

# **INSPEÇÃO DA TORRE DO MONTE DA VIRGEM COM AUXÍLIO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO**

Anderson Kyn Rodrigues Shibasaki – 1180189

**Orientador ISEP:** Ricardo Manuel Pereira dos Santos

**Co-Orientador ISEP:** Diogo Rodrigo Ferreira Ribeiro

**Co-Orientador UPM:** Sérgio Vicente Denser Pamboukian

Janeiro de 2019



# **INSPEÇÃO DA TORRE DO MONTE DA VIRGEM COM AUXÍLIO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO**

Anderson Kyn Rodrigues Shibasaki – 1180189

Relatório Final da Unidade Curricular de Trabalho Preparatório e Conceção (TPC-DIPRE) do Mestrado em Engenharia Civil, Ramo de Estruturas, na sua edição de 2018/2019.

Janeiro de 2019



# ÍNDICE GERAL

Índice Geral .....	iii
Índice de Texto .....	v
Índice de Figuras.....	vii
Índice de Tabelas.....	ix
1 Introdução.....	1
2 Revisão da Literatura .....	5
3 Cronograma de Atividades.....	11
4 Participação em Atividades de Formação Complementar.....	13
5 Considerações Finais.....	15
Referências Bibliográficas .....	17



## ÍNDICE DE TEXTO

1.1	Objetivos.....	4
1.1.1	Objetivo geral .....	4
1.1.2	Objetivos específicos.....	4
1.2	Estrutura do trabalho.....	4
4.1	Ações de formação em que participou.....	13





## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Torre do Monte da Virgem (MARTINS, 2018) .....	2
Figura 1.2 - Nível de qualide vs. tempo .....	2
Figura 2.1 – Drone de asas fixas (Parente <i>et. al</i> , 2017) .....	6
Figura 2.2 – Drone multirotor (DJI, 2019) .....	6
Figura 2.3 – Movimentos do VANT de asas fixas (Kneipp, 2018) .....	6
Figura 2.4 – Comparativo entre imagens RGB e NIR. (Parente <i>et. al</i> , 2017) .....	7
Figura 2.5 – Trajetória de voo do drone para modelagem de torres. (Pix4D, 2018) .....	9



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Resultados do levantamento geométrico feito com drone. (ROCA <i>et. al</i> , 2014) .....	9
---	---



# 1 INTRODUÇÃO

As estruturas construídas são projetadas à luz de normas que visam garantir estabilidade e segurança aos seus futuros usuários que irão usufruí-las durante todo período de tempo de vida útil delas. Ao longo deste tempo, ficam sujeitas a fatores externos variáveis que podem implicar em alterações nas suas condições.

Um estrutura possui uma vida dividida em fases: concepção, fase na qual serão analisadas as possibilidades de projeto, analisando sua viabilidade técnica, econômica e sustentável; projeto, fase onde a alternativa adotada após análise da concepção será toda desenvolvida e detalhada; construção, fase pela qual irá pode haver demolição ou não, tornando o projeto exequível em realidade; e utilização, fase final da estrutura pronta para ser entregue e utilizada, com adoção de posteriores ações necessárias de manutenção para mantê-lo de forma a desempenhar sua função e com segurança.

Durante todo o ciclo de vida, as estruturas estão suscetíveis às consequências advindas de erros de projeto e execução, envelhecimento natural e degradação de seus materiais constituintes, desgaste mecânico e químico, alteração das condições de apoio, modificação das condições de uso, carregamentos excessivos, ocorrência de fenômenos naturais (sismos, ventos, tsunamis, etc.), fogo (incêndios) e acidentes (explosões, choques, etc.).

A norma NP EN 1990: 2009 – Eurocódigo – Bases para projecto de estruturas, define como tempo de vida útil de projeto (VUP) o período de tempo no qual uma estrutura ou parte dela está apta para cumprir funções as quais foi designada de forma satisfatória, considerando a manutenção prevista sem necessidade de grandes reparações.

