



O USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO NA INSPEÇÃO DE GRANDES OBRAS DE ARTE

GARCIA, Eduardo (1); SOUZA, Clarissa (2); BARBOSA, M. Teresa (3); SANTIAGO, Iara (4)

- (1) Universidade Federal de Juiz de Fora, engeduardogarcia@yahoo.com.br
(2) Instituto Militar de Engenharia, clarissajf@yahoo.com.br
(3) Universidade Federal de Juiz de Fora, teresa.barbosa@engenharia.ufjf.br
(4) Universidade Federal de Juiz de Fora, iarafsantiago@gmail.com

RESUMO

As obras de artes especiais no meio urbano exercem grande influência na rotina de milhões de pessoas, sendo importante os serviços de inspeção e o monitoramento para o prolongamento da vida útil visto que os materiais que as constituem sofrem deterioração devido a diferentes fatores, acarretando perda no desempenho estrutural. Sendo assim, é necessário a elaboração de um plano de manutenção de modo evitar intervenções onerosas. O presente estudo, objetiva analisar o uso de veículo aéreo não tripulado de modo a executar a tarefa de gestão nos serviços de inspeção (vistoria) nas obras de artes especiais. A inspeção dessas estruturas utilizando tais aeronaves tem por objetivo classificar e identificar eventuais anomalias e falhas de forma fácil e com total segurança ao operador, possibilitando a redução dos custos e assegurando o desempenho necessário às estruturas. A metodologia abordada neste artigo terá um caráter exploratório, empregando o uso de levantamentos bibliográficos buscando dados qualitativos de modo a avaliar a utilização e benefícios da técnica, explicitando conteúdo e trazendo inovações sobre o tema. Por fim, é esperado que este trabalho contribua na disseminação do emprego de tecnologias para o auxílio em inspeções estruturais buscando o aperfeiçoamento da avaliação nas fiscalizações rotineiras em obras de arte especiais.

Palavras-chave: obras de artes especiais, veículo aéreo não tripulado, inspeção e monitoramento.

ABSTRACT

Special structure buildings in the urban environment have a great influence on the routine of millions of people, being highlight the inspection services and the monitoring for the prolongation of the durability since the materials building lack of durability due the deterioration because different factors acting that resulting in the structural performance loss. Therefore, it is necessary to draw up a maintenance plan to avoid costly interventions. This research aims to analyze the use of unmanned aerial vehicle for perform the management task in inspection services (survey) in the special structural arts. The inspection of these structures using such aircraft aims to classify and identify any anomalies and failures easily and with total safety to the operator, enabling the decrease of costs and ensuring the necessary performance to the structures. The methodology in this article will exploratory, employing the bibliographic reviews and qualitative data in order to evaluate the benefits of the technique, explaining and innovating on the subject. Finally, it is expected that this work contributes to the dissemination of the use of technologies in structural inspections seeking to improve the evaluation of inspections of special structural building.

Keywords: special structural building, unmanned aerial vehicle, inspection and monitoring.

1 INTRODUÇÃO

Diante do atual crescimento econômico e o grande avanço da urbanização nas cidades, surge a necessidade de melhoria na infraestrutura com maior grau de complexidade através de Obras de Arte Especiais (OAE's) específicas (LUCENA, 2015). Contudo essas OAE's necessitam de adequada inspeção e manutenção.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (2004) inspeção é a atividade técnica que abrange a coleta de elementos, de projeto e de construção, o exame minucioso da estrutura, a elaboração de relatórios, a avaliação do estado da obra e suas recomendações.

Este mecanismo será peça chave no aumento da performance e elevação de vida útil da estrutura, não apenas pautado nos fatores segurança e comportamento estrutural, como também no quesito economia (LORENÇO, 2009).

Por muitas vezes, os processos de inspeção são encarados como um problema por ser uma atividade que demanda tempo e algum investimento que não havia sido previsto no início do projeto. A necessidade de realização chega a ser questionada (VILLANUEVA, 2015).

Nesse contexto os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) vem sendo utilizado como ferramenta para essas atividades, uma vez que são aptos a fornecer dados precisos. Esse processo vem ganhando apoio com o avanço de novas tecnologias.

