

## **ESTUDO DE CASO - APLICAÇÃO DE DRONES NA ENGENHARIA**

Bárbara Vilar (barbara.vilar@gmail.com) - Universidade de Pernambuco

### **RESUMO**

Este artigo apresenta uma análise das aplicações de um VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) no ramo da engenharia civil, principalmente no que se refere ao monitoramento de obras. O método abordado consiste na captura de imagens com o auxílio de drones e, em seguida, a geração de ortomosaicos e modelagens 3D através de *softwares* especializados. Para tal, existem três etapas cruciais: A elaboração de um plano de voo, sua execução e o processamento destas fotografias. Tem-se como objetivo a demonstração de algumas das principais informações a serem colhidas a partir do processamento destas aerofotos, além de apresentar uma abordagem crítica acerca dos resultados obtidos. Contudo, é possível afirmar que drones trazem benefícios à esta área de atuação, mais precisamente nos quesitos tempo e custos.

Palavras chave: *aerofotos; drone; engenharia; modelagem; ortomosaico; processamento; software.*

## 1. INTRODUÇÃO

Drone é uma palavra inglesa que, em português, significa "zangão". Este termo ficou mundialmente popular para designar aeronaves remotamente pilotadas, visto que estas produzem um zumbido bastante semelhante ao do inseto. No entanto, seu termo técnico aqui no Brasil é VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) e VARP (Veículo Aéreo Remotamente Pilotado), ou pode-se chamar de RPA (Remotely Piloted Aircraft) como são mundialmente conhecidas (Significados, 2015).

Por se tratar de uma ferramenta comandada a distância através de sinais de satélite ou via rádio, inicialmente, os drones foram projetados com finalidades militares, para atuarem em ambientes perigosos ao ser humano como combates aéreos ou reconhecimento do território inimigo, por exemplo. Foi só no século XXI que os VANTs começaram a ser utilizados para o entretenimento com fotografias aéreas. Nos Estados Unidos, o uso de RPAs pela força aérea é um exemplo de eficiência e economia, pois para produzi-los custaria entre 800 mil e 1 milhão de dólares, em contrapartida, os caças convencionais custariam em torno de 65 milhões de dólares (Significados, 2015). No Brasil, a Polícia Federal utiliza drones para vigiar as fronteiras do país (O Globo, 2017) e, recentemente, esta ferramenta tecnológica realizou a transmissão dos jogos da Copa do Mundo de 2014 e nas Olimpíadas de 2016 (Editora Na Boléia, 2017).

Apesar da construção civil posicionar-se entre os primeiros lugares das indústrias de processos tradicionais e resistentes a mudanças (Mattos, 2018), nos últimos anos, os drones também vem ganhando espaço neste ramo, tornando-se verdadeiros aliados. Os principais benefícios atrelados a eles são agilidade e redução de custos, podendo também acarretar em uma maior segurança aos trabalhadores por poupá-los de acessarem locais de difícil acesso, por exemplo. Além disto, é possível gerar modelos 2D e 3D de fotografias capturadas por este tipo de veículo aéreo e, a partir delas, obter resultados como a verificação da qualidade dos serviços executados em obras, conferência das medições de campo, obtenção de curvas de nível e nuvens de pontos, entre outros. Por estas e outras razões, muitas empresas da área vem aderindo a esta tecnologia em busca de uma melhoria contínua em seus produtos.

Para o desenvolvimento desta tecnologia, é imprescindível o cumprimento das legislações aplicáveis. Assim, é importante frisar que os voos abordados neste artigo foram realizados respeitando as instruções da ICA 100-40 sobre “Aeronaves Não Tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro”, seguindo criteriosamente as regras exigidas pelo DECEA

(Departamento de Controle do Espaço Aéreo) em relação à documentação necessária antes e durante a execução dos voos, sendo ela o cadastro do drone no SISANT (Sistema de Aeronaves não Tripuladas), o manual do equipamento, o seguro para danos causados a terceiros, a avaliação de risco operacional, a qual informa a probabilidade e severidade de riscos além de comunicar medidas mitigatórias e a quem contatar em caso de ocorrência destes, e a autorização de acesso ao espaço aéreo emitida através do SARPAS (Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas).

Nos próximos tópicos, serão apresentados estudos de caso de aplicações de drones na engenharia civil em diferentes cenários, sendo os nomes dos empreendimentos citados fictícios.

