

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO



UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI - URCA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CCT
DEPARTAMENTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL
TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL HABILITAÇÃO EM
TOPOGRAFIA E ESTRADAS

MARIA WENIA QUENTAL TAVARES

VANT NA TOPOGRAFIA: EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA

JUAZEIRO DO NORTE – CE
2017

MARIA WENIA QUENTAL TAVARES

VANT NA TOPOGRAFIA: EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão Examinadora do Curso Tecnologia da Construção Civil com habilitação em Topografia e Estradas da Universidade Regional do Cariri – URCA, como requisito para conclusão de curso.

Orientador: Prof. Paulo Ricardo Evangelista Araújo

JUAZEIRO DO NORTE – CE

2017

MARIA WENIA QUENTAL TAVARES

VANT NA TOPOGRAFIA: EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão Examinadora do Curso Tecnologia da Construção Civil com habilitação em Topografia e Estradas da Universidade Regional do Cariri – URCA, como requisito para conclusão de curso.

Aprovada em ____ / ____ / _____, Nota _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Paulo Ricardo Evangelista Araújo (Orientador)
Universidade Regional do Cariri (URCA)

Prof. Me Jefferson Luiz Alves Marinho
Universidade Regional do Cariri (URCA)

Prof. Dr. Eliakim Martins Araújo
Universidade Regional do Cariri (URCA)

A Deus.

A meus pais.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades e permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitária, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer, em função dessa pesquisa tive a oportunidade de conhecer muitas pessoas interessantes com que me ajudaram através de palestras e informações ao topografo Helmano Reis e Miguel. Quero agradecer a minha irmã welinadia e ao irmão Amâncio júnior, que mesmo longe, me incentivou todos os anos que estive na faculdade, em especial a minha Mae Francisquinha, sempre esteve comigo em todas as horas de cansaço e agonia dando força pra seguir em frente, a meu orientador Paulo Ricardo pelo o seu ensinamento, orientação estímulo e amizade, que me transmitiu bastantes informações. Ao meu namorado Wesley por toda paciência, compreensão, carinho e amor, em todas as horas sempre esteve comigo. Ao meu pai Amâncio (in memoriam), que infelizmente não pode estar presente, mas que não poderia deixar de dedicar a ele, pois se hoje estou aqui, devo muitas coisas a ele. Obrigada por tudo! Saudades eternas!

Enfim, agradeço a todos a minha gratidão me deram esta oportunidade de concretizar e encerrar mais uma caminhada da minha vida.

“O segredo do sucesso é a constância
do propósito ”

(Benjamim Disraeli)

RESUMO

Atualmente sabe-se que para o andamento de qualquer atividade no ramo da construção civil torna-se necessário de antemão a realização de levantamentos topográficos, entre outras atividades semelhantes. Para que isso se torne possível em qualquer local, independente das condições físicas desse espaço, é necessário a utilização de algumas ferramentas que possibilitem sua realização. Diante disso, o VANT se mostra como alternativa as ações que antes dependiam de aeronaves tripuladas como, a realização de mapeamento, com a vantagem de ser uma tecnologia de menor custo operacional, além da rapidez na aquisição dos dados e na resolução dos problemas que motivaram o levantamento. Nesse contexto, objetivando conhecer melhor o uso desse equipamento o presente trabalho busca a importância da utilização VANTs para o desenvolvimento de atividades topográficas. Além, de apresentar os métodos que são utilização na realização de um levantamento topográfico com o VANT. Desse modo, conforme apresentado no trabalho, pode-se constatar que na realização das atividades topográficas essa tecnologia se apresenta como um novo método que auxilia na construção dos produtos cartográficos por meio da locação de uso do solo, projetos de infraestrutura, cadastro urbano e rural, análise ambiental, entre outras atividades. Além disso, conforme apresentado na metodologia que consiste no estudo de caso baseado por Almeida (2014) onde foi realizado um levantamento topográfico, assim pode-se compreender como é feita a coleta de imagens no VANT como também, o planejamento e execução do vôo, as modificações que podem ser feitas no equipamento além, do produto formado em decorrência do levantamento, MDE, onde se pode compreender de maneira detalhada o comportamento da superfície do terreno no local estudado.

Palavras-chave: Construção Civil, VANT, Atividades topográficas.

ABSTRACT

It is now known that for the progress of any activity in the field of civil construction necessary to carry out topographic surveys, among other similar activities. In order to make it possible in any place, regardless of the physical conditions of this space, it is necessary to use some tools that enable its realization. In view of this, the UAV shows itself as an alternative to actions that previously depended on manned aircraft, such as mapping, with the advantage of being a technology with lower operational costs, as well as the speed in data acquisition and resolution of the problems that motivated the pushing. In this context, in order to better understand the use of these equipment's, this work seeks to highlight the importance of the use of drones for the development of topographic activities. In addition, to present the methods that are used in performing a topographic survey with the drone. Thus, as presented in the paper, it can be said that in performing topographic activities this technology presents itself as a new method that assists in the construction of cartographic products through the use of land use, infrastructure projects, urban and rural cadaster, Environmental analysis, among other activities. In addition, as presented in the methodology it is possible to understand how the image collection is done in the drone as well as the planning and execution of the flight, the modifications that can be made in the equipment besides, the product formed as a result of the survey, MDE, where it is possible to understand in detail the behavior of the surface of the terrain in the studied place.

