

## UMA EXPERIÊNCIA COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO NA UTILIZAÇÃO DE UMA AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA PARA APOIO AO ENSINO DA ENGENHARIA CIVIL

**Kaylane de Souza Braga** - [kaylanesouzabraga1@hotmail.com](mailto:kaylanesouzabraga1@hotmail.com)

**Hiago Dias Athayde** - [hiagoathayde@gmail.com](mailto:hiagoathayde@gmail.com)

**Bruno Morais Lemos** - [bruno.mathematic@gmail.com](mailto:bruno.mathematic@gmail.com)

**Adauri Silveira Rodrigues Júnior** - [adauri.junior@yahoo.com.br](mailto:adauri.junior@yahoo.com.br)

Universidade de Vassouras

Av. Expedicionário Oswaldo de Almeida Ramos 280, Centro

CEP 27700-000– Vassouras – Rio de Janeiro

**Carlos Vitor de Alencar Carvalho** – [cvitorc@gmail.com](mailto:cvitorc@gmail.com) e [carlos.vitor@pq.cnpq.br](mailto:carlos.vitor@pq.cnpq.br)

Universidade de Vassouras

Av. Expedicionário Oswaldo de Almeida Ramos 280, Centro

CEP 27700-000– Vassouras – Rio de Janeiro

Centro Universitário Estadual da Zona Oeste – UEZO

Av. Manoel Caldeira de Alvarenga 1203, Campo Grande

CEP 23070-200 – Rio de Janeiro - RJ

**Resumo:** *Estamos vivenciando um grande avanço da tecnologia, onde há um avanço na automação de processos na indústria. É a nova revolução industrial, chamada pela expressão indústria 4.0 ou também a Quarta Revolução Industrial. Este trabalho apresenta uma experiência com alunos do ensino médio, bolsistas da FAPERJ no programa Jovens Talentos, no uso de uma aeronave remotamente pilotada (RPA – Remotely Piloted Aircraft), popularmente chamado de drone, para apoio ao ensino da Engenharia Civil. Foi realizado um estudo de caso onde o objetivo era fazer uma inspeção no telhado de uma edificação e utilizar ferramentas de processamento de imagens. Com as imagens geradas pelo RPA, foi desenvolvido um mosaico de ortofotos. Tal mosaico foi utilizado para calcular informações como distâncias e áreas diretamente da imagem gerada. Com os dados gerados, pode-se por exemplo, verificar o quantitativo de placas fotovoltaicas necessárias para cobrir o telhado. Também foi possível observar algumas patologias existentes no telhado que podem ser utilizadas para futura correção e manutenção preventiva. Outro ponto a se destacar é a facilidade e versatilidade que o uso dessa tecnologia pode proporcionar, aumentando a produção, a qualidade dos serviços e gerando competitividade no mercado de trabalho em diversas áreas.*

**Palavras-chave:** Indústria 4.0, RPA, Drones, Ensino da Engenharia Civil.

### 1 INTRODUÇÃO

O momento atual, mostra um crescente desenvolvimento de tecnologias que estão sendo utilizadas em escala global e isso irá afetar a todos nas mais diversas áreas. O conjunto dessas tecnologias está sendo chamada de indústria 4.0 ou também de a Quarta Revolução Industrial. De uma forma geral, a figura 1, mostra as principais tecnologias da industrial 4.0, segundo CNI (2017).

As aeronaves remotamente pilotada (RPA – *Remotely Piloted Aircraft*), popularmente chamado de drone, são um exemplo dessas tecnologias. São equipamentos que apresentam tecnologias como GPS, sensores de distância, câmeras de alta definição, podendo registrar imagens em 4K, alguns modelos apresentam câmeras térmicas. Também podem transmitir dados para o controlador, ou piloto do drone. Tais dados podem ser, por exemplo, imagens, vídeos, dados de navegação, posicionamento, altitude.

Figura 1 – Tecnologias da industrial 4.0



Fonte: Adaptado de CNI, 2017.

Atualmente o seu uso está, em sua maioria, no mercado de trabalho de fotografias e produção de vídeos, porém o uso na área de engenharia e indústria está em grande crescimento. Pode-se verificar trabalhos na literatura como em Kneipp (2018), onde apresenta comparações de inspeções já presentes na indústria naval e offshore através de drones com a inspeção convencional. Em Matschulat (2016) apresentou uma proposta de um modelo de roteirização de um centro de distribuição móvel para uso de drones e em Nascimento e Dezen-Kempter (2018) apresentam uma possibilidade do uso de drones como ferramenta de engenharia reversa.

Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar uma experiência com alunos do ensino médio na utilização de drones na Engenharia Civil. O foco da experiência foi: fazer o mapeamento de um telhado de uma edificação; verificar se há alguma patologia na construção utilizando para isso imagens e vídeos gerados pelo drone; e calcular o número de placas fotovoltaicas, no caso de uma possível implementação desse sistema no telhado da edificação.

As próximas seções deste trabalho apresentam a metodologia utilizada, em seguida, os resultados e considerações finais.

## 2 METODOLOGIA UTILIZADA

### 2.1 Regulamentação para uso de drones

Antes de iniciarmos o procedimento metodológico para o desenvolvimento do trabalho é importante relatar sobre um item muito importante no uso de drones: a segurança. O uso de drones é regulamentado por três órgãos: Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2019), Departamento de Controle de Espaço Aéreo (DECEA, 2019) e a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL, 2019).

O cadastro de drones na ANAC, conforme indicado no site da mesma, deve ser feito para todos os drones de 250 gramas a 25 quilos. Acima de 25 quilos, é necessário um registro de habilitação do piloto. Para drones abaixo de 250 gramas, não há necessidade de registro.

Ao DECEA compete o acesso ao espaço aéreo e segurança de navegação aérea. Há uma publicação denominada Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 100-40 (ICA, 2019) que é a legislação sobre o acesso ao espaço aéreo das aeronaves remotamente pilotadas. Os voos devem ser autorizados pelo sistema SARPAS do DECEA.

À ANATEL compete a homologação/certificação dos equipamentos, pois os drones possuem transmissores de radiofrequência em seus controles remotos.

Outro ponto importante é quanto à operação do drone. Pelo regulamento, deve-se apenas pilotar o equipamento no modo VLOS (*Visual Line of Sight*), que trata do modo de operação onde a RPA permanece no campo de visão do piloto. O equipamento utilizado no desenvolvimento deste trabalho foi um drone da DJI, modelo Mavic Pro (figura 2). Todas as atividades desenvolvidas neste trabalho estão de acordo com as normas reguladoras da ANAC, DECEA e ANATEL.

Figura 1 – Equipamento utilizando no desenvolvimento deste trabalho.



Fonte: os autores

Trata-se de um equipamento do tipo multirotores, de quatro motores. Fabricado pela DJI (<https://www.dji.com/br/mavic/info#specs>), o Mavic Pro apresenta características interessantes para inspeções visuais e geração de imagens para engenharia. Ele é compacto, braços que suportam as hélices podem ser dobrados o que que seu tamanho seja reduzido apresentando as dimensões, com os braços dobrados de : 83 mm (altura) x 83 mm (largura) x 198 mm (comprimento), leve (734 g), estabilização em 3 eixos (inclinação, rotação, giro), autonomia de bateria de aproximadamente 21 a 24 minutos

(que depende sobretudo da ação do vento ou não durante o voo), Sistemas de posicionamento por satélite (GPS), registra fotos em 12 MP e vídeos em 4K – 30 fps.

## 2.2 Atividades prática desenvolvida

Inicialmente, foi necessário realizar um treinamento de montagem e utilização do equipamento com os alunos. Foram apresentados itens como: segurança, posicionamento de voo, locais permitidos e proibidos para decolar e voar e todas as informações pertinentes recomendadas pela ANAC, ANATEL e DECEA.

Em seguida foi apresentado o *check list* para iniciar o primeiro voo, com informações e procedimentos/planejamento que devem ser feitos antes de ligar o equipamento, a inspeção do local e condições climáticas no momento do voo. A figura 3 mostra momentos da atividade de treinamento prático com os alunos sob supervisão do orientador/professor.

Figura 3 – Momentos de treinamento teórico e prático do uso do RPA



Fonte: os autores

Após o treinamento, iniciou-se o desenvolvimento do estudo do telhado da edificação escolhida. Primeiramente foi feito um estudo do plano de voo. Como a edificação apresentava um telhado de duas águas, a equipe decidiu fazer o planejamento de voo da seguinte forma: (a) primeiro um voo ao longo da cumeeira, onde foi feito o registro em vídeo e fotos da localidade para verificar visualmente patologias na construção; (b) em um segundo momento, foi feito o registro fotográfico ao longo da cumeeira, que serão utilizadas para o processamento do mosaico de ortofotos.