A realização deste procedimento com VANT's permite às empresas diminuir custos e acelerar todo o processo, apresentando dados mais detalhados e confiáveis. Esse tipo de inspeção também influencia diretamente na segurança no trabalho. A metodologia demonstra-se promissora, uma vez que, os resultados de um levantamento podem ser rapidamente avaliados (SARKIS, 2016)

Este artigo tem o intuito de avaliar a aplicabilidade da aeronave na inspeção de OAE's, assim com debater uma melhor metodologia de aplicação da aeronave de modo a trazer uma economia e contribuir com a prevenção e prolongamento da vida útil dessas estruturas.

A metodologia empregada foi concebida através de revisão bibliográfica, coletando dados e buscando conceitos compostos pelo tema. Tais levantamentos ocorreram em artigos científicos, trabalhos acadêmicos, normas técnicas e livros, permitindo a avaliação de incertezas que eventualmente ocorrem nos levantamentos visuais em locais de difícil acesso.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

Uma estrutura deve atender seus usuários ao longo do tempo, mantendo suas condições de uso adequadas, resistido aos agentes físicos e

ambientais que acabam por modificar suas propriedades técnicas e físicas (MONJARDIM, 2017). Elas deveriam seguir os requisitos apontados nas normas técnicas da ABNT mais as manutenções são executadas apenas para sanar problemas evidenciados e solucionar necessidades emergenciais, o que aumenta significativamente os custos globais da estrutura.

O envelhecimento das estruturas, assim como o aparecimento de manifestações patológicas afetam não só a estética, mas também a segurança dos usuários. A falta de conhecimento técnico dos gestores, o despreparo e a não obediência das propostas de manutenção aceleram e agravam ainda mais este quadro.

Ao iniciar a utilização de uma estrutura, esta deve ser acompanhada pela implantação de sistemas de monitoramento e inspeção com o intuito de melhorar o desempenho de suas manutenções, procurando conservar os sistemas construtivos e conseqüentemente prolongar sua vida útil.

As inspeções em OAE's são classificadas, de acordo com o manual de manutenção do DNIT (2016), como sendo a primeira das funções de conservação das estruturas e tem elencada quatro categorias distintas de atividades, sendo elas, as inspeções cadastral, rotineira, extraordinárias e as especiais.

Sendo realizada após a conclusão da construção a inspeção cadastral é executada quando ainda estão disponíveis a consulta os projetos e os relatórios da fiscalização ou supervisão, onde constam todas as informações construtivas (DNIT, 2016). Esta inspeção servirá de referência para todas as inspeções posteriores. Deve ser minuciosa e realizada com as características definidas por norma.

Segundo o DNIT (2016), as inspeções rotineiras são realizadas num ciclo de tempo não superior a dois anos. Nessas inspeções deve ser constatada através de levantamento visual a possível evolução de anomalias detectadas em inspeções anteriores, bem como registrados novos defeitos e ocorrências.

A inspeção extraordinária não tem sua realização programada, sendo solicitada apenas para recuperar danos causado pelo usuário ou por força da natureza. A equipe desta inspeção deve ter conhecimento, preparo, capacidade e autoridade para analisar a seriedade dos danos, limitar as cargas de serviço ou até decretar a interrupção do tráfego na estrutura (DNIT, 2016).

De acordo com o DNIT (2016) a inspeção especial deverá ser realizada em intervalo máximo de cinco anos, em todas as OAE's consideradas excepcionais. Seus relatórios, documentos e fotografias são na maioria das vezes atípicos, mesmo assim vastos e meticulosos ficando a critério do inspetor obedecer a estrutura básica de documentação de uma inspeção rotineira.

Vale citar que a Inspeção intermediária é especificada apenas pela norma do DNIT 010 (2004), indicada para monitorar anomalias previamente conhecidas e detectadas, com isso seu objetivo é perfeitamente determinado o que elimina a necessidade da presença de um inspetor, por esse motivo o DNIT não a apresenta como uma das classificações dentro dos manuais mais atualizados.

