

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM INDÚSTRIA 4.0

THIAGO PRATA TEIXEIRA

**INSPEÇÃO E MONITORAMENTO DE MÁQUINAS UTILIZANDO
DRONES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

PONTA GROSSA
2020

THIAGO PRATA TEIXEIRA

**INSPEÇÃO E MONITORAMENTO DE MÁQUINAS UTILIZANDO
DRONES**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Indústria 4.0, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Gustavo Lima

PONTA GROSSA

2020

TERMO DE APROVAÇÃO DE TCCE

Inspeção e monitoramento de máquinas utilizando drones

Thiago Prata Teixeira

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização (TCCE) foi apresentado em 08 de fevereiro de 2020 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Industria 4.0. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Gustavo Lima
Prof. Orientador

Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de Carvalho
Membro titular

Prof. Dr. Rui Tadashi Yoshino
Membro titular

RESUMO

TEIXEIRA, Thiago Prata. **Inspeção e monitoramento de máquinas utilizando drones**. 2020. 17f. Monografia (Especialização em Engenharia de Indústria 4.0), Universidade Tecnológica Federal Do Paraná. Ponta Grossa, 2020.

A utilização de drones em atividades de inspeção e monitoramento de máquinas ajuda cada dia mais o setor industrial, elevando a maneira de se fazer inspeção a um nível mais elevado. Esta tecnologia garante tempos menores de execução de atividades com incremento da qualidade do serviço, alta produtividade e elimina a exposição de pessoas em atividades que geralmente oferecem alto grau de risco a vida humana. O objetivo desse artigo é discutir sobre a utilização de VANT's na realização de trabalhos de inspeção preditiva e monitoramento de ativos, bem como seus benefícios quando comparado com os métodos convencionais de inspeção.

Palavras-chaves: Inspeção. Drone. Monitoramento. Segurança.

ABSTRACT

TEIXEIRA, Thiago Prata. **Inspection and monitoring of machines using drones**. 2020. 17p. Monograph (Especialization in Industry 4.0), Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2020.

The use of drones in machine inspection and monitoring activities helps the industrial sector more and more, raising the level of inspection to a higher level. This technology guarantees shorter execution times with increased service quality, high productivity and eliminates the exposure of people in activities that generally offer a high degree of risk to human life. The purpose of this article is to discuss the use of UAVs (Unmanned Aerial Vehicle) in carrying out predictive inspection and asset monitoring work, as well as their benefits when compared to conventional inspection methods.

Key-words: Inspection. Drone. Monitoring. Safety.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Drone DJI Mavic 2 PRO	10
Figura 2	– Drone DJI Phantom 4 RTK	11
Figura 3	– Drone DJI Inspire 2	12
Figura 4	– Drone Flyability Elios 2.....	13
Figura 5	– Drone DJI Agras MG-1	14
Figura 6	– Drone SenseFly eBee Classic.....	15

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RPAS	<i>Remotely Piloted Aircraft System</i>
UAS	<i>Unmanned Aircraft System</i>
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VANT	Veículo Aéreo Não-Tripulado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	OBJETIVOS GERAIS	8
1.2	JUSTIFICATIVA	9
2	METODOLOGIA DE PESQUISA	10
2.1	ANÁLISE DE TIPOS DE DRONES E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	10
3	RESULTADOS ESPERADOS	16
	REFERÊNCIAS	17

1 INTRODUÇÃO

A busca pela máxima disponibilidade das máquinas em uma indústria é o maior desafio que o profissional de manutenção enfrenta em seu trabalho, sempre alinhado com as seguintes premissas: segurança, produtividade e qualidade. Para se atingir o máximo de desempenho de um ativo, é preciso também que se faça investimentos em novas tecnologias de monitoramento e inspeção, visto que não é aceitável que nada passe despercebido durante a atividade de inspeção (KNEIPP, 2018).