A fim de garantir, em todas as fases de vida da estrutura, segurança, funcionalidade e durabilidade, é necessário proceder à sua manutenção regular e caso necessite, pode-se adotar como medidas corretivas o reforço ou até mesmo a reabilitação estrutural, prolongando o VUP, conforme ilustrado na relação qualidade vs. tempo na Figura 1.2. Portanto, para a avaliação do estado efetivo da estrutura, recorre-se usualmente a inspeção visual, podendo ser complementada com a realização de possíveis ensaios de diagnóstico e caracterização dos materiais constituintes ou instalação temporária ou definitiva de equipamentos vários de monitorização de tensões, deformações, vibrações ou movimentos da estrutura.

Pretende-se, então, por meio deste trabalho realizar a inspeção da torre de telecomunicações do Monte da Virgem (Figura 1.1), localizada em Vila Nova de Gaia (Portugal).



Figura 1.1 – Torre do Monte da Virgem (MARTINS, 2018)

A inspeção visual de estruturas visa a coleta e apresentação informativa que permitem caracterizar a estrutura e avaliar seu estado de conservação, seja ela por motivos rotineiros, existência de patologias visíveis ou suspeitas, perícia após acidentes, alterações da geometria, ações e usos da estrutura, e avaliação imobiliária para compras e vendas de imóveis.

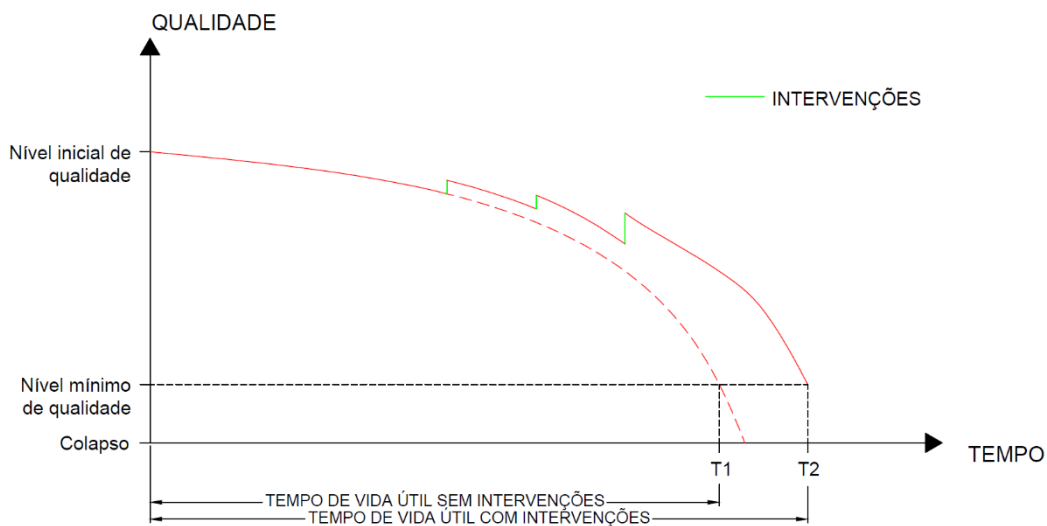


Figura 1.2 - Nível de qualide vs. tempo

Assim, a inspeção de uma estrutura pode ser conduzida através de um estudo da mesma, tendo como base o conhecimento de sua geometria e materiais, para então realizar o levantamento e caracterização das anomalias e suas possíveis causas. Para isso, a inspeção visual é feita com base em registros

fotográficos e preenchimento de fichas de inspeção que relatem os locais de ocorrência das anomalias e suas descrições.

Ao final, gera-se um relatório com todas das informações compiladas, de maneira a concluir o estado de conservação da estrutura e planejar e projetar possíveis intervenções futuras, se necessário. Segundo a *Fédération internationale du béton* (2002, p. 14), uma inspeção visual é a modalidade mais barata de inspeção, representando uma aquisição de 80% de informações relevantes com 20% do custo total da inspeção.

O processo de inspeção visual da estrutura requer que ela seja acessível e ofereça condições de segurança para o inspetor. Entretanto, avanços da engenharia permitiram a construção de estruturas que por vezes não são fáceis de acessá-las ou até mesmo não sejam acessíveis por usuários quando prontas. Com isso, a tecnologia avançou e permitiu que o trabalho da engenharia continuasse a partir da criação de mecanismos que permitiriam contornar as dificuldades encontradas.

