2016.

ISBN 978-65-86819-05-2

MADER, D.; BLASKOW, R.; WESTFELD, P.; WELLER, C. Potential of UAV-Based laser scanner and multispectral camera data in building inspection. International Archives of the Photogrammetry, **Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives**. Vol.2016-, pp.1135-1142. Praga, 2016.

MELO JR, C. M.., **Metodologia para geração de mapas de danos de fachadas a partir de fotografias obtidas por veículo aéreo não tripulado e processamento digital de imagens**. Brasilia, 2016. 408p. Tese (Doutorado) – Facultade de Tecnologia, Universidade de Brasília.

MELO, R. R. S.; COSTA, D. B. Uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) para inspeção de logística em canteiros de obra. In: SIBRAGEC-ELAGEC, 1., 2015. São Carlos. **Anais...** São Carlos, 2015.

PATRIOTA, R. C. **Mapeamento de fachadas usando aeronave remotamente pilotada.** Curitiba, 2017. Monografia (Especialização) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

PIERROT-DESEILLIGNY, M.; DE LUCA, L.; REMONDINO, F. Automated image-based procedures for accurate artifacts 3D modeling and orthoimage generation. **Geoinformatics CTU FCE.** 2011. Disponível em: <http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/ doc/PRAGUE/113.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2019.

REAGAN, D; SABATO, A; NIEZRECKI, C. Feasibility of using digital image correlation for unmanned aerial vehicle structural health monitoring of bridges Structural Health Monitoring, October 2017, **SAGE Publishing**, Vol.17(3), pp.289-302. Massachusetts, 2017.

SILVA, A. F., **Manifestações patológicas em fachadas com revestimento argamassado: Estudo de caso em edifícios em Florianópolis**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, (2007) p. 190.

VIÉGAS, D. J. A., **Utilização da termografia infravermelha em fachadas para verificação de descolamento de revestimento**, Dissertação de Mestrado, Universidade de Pernambuco, (2015) p. 165.

YANG, LIANG; LI, BING; LI, WEI; JIANG, BIAO; XIAO, JIZHONG. Semantic Metric 3D Reconstruction for Concrete Inspection. IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2018. USA. **Anais…** Salt Lake City, 2018.