## **2. METODOLOGIA**

Buscando gerar modelagens 3D e ortomosaicos que são modelos 2D com a junção e sobreposição de todas as aerofotos, a metodologia utilizada para o trabalho foi baseada em três etapas: A elaboração de um plano de voo, sua execução e o processamento destas fotografias.

### **2.1. ETAPAS PARA OBTENÇÃO DO ORTOMOSAICO E MODELAGEM 3D**

#### **2.1.1. ELABORAÇÃO DO PLANO DE VOO**

Com o auxílio de softwares especializados, faz-se o plano de voo que pode ser elaborado no modo destinado a estruturas ou terreno para quando a obra obtiver a característica de ser mais vertical ou linear, respectivamente. Primeiramente é preciso definir a área a ser sobrevoada e, após isto, é possível alterar os parâmetros como altura, direção e velocidade de voo, sobreposição das aerofotos, entre outros. Estas configurações implicam diretamente na duração do voo, utilização de baterias e quantidade de imagens capturadas e, levando em consideração que estes itens possuem um limite máximo, os parâmetros devem se basear neles. Além disto, as configurações influenciam no próprio resultado, podendo trazer uma maior precisão ao processamento ou uma melhor resolução ao resultado final.

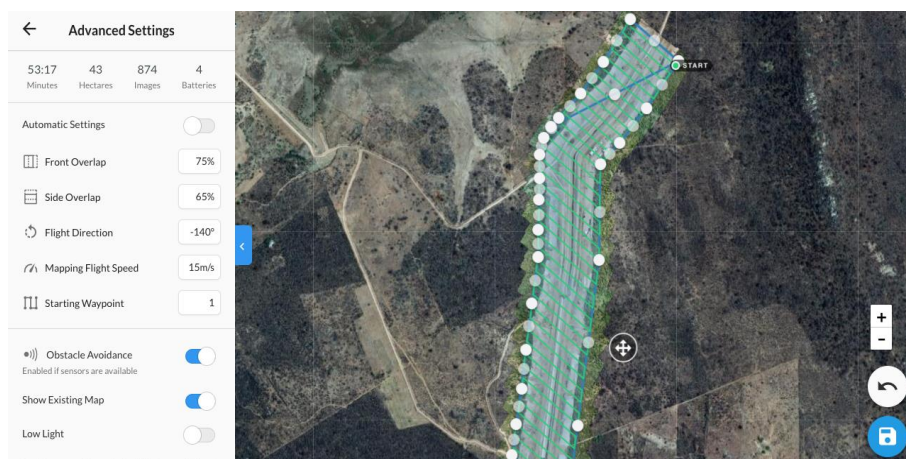


FIGURA 1 – Elaboração do plano de voo. Fonte: Elaborada pela autora (2019)

### 2.1.2. EXECUÇÃO DO PLANO DE VOO

O tipo de operação desempenhada pela foi o VLOS (*Visual Line-Of-Sight*), na qual o piloto mantém contato visual direto com a aeronave e esta, por sua vez, se enquadra na categoria RPA (*Remotely Piloted Aircraft*), aeronave remotamente pilotada, pois é um equipamento que acessa o espaço aéreo sem a presença de um ser humano a bordo.

Para a execução dos voos é utilizado um aparelho telefônico com um aplicativo especializado que, conectado ao controle do drone, transmite para ele o plano de voo elaborado previamente. Antes de iniciar a operação, é preciso checar se há algum obstáculo mais alto que a altura estabelecida para o voo e, em caso positivo, é possível alterá-la pelo próprio aplicativo. Durante o voo, é necessário que o piloto esteja atento para o tempo meteorológico, pois a maioria dos drones utilizados não são resistentes à água. Na aterrissagem é imprescindível um cuidado maior, pois o drone pode não voltar para o ponto exato de decolagem, sendo nesses casos necessário que o piloto assuma o controle do equipamento para evitar obstáculos ao seu redor.