Existe hoje certa potencialidade em reduzir custos na manutenção em infraestruturas de maiores dimensões ou com uma elevada importância social e económica através de vistorias online. As hipóteses de controle e inspeções em estruturas são variadas e adaptadas a cada situação específica e tem por prioridade de situação as verbas disponíveis.

Segundo aponta Maia (2007), após a escolha de parâmetros de referência, pode-se utilizar na estrutura sensores ligados por fibra óptica a uma central que registra os dados. Toda a informação obtida será enviada para um sistema informatizado ligado a um banco de dados, em que se poderá monitorar em tempo real a estrutura. Na engenharia, os dados não precisam ser analisados em curtos períodos, mas sendo realizada uma leitura periódica, o sistema se torna extremamente eficaz.

Inspeções realizadas pessoalmente são demoradas e onerosas, em alguns casos ocasionando prejuízo financeiro a empresa devido a necessidade de interrupção de tráfego durante todo o período de execução (VERLY 2015).

Dentro dessa premissa o uso de VANT's na inspeção de OAE's é pouco explorado, pois sua utilização ainda não é muito conhecida, no entanto a expectativa aponta que nos próximos anos apareçam instituições e empresas interessadas em explorar esta ferramenta.

Os VANT's não apenas efetuam tarefas arriscadas sem expor vidas humanas ao risco aumentando a segurança no trabalho, como também conseguem voar em locais de difícil acesso. Eles promovem fácil aquisição de dados, e o fazem com precisão elevada a baixos custos.

Para que estas OAE's possam ser analisadas, muitas vezes é necessário que se interrompa o trânsito para içar os profissionais em cestos ou plataformas sustentadas por lanças telescópicas (SARKIS, 2016). Com a finalidade de diminuir os riscos e reduzir os custos, utiliza-se VANT's para efetuar as inspeções com fins de recuperação destas obras.

Geralmente, nas vistorias são realizadas inspeções fotográficas de alta resolução das partes inferiores da ponte, onde o acesso dos especialistas é mais complexo ou as vezes impraticável. O tipo de patologia deve ser visível na imagem, e a sua dimensão deve ser medida, avaliada e aferida com equipamentos específicos.

3 INSPETÇÕES EM OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

As inspeções cadastrais devem conter, um roteiro, com todas as informações básicas da inspeção, a classificação da OAE's, desenhos esquemáticos com suas respectivas medidas, a especificação do monitoramento, conforme manual do DNIT (2016). Deve conter também o registro das anomalias detectadas, que comprometam as condições estruturais, funcionais e de durabilidade da obra.

O roteiro deve apresentar, os documentos iniciais, incluindo o registro das informações gerais do contexto em que está inserida a obra, bem como da coleta de documentos e informes construtivos disponíveis. Deve também apresentar um levantamento cadastral trazendo a identificação e localização da obra, as características funcionais e da estrutura (DNIT, 2016).

Um registro fotográfico da estrutura deve ser constituído pelo menos por uma vista geral, pelas vistas superior, lateral e inferior do tabuleiro (no caso de pontes), dos elementos da mesoestrutura e da infraestrutura, quando aparentes, e os detalhes julgados necessários. As fotos da obra devem ser datadas e, preferencialmente, georreferenciadas. O registro fotográfico deve ser apresentado juntamente com os dados coletados em conformidade com o roteiro para que sejam executadas as devidas manutenções.

A inspeção rotineira tem o papel de verificar a evolução das anomalias já observadas em outras inspeções, bem como novas ocorrências, reparos e/ou recuperações efetuadas dentro da sua periodicidade, portanto deve seguir um modelo bem próximo da inspeção cadastral.

As inspeções rotineiras devem cadastrar as anomalias existentes, sugerir terapias e classificar a OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade, atendendo assim à mesma metodologia da inspeção cadastral.

Com uma periodicidade maior que as inspeções cadastral e rotineira, a inspeção especial deve ser pormenorizada e trazer um mapeamento gráfico e quantitativo das anomalias de todos os elementos aparentes e/ou acessíveis da OAE, com a intenção de estabelecer o diagnóstico e prognóstico da estrutura. Pode ser necessária a utilização de equipamentos especiais para acesso a todos os componentes da estrutura, lateralmente e sob a obra e, se for o caso, internamente, no caso de estruturas celulares.