Neste contexto, a utilização de veículos aéreos não tripulados (VANT) combinados com o processamento de imagens digitais contribuíram para a inspeção de estruturas que não sejam acessíveis ou que ofereçam condições de segurança insatisfatórias para o inspetor, como por exemplo, torres geradoras de energia eólica, plataformas de petróleo *offshore*, torres de telecomunicações, torres de transmissão de energia elétrica, pontes e outras.

De acordo com Art Pregler (2017), diretor do programa de drones da empresa de telecomunicações estadunidense AT&T, drones vem sendo empregados nas inspeções de torres de celulares da companhia, e toda vez que que enviam um drone para inspecionar alguma de suas torres ao invés de alguma pessoa, há a redução ou eliminação dos riscos associados à escaladas.

O conceito de VANT permitiu a sua utilização em larga escala em diversas aplicações civis. Consiste em uma aeronave de pequenas dimensões, que pelo próprio nome diz não é tripulada, ou seja, é conduzida de forma remota em algum lugar diferente de onde a aeronave esteja. O VANT pode ser controlado através de um controle-remoto manuseado por alguma pessoa, por voos programados em *softwares*, ou ambos.

Este trabalho apresentará o estudo da aplicação do uso de VANT na realização de inspeção de estruturas, bem como suas vantagens e limitações, pretendendo simultaneamente desenvolver competências na utilização de novas tecnologias e ampliar a discussão a respeito da metodologia de inspeção abordada.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Analisar a contribuição do uso de VANT na inspeção visual de estruturas, aplicando esta recente metodologia na inspeção da torre do Monte da Virgem e avaliar seu estado de conservação.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

Este trabalho objetiva estudar as propriedades e aplicações de VANT, analisar as metodologias usadas para a realização de inspeções, e inspecionar a torre do Monte da Virgem, concluindo o seu estado de conservação e validando a metodologia de inspeção utilizada.

## **1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Este trabalho estará estruturado em cinco seções.

A seção 1 apresentará a Introdução, que é compreendida pelos seguintes itens: estado da arte e caracterização do tema; e Objetivos.

A seção 2 abordará um estudo das metodologias aplicadas para a realização de inspeções visuais em estruturas.

A seção 3 identificará as propriedades do VANT e suas aplicabilidades.

A seção 4 desenvolverá inspeção visual da Torre do Monte da Virgem com a utilização de um VANT. Após a coleta de dados, será realizado um processamento de imagens através de *software* computacional, no qual modelar-se-á a estrutura em 3D para posterior reconhecimento de anomalias e geração do relatório dos resultados da inspeção.

A seção 5 relatará as conclusões do trabalho e indicará algumas possíveis recomendações a serem desenvolvidas em pesquisas futuras.



## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Diversos estudos vêm sendo desenvolvidos com vista à aplicabilidade de VANT em diversas áreas, concluindo suas vantagens e limitações. Entre eles, muitas empresas relacionadas à engenharia civil vem adotando o uso deste tipo de equipamento para desenvolverem suas atividades ou até mesmo melhorar o desempenho delas.

Um histórico dos drones pesquisado por Rakha e Gorodestsky (2018) indica que as ideias que serviram de base para o que hoje é conhecido por VANT, teriam sido desenvolvidas em 1849 na primeira guerra da Independência Italiana, quando o império austríaco concebeu um sistema de balões de ar quente não tripulados para lançamento de bombas em Veneza. Após 140 anos, os drones ganharam força com as necessidades militares, quando EUA perceberam após a Guerra Fria que deveriam lançar um programa de pesquisas voltados para esta tecnologia. Em 2006, Frank Wang, iniciou seu projeto na Universidade de Hong Kong e hoje conhecemos ela como a *DJI*, a primeira indústria a tornar a tecnologia de drones acessível ao público em geral. Apenas em 2012, a *Federal Aviation Administration* (FAA) incluiu os drones no espaço aéreo.