### 2.1.3. PROCESSAMENTO DAS IMAGENS

Após a execução do voo e a partir das imagens capturadas, é possível realizar o processamento das mesmas através de *softwares* especializados, obtendo assim os ortomosaicos e as modelagens 3D desejadas. Segue nas figuras 2, 3, 4 e 5, exemplos ilustrados destes tipos de resultados:



FIGURA 2 – Ortomosaico da obra A. Fonte: Elaborada pela autora (2019)



FIGURA 3 – Modelagem 3D da obra A. Fonte: Elaborada pela autora (2019)

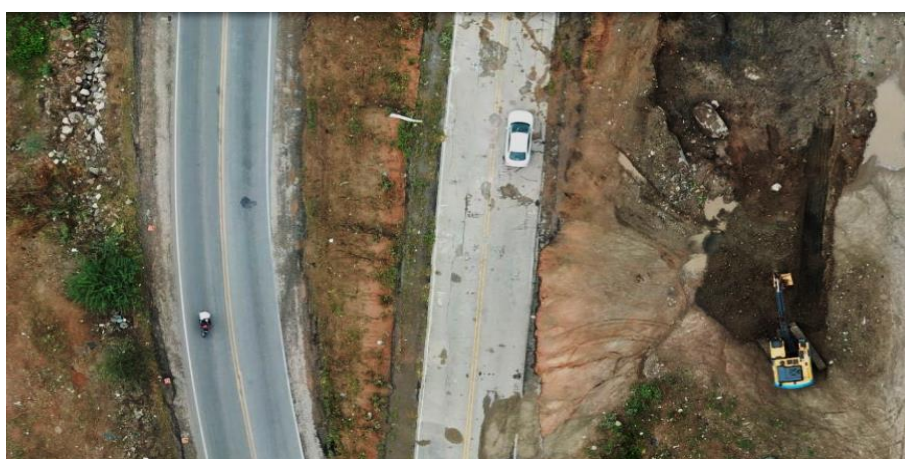


FIGURA 4 - Ortomosaio da obra B. Fonte: Elaborada pela autora (2019)





FIGURA 5 - Modelagem 3D da obra B. Fonte: Elaborada pela autora (2019).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Por meio de dos resultados demonstrados acima, é viável coletar informações que viabilizam a verificação da qualidade dos serviços executados em obras, conferência das medições de campo, obtenção de curvas de nível e nuvens de pontos, entre outros.

#### **3.1. DISTÂNCIAS, ÁREAS, VOLUMES E SEÇÕES**

A obra B trata-se de uma obra rodoviária de grande porte, já que beneficiará mais de 384 mil moradores. Seu sobrevoo tem o intuito de elaborar relatórios mais detalhados acerca da obra para o cliente, gerando uma simulação em modelo 3D do estágio atual da construção, dispensando o deslocamento do mesmo até o local e com isso reduzindo gastos e tempo. Através do software especializado é possível colher informações como distâncias, áreas, volumes e seções. Nas figuras 7 e 9 esta ferramenta também pôde auxiliar na conferência de volume das pilhas de brita, podendo prever a necessidade de realizar novos pedidos deste material baseado no consumo da obra, facilitando o controle do estoque. Além disto, foi possível contribuir para a organização do canteiro de obra, avaliando a disposição dos materiais, e também colaborar para o cálculo das distâncias médias de transporte (DMT).



FIGURA 6 - Modelagem 3D do canteiro de obra da obra B. Fonte: Elaborada pela autora (2019)

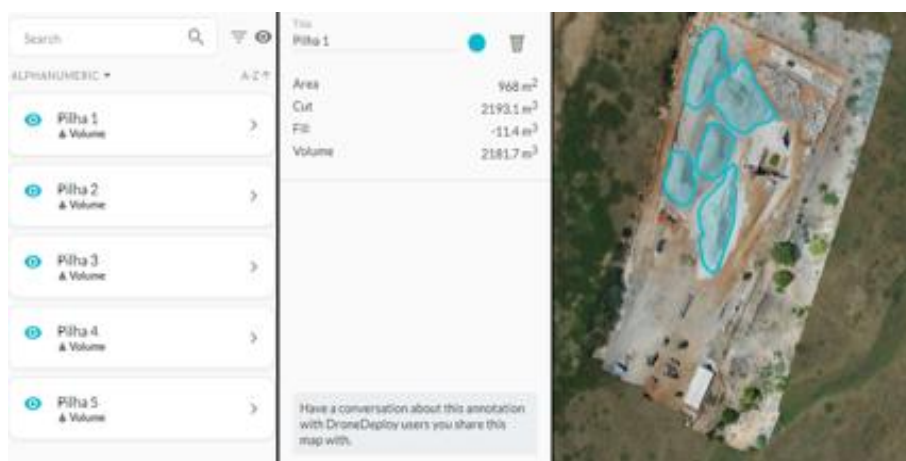


FIGURA 7 – Cálculo do volume de pilhas de brita. Fonte: Elaborada pela autora (2019)

