



NOVAS TENDÊNCIAS NA INSPEÇÃO VISUAL DE EDIFÍCIOS E ESTRUTURAS: ESTUDO PARA A UTILIZAÇÃO DE DRONES

FALORCA, Jorge G. F. (1); LANZINHA, João Carlos Gonçalves (2); MIRALDES, João Pedro Nascimento Dinis (3)

(1) Eng. Civil, Covilhã, Portugal, jorge.falorca@netvisao.pt

(2) C-MADE – Centre of Materials and Building, joao.lanzinha@ubi.pt

(3) Universidade da Beira Inferior, joamiraldes@hotmail.com

RESUMO

A inspeção visual é uma técnica não destrutiva, muito simples e usual no diagnóstico do estado de conservação de edifícios e estruturas. Tem também um papel relevante na avaliação célere dos problemas construtivos e na definição de um modo adequado de eventuais intervenções de reparação. Contudo, o recurso a esta metodologia, encontra frequentemente dificuldades, sobretudo quando os locais a inspecionar são de difícil acesso, existem riscos de segurança para o inspetor ou até mesmo quando uma inspeção reativa de caráter urgente, se torna inviável devido aos custos elevados e aos meios necessários envolver. Neste contexto, a introdução de novas tecnologias, como seja o caso dos drones, pode resultar em benefícios substanciais. Atualmente grande foco tem sido colocado neste tipo aparelho, como tecnologia emergente na Indústria da Construção (IC). Esta comunicação é uma reflexão para discutir a adaptabilidade e versatilidade da utilização de drones, no âmbito da monitorização da condição da envolvente dos edifícios e de outros tipos de estruturas (por exemplo, pontes, viadutos, barragens, chaminés, etc.). O interesse recai, para já, em aparelhos que apresentem uma configuração multirotor e integrem câmaras de alta definição (HD) para fotografia e vídeo. Para se verificarem tais pressupostos, estão a ser realizados diversos ensaios de campo, dos quais se apresentam alguns exemplos.

Palavras-chave: Drones, Inspeção, Edifícios, Estruturas, Patologias.

ABSTRACT

Visual inspection is a non-destructive technique, very usual in the diagnosis of state condition of buildings and structures. It also plays a relevant role in a fast assessment of construction defects and in the definition of appropriate solutions for repair works. However, the use of this methodology often meets difficulties, especially when sites to be inspected are difficult to access, there are safety risks for the inspector or even when an urgent reactive inspection becomes unfeasible due to high costs and significant resources required. In this context, the introduction of new technologies, such as drones, can bring substantial benefits. Currently, great focus has been put on this type of devices, as emerging technology in the Construction Industry (CI). This communication treats about a reflexion on the adaptability and versatility of drone use, in the context of the state monitoring of building envelope and other kind of structures (e.g. bridges, viaducts, dams, chimneys, etc.). For now, our interest is directed to devices with a multi-rotor configuration and integrating high-definition (HD) cameras for both photography and video. In order to verify such assumptions, several field tests are being performed, of which some examples are presented.

Keywords: Drones, Inspection, Buildings, Structures, Pathologies.

1 INTRODUÇÃO

Em 2018, as obras de reabilitação licenciadas em Portugal cresceram 11,7% face ao ano anterior (-0,1% em 2017), correspondendo a 5187 edifícios licenciados (INE, 2019). Já no que diz respeito a outros tipos de estruturas, no mesmo ano, as Infraestruturas de Portugal tinham a seu cargo mais de 7.200 Obras de Arte, entre pontes, viadutos, túneis e passagens hidráulicas, ou seja, estruturas com mais de 2 metros de vão, pertencentes à rede rodoviária e à rede ferroviária (IP, 2018a). Segundo a avaliação feita pela mesma entidade, embora as pontes se apresentem com cerca de 86% nos estados Satisfatório e Bom (IP, 2018b), existe ainda a necessidade de encontrar métodos mais seguros e eficientes para realizar a inspeção visual com qualidade e segurança, uma vez que esta é uma das técnicas essenciais nos trabalhos de reabilitação e conservação.

É neste sentido que os drones podem fazer a diferença na inspeção técnica das construções. Várias pesquisas têm sido feitas para demonstrar a aplicabilidade e a utilidade dos drones no setor da construção (DUPONT et al., 2017; LIDYNIA et al., 2017; CIAMPA et al., 2019).