Em relação aos tipos de drones existentes na atualidade, um estudo realizado por Kneipp (2018) apresentou duas categorias de aparelhos: os de asas fixas (Figura 2.1) e os multirotores (Figura 2.2). Os primeiros utilizam do mesmo princípio dos aviões tradicionais. Os primeiros, conforme ilustrado na Figura 2.3, são capazes de rotacionar em torno do eixo longitudinal (*roll*), transversal (*pitch*) e vertical (*yaw*). Possuem maior sustentação com menor gasto de energia por conta da aerodinâmica, o que garante maior economia e voos de duração superior. Os segundos são compostos por um conjunto de hélices, similar ao princípio de helicópteros. Podem ter um ou vários rotores (hélices), mas geralmente apresentam vários rotores (entre quatro e oito, normalmente) para garantir a sua estabilidade. São drones operáveis com baixa velocidade e podem ficarem parados no ar, com fácil manobrabilidade. Diferentes dos de asas fixas, possuem uma autonomia mais baixa. Deve-se planejar a atividade na qual pretende-se empregar o equipamento para definir qual tipo será adotado.



Figura 2.1 – Drone de asas fixas (Parente *et. al*, 2017)



Figura 2.2 – Drone multirotor (DJI, 2019)

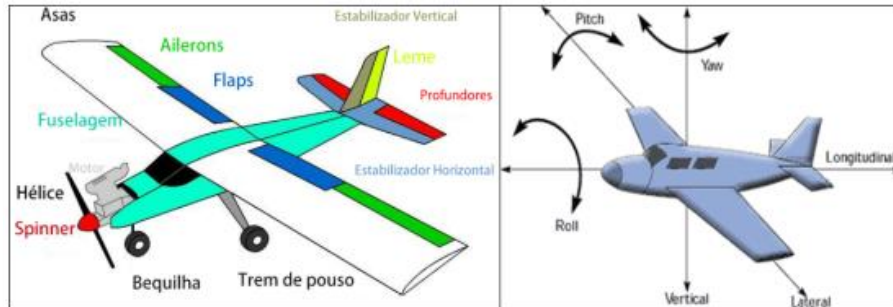


Figura 2.3 – Movimentos do VANT de asas fixas (Kneipp, 2018)

No âmbito de inspeções de estruturas, uma metodologia desenvolvida por Seo *et. al* (2018), utilizou um drone multirotor para avaliar as anomalias presentes em uma ponte de estrutura mista de madeira lamelada colada e concreto na cidade de Keystone (Dakota do Sul) nos EUA, e comparou-a com o relatório de inspeção convencional efetuado pelo departamento de transportes local. Em sua metodologia, a primeira etapa é reconhecimento da estrutura, estudando sua geometria através dos projetos da mesma e os pontos principais a serem inspecionados. Em seguida, uma avaliação da região em que a estrutura está situada deve ser feita, com pesquisa de regulamentações a respeito do uso de drones e determinação de áreas de risco no caso de falha do drone. A terceira etapa é concluída com a realização de um voo teste para calibração de GPS e sensores do drone. A inspeção oficial é feita na quarta etapa e foram necessários dois dias. A quinta e última etapa é o processamento dos dados coletados, com

o tratamento dos registros fotográficos através de *softwares* computacionais, sendo neste trabalho, adotado o *PhotoScan*, no qual foi possível criar um modelo 3D da estrutura com correção de textura e cores, possibilitando a análise de anomalias presentes. O drone concluiu sua tarefa de forma satisfatória, porém algumas limitações foram constatadas enquanto o drone voava embaixo do tabuleiro da ponte, sofrendo interferência de sinais do GPS. Foi comparado o relatório gerado pela inspeção com o drone e o relatório da inspeção convencional, resultando em dados análogos, sem grandes diferenças. O drone ainda conseguiu captar mais danos que os identificados no relatório do departamento de transportes: problemas com água na parte superior do tabuleiro, problemas com umidade e microfissuras nos pilares. Não somente o que diz respeito ao VANT adotado irá limitar suas tarefas a desenvolver. Os acessórios que equipam o mesmo também são um fator determinante para a conclusão de suas atividades. Um estudo realizado por Parente *et. al* (2017) utilizou um drone de asas fixas para a inspeção de um trecho com extensão de 3,0 km de comprimento da rodovia TO-050. O VANT foi equipado com câmeras NIR (*Near Infrared*) e uma RGB (*Red, Green, Blue*) para a captação de diferentes imagens. Os resultados apontaram que os registros feitos com o modelo RGB geraram dados mais definidos e perceptíveis, evidenciados pela comparação dos remendos no asfalto (Figura 2.4). Nas imagens RGB é possível perceber a diferença entre remendos mais antigos e mais atuais, enquanto nas imagens NIR percebe-se apenas a existência e definição do contorno.