Esta tecnologia também auxiliou em um projeto que monitora ações de limpeza urbana como coleta de lixo e varrição das ruas. Pôde-se avaliar a área e o volume de entulhos descartados em um local não apropriado (figura 8 e 9), podendo estimar a partir desta informação, o tempo e maquinário necessário para realizar sua retirada. Resultando em uma coleta mais eficiente, gerando ganhos para a população como um todo.



FIGURA 8 – Entulhos descartados em local não apropriado. Fonte: Elaborada pela autora (2019)



FIGURA 9 – Cálculo do volume de entulhos descartados em local não apropriado. Fonte: Elaborada pela autora (2019)

A obra A é um sistema adutor integrante do projeto de transposição do Rio São Francisco, composto por canais, túneis, aquedutos, reservatórios, estações de bombeamento e adutoras, totalizando cerca de 70 km de extensão e englobando aproximadamente 70 cidades de seu estado. Nesta obra foi possível representar a seção do canal e checar se esta estava de acordo com o especificado em projeto.

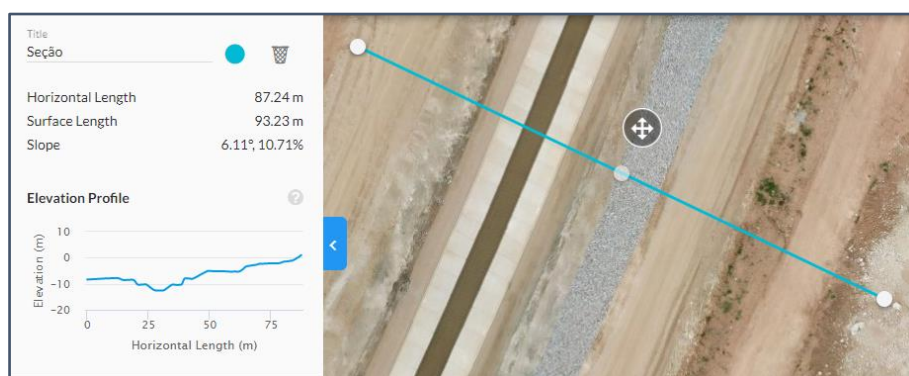




FIGURA 10 – Representação da seção do canal da obra A. Fonte: Elaborada pela autora (2019)

### 3.2. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE

Outra vantagem desta ferramenta é a avaliação da qualidade do que está sendo executado em obra e, através das ortofotos e modelagens 3D da obra A, também foi possível desenvolver algumas considerações sobre este aspecto. Pudemos notar fissuras no concreto do canal e também erosões em seus taludes como demonstrado nas imagens abaixo, as quais auxiliaram a identificação de pontos críticos na obra de uma maneira mais ágil, permitindo novas análises e tomadas de decisões em um curto período de tempo.

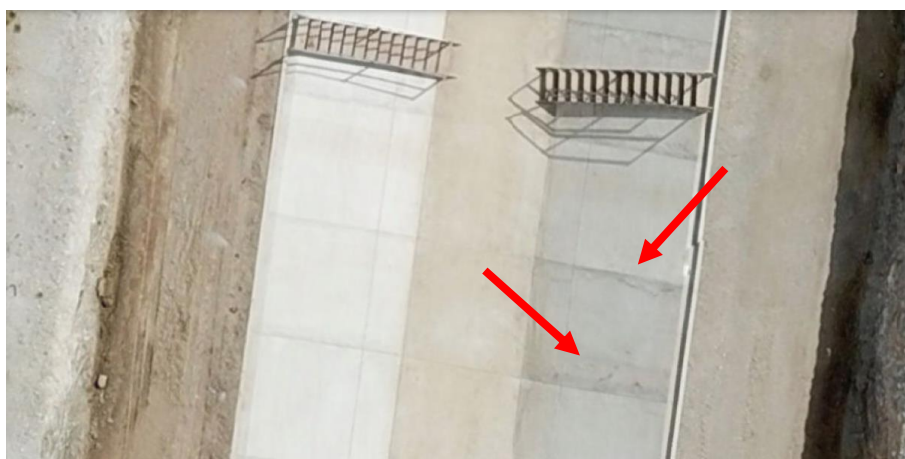


FIGURA 11 – Fissura no concreto no canal da obra A. Fonte: Elaborada pela autora (2019)