DUPONT et al. (2017) apresentam a relação entre as necessidades do utilizador, as soluções já existentes e o que os drones podem trazer de novo relativamente às diferentes fases do ciclo de vida das construções (estudo prévio dos locais - 'site survey', monitorização de progressos e da construção, rastreamento de materiais e ainda na gestão de instalações - 'facility management'). Uma das conclusões deste estudo indica que o recurso a drones apresenta grandes vantagens, podendo inclusive ser uma ferramenta fundamental para a reabilitação, quando interligados com o 'Building Information Model' (BIM), ao fornecerem dados em tempo real sobre o estado de conservação da envolvente exterior de edifícios e de outras construções.

Os drones têm assim ganho certo destaque na área da Construção também pelo facto de a sua utilização poder ser economicamente mais viável do que muitos dos métodos de inspeção visual tradicional. Embora seja ainda escasso o volume de bibliografia que aborde diretamente as vantagens económicas da utilização dos drones na inspeção visual, é entretanto já possível aferir, a partir de alguns trabalhos realizados (CIAMPA et al., 2019), o impacto que estes podem ter nos custos globais dos trabalhos de inspeção, sobretudo ao dispensarem qualquer tipo de estrutura auxiliar como andaimes e ao não causarem transtornos significativos na utilização das estruturas aquando da sua inspeção.

Sendo uma tecnologia recente na área da Engenharia Civil (EC), tem existido um esforço contínuo para se encontrarem metodologias para a correta utilização de drones na inspeção das construções e em sistemas de infraestruturas civis. Alguns estudos, como aqueles realizados por exemplo por ENTROP e VASENEV (2017), SEO et al. (2018) e GOPALAKRISHNAN et al. (2018), vão nesse sentido e as suas propostas, em

geral, tentam ter em conta todos os fatores que influenciam a inspeção, como o tipo de drone, as condições atmosféricas e o tipo de construção alvo de análise, etc. Por exemplo, SEO et al. (2018) propõem uma metodologia de cinco etapas: a primeira é coletar toda a informação da construção a ser inspecionada; numa segunda etapa prevê-se uma avaliação de risco, analisando as zonas circundantes à construção, em busca de perigos potenciais para a inspeção, tais como árvores e tráfego de pessoas ou veículos; a terceira etapa consiste num 'pre-flight setup', verificando-se aqui o estado do software e hardware do drone; na quarta etapa faz-se a inspeção; e por fim, numa quinta etapa é realizada a identificação e o estudo das anomalias detetadas. Também no estudo de ENTROP e VASENEV (2017) para inspeção de construções recorrendo à termografia, se propõe um protocolo com quatro fases. Nesse caso, a primeira fase consiste num delineamento geral das condições de utilização do drone, como o tipo de edifício a inspecionar, a legislação em vigor, dados meteorológicos e a escolha de uma zona segura com visibilidade para o piloto manobrar o aparelho; no segundo estágio - à semelhança de SEO et al. (2018), também se prevê um perímetro de segurança; a terceira etapa refere-se às especificações da câmara a utilizar, aos ângulos e distâncias ao objeto em estudo e à velocidade de manobra do drone; na etapa final é ainda projetado o padrão de voo, seguido da sua execução e da recolha final de dados. Em ambos os casos de estudo referidos, foram encontradas certas contrariedades, como as que se referem às condições atmosféricas, que podem dificultar os voos e a deslocação do drone às zonas mais recônditas das estruturas.

Portanto, a perceção com que se fica é que embora existam dificuldades a serem ultrapassadas, os drones têm no entanto vindo a marcar posição no sector da Construção, nomeadamente ao serem utilizados na inspeção visual de estruturas de larga escala e contribuindo cada vez mais para a obtenção de relatórios de inspeção mais detalhados, económicos e rigorosos, garantindo simultaneamente bons níveis de segurança e de comodidade, tanto aos técnicos que procedem às avaliações 'in loco', bem como aos utilizadores das construções objeto de análise.

2 OBJETIVOS DA COMUNICAÇÃO

A intenção desta comunicação é fazer uma reflexão sobre a adaptabilidade e a versatilidade da utilização de drones no contexto da monitorização da condição da envolvente dos edifícios e de outros tipos de estruturas e infraestruturas civis, como por exemplo, pontes, viadutos, barragens, chaminés, etc.

No sentido de avaliar evidências que comprovem de forma qualitativa as vantagens da utilização de drones relativamente aos meios convencionais, têm estado em desenvolvimento pelos autores, estudos aprofundados sobre esta temática e a ser simultaneamente realizados

diversos ensaios de campo. Numa fase de abordagem inicial ao problema, os testes têm incidido apenas ao nível dos revestimentos de fachadas de edifícios ou nas faces verticais de algumas estruturas.