Em alguns casos ela deve ser feita antecipadamente, por exemplo, quando inspeção anterior (cadastral ou rotineira) indicar uma classificação de intervenção em curto prazo nos seus parâmetros de desempenho estrutural e de durabilidade ou quando estiverem previstas adequações de grande porte. O roteiro básico da inspeção especial

deve conter as informações apresentada nas demais inspeções assim como o registro fotográfico detalhado.

A finalidade da inspeção extraordinária é gerada por demandas não programadas, podendo ou não ser gerada por inspeção anterior, ocorrência de impacto de veículo, ou circunstância advindas de eventos da natureza, como inundações, vendaval, sismo ou outros.

A inspeção extraordinária deve seguir a mesma metodologia definida para a inspeção especial. É nessa classe que ocorrem as inspeções de elementos submersos, denominada inspeção subaquática. Elas devem ser consideradas como parte integrante das inspeções extraordinárias, quando realizadas em situações excepcionais decorrentes de alterações ambientais e acidentais.

É responsabilidade das empresas de inspeção providenciar os meios de acesso adequados aos inspetores, sendo que estes deverão atender todas as exigências vigentes em normas e regulamentos que disciplinam os procedimentos em relação ao meio ambiente e à segurança do trabalho.

4 ESTUDO DE MÉTODOS E RESULTADOS

Após a verificação na literatura das metodologias de inspeção e isolando o objeto principal abordado no artigo, realizou-se uma análise na bibliografia com relação aos levantamentos visuais realizados de forma convencional e realizados através do uso de VANT's.

As análises realizadas contribuem para uma avaliação das metodologias empregadas em ambos os levantamentos visuais criando uma oportunidade de ponderar a aplicabilidade eficiente no uso destas aeronaves em situações de dificuldade acesso.

4.1 Levantamentos visuais convencionais

Em Gomes et al. (2018) foi conduzida uma inspeção convencional no viaduto localizado na Via L4 Sul, em Brasília – Distrito Federal. Esta ocorrência seria apropriada para demonstrar as possibilidades da metodologia de inspeção convencional, devido sobretudo à facilidade de acesso, por se tratar de uma OAE dentro do perímetro urbano.

A inspeção tinha como objetivo retirar dados de acelerômetros, fotografias termográficas e outros sensores de inspeção estrutural. O viaduto é composto por laje apoiada em pilares parede de concreto armado, que descarregam em fundações de características desconhecidas, de acordo com a figura 1A (GOMES, 2018).

Nesta ocorrência o autor relatou que a laje apresentava eflorescências, com a formação de estalactites devido a lixiviação, ainda era verificado a presença de manchas que se estendem em grande parte da superfície da laje (Figura 1B). Observava-se igualmente exposição da armadura em

algumas áreas e pequenas escamações no concreto. Já os pilares apresentaram machas, deslocamento e corrosão da armadura (Figura 1C).

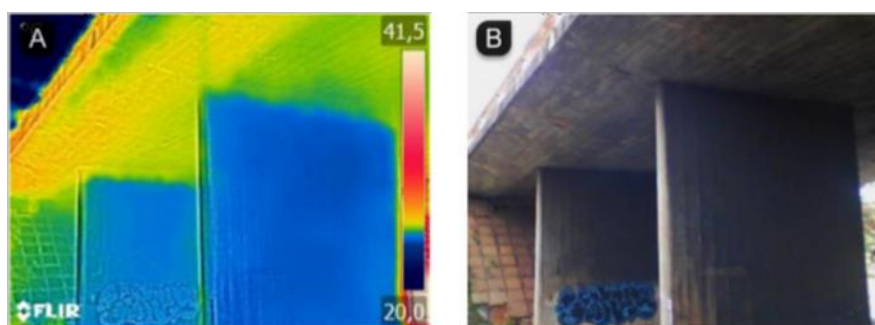
Figura 1 – Viaduto localizado na Via L4 Sul, em Brasília (DF).