FIGURA 12 – Erosão em talude na obra A. Fonte: Elaborada pela autora (2019)

### 3.3. MEDIÇÕES DE CAMPO

Pela construção da obra A ser linear, ou seja, horizontalizada, foi selecionada com o intuito de

medir através do VANT o seu avanço físico para auxiliar nas medições realizadas em campo, reduzindo significativamente o tempo demandado para tal. Até a elaboração deste artigo, foram realizados dois voos com dois meses de intervalo entre eles em março e maio deste ano, como demonstrado no comparativo da figura 13.

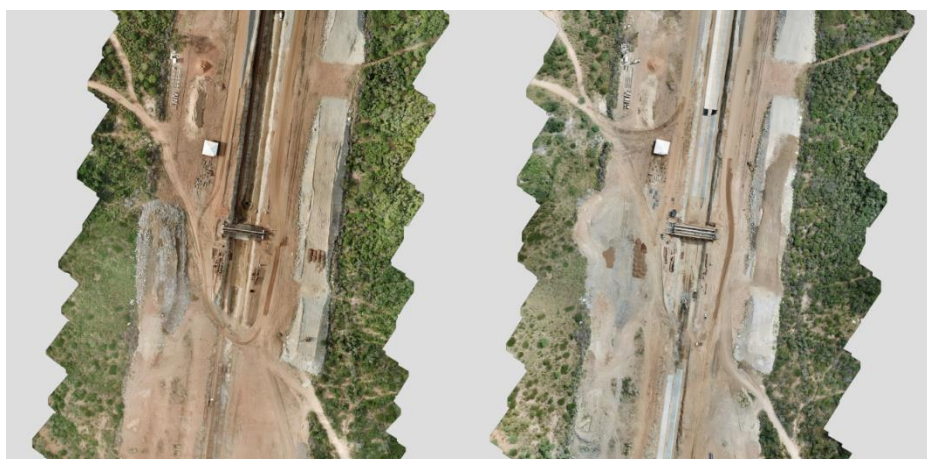


FIGURA 13 – Comparativo bimestral entre ortomosaicos da obra A. Fonte: Elaborada pela autora (2019)

Com o intuito de obter a real precisão e acurácia dos levantamentos realizados com o drone, realizou-se mais um voo na obra C que, assim como a obra B, é a construção de uma rodovia. Os conceitos de precisão e acurácia são comumente confundidos, porém precisão é o quão mais próximo um conjunto de medições está de um ponto e acurácia é o quão mais próximo um conjunto de medições está do valor real, como exemplificado na figura 14.

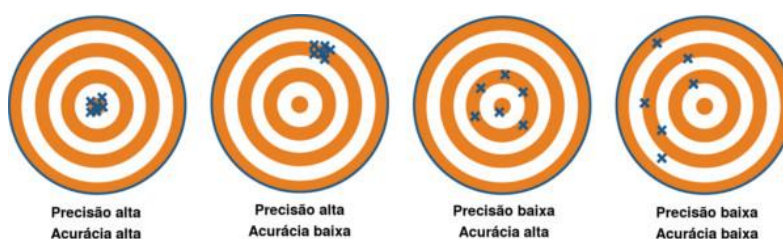


FIGURA 14 – Diferença entre acurácia e precisão. Fonte: Blog do Júlio Araújo (2017)

Este novo sobrevoo foi realizado com o auxílio de uma equipe topográfica e tinha por finalidade a verificação da sua melhora com a inclusão de pontos de controle em solo, além da realização de sua checagem através de pontos de *check*. Pontos de controle em solo ou GCPs (*Ground Control Points*) e pontos de *check* são pontos com coordenadas conhecidas e confiáveis baseadas em uma estação de referência do Sistema Geodésico Brasileiro – SGB. A diferença entre eles é que o primeiro é utilizado para ajustar o bloco fotogramétrico para as coordenadas

reais e o segundo para checar a diferença entre a coordenada estabelecida através do drone e a do topógrafo. No experimento em questão foram utilizadas duas cerâmicas para a identificação de cada ponto, sendo sua cor e tamanho escolhidos para que pudessem ser visualizadas através das aerofotos. Estas foram espalhadas pelo local a ser sobrevoado, principalmente em áreas que possuíam diferentes alturas, sendo os 13 GCPs e 13 pontos de *check* medidos no encontro de seus vértices.