A figura 4a mostra os pontos onde as fotos foram tiradas ao longo da cumeeira da estrutura. Foram geradas 44 imagens. Tais fotos, como informado anteriormente, foram utilizadas para gerar o mosaico de ortofotos. Para isso foi utilizado o software DroneDeploy ([www.dronedeploy.com](http://www.dronedeploy.com)). A plataforma DroneDeploy é uma ferramenta que permite a geração de mapas e imagens georreferenciadas. Após a inserção das imagens na plataforma DroneDeploy, todas as imagens são posicionadas conforme ponto de localização indicado na figura 4a. A figura 4b apresenta as imagens geradas nas suas respectivas posições. Tais imagens foram processadas para gerar o mosaico de ortofotos (figura 5), ou seja, uma imagem única georreferenciada do telhado da edificação.

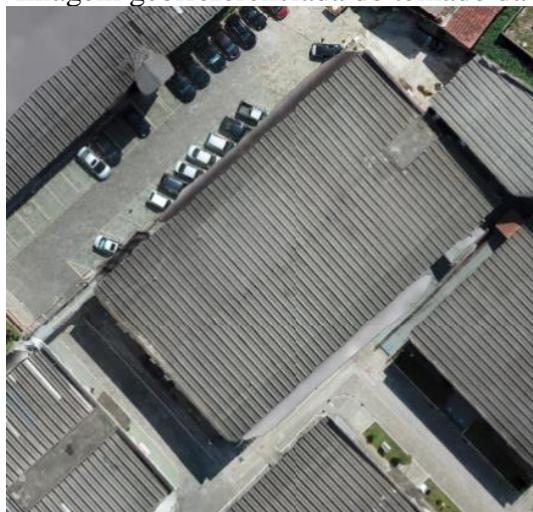
Com o mosaico de ortofotos da edificação foi possível iniciar as análises como área da superfície do telhado, dimensões lineares (longitudinal e transversal) e o cálculo da quantidade de placas fotovoltaicas no telhado.

Figura 4 – (a) Pontos onde mostram a localização de todas as fotos tiradas pelo drone e (b) Imagens visualizada nas suas respectivas posições.



Fonte: os autores

Figura 5 – Imagem georreferenciada do telhado da edificação.



Fonte: os autores

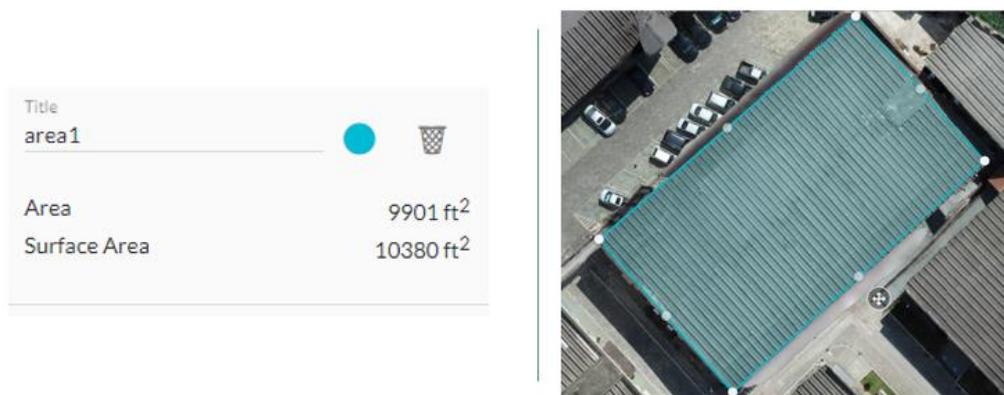
### 3 RESULTADOS

A apresentação dos resultados foi dividida em 2 etapas: (1) análise do mosaico de ortofotos como área da superfície do telhado, dimensões lineares (longitudinal e transversal) e o cálculo da quantidade de placas fotovoltaicas no telhado; (2) análise das imagens para inspeção do telhado. É importante destacar que o objetivo no item (2) é apenas verificar a facilidade e potencialidade do uso de drones para inspeção de edificações.