Fonte: GOMES et al. (2018)

A fim de auxiliar a inspeção o autor realizou registros termográficos conforme figura 2. Com estas imagens não se conseguiu identificar nenhuma anomalia uma vez que através da termográfica podia-se visualizar apenas a distribuição de calor na estrutura.

Figura 2 – Registro termográfico do viaduto localizado na Via L4 Sul.



Fonte: GOMES et al. (2018)

Como o produto gerado trouxe uma serie de dados quantitativos e qualitativos, a mesma poderia ser aplicada como uma inspeção especial, uma vez que demonstrou manifestações de comportamento problemático.

Já em Giovannetti (2014), definiu-se um trecho de rodovia onde as pontes seriam avaliadas, através de notas, com o intuito de escolher aquelas que estivessem mais comprometidas e que fossem viáveis de se inspecionar sem a necessidade de equipamentos de acesso especiais.

A inspeção detalhada de uma das pontes e suas informações foram utilizadas para quantificar as notas utilizando o método do DNIT e da Eslovênia para então comparar a metodologia e os resultados de ambos.

Para a realização da avaliação pelo método do DNIT, seguiram-se as recomendações e metodologias do Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (2004) do DNIT. Já a avaliação de acordo com a metodologia

utilizada na Eslovênia foi feita em parceria com o instituto ZAG, instituto responsável por avaliação de pontes na Eslovênia.

A ponte escolhida está localizada sobre o Rio Lambari, no Estado de Goiás. Na realização da inspeção encontrou-se algumas manifestações patológicas como corrosão de algumas armaduras localizadas, um nicho de concretagem em uma longarina e em uma pequena parte da laje, um desnível no encontro da ponte, carbonatação e baixo cobrimento em alguns elementos. Em geral, a inspeção indicou que a ponte estava em uma condição aparentemente boa ou satisfatória (GIOVANNETTI, 2014).

4.2 Levantamentos visuais com VANT

A metodologia foi empregada por Agostinho (2013) executando voos para analisar o pilar oeste da Ponte João Gomes, situada na ilha da Madeira, no Funchal. Esta ponte foi concluída em 1994, com extensão total de 274,5 metros e um vão central de 125 metros. Seu ponto mais alto, que se dá do fundo do tabuleiro ao leito da Ribeira é de 140 metros como mostra a figura 3.

Figura 3 – Ponte João Gomes, ilha da Madeira (Portugal).



Fonte: AGOSTINHO, 2013

Devido a possibilidade da captação de imagens com excelente resolução é possível analisar e verificar o estado de conservação das estruturas. A metodologia empregada consistiu em um voo inicial para captação de vídeo de todo o pilar e em seguida foi escolhido zonas preferências para efetuar voos de fotografia de grande resolução para avaliação do estado dos pilares (AGOSTINHO, 2013).

Neste caso, como a ponte é de construção considerada recente não se verificaram sinais significativos de patologias. É possível verificar que o VANT realizou voos a distâncias muito curtas do pilar (1-2 metros) como mostram as figuras 4a e 4b, e altitudes consideradas impossíveis de serem alcançadas dentro de uma inspeção convencional o que permitiu captar imagens detalhadas do pilar (figura 4c).

Figura 4 – Detalhe das manifestações patológicas na Ponte João Gomes, ilha da Madeira.



Fonte: AGOSTINHO, 2013

Segundo estudo realizado por Seo (2018) professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual de Dakota do Sul em conjunto com o Departamento de Agricultura dos EUA realizou uma inspeção por VANT em uma ponte situada entre as rodovias US16 e US16A, perto da cidade de Keystone, no Condado de Pennington.

A ponte em estudo não apresentava outras inspeções com VANT anteriores, portanto foi desenvolvida uma metodologia de inspeção de cinco estágios que permitiu uma inspeção muito eficiente.

No primeiro estágio o autor buscou todas as informações relacionadas a ponte, como planos construtivos, relatórios históricos de inspeções anteriores e outros documentos, estes dados foram estudados nesta etapa para garantir uma inspeção completa da estrutura.