FIGURA 15 – Obtenção da coordenada de um ponto de controle. Fonte: Elaborada pela autora (2019)

Os resultados destes novos voos, sem a inclusão dos GCPs no processamento das imagens, possuíam um erro de acurácia de até 70 centímetros nos eixos x e y. Já após sua implantação, estes erros diminuíram para 17 centímetros, viabilizando um resultado planimétrico satisfatório para auxiliar nas medições de campo com base no padrão de acurácia do decreto nº 89817 que estabelece as “Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional”, acurado para uma escala de 1/1000 com tolerância classe B pela PEC-PCD da ET-CQDG, “Norma da Especificação Técnica para o Controle de Qualidade de Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais”. Em relação à precisão, após a implantação dos pontos de controle foi possível detectar apenas 5 centímetros de erro nos eixos x e y.





FIGURA 16 – Implantação dos pontos de controle no processamento das aerofotos. Fonte: Elaborada pela autora (2019)

### 3.4. CURVAS DE NÍVEL E NUENS DE PONTOS

As curvas de nível e nuvem de pontos são vastamente utilizadas na engenharia para elaboração de projetos, por exemplo. Estas curvas são linhas imaginárias que representam em uma superfície plana a declividade topográfica de uma região, já as nuvens de pontos são uma “coleção de pontos de dados onde foi atribuído um sistema de coordenadas 3D que permite medições de coordenadas e cotas de um terreno, criar modelos digitais de elevação, imagens ortorretificadas e malhas tridimensionais” (Tavares, 2017). A fim de gerar esses tipos de resultados através de imagens georreferenciadas coletadas, foram executados voos em um certo quarteirão como teste.



FIGURA 17– Quarteirão escolhido para obtenção de curvas de nível e nuvem de pontos. Fonte: Elaborada pela autora (2019)

ais uma vez com a assistência de um *software* especializado, os objetivos almejados tornaram-



se exequíveis. A configuração para obtenção da nuvem de pontos é bastante rápida e automatizada, já para as curvas, primeiramente fez-se necessária a obtenção do MDS, modelo digital de superfície, e a partir dele, avançou-se para o MDT, modelo digital de terreno. Com base neste último, foi possível gerar as curvas de nível do quarteirão mencionado e arredores.

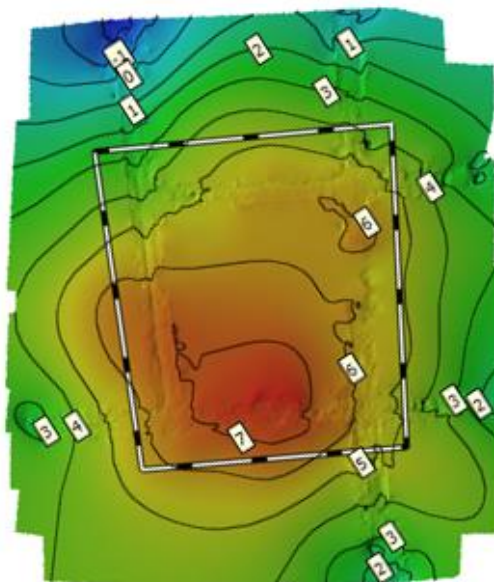


FIGURA 18 –Curvas de nível do quarteirão escolhido. Fonte: Elaborada pela autora (2019)



FIGURA 19 – Nuvem de pontos do quarteirão escolhido. Fonte: Elaborada pela autora (2019)

#### **4. CONCLUSÃO**

Tempos atrás, a ideia de possuir um equipamento que voa de maneira autônoma ou controlado a distância que, além disto, captura fotos aéreas, parecia bastante distante da realidade. Contudo, hoje o uso de drones já está completamente disseminado em todo o mundo (Loturco, 2019). Este fato faz parte da transformação digital em que estamos inseridos, a qual consiste na digitalização de dados, documentos e processos, aplicando para isto, tecnologias de ponta. A busca por inovação na engenharia civil a fim de garantir melhorias aos serviços executados e assim aprimorar seus produtos finais, vem resultando fortemente na utilização destes veículos não tripulados para as mais diversas finalidades.