3 METODOLOGIA SEGUIDA

3.1 Estudo e análise dos princípios teóricos subjacentes

Uma fase essencial da investigação consiste na permanente revisão da literatura que nos vai possibilitando ter uma perspetiva detalhada e atualizada acerca de diversos aspetos relacionados com a tecnologia que os drones envolvem, as suas aplicações em EC (em particular com foco na verificação de estruturas existentes, no campo da Indústria da Construção - IC, bem como no âmbito das inspeções ao nível das envolventes de edifícios e estruturas em geral). A literatura mais relevante tem sido obtida principalmente via *Google*, *Google Scholar*, *ResearchGate*, *ScienceDirect*, *B-On*, *Emerald Insight*, etc., cobrindo uma ampla variedade de tipos de publicações, páginas Web, entre outras fontes.

O tratamento da informação recolhida tem consistido genericamente na seriação de cada publicação, de acordo com o tipo de subtemas que interessam para a nossa investigação. Como não é de todo possível apresentar-se neste texto uma descrição mais completa e incisiva acerca da mesma, limitamo-nos apenas a dar relevo a certos aspetos que nos parecem merecer maior atenção para melhor enquadramento dos casos de estudo realizados.

3.2 Casos de estudo

No âmbito do presente artigo, serão apenas apresentados dois casos de investigação. O primeiro refere-se a uma fachada de um edifício de habitação ('Caso A' – já alvo de prévia análise por MIRALDES e RAMOS, 2018); o segundo é uma chaminé ('Caso B'). Como ambos os casos têm uma particularidade em comum que é tratarem-se de construções com significativa dimensão em altura, julgou-se assim interessante realizar um estudo com as características que se apresentam sinteticamente neste artigo.

No Quadro 1 resumem-se alguns aspetos referentes a cada situação.

Quadro 1 – Breve caracterização dos casos de estudo

| | | 'Caso A' | 'Caso B' |
|---------------------------------|--------------------|--|--|
| Breve Descrição | Tipo de Construção | Fachada de um edifício alto de habitação, com 18 pisos e mais de 54 metros de altura. Atualmente encontra-se devoluto. | Chaminé de tijolo de barro, com 30 m de altura, seção de eixo circular e espessura variável disfarçada da base para o topo. Está desativada, apenas com funções estéticas. Possui um revestimento superficial exterior do tipo cerâmico. |
| | Idade (Anos) | 40 | 50 |
| | Localização | 40°16'17.9"N 7°30'30.1"W | 40°16'37.3"N 7°30'34.3"W |
| | | Covilhã, Portugal | |
| Principais objetivos a alcançar | | Rápida avaliação do estado geral das áreas mais inacessíveis da fachada, evitando a instalação de meios auxiliares. | Rápida avaliação do estado geral das zonas mais altas das superfícies exteriores sem a instalação de meios auxiliares. Destacar a representação de uma trajetória de voo pré-definida. |

3.3 Equipamento utilizado

Os testes de campo foram realizados com recurso a drones equipados com câmara HD. No 'Caso A', a análise de inspeção aqui apresentada refere-se apenas a uma das suas fachadas. Para esta situação utilizou-se um drone do tipo *DJI Phantom 4* (pormenores e características em: <https://www.dji.com/pt/phantom-4>). Na inspeção da chaminé recorreu-se a um drone do tipo *Parrot Bebop 2* (pormenores e características em: <https://www.parrot.com/us/drones/parrot-bebop-2>).

3.4 Preparação do trabalho de campo e a realização de voos

Em particular no 'Caso B', os procedimentos pré-testes in loco foram organizados mais pormenorizadamente por tópicos, conforme resumidamente enumerados no Quadro 2. Salienta-se que a preparação do trabalho de campo e a trajetória ou o padrão do voo são aspetos importantes a ter em conta. O planeamento de um voo com drones exige a atenção para vários fatores, como a distância ao objeto a ser inspecionado, a altitude e a velocidade do aparelho. Por exemplo, com base em várias fontes, RAKHA e GORODETSKY (2018) dão uma ideia de como se podem variar as distâncias recomendadas, referindo que a distância ideal depende de cada caso. Assim, no 'Caso A' foi pré-estabelecida uma trajetória de voo com uma distância média de 16 metros à fachada (valor estabelecido por opção do operador para salvaguarda da segurança do aparelho). No 'Caso B' essa distância já foi bastante mais reduzida, sendo em média de 2 metros (com flutuações

ocasionais) - permitindo a extração de imagens com uma cobertura de aproximadamente 3,15 x 1,75 metros quadrados.