O autor utilizou revisão dos relatórios de inspeção convencionais anteriores o que permitiu uma identificação dos locais críticos. As informações obtidas durante esse estágio permitem que o piloto responsável pelo manuseio da aeronave desenvolva estratégias de voo em condições limitadas de acessibilidade, monitore os danos atuais e atualize os danos recentes no banco de dados da estrutura.

Como próximo estágio realizou avaliação completa dos riscos dos locais circundante a ponte, tendo como objetivo identificar riscos em potencial, para prosseguir com segurança com a inspeção (SEO, 2018).

Na sequência executou-se a configuração de voo do VANT, realizando uma inspeção completa de todo o software e hardware. Após todos esses procedimentos a inspeção pôde efetivamente ser iniciada.

Durante a operação do VANT, foi necessário considerar condições climáticas, isso afetaria negativamente o desempenho da aeronave. Além das condições climáticas, o plano de inspeção foi seguido sem desvios, para evitar atrasos ou danos à estrutura e ao equipamento.

Foram captadas as seções gerais da ponte, em seguida, coletou-se informações detalhadas de cada componente estrutural e não estrutural. Pôde-se notar que a regulamentação atual não permitia a operação de

VANT's acima do tráfego; assim, a inspeção de algumas seções realizada a uma distância segura.

Ao final, como último estágio concluiu-se a identificação dos danos. Para que a inspeção fosse bem-sucedida, o dano deveria ser facilmente identificado a partir das informações coletadas, o que se comprovou eficaz e pode ser demonstrado pelas figuras 5a, 5b e 5c (SEO, 2018).

Figura 5 – Identificação de danos na ponte de Keystone (Dakota do Sul)



Fonte: SEO, 2018

As imagens captadas usando o VANT segundo Seo (2018), serviram como base para análises computacionais adicionais, incluindo inspeção baseada em fotogrametria. O uso de modelos virtuais fotogramétricos 3D serviu como uma visão geral dos danos comparados às imagens 2D convencionais. Esse processo foi capaz de fornecer uma representação visual da estrutura em um espaço virtual 3D.

4.3 Análise dos resultados

Pegando como ponto de partida os casos de Gomes et al. (2018) e Giovannetti (2014) é perceptível que ambos foram executados em viadutos e pontes dentro do perímetro urbano, locais que apresentam fácil acesso aos inspetores e com alturas de fundo de tabuleiro muito inferiores aos utilizados por Agostinho (2013) e Seo (2018) que optaram por utilizar o VANT.

Nos casos onde foram utilizados os VANT's uma inspeção convencional só poderia ser realizada através da utilização de binóculos, guindaste com cesto aéreo ou veículo aéreo de grande porte como, por exemplo, helicópteros. Para se realizar uma inspeção detalhada seriam necessárias várias horas, levando em conta a dificuldade de se movimentar ao redor dessas estruturas imensas executando um serviço possivelmente letal.

Em contrapartida os VANT's têm potencial para reduzir os custos e riscos das inspeções, pois, sobrevoam sobre terrenos acidentado, onde é difícil a movimentação das equipes de campo, realizando assim a tarefa de forma muito mais rápida, em razão de sua praticidade e operacionalidade.

Estas inspeções já não se baseiam apenas por imagens aéreas, os VANT's podem ser equipados com sensores termais, câmeras com zoom de altíssima qualidade e através de softwares gerar modelos tridimensionais

para medir estruturas identificando pequenas fissuras e anomalias imperceptíveis a olho nu.

Atualmente devido a aplicação de inteligência artificial os VANT's podem identificar problemas ainda durante o voo empregando softwares que fazem o processamento das imagens apontando as falhas e gerando relatórios sobre as condições do local inspecionado em tempo real, solução que não poderia ser replicada por um inspetor usando o método convencional de inspeção.

Nos casos apresentados, as vantagens levantadas apresentaram similaridades, sendo uma delas a economia, pois utilizar o VANT diminuirá consideravelmente a necessidade da utilização de mão de obra, inclusive realocando-os para tarefas de manutenção propriamente ditas.