Dentre estes inúmeros benefícios atrelados à engenharia civil, podemos citar o aumento da produtividade, elemento essencial para um mercado cada vez mais competitivo; a garantia da qualidade dos serviços executados em obra, poupando-se o deslocamento até o local da construção; a alta resolução e detalhamento das imagens capturadas por realizar voos mais baixos, se destacando em meio às imagens de satélite; diminuição de custos de mão de obra por se fazer necessário apenas um operador ao invés de uma equipe especializada para levantamentos (Neto, 2016); possibilitar a elaboração de relatórios mais detalhados, podendo ser gerada uma simulação em modelo 3D do estágio atual da construção; calcular distâncias, áreas, volumes e também representar seções; auxiliar nas medições de campo, medindo avanços físicos com boa acurácia e precisão e reduzindo significativamente o tempo demandado para tal; além de produzir curvas de nível e nuvem de pontos que são vastamente utilizadas na engenharia para elaboração de projetos, por exemplo.

Por fim, o presente artigo explanou algumas das aplicações dos VANTs com estudos de casos, mostrando que esta nova tecnologia está cada vez mais inserida no contexto da construção, gerando bons resultados e trazendo diversos benefícios desde a elaboração de projetos até o gerenciamento de obras.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer e dedicar esta dissertação, primeiramente, a Lorena por ter acreditado no meu potencial e ter me concedido o desafio de aprofundar meus conhecimentos na área de inovação da construção civil, a João por ter me transmitido seus conhecimentos teóricos e práticos desde a elaboração de planos de voo até o processamento de aerofotos, a Alerson por

me ensinar sobre mapeamento e pontos de controle e também aos demais colaboradores da minha empresa por estarem sempre disponíveis para repassar seus saberes e compartilhar suas experiências, contribuindo fortemente com minha formação pessoal e profissional. Por fim, agradeço também a Deus, aos meus familiares e amigos por sempre me darem apoio independentemente da situação.

## 6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6023**: Informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BRASIL. **Decreto nº 89.817**, de 20 de junho de 1984. Reguladoras Das Normas Técnicas Da Cartografia Nacional.

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **ET-PCDG**: Norma da Especificação Técnica para o Controle de Qualidade de Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais. Brasília: DCT, 2016.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. **ICA 100-40**: Aeronaves Não Tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro. Rio de Janeiro: DECEA, 2015.

EDITORIA NA BOLÉIA. **Artigo: Drones, Uma Realidade Que Chegou Para Ficar**, jul. 2017. Disponível em: <http://naboleia.com.br/artigo-drones-uma-realidade-que-chegou-para-ficar/>. Acesso em: 21 jun. 2019.

LOTURCO, B. Cresce A Importância Dos Drones Na Construção Civil. **Buildin**, mar. 2019. Disponível em: <https://www.buildin.com.br/drones-na-construcao-civil/>. Acesso em: 21 jun. 2019.

MATTOS, A. D. Causas De Fracasso Na Inovação Na Construção Civil. **Buildin**, out. 2018. Disponível em: <https://www.buildin.com.br/causas-de-fracasso-na-inovacao-na-construcao-civil/>. Acesso em: 18 jun. 2019.

NETO, M. S. 5 benefícios do Mapeamento Aéreo com Drones. **DronEng**, jun. 2016. Disponível em: <http://blog.droneng.com.br/5-beneficios-do-mapeamento-aereo-com-drones/>. Acesso: 20 jun. 2019.

O GLOBO. **Vigilância de fronteiras exige tecnologia e inteligência**, fev. 2017. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/opiniaovigilancia-de-fronteiras-exige-tecnologia-inteligencia->

20852767. Acesso em: 19 jun. 2019.

SIGNIFICADOS. **Significado de drones**, jan. 2015. Disponível em:  
<https://www.significados.com.br/drone/>. Acesso em: 20 jun. 2019.

TAVARES, M. V. Nuvem de pontos – BR1 160216. **UAVGeo**, jul. 2017. Disponível em:  
<https://www.uavgeo.com/category/nuvem-de-pontos/>. Acesso em: 19 jun. 2019.