Durante os ensaios, e cumprindo as diretrizes pré-estabelecidas, o movimento do drone alternou em subidas e descidas verticais, associadas a movimentos horizontais no seu término, varrendo assim toda a extensão das superfícies em análise (mais à frente, na figura inserida no Quadro 3, ilustra-se o padrão de voo seguido no 'Caso B'). As operações de voo foram realizadas à linha de visão (em LOS - 'Line of Sight'), com uma duração máxima de 20 minutos.

Quadro 2 – Resumo de procedimentos de pré-voo e para a realização de voos com drone ('Caso B')

| Tópicos | | | | |
|---------------------------------|--|--|--|---|
| Preparação do trabalho de campo | 1 - Entidades proprietárias do património – pedido de autorização | 2 - Análise de documentos de projeto | 3 - Entidades proprietárias do património – aceitação garantida | 4 - Utilização do espaço aéreo – pedido de autorização (se necessário) |
| | 5 - Utilização do espaço aéreo – autorização garantida (se necessária) | 6 - Previsão do voo – de acordo com previsões meteorológicas favoráveis | 7 - Entidades proprietárias do património – informação da data do voo e aprovação | 8 - Padrão de voo – estabelecimento de um padrão de voo adequado. |
| Realização dos voos | 1 - Confirmação de condições para realização do voo – de acordo com previsões meteorológicas mais rigorosas | 2 - Check-list de voo – antes de descolar, uma <i>check-list</i> é verificada | 3 - Durante o voo – verificação de parâmetros de voo; resposta imediata a situações de emergência | |

3.5 Tratamento e análise de dados recolhidos

Os resultados das inspeções com drone são posteriormente tratados em 'back-office', de acordo com os objetivos que se pretendem alcançar. Recorre-se à utilização de computadores com software de processamento de imagem, vídeo e texto, planilhas, etc.

Assim, a coleta e a análise de dados é baseada principalmente numa avaliação detalhada das gravações de vídeo. Cada ficheiro de vídeo é reproduzido em câmara lenta (e repetido quantas vezes for necessário) para que cada ponto da trajetória de voo ao longo da fachada possa ser minuciosamente verificado quanto à existência de sintomas de anomalias, patologias ou danos. Isto pode ser feito de acordo com uma lista de verificação de observação predefinida (por exemplo, com as formas de manifestação de degradação e gravidade das anomalias detetadas).

Então, para cada tipo de ocorrência verificada, uma imagem (ou um conjunto de fotos) é selecionada e salva para ser organizada posteriormente com as demais. Todos os casos são tratados individualmente, com base no conhecimento e na experiência implícitos do inspetor e eventualmente recorrendo à bibliografia de especialidade ou até realizando possíveis comparações com situações semelhantes.

Em teoria, nos casos de construções em serviço com alguns anos de idade, a realização de ações de inspeção pode enquadrar-se nos contextos da gestão de reparações, reabilitação ou manutenção. Para cada hipótese, pode ser útil recorrer a metodologias desenvolvidas para estudar e/ou classificar a condição, permitindo assim uma apresentação estruturada dos resultados.

Neste artigo, o diagnóstico é apresentado de forma abreviada no Quadro 4 (para os dois casos exploratórios estudados), usando um domínio particular de uma metodologia desenvolvida por FALORCA (2019) para Gestão da Manutenção de Edifícios (GME), em particular incidindo no preenchimento de alguns campos de um modelo de Ficha de Evento de Inspeção (FEI). Esta metodologia foi selecionada para fins puramente exemplificativos.

Normalmente, é ainda produzido um relatório detalhado, subsequentemente enviado para consideração das entidades proprietárias dos ativos. Este deve conter propostas de medidas corretivas para remediar as anomalias/patologias identificadas.

4 BREVES NOTAS SOBRE A TECNOLOGIA DRONE E SEU POTENCIAL

Neste texto é genericamente utilizada a palavra 'drone', uma vez que é um termo mais conhecido e pode até ser melhor compreendido do que outras terminologias que surgem regularmente na literatura e em documentos normativos ou regulamentares, tais como UAV ('Unmanned Aerial Vehicle'); UAS ('Unmanned Aircraft System'); RPAS ('Remotely Piloted Aircraft System'); VANT ('Veículo Aéreo Não Tripulado'), entre algumas outras.