Figura 2.4 – Comparativo entre imagens RGB e NIR. (Parente *et. al*, 2017)

No estudo de Rakha e Gorodestsky (2018), uma aplicação de modelagem de um edifício residencial da Universidade de *Syracuse* foi feita utilizando um drone equipado com câmeras RGB e térmica. Como processamento das imagens, utilizou-se do *software Pix4D* para modelagem da estrutura em 3D através da triangulação de pontos, e imagens mal capturadas são descartadas automaticamente. Para o estudo de caso, também se utilizou dois softwares: *DroneDeploy* e *Agisoft Photoscan*. Como resultados, o programa *Agisoft Photoscan* é útil, porém o *Pix4D* traz um modelo 3D mais real, com melhor qualidade e textura apesar de levar mais tempo para processamento das imagens, além de combinar melhor as imagens RGB e térmicas. *DroneDeploy* trouxe algumas melhorias em pontos específicos, como a captura de poças de água no telhado. Para Lizarazo (2017 *apud* RHAKHA; GORODESTSKY, 2018, p. 257) imagens

RGB são melhores que as térmicas devido a resolução espacial ser mais otimizada, sendo esse tipo de imagem utilizada por ele na construção de um modelo 3D. Além disso, outros autores apontam que as fotos RGB são melhores para a criação do modelo 3D para posterior aplicação da camada das imagens térmicas, uma vez que as imagens RGB apontam ser mais bem sucedidas para esta tarefa.

A análise comparativa feita por Omar e Nehdi (2017) conduziu a inspeções utilizando drone multirrotor equipado com câmera térmica para a identificação de delaminação do betão do tabuleiro de 2 pontes no Canadá. As imagens térmicas foram tratadas no programa *MATLAB* através do algoritmo K-Médias com algumas modificações, no qual foram criados os mapas de áreas de laminação do betão. Ensaios tradicionais requeridos pelo Ministério dos Transportes de Ontario fizeram o mapeamento de áreas delaminadas com sondagens à percussão. A inspeção com o drone concluiu que a área delaminada da ponte A foi de 15,4% da área total do seu tabuleiro, enquanto para a ponte B foi de 29,2%. O ensaio à percussão indicou para a ponte A um área de 17% e para ponte B 32%. Além disso, foi realizado o ensaio de potencial elétrico para determinação da áreas com armaduras corroídas. Apesar da inspeção com o drone e o ensaio do potencial elétrico registrarem informações diferentes, é possível correlacioná-las uma vez que a corrosão de armaduras é uma significativa causa de delaminação do betão devido ao aumento de volume dos varões da armadura que geram tensões superficiais no betão, ocasionando o destacamento do mesmo. Assim, foi possível perceber que os mapas gerados possuem áreas muito similares, evidencia que áreas com existência delaminação há um grande potencial elétrico.

Sarkis e Sarkis (2016) aplicaram drones na inspeção de três pontes da BR01 no Espírito Santo (Brasil), utilizado como base para projeto de modificação da via que passa em cima da ponte. As imagens foram coletadas por uma equipe de campo, a qual captou imagens de patologias pontuais e patologias disseminadas. Para as patologias disseminadas, foi criado um painel de fotografias para mapear de forma geral as anomalias (sendo permitido a perda de qualidade das imagens), e depois realizadas uma análise minuciosa com fotos específicas de cada ponto onde se encontra anomalia. A equipe de gabinete deverá completar o trabalho da equipe de campo com o uso de *softwares* para o processamento de imagens. O uso de drones para a inspeção das pontes foi de grande ajuda uma vez que evitou a paralisação das vias para as inspeções, a parte inferior do tabuleiro tornou-se acessível às inspeções uma vez que os cursos de água não facilitam o seu acesso, evitando a utilização de equipamentos pesados e de utilização normalmente bastante onerosa. Por outro lado, algumas limitações foram encontradas, como por exemplo rajadas de ventos que desestabilizam o drone, acesso a ferramentas em geral que sejam necessárias para atuar diretamente sobre as superfícies a inspecionar (como por exemplo: remoção de vegetação, líquens, manchas de sujidade, depósitos não naturais, etc) para investigar melhor a anomalia encontrada.