#### 3.1 Análise do mosaico de ortofotos

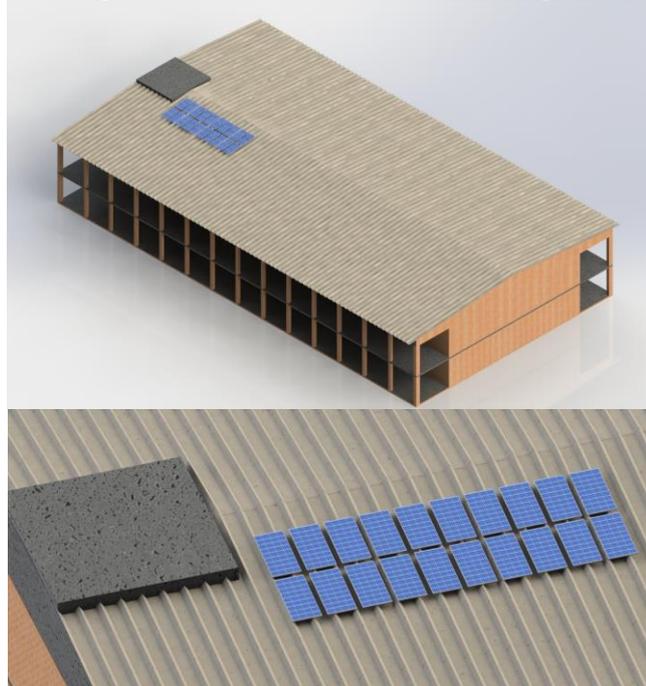
Para a análise do item (1) foram utilizadas as ferramentas disponíveis na plataforma DroneDeploy. A primeira ferramenta permite calcular a área da superfície do detalhado. A figura 6 mostra o resultado da utilização dessa ferramenta. A área da superfície calculada foi de 10380 ft<sup>2</sup> o que equivale aproximadamente 964,33 m<sup>2</sup>. Considerando o uso de placas solares fotovoltaicas como fonte de energia limpa e instalação em área de cobertura de instalações prediais, pode-se ter um dimensionamento básico fundamentado em suas dimensões, tipo e potências fornecida. Como exemplo, pode-se citar o uso da Placa Fotovoltaica Canadian Solar – modelo CS6X-320P com 1,95m x 0,98m (aproximadamente 2m<sup>2</sup>) com 320W de potência nominal. Sua tecnologia de construção é policristalino de 72 células e eficiência de 16,68%. Com base neste modelo de placa, pode-se dimensionar a ocupação de uma cobertura em um média nominal aproximada de 160W/m<sup>2</sup>. Trata-se de uma boa aproximação, logicamente que, para um projeto mais detalhado, outros fatores como temperatura de operação, geolocalização, tipo de placa (monocristalino ou policristalino) e limpeza precisam ser considerados. A Figura 7 mostra uma possível visualização através de modelagem virtual 3D do telhado com as placas fotovoltaicas.

Figura 6 – Visualização do resultado da ferramenta que verifica a área da imagem do telhado da edificação.



Fonte: os autores

Figura 7 – Modelagem virtual 3D do telhado com as placas fotovoltaicas.



Fonte: os autores

### 3.2 Inspeção do telhado através das imagens geradas pelo drone

Quanto a inspeção visual do telhado pode-se verificar que essa é sem dúvida uma vantagem interessante no uso de drones. O equipamento favorece a análise com o mínimo de risco. Os alunos identificaram alguns problemas como por exemplo os apresentados na figura 8, no destaque 1, observa-se diversos entulhos. No destaque 2, observa-se também na parede de fechamento do telhado que há descolamento de reboco.

Figura 8 –Inspeção visual dos telhados



Fonte: os autores

Na figura 9, pode-se observar na parede lateral no alto da edificação, que revestimento está descolando cerâmico em número significativo.

Figura 9 –Inspeção visual da parede lateral no alto da edificação. Descolamento do revestimento.



Fonte: os autores

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que a Quarta Revolução Industrial é uma nova etapa do desenvolvimento humano, que tem como principal impulsionador as novas tecnologias que estão e irão impactar não somente a indústria como também a economia e a educação. Assim, conhecer mais tais tecnologias é de fundamental importância para os jovens que estão terminando o ensino médio e iniciando os cursos de graduação. Muitos profissionais do futuro estarão vivenciando aos desenvolvimentos gerados pela indústria 4.0. O uso de drones com certeza é um ponto importante no processo de ensino de tópicos da Engenharia, em destaque da Engenharia Civil, com infinitas possibilidades para a formação do Engenheiro do futuro.