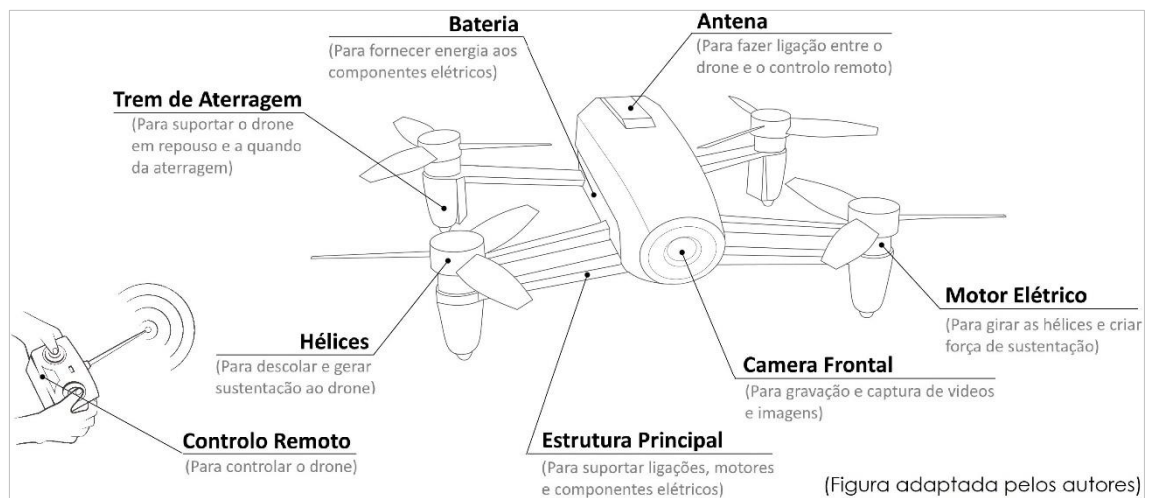
Na literatura, podem ser encontradas muitas análises que permitem obter uma perceção geral e atual sobre as aplicações dos drones em diferentes áreas e contextos. Há publicações de relevo como por exemplo GUPTA et al. (2013) e HASSANALIAN e ABDELKEFI (2017) que tratam de forma bastante pormenorizada as configurações, a classificação dos sistemas e outros aspetos tecnológicos dos drones. Estes podem caracterizar-se pela diferenciação de categorias (de micro a grandes aparelhos de combate), pelo respetivo peso, altitude de operação, raio de missão, autonomia, utilização típica, etc.

No contexto da inspeção de edifícios e estruturas em geral, aceita-se que a variedade dos drones a utilizar se insira sobretudo nos grupos amador

('hobby') / profissional / comercial, cuja variação depende do rigor exigido para o trabalho a ser executado e do custo que pode ser suportado para esse fim.

Normalmente, o sistema global do drone inclui a aeronave (Figura 1), as estações de controle (equipamento de apoio no solo) e os *links* de dados e comunicação. Embora existam comercialmente muitas alternativas, os componentes básicos e os princípios operacionais são geralmente bastante semelhantes entre a maioria das versões disponíveis.

Figura 1 – Esquema das principais partes físicas dos drones em geral



Fonte: Adaptada pelos autores

No âmbito do setor da Construção, os drones já estão a surgir como uma tendência preponderante na utilização de ferramentas avançadas. Portanto, o uso de drones na IC é assim um conceito relativamente novo e muitas das partes interessadas do setor ainda estão a descobrir as suas aplicações, as quais, segundo se infere da literatura em geral, podem passar pela monitorização das atividades de construção, levantamentos topográficos, fotografia e vigilância, inspeção visual em locais de difícil acesso, inspeção de segurança em obra, orçamentação, deteção de anomalias e defeitos de construção e interação com os trabalhadores, etc.

No caso particular da inspeção de edifícios (e estruturas) usando drones, tem sido dada grande atenção ao desenvolvimento ativo dos sistemas de monitoração e de inspeção predial, que quando realizadas de modo oportuno, podem contribuir significativamente para reduzir os custos de reparação.

Estes aparelhos têm potencial porque se podem inserir no grupo de métodos do tipo NDT ('Non-Destructive Testing'), sobretudo para deteção de anomalias/patologias, exame de danos e monitoração do estado de conservação. Portanto, em determinadas circunstâncias, a deteção e o

diagnóstico de problemas pode ser feito a um custo menor, de forma mais célere do que os métodos tradicionais e com maior segurança.

Os estudos com drones têm apresentado bons resultados, como por exemplo aqueles realizados por RAKHA e GORODETSKY (2018) e ESCHMANN et al. (2012), entre outros.