Como apontado na metodologia de Seo *et. al* (2018), deve-se planejar o voo do drone para a realização da inspeção. Diversos fatores limitam a realização das atividades com VANT e a excelência dos resultados. Além do modelo, acessórios e pós processamento de imagens, a forma como se conduz o equipamento também pode afetar os resultados. Uma aplicação feita por Roca *et. al* (2014), realizou a modelagem de uma casa localizada na Galícia (Espanha) utilizando um drone multirrotor equipado com sensor laser para captação de nuvem de pontos. Foram realizados dois voos, nos quais divergiram no que diz respeito à movimentação dos drones para captação das imagens. O primeiro voo foi feito com o drone realizando movimentos na direção da profundidade da casa, enquanto a segunda abordagem foi feita com o drone realizando movimentos na direção da largura da casa. Para avaliar os dados obtidos nas duas as metodologias de voo, realizou-se uma terceira captação de dados através de um laser scanner terrestre. Como resultados, as metodologias evidenciaram diferenças no levantamento geométrico, conforme indicados na Tabela 2.1, sendo a principal divergência nas dimensões da casa em que o drone realizou os movimentos de varredura.

Tabela 2.1 – Resultados do levantamento geométrico feito com drone. (ROCA *et. al*, 2014)

POINTCLOUD	MEASUREMENT				
	HEIGHT	WIDHT	DEPTH	AREA	VOL
REFERENCE	5.3	9.0	6.8	61.2	324.36
<b>METHOD. 1</b>	5.8	9.5	7.7	73.2	424.27
<b>METHOD. 2</b>	5.2	10.8	7.0	75.6	393.12

O VANT pode realizar o voo de forma controlada remotamente por alguém ou então pode-se utilizar de alguma programação que automatize o percurso do aparelho. Segundo Rodrigues (2012), os softwares *Waypoints* e *weGCS* são capazes de definir através de mapas os pontos pelos quais o drone irá realizar o percurso. De acordo com *Pix4D* (2018), empresa especializada no desenvolvimento de *softwares* para processamento de imagens, para objetos com grandes dimensões verticais, a sua modelagem pode ser feita a partir de imagens capturadas por drones que realizem uma trajetória circular ao redor do objeto (Figura 2.5), devendo-se rodear a mesma diversas vezes, com sobreposição de imagens de 90% a mesma altura e 60% a alturas diferentes.

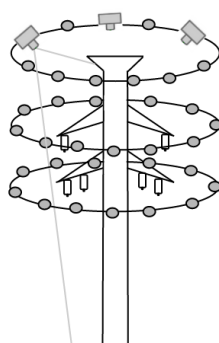


Figura 2.5 – Trajetória de voo do drone para modelagem de torres. (*Pix4D*, 2018)

## *CAPÍTULO 2*

Os estudos apresentados refletem as inúmeras possibilidades e combinações de mecanismos que podem ser adotados na aplicação de drones na inspeção de estruturas. Apesar de contribuir significativamente para as inspeções de estruturas, ainda sim possuem limitações que devem ser levadas em consideração. Uma análise mais detalhada e planejada permitirão ajudar na escolha certa de quais metodologias, equipamentos e técnicas deverão ser adotados para cada situação.