Outra vantagem é a rapidez, uma vez que são equipamentos que ficam prontos para uso em poucos minutos, vantagem enorme levando em consideração o tempo necessário para, por exemplo, montar um andaime, interditar uma área em inspeção, escalar pessoal, montar equipamento de rapel entre outras.

5 CONCLUSÕES

O uso do VANT para a atuação dentro da metodologia apresentada não visa substituir a metodologia convencional e sim agregar novas informações ao que hoje é executado, maximizando as informações por meio de imagens georreferenciadas em alta resolução, que poderão ser examinadas quando necessário possibilitando o esclarecimento de incertezas.

Esta tecnologia apresenta algumas limitações, por exemplo, em dias chuvosos e de vento os VANT's têm sua estabilidade comprometida, implicando na interrupção da inspeção. Com estas aeronaves também não é possível retirar amostras, como corpos de prova ou amostras de peças de aço oxidadas (RUPP, 1998), entretanto, devido à alta qualidade das imagens captadas é possível observar com clareza qualquer tipo de patologia facilitando em sua identificação.

Portanto, essa metodologia mostra-se promissora, por apresentar resultados rápidos, podendo ser utilizada como subsídio para identificação dos defeitos e mensuração dos quantitativos de serviços de recuperação e manutenção.

A metodologia de uso dos VANT's é sem dúvida apenas o primeiro passo de uma extensa jornada, que apresentará inúmeras inovações tecnológicas ao serviço de inspeção de Obras de Arte Especial, muitas vezes complexo e arriscado.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, Sérgio Lobato. **Inspeção e monitorização de estruturas em engenharia civil: utilização de UAV na inspeção e monitorização**. Tese de Doutorado. Universidade da Madeira, Portugal. 2013.
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. – PRO. **Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – IPR. **Manual de Manutenção em Obras de Arte Especiais OAE's**. Brasília, 2016.
- GIOVANNETTI, ACVP; PINTO, RC de A. Avaliação da Condição de uma Ponte– Estudo de Caso. **In: VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas**. Rio de Janeiro. 2014.
- GOMES, Marcos E. A.; XAVIER, THÁSSIO Josué B.; FRANCISCO, Renato A. Levantamento e cadastramento de patologias estruturais utilizando fotografias termográficas e drones na composição de banco geográficos. **Programa de Iniciação Científica-PIC/UniCEUB-Relatórios de Pesquisa**, n. 3, 2018.
- LOURENÇO, Líbia C. et al. Parâmetros de avaliação de patologias em obras-de-arte especiais. **Revista Engenharia Civil**, Braga, n. 34, p. 5-14, 2009.
- LUCENA, L. C. F. L., Silveira, I. V., Costa, D. B. (2015), “Avaliação de ligantes asfálticos modificados com óleo da Moringa Olífera Lam para uso em misturas mornas”, **Revista Matéria**, v. 21, n. 1, pp. 72 – 82.
- MAIA, J. Inspeções e Diagnósticos – Tecnologia para a Manutenção e Reabilitação de Estruturas. **Oeiras: ISQ - Instituto de Soldadura e Qualidade**, 2007.
- MONJARDIM, Luís Felipe Lébeis. **A importância da manutenção para a conservação do bom desempenho das edificações ao longo de sua vida útil**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade centro de Brasília, Brasília, 2017.
- SARKIS, Paulo Jorge; Sarkis, Jorge Martins. Uso de Drone em Inspeção e Definição de Recuperação em OAEs. **IX Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas. Rio de Janeiro**. 2016.
- SEO, Junwon; DUQUE, Luis; WACKER, Jim. Drone-enabled bridge inspection methodology and application. **Automation in Construction**, v. 94, p. 112-126, 2018.
- RUPP, Torsten; VOLZ, Hansjörg; CORD, Thomas. Automated and Robotics-Based Techniques for Road Construction. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 31, n. 3, p. 515-520, 1998.
- VERLY, R. C. **Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em obras de arte especiais**. Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília, Brasília. 2015
- VILLANUEVA, Marina M. **A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação**. Trabalho de Conclusão de Curso para

obtenção do grau de Engenheira Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.