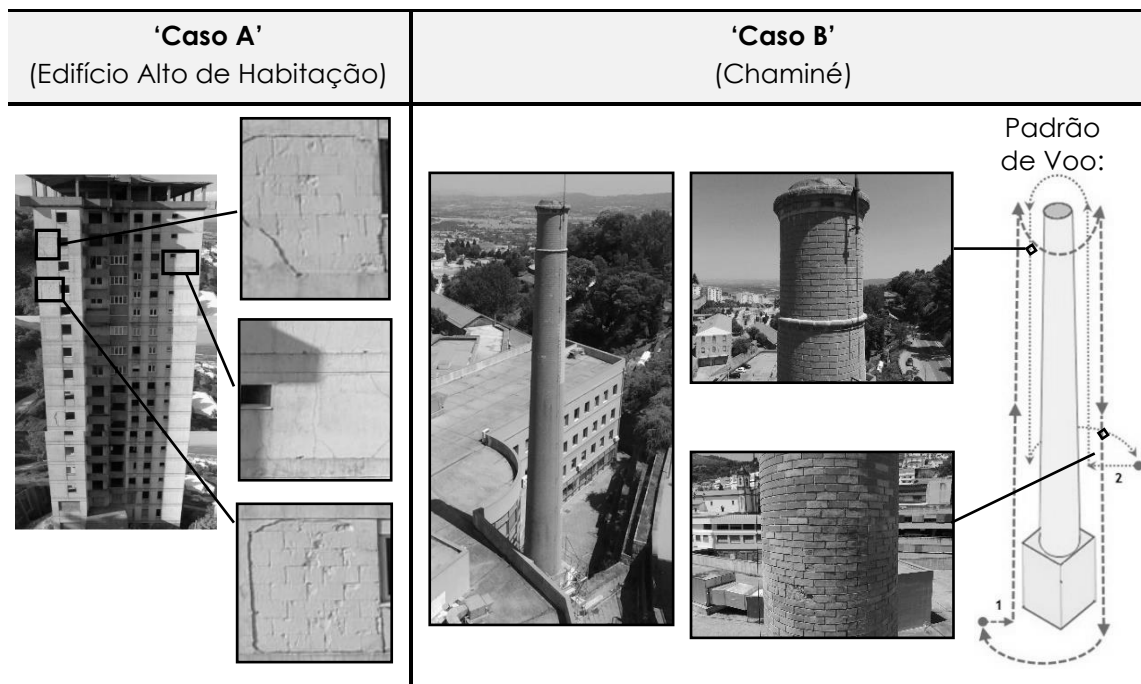
Em geral, os investigadores têm apostado na utilização de câmaras acopladas para capturar imagens e vídeos em HD e sensores ou câmaras de infravermelhos (e scanners 3D), bem como o recurso à técnica de fotogrametria digital usada para aplicações de mapeamento em larga escala, etc.

5 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

No Quadro 3 inserem-se alguns resultados fotográficos das inspeções realizadas com drones aos casos atrás indicados no ponto 3.2, bem como a definição de um padrão de voo para o 'Caso B'.

A análise dos resultados das inspeções, para efeitos do presente estudo, poder-se-ão enquadrar, por exemplo, no âmbito de um processo de GME. Assim, fazendo recurso de determinados campos de um método como o Sistema de Informação para Automatização de Procedimentos em Manutenção de Edifícios (SIAPME) desenvolvido e descrito em FALORCA (2019), utilizam-se os resultados das inspeções realizadas para a Caracterização do Estado de Referência (CER) dos elementos dos edifícios em causa, mediante o preenchimento das FEI. Assim, isto permitirá fazer o registo do nível do estado de conservação, ter um diagnóstico circunstancial, estabelecer uma análise de risco simplificada e propor as ações recomendadas e sua priorização - Quadro 4. Esta informação será posteriormente agregada num Cadastro/Árvore de Atributos dos Elementos do Edifício e associada a um Plano Estratégico de Manutenção (PEM) inicial (ou ajustado a partir da CER).

Quadro 3 – Alguns resultados fotográficos das inspeções



Fonte: Adaptado de MIRALDE e RAMOS, 2018

Fonte: Autores

6 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Nesta comunicação apresentaram-se dois casos de ensaios de campo com drones que permitiram verificar a adaptabilidade e versatilidade da sua utilização, no âmbito da monitorização das condições da envolvente dos edifícios e/ou de outros tipos de estruturas.