A utilização de drones para realização deste trabalho de monitoramento de máquinas se torna a cada dia mais comum, pois estes equipamentos atuam também em áreas que são impossíveis de serem acessadas por pessoas. Além disto, esta utilização aumenta o nível de detalhamento da inspeção (as câmeras possuem tecnologia, tais como zoom, visão termográfica que captam defeitos, que não são possíveis de enxergar a olho nu) (TONDELO; BARTH, 2019).

O drones trazem ganhos econômicos porque não é necessário investir em dispositivos de acesso (como andaimes, rapel, etc), aumentam a agilidade da inspeção, pois com poucos minutos de voo é possível analisar uma área muito maior do que sem a utilização deste (SOUSA *et al.*, 2019).

Adicionalmente temos a possibilidade de realizar inspeção em máquinas que estejam em funcionamento, como por exemplo uma chaminé, um *pipe rack*, torres de alta tensão, tubulações de gás, dentre outros, evitando paradas de produção (perdas financeiras) e garantindo a segurança das pessoas (ABRAM, 2019).

1.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo deste artigo é discorrer sobre aplicações de veículo aéreo não tripulado (Drone), em atividades de inspeção em máquinas, dentro da área industrial. Este trabalho apresenta os seguintes objetivos gerais:

- Demonstrar que determinadas atividades de inspeção e monitoramento de máquinas podem ser realizadas com drones;
- Detalhar os pontos positivos da utilização de drones, tais como, ótima relação de custo benefício, aliado à segurança dentre outros pontos positivos.

1.2 JUSTIFICATIVA

Por se tratar de uma tecnologia ainda não muito explorada no campo da manutenção, por empresas que trabalham na fabricação de celulose e papel, queremos demonstra que ela pode ser aplicada em trabalhos industriais, proporcionando ganhos significativos, tais como: maior produtividade das organizações, menor exposição das pessoas nas realizações de trabalhos em altura, maior disponibilidade das máquinas e uma melhora na qualidade das atividades de inspeção e monitoramento de máquinas (GOMES; XAVIER; FRANCISCO, 2018).

Este trabalho visa ressaltar as vantagens da utilização de drones nas atividades de monitoramento e inspeção de equipamentos, enfatizado pelas descobertas encontradas nas referências bibliográficas utilizadas. Também entendemos que este material poderá fornecer informações que poderão ser usadas em análise de custo/benefício.

Quando o profissional de manutenção decide utilizar um drone para executar alguma atividade de inspeção ou monitoramento, ele deve levar em conta alguns fatores. Algumas empresas que fornece VANT's, como a Aero Drone Brasil, empresa focada em soluções em imagens aéreas, alerta que, na escolha de um modelo de drone devem ser levadas em conta algumas características dos mesmos, tais como a autonomia (tempo de voo), a velocidade, distância efetiva de operação, distância máxima em que a imagem é continuamente transmitida, entre outros aspectos (BRASIL, 2019).

2 METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste capítulo, será feito o levantamento bibliográfico de informações relacionadas ao uso dos drones no ambiente industrial, e em especial a utilização em inspeção e monitoramento de máquinas. Podemos listar as principais fontes de informação:

- Artigos acadêmicos;
- Especificações técnicas de drones;
- Pesquisa em sites de fabricantes de drones;
- Material bibliográfico / sites das empresas que prestam serviços de inspeção industrial.

A Seção 2.1 a seguir apresentará a análise de diversos Drones, apresentando modelos e características técnicas.