### 3 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

ATIVIDADES	11/01/2019	25/01/2019	01/02/2019	08/02/2019	15/02/2019	20/02/2019	08/03/2019	22/03/2019	05/04/2019	19/04/2019	30/05/2019	24/05/2019	07/06/2019	21/06/2019
Revisão do projeto - Seção 1														
Ampliação das referências														
Avaliação do projeto (TPC-DIPRE)														
Seção 2 - Metodologias de inspeções														
Seção 3 - Estudo sobre drones														
Seção 4 - Inspeção do Monte da Virgem														
4.1 - Lista de anomalias e causas														
4.2 - Voo com drone na Torre														
4.3 - Processamento das imagens														
4.4 - Análise do resultados - fichas de inspeção														
4.5 - Relatório da inspeção														
4.6 - Relatório da inspeção convencional (Allice)														
Seção 5 - Conclusão														
Entrega final ISEP														





## 4 PARTICIPAÇÃO EM ATIVIDADES DE FORMAÇÃO COMPLEMENTAR

### 4.1 AÇÕES DE FORMAÇÃO EM QUE PARTICIPOU

No âmbito da unidade curricular de TPC-DIPRE participei nas seguintes ações de formação:

- **CAD para Engenheiros**

Esta ação de formação foi significativamente importante, uma vez que os programas CAD estão cada vez mais presentes nos trabalhos desenvolvidos pela engenharia. A ação apresentou de forma prática e sucinta alguns comandos do *software* CAD 3D, já que ele é dotado de inúmeros comandos. Além disso, foram dicretizadas as formas mais usuais de se utilizar o programa na vida real de trabalho, e algumas formas de configurações para apresentação de projetos acadêmicos que necessitem dessa ferramenta. Acredito que para futuras ações de formação deste tema, poderão ser abordados alguns comandos mais avançados.

- **Citar e referenciar: normas de citação e referências bibliográficas. Fontes de informação B-on\* e outros recursos on-line.**

Esta ação de formação foi extremamente importante, uma vez que a realização de trabalhos acadêmicos deve referenciar pesquisas e estudos que serviram de embasamento de pesquisa. A ação apresentou de forma prática a ferramenta *Mendeley* que permite organizar de forma mais automática as referências bibliográficas e aplicá-las diretamente no MS Word.

- **Gestão de tempo**

Esta ação de formação foi uma das que tive maior expectativa, pois a gestão de tempo é algo que ocorre em diversos planos: vida pessoal, vida acadêmica e vida profissional. Acredito que algumas outras dicas poderão ser abordadas em futuras ações de formação como essa.

- **Processador de texto MS Word**

Esta ação de formação apresentou de forma prática o uso de um dos programas editores de texto mais usados mundialmente. Apesar de ser algo que muitas pessoas sabem como manusear com facilidade e intuito, consegui aprender com esta ação de formação muitos comandos que não sabia que existiam, tais como a criação automática de legendas de figuras, tabelas e equações, para posterior aplicação nos índices. Este programa faz parte do conhecido Pacote Office (Word, Excel e PowerPoint). Em meu ponto

de vista, acredito que futuramente, ações de formação deste gênero deveriam ser criadas para abordar o outros dois programas que fazem parte e trabalham em conjunto com o MS Word.

- **Comunicação para apresentações de sucesso**

Esta ação de formação foi bastante interessante, pois a comunicação é algo que ocorre em diversas situações: vida pessoal, vida acadêmica e vida profissional, quer ela na forma de nos relacionarmos com as demais pessoas, apresentarmos um trabalho ou qualquer outra forma que necessite de comunicação. Acredito que algumas outras dicas poderão ser abordadas em futuras ações de formação como essa.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização final deste trabalho contribuirá para uma pesquisa mais profunda a respeito dos métodos de inspeções existente na atualidade e ampliará a discussão a respeito do uso da tecnologia de VANT com diversas utilizações, principalmente a sua contribuição nas execução de tarefas com inspeções visuais. Não só as vantagens, mas também as limitações que esta nova metodologia apresentam, visto que diversos fatores podem influir em sua aplicabilidades, tais como necessidade de operadores com conhecimento do equipamento, condições climáticas e conhecimentos em processamentos computacionais das imagens coletadas.

A empresa Altice, que hoje administra a torre do Monte da Virgem possui em planejamento a realização de inspeção visual de forma tradicional, com operadores que realizarão através de rapel. Com isso, pretende-se comparar os dados obtidos pela inspeção com o drone e a inspeção visual.