Quadro 4 – Casos de estudo exploratórios com drones – resumo de resultados enquadrados nos campos do SIAPME

| Funções Gerais de Gestão do Património | |
|--|---|
| 3. Bens Imobiliários (...) | |
| Edifício(s) | |
| ESTRUTURA ADAPTADA DE: Fase I – Estratificação dos Níveis de Informação do Esta | <input type="checkbox"/> Nível 1 - Listagem de Elementos do(s) Edifício(s) |
| | A partir da Estrutura de Elementos 1.II. Acabamentos 1.III.1. Revestimentos 1.III.1.1 Elementos Verticais 1.III.1.1.2 Superfícies Exteriores |
| | 'Caso A' 'Caso B' |
| | <input type="checkbox"/> Realização de Inspeções Preliminares |
| | <input type="checkbox"/> Registo do Resultado das Inspeções (EC) |

| | | A | | B | |
|---|--|--|---|----------|-------|
| | | Critério | Valor | Critério | Valor |
| Condição física: | | Razoável | 3 | Razoável | 3 |
| Componente c/ deterioração relevante e durabilidade afetada | | | | | |
| ▪ (Breve) Descrição da Inspeção | | | | | |
| Inspeção visual no local, usando drone, equipado com câmara de alta resolução (para vídeo e fotografia). A/B | | | | | |
| ▪ Tipo de Diagnóstico | | | | | |
| Inspeção geral ou preliminar; Tipo de avaliação obtida: qualitativa. A/B | | | | | |
| - Breve Descrição de Patologias e do Nível de Ocorrências | | | | | |
| | | Perda de adesão da argamassa de revestimento externo e subsequente destacamento; Existência de grandes áreas de revestimento fissurado. A | Principalmente destacamentos localizados do revestimento B | | |
| ▫ Causas | | | | | |
| | | Principal: falta de medidas de manutenção - é um edifício vazio de longa data (possui interiores inacabados e nunca teve habitação humana significativa). A | Incompatibilidade de materiais e / ou possíveis movimentos sobre a estrutura de suporte (de origem térmica com expansão / retração, ou por deterioração natural ou mesmo por perda de resistência). B | | |
| ▫ Efeitos | | | | | |
| | | Com efeitos diretos imediatos (nos elementos em análise) e nas proximidades (em elementos adjacentes) A | Por enquanto, apenas com efeitos diretos imediatos numa escala muito pequena / sem consequências relevantes aparentes. B | | |
| ▫ Nível de Gravidade | | | | | |
| | | Moderado A | Moderado B | | |
| ▫ Nível de Ocorrência | | | | | |
| | | Alto A | Moderado B | | |
| ▫ Nível de Detetabilidade | | | | | |
| | | Moderadamente alto A | Moderado B | | |
| → Avaliação Global | | | | | |
| Dentro de um risco tolerável A/B | | | | | |
| ▪ Ações recomendadas / priorização | | | | | |
| | | Necessidade de reabilitação total (reparação e adaptação aos requisitos atuais). A | Parece haver necessidade de um monitoramento constante do estado, com particular ênfase nas condições da estrutura, motivo pelo qual atenção especial deve ser dada a qualquer ocorrência de alerta. B | | |

De fato, tanto no caso da fachada de um edifício de habitação alto como na situação da chaminé, as respetivas ações de inspeção realizadas com recurso a dois drones equipados com câmaras HD, permitiram retirar evidências profícuas que são essencialmente

relacionadas com: (i) a eventualidade de se poder recorrer de forma rápida a estes meios; (ii) uma excelente manobrabilidade demonstrada pelos aparelhos, indo facilmente a locais de difícil acesso; (iii) a possibilidade de se minimizarem os custos relacionados com as operações; (iv) a mitigação de riscos operacionais; (v) a melhoria substancial na qualidade dos resultados finais, sobretudo em resultado da clareza visual permitida pelas câmaras para revelar problemas que muitas vezes são indetetáveis pelo olho humano.

Quanto ao estado geral de conservação dos elementos analisados em ambas as situações ('Caso A' e 'Caso B'), a avaliação genérica da sua condição física aponta para componentes com uma deterioração relevante e durabilidade eventualmente afetada – cf. Quadro 4.