2.1 ANÁLISE DE TIPOS DE DRONES E SUAS CARACTERÍSTICAS

Existem muitas marcas e modelos de drones disponíveis no mercado. Sendo que os multirrotores são considerados um dos melhores e mais confiáveis tipos de drones, pois possuem excelente suporte on-line e fornecem a qualidade necessária para desempenhar um excelente trabalho. Nesta Seção iremos apresentar alguns modelos e suas características técnicas. A Figura 1 apresenta o modelo DJI Mavic 2 PRO:

Figura 1 – Drone DJI Mavic 2 PRO



Fonte: (UAVCOACH, 2019)

O Drone DJI Mavic 2 PRO apresenta as seguintes especificações:

- **Resolução de imagem fixa:** 20 megapixels;

- **Resolução de Vídeo:** Vídeo HDR 4K de 10 bits;
- **Tempo máximo de voo:** 31 minutos;
- **Velocidade máxima:** 72 km/h no modo esporte;
- **Vantagens:** dobrável e portátil, com modos de vôo inteligentes e detecção de obstáculos (UAVCOACH, 2019).

A Figura 2 mostra o drone DJI Phantom 4 RTK:

Figura 2 – Drone DJI Phantom 4 RTK



Fonte: (AIROBOTICS, 2019)

O modelo DJI Phantom 4 RTK apresenta as seguintes características:

- **Resolução de imagem fixa:** 20 megapixels;
- **Resolução de Vídeo:** H.264 4K a 60 qps ou H.265 4K a 30 qps, ambos gravados em uma taxa de bits de 100 Mbps;
- **Tempo máximo de voo:** 30 minutos;
- **Velocidade máxima:** Até 58 km/h;
- **Vantagens:** Possui Módulo RTK, com modos de vôo inteligentes, detecção de obstáculos e obturador mecânico (AIROBOTICS, 2019).

A Figura 3 mostra o modelo DJI Inspire 2:

Figura 3 – Drone DJI Inspire 2



Fonte: (UAVCOACH, 2019)

O Drone DJI Inspire 2 apresenta as seguintes especificações:

- **Resolução de imagem fixa:** Até 24 megapixels;
- **Resolução de Vídeo:** Taxa de bits H.264 / H.265 100 Mbps, 4K / 60 FPS, 5.2K / 30 FPS, 6K / 30 FPS;
- **Tempo máximo de voo:** Até 27 minutos;
- **Velocidade máxima:** 94 km/h;
- **Vantagens:** Possui cardan de câmera intercambiável, transmissão ao vivo, modos de vôo inteligentes, câmera FPV, sistema de bateria dupla aquecida, Apple ProRes e Cinema DNG (UAVCOACH, 2019).

A Figura 4 apresenta o Flyability Elios 2:

Figura 4 – Drone Flyability Elios 2



Fonte: (DEPLOY, 2019)

O modelo Flyability Elios 2 apresenta as seguintes características:

- **Resolução de imagem fixa:** 12 megapixels;
- **Resolução de Vídeo:** 4K / 60 FPS;
- **Tempo máximo de voo:** Até 10 minutos;
- **Velocidade máxima:** 24 km/h;
- **Vantagens:** Comunicação sem fio de ponta com feedback de vídeo ao vivo com a capacidade de suportar colisões e continuar voando; Comunicação sem fio de ponta com feedback de vídeo ao vivo; Estabilização sem GPS com Trava de Distância para inspeção de precisão; Transmissão ao vivo em Full HD; Além da linha de visão, os recursos podem ser estendidos através do extensor de alcance (DEPLOY, 2019).

A Figura 5 mostra o modelo DJI Agras MG-1:

Figura 5 – Drone DJI Agras MG-1



Fonte: (UAVCOACH, 2019)

O Drone DJI Agras MG-1 apresenta as seguintes especificações:

- **Carga útil:** 10 kg (2,6 galões);
- **Capacidade de *spray*:** 7-10 acres por hora;
- **Resolução de Vídeo:** 4K / 60 FPS;
- **Tempo máximo de voo:** Até 24 minutos, dependendo do peso da carga útil;
- **Velocidade máxima:** 79 km/h;
- **Vantagens:** Possui bicos de pulverização intercambiáveis com sistema de refrigeração centrífuga integrado para aumentar a confiabilidade e a longevidade; Sistema *Terrain Follow*: o radar de microondas varre o terreno abaixo para manter a altura estável acima das plantas, independentemente das mudanças de altitude (UAVCOACH, 2019).