Acredita-se que como realizações futuras, variabilidades da metodologia adotada será de grande valia. A utilização de outros modelos de drones, câmeras e *softwares* para processamento do dados poderão ser variáveis para determinar a sensibilidade dos resultados obtidos.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, Sérgio, 2012. *Inspeção e Monitorização de Estruturas em Engenharia Civil - Utilização de UAV na Inspeção e Monitorização* [online]. Funchal. Disponível em: <https://digituma.uma.pt/bitstream/10400.13/570/1/MestradoSérgioAgostinho.pdf>

CARDOSO PARENTE, D., CARVALHO FELIX, N. e PESSOA PICANÇO, A., 2017. *Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de patologia superficial em pavimento asfáltico*. Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción [online]. 2017. Vol. 7, no. Maio, p. 160–171. DOI <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v.2i3.33>. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427651116003>

KNEIPP, Rafaela Barros, 2018. *O estado da arte na utilização de drones para inspeção naval e offshore* [online]. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10023699.pdf>

OMAR, Tarek e NEHDI, Moncef L., 2017. *Remote sensing of concrete bridge decks using unmanned aerial vehicle infrared thermography* [online]. College Park: Elsevier. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2017.06.024>

PIX4D, 2018. *Selecting the Image Acquisition Plan Type*. Pix4D Support [online]. 2018. Disponível em: <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202557459-Step-1-Before-Starting-a-Project-1-Designing-the-Image-Acquisition-Plan-a-Selecting-the-Image-Acquisition-Plan-Type#label4>

RAKHA, Tarek e GORODETSKY, Alice, 2018. *Review of Unmanned Aerial System (UAS) applications in the built environment: Towards automated building inspection procedures using drones* [online]. College Park: Elsevier. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.05.002>

ROCA, D., ARMESTO, J., LAGÜELA, S. e DÍAZ-VILARIÑO, L., 2014. *LIDAR-equipped UAV for building information modelling*. In: *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives* [online]. Vigo. 2014. p. 523–527. Disponível em: <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-5/523/2014/>

SARKIS, Paulo Jorge e SARKIS, Jorge Martins, 2016. *Uso de Drone em Inspeção e Definição de Recuperação em OAEs*. In: *IX Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas* [online]. Rio de Janeiro: IX Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas. 2016. p. 10. Disponível em: <http://www.abpe.org.br/trabalhos2016/59.pdf>

SEO, Junwon, DUQUE, Luis e WACKER, Jim, 2018. *Drone-enabled bridge inspection methodology and application* [online]. College Park: Elsevier. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.06.006>

QUALIDADE, Instituto Português de, 2009. Eurocódigo - Bases para o projecto de estruturas. 2009. Portugal.

RIEHLE, Christian, WENDE, Adam R., ZAHA, Vlad G., PIRES, Karla Maria, WAYMENT, Benjamin, OLSEN, Curtis, BUGGER, Heiko, BUCHANAN, Jonathan, WANG, Xiaohui, MOREIRA, Annie Bello, DOENST, Torsten, MEDINA-GOMEZ, Gema, LITWIN, Sheldon E., LELLIOTT, Christopher J., VIDAL-PUIG, Antonio e ABEL, E. Dale, 2002. *Management, maintenance and strengthening of concrete structures*. 1. Lausanne: Sprint-Digital-Druck Stuttgart.

AT&T, 2017. *How We're Using Drones to Make Cell Tower Inspections Safer*. [online]. 2017. Disponível em: [https://policyforum.att.com/wp-content/uploads/2018/01/A04\\_03\\_Cell-Tower-Drone-Inspection\\_D9.pdf](https://policyforum.att.com/wp-content/uploads/2018/01/A04_03_Cell-Tower-Drone-Inspection_D9.pdf)

DJI, 2019. *Inspire 2*. [online]. 2019. Disponível em: <https://www.dji.com/pt/inspire-2?site=brandsite&from=nav>

MARTINS, Carlos, 2018. *Torre do Monte da Virgem abre ao público no Open House Porto*. Aberto até de madrugada [online]. 2018. No. 28 de Junho de 2018. Disponível: <https://abertoatedemadrugada.com/2018/06/torre-do-monte-da-virgem-abre-ao.html>