Numa perspetiva de gestão da manutenção, os resultados da análise ao 'Caso A' apontam no sentido da necessidade de uma reabilitação total (reparação e adaptação aos requisitos atuais), embora essa ação ao ser estabelecida somente ao nível do revestimento poderá não ser urgente, uma vez que a oportunidade ficará certamente dependente da satisfação de outros critérios mais imediatos, eventualmente relacionados com os restantes elementos construtivos ou com a globalidade do edifício. No 'Caso B', parece haver necessidade de uma constante monitorização do seu estado de conservação, com particular ênfase para as condições estruturais, uma vez que eventuais ocorrências a esse nível poderão ter repercussões importantes no revestimento.

Nos dois casos apresentados, qualquer opção (de intervenção ou não) estará sempre dependente das políticas de manutenção do proprietário. Contudo, a partir da realização destas inspeções foi possível ensaiar-se a CER dos elementos, facilitando assim a atualização (ou realização) de um eventual PEM.

REFERÊNCIAS

CIAMPA, E.; DE VITO, L.; PECCE, M. Practical issues on the use of drones for construction. **Journal of Physics, Conference Series**, v. 1249, 012016, may 2019.

DUPONT, Q. et al. Potential applications of UAV along the construction's value chain, **Procedia Engineering**, v. 182 p. 165-173, 2017.

ENTROP, A.; VASENEV, A. Infrared drones in the construction industry: designing a protocol for building thermography procedures. **Energy Procedia**, v. 132, p. 63-68, oct. 2017.

ESCHMANN, C. et al. Unmanned aircraft systems for remote building inspection and monitoring. In: 6TH EUROPEAN WORKSHOP ON STRUCTURAL HEALTH MONITORING (EWSHM 2012). Dresden, Germany, July 3-6, 2012, p. 1179-1186.

FALORCA, J. Main functions for building maintenance management – an outline application, **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, v. 37, n. 5, p. 490-509, out. 2019.

GOPALAKRISHNAN, K. et al. Crack Damage Detection in Unmanned Aerial Vehicle Images of Civil Infrastructure Using Pre-Trained Deep Learning Model. **International Journal for Traffic and Transport Engineering**, v. 8, n. 1, feb. 2018.

GUPTA, S.; GHONGE, M.; JAWANDHIYA, P. Review of Unmanned Aircraft System (UAS). **International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)**, v. 2, n. 4, p. 1646-1658, apr. 2013.

HASSANALIAN, M.; ABDELKEFI, A. Classifications, applications, and design challenges of drones: a review. **Progress in Aerospace Sciences**, v. 91, p. 99-131, may 2017.

INFRAESTRUTURAS DE PORTUGAL (IP). (2018b). **Indicadores de Desempenho**. Disponível em: <http://www.infraestruturasdeportugal.pt/rede/ferroviaria/estado-da-infraestrutura/indicadores-de-desempenho>. Acesso em: 09 out. 2019.

INFRAESTRUTURAS DE PORTUGAL (IP). **Estado de Conservação das Obras de Arte Rodoviárias e Ferroviárias da IP**. Lisboa (2018a). Disponível em: <http://www.refer.pt/centro-de-imprensa/estado-de-conservacao-da-obras-de-arte-rodoviaras-e-ferroviarias-da-ip>. Acesso em: 09 out. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (INE). **Estatísticas da Construção e Habitação – 2019**. Lisboa. Disponível em: https://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=382302601&att_display=n&att_download=y. Acesso em: 09 out. 2019.

LIDYNIA, L.; PHILIPSEN, R.; ZIEFLE, M. Droning on About Drones - Acceptance of and Perceived Barriers to Drones in Civil Usage Contexts. In: SAVAGE-KNEPSHIELD P.; CHEN, J. (eds), **ADVANCES IN HUMAN FACTORS IN ROBOTS AND UNMANNED SYSTEMS. Advances in Intelligent Systems and Computing**, v. 499, p. 317-319, Springer, Cham, 2017.

MIRALDES, J.; RAMOS, R. Relatório de Inspeção de um Edifício com Recurso a Drone (Trabalho apresentado na U. C. Patologia da Construção do Mest. Int. Eng. Civil). Covilhã: DECA, UBI, 2018.

RAKHA, T.; GORODETSKY, A. Review of unmanned aerial system (UAS) applications in the built environment: towards automated building inspection procedures using drones. **Automation in Construction**, v. 93, p. 252-264, sep. 2018.

SEO, J.; DUQUE, L.; WACKER, J. Drone-enabled bridge inspection methodology and application. **Automation in Construction**, v. 94, p. 112-126, oct. 2018.

AGRADECIMENTOS

Aos Serviços Técnicos da Universidade da Beira Interior (UBI), pelo acesso a alguns locais utilizados para os testes exploratórios;

Ao Sr. Bruno Marques, operador de drone.