Por último, a Figura 6 apresenta o drone SenseFly eBee Classic:

Figura 6 – Drone SenseFly eBee Classic



Fonte: (AIROBOTICS, 2019)

O modelo SenseFly eBee Classic apresenta as seguintes características:

- **Resolução de imagem fixa:** Até 20 megapixels, funcionando com *Pix4Dmapper* e *Pix4Dbim*;
- **Resolução de Vídeo:** Taxa de bits H.264 / H.265 100 Mbps, 4K / 60 FPS, 5.2K / 30 FPS, 6K / 30 FPS;
- **Tempo máximo de voo:** Até 50 minutos;
- **Velocidade máxima:** 90 km/h;
- **Vantagens:** O senseFly eBee Classic é um drone de asa fixa que é totalmente autônomo e foi projetado para capturar imagens aéreas de alta resolução para mapeamento e modelagem 3D. Sendo que nenhuma habilidade de pilotagem é necessária para este drone, basta jogá-lo e ele seguirá um plano de voo pré-planejado. As aeronaves de asa fixa são ideais para grandes trabalhos de mapeamento devido às propriedades aerodinâmicas eficientes desta configuração. O eBee pode cobrir 7,4 quilômetros quadrados em um vôo planejado, tornando-o uma opção muito eficiente para mapeamento aéreo (AIROBOTICS, 2019).

3 RESULTADOS ESPERADOS

Este trabalho visa ressaltar as vantagens em utilizar drones em trabalhos de inspeção e monitoramento realizadas pelas equipes de manutenção, enfatizado pelas descobertas encontradas nas referências bibliográficas estudadas. Também entendemos que este material poderá ser uma base de informação que poderá ser usada para:

- Ajudar na tomada de decisão de manutentores em ambientes industriais com a utilização de drones;
- Fornecer informações que poderão ser usadas em análise de custo/benefício para o problema de inspeção e monitoramento;
- Detalhar sobre as características dos VANT's, ressaltando as principais vantagens e desvantagens de cada tipo.

REFERÊNCIAS

ABRAM, B. Metodologia de inspeção termográfica por camera em drone para detectar entrada falsa de ar em dutos de gás entre caldeira e precipitador eletrostático. 2019.

AIROBOTICS. **BENEFITS OF THE DRONE INSPECTION SOLUTION**. 2019. <<https://www.airoboticsdrones.com/applications/inspection/>>. Acesso em: 21 de setembro de 2019.

BRASIL, AeroDrone. **Mapeamento com drone**. 2019. <<https://www.aerodronebrasil.com/>>. Acesso em: 02 de outubro de 2019.

DEPLOY, Drone. **Capture. Analyze. Act**. 2019. <<https://www.dronedeploy.com/>>. Acesso em: 22 de setembro de 2019.

GOMES, Marcos Eliade Alves; XAVIER, Thássio Josué Barros; FRANCISCO, Renato Apolinário. 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**, v. 3, n. 1, 2018.

KNEIPP, Rafaela Barros. O estado da arte na utilização de drones para inspeção naval e offshore. **Trabalho de Conclusão de Curso Graduação em Engenharia Naval. Universidade Federal do Rio de Janeiro**, 2018.

SOUSA, Fernanda da Silva *et al.* **A utilização de drones na inspeção visual de fachadas e coberturas e edifícios no âmbito da sua manutenção, monitorização e reabilitação**. Dissertação (Mestrado), 2019.

TONDELO, Patricia Geittenes; BARTH, Fernando. Análise das manifestações patológicas em fachadas por meio de inspeção com vant. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 10, p. e019009–e019009, 2019.

UAVCOACH. **The Top Professional Drones for Serious Commercial UAV Pilots**. 2019. <<https://uavcoach.com/professional-drones>>. Acesso em: 22 de setembro de 2019.