Os objetivos do trabalho foram alcançados. Os estudantes do ensino médio compreenderam a importância de conhecer essa tecnologia e o seu uso na Engenharia. Há um grande potencial para o uso de drones na Engenharia, principalmente para agilizar e diminuir os riscos em algumas atividades. Na inspeção de telhados por exemplo, os drones podem minimizar os riscos de uma inspeção com profissionais e não colocando em risco a vida humana. O tempo para realizar a inspeção também é reduzido, com 30 minutos a equipe conseguiu capturar diversas imagens e gravar um vídeo em detalhes da edificação.

Pode-se afirmar também que o ganho de conhecimento com esse trabalho servirá de suporte para geração novos trabalhos de apoio ao processo de ensino a aprendizagem em outras áreas da Engenharia Civil, como nas unidades curriculares de Topografia e geoprocessamento, hidrologia, geologia e meio ambiente, projetos de estrada e cadastro urbano.

#### *Agradecimentos*

Os dois primeiros autores agradecem à FAPERJ, pelo auxílio financeiro recebido através da bolsa do programa Jovens Talentos da FAPERJ processo N° E-26/201.218/2018 e processo

Nº E-26/201.305/2018, respectivamente. O último autor agradeço ao CNPq pelo auxílio financeiro através da bolsa de pesquisa Produtividade Desen. Tec. e Extensão Inovadora processo Nº 315216/2018-2.

## REFERÊNCIAS

- ANAC. Disponível em <http://www.anac.gov.br>. Acessado em 10 de março de 2019.
- ANATEL. Disponível em <http://www.anatel.gov.br>. Acessado em 13 de março de 2019.
- CNI (Confederação Nacional da Indústria) **Oportunidades para a Indústria 4.0 - Aspectos da demanda e oferta no Brasil**. Brasília, 58 p. 2017.
- DECEA. Disponível em <https://www.decea.gov.br>. Acessado em 12 de março de 2019.
- ENELX. Disponível em [https://www.enelx.com.br/wp-content/uploads/2017/01/enel\\_ebook\\_placasolar\\_NOVEMBRO2016.pdf](https://www.enelx.com.br/wp-content/uploads/2017/01/enel_ebook_placasolar_NOVEMBRO2016.pdf). Acessado em 27 de abril de 2019.
- ICA. **Instrução do Comando da Aeronáutica 100-40**. Disponível em <https://www.decea.gov.br/static/uploads/2015/12/Instrucao-do-Comando-da-Aeronautica-ICA-100-40.pdf>. Acessado em 12 de março de 2019.
- KNEIPP, R. B. **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.
- MATSCHULAT, J. P. **Roteirização de um centro de distribuição móvel para uso de drones**. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação em Engenharia de Transporte e Logística. Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.
- NASCIMENTO, R. V. C; DENZEN-KEMPTER, E. **Drones como ferramenta de engenharia reversa**. Congresso de Iniciação Científica da UNICAMP. Revista dos Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP. número 6, out 2018. ISSN 2447-5114, 2018.
- PORTALENERGIA. Disponível em <https://www.portalenergia.com/downloads/dimensionamento-sistemas-fotovoltaicos.pdf>. Acessado em 27 de abril de 2019.
- PORTALSOLAR. Disponível em <https://www.portalsolar.com.br/modelos-de-placa-solar.html>. Acessado em 27 de abril de 2019.

## AN EXPERIENCE WITH MIDDLE SCHOOL STUDENTS IN THE USE OF REMOTELY PILOTED AIRCRAFT (RPA) TO SUPPORT THE TEACHING OF CIVIL ENGINEERING

**Abstract:** *We are experiencing a great advancement in technology where there is an advance automation of processes in the industry. It is the new industrial revolution, called by the expression industry 4.0 or also the Fourth Industrial Revolution. This work presents an experience with high school students, FAPERJ Fellows in the Young Talents program, in the use of Remotely Piloted Aircraft (RPA), popularly called a drone, to support the teaching of Civil Engineering. A case study was conducted where the goal was to make a roof inspection of a building and image processing tools. With the generated images, a mosaic of orthophotos was developed. Such a mosaic was used to calculate information such as distances and areas*

*directly from the image generated by RPA. With the data generated, one can for example verify the quantity of photovoltaic panels needed to cover the roof. It was also possible to observe some existing pathologies in the roof that can be used for correction and preventive maintenance. Another point to emphasize is the ease and versatility that the use of this technology can provide increasing the production, the quality of the services and generating competitiveness in the market in several areas.*

**Key-words:**

*Industry 4.0, RPA, Drones, Civil Engineering Teaching.*