Keywords: Construction, VANT, Topographic activities

LISTA DE FIGURAS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Aeromodelo utilizado para mapeamento | 18 |
| Figura 2: Aeromodelo utilizado para mapeamento | 24 |
| Figura 3: metodologia utilizada para aquisição, processamento e avaliação dos dados | 26 |
| Figura 4: Exemplo de pontos de apoio para o VANT..... | 27 |
| Figura 5: Modelo Digital de Superfície | 30 |
| Figura 6: Localização do local do levantamento..... | 33 |
| Figura 7: Quadricóptero DJI Phantom Vision 2 | 34 |
| Figura 8: Adaptação do eixo de projeção para a posição perpendicular plano de referência..... | 35 |
| Figura 9: Rotação Horária do eixo de projeto no sentido horário..... | 35 |
| Figura 10: Alteração da declinação magnética do local do levantamento | 36 |
| Figura 11: Rotação Horária do eixo de projeto no sentido anti-horário: (a) Compass na posição original (b) Compass Ajustado. | 37 |
| Figura 12: Interseção do levantamento com os marcos implantados | 37 |
| Figura 13: Referências das Dimensões da Pré-sinalização dos Alvos | 38 |
| Figura 14: Detalhes das pré-sinalizações tipos 1, 2, 3 e 4..... | 39 |
| Figura 15: Voo teste das pré-sinalizações..... | 39 |
| Figura 16: Câmera Digital do drone | 40 |
| Figura 17: Vista do programa Microstation com o planejamento das faixas de Voo. | 43 |
| Figura 18: Vista do programa DJI Vision no módulo GroundStation, mostrando a faixa de vôo 2..... | 44 |
| Figura 19: Vista do programa Microstation com o Mapa Índice não Controlado da Faixa 1. | 45 |
| Figura 20: Vista do programa Microstation com o Mapa Índice não Controlado da Faixa 1. | 45 |
| Figura 21: Vista do MDE Controlado no Pix4Dmapper..... | 46 |
| Figura 22: Vista das curvas de nível do MDE | 46 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Classificação dos drones..... | 22 |
| Tabela 2: Especificações de altitude para uma câmera de 10Mpixel..... | 28 |
| Tabela 3: Métodos de aquisição de amostras para a criação de modelos digitais de elevação..... | 31 |
| Tabela 4: Valor do correspondente ajuste no instante de sincronismo..... | 41 |
| Tabela 5: Resumo dos parâmetros serviram de subsídio para o planejamento de vôo usando a câmera não métrica do DJI Phantom Vision 2..... | 42 |
| Tabela 6: Resumo dos Dados Referente aos Parâmetros do Plano de Voo..... | 42 |

LISTA DE SIGLAS

ARARA - Aeronave de Reconhecimento Assistida por Rádio e Autônoma

CCD - Charge Coupled Device

DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

MCTOW - Maximum Certified Take-Off Weight

MDS - Modelos Digitais de Superfície

MDT - Modelos Digitais do Terreno

NOTAM - Notice to Airmen

RPA - Remotly Piloted Aircraft

UAS - Unmanned Aircraft Systems ou

UAV - Unmanned Aerial Vehicle

UAVs - Unmanned Aerial Vehicles

UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco

VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado

MDE – Modelo Digital de Elevação

SUMÁRIO

| | | |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1. | JUSTIFICATIVA..... | 14 |
| 1.2. | OBJETIVOS..... | 15 |
| 1.2.1. | <i>GERAL</i> | 15 |
| 1.2.2. | <i>ESPECÍFICOS</i> | 15 |
| 1.3. | ESTRUTURA DO TRABALHO..... | 15 |
| 2. | VANT E TOPOGRAFIA..... | 16 |
| 2.1. | DEFINIÇÕES | 16 |
| 2.2. | HISTÓRICO DOS VANT'S NA TOPOGRAFIA | 17 |
| 2.4 | TIPOS DE VANT´S | 21 |
| 2.5.1 | REALIZAÇÃO DE TRABALHOS TOPOGRÁFICOS POR MEIO DO DRONE | 24 |
| 2.5.2 | <i>INSTALAÇÃO DE PONTOS DE APOIO EM SOLO</i> | 27 |
| 2.5.3 | <i>PLANEJAMENTO DO VOO</i> | 28 |
| 2.5.4 | <i>PROCESSAMENTO DE DADOS</i> | 29 |
| 2.5.4.1 | <i>MDT</i> | 30 |
| 3 | MÉTODOS ADOTADOS PARA REALIZAÇÃO DE UM LEVANTAMENTO TOPOGRAFICO COM O VANT | 33 |
| 3.1 | ÁREA EM ESTUDO..... | 33 |
| 3.2 | CARACTERÍSTICA DO VANT UTILIZADO | 34 |
| 3.3 | REALIZAÇÃO DE ADAPTAÇÕES NO EQUIPAMENTO | 35 |
| 3.4 | SINALIZAÇÃO DOS MARCOS..... | 37 |
| 3.4.1 | <i>PRÉ-SINALIZAÇÃO DOS MARCOS</i> | 37 |
| 3.4.2 | <i>DIMENSÕES E LOCALIZAÇÃO DA PRÉ-SINALIZAÇÃO</i> | 38 |
| 3.4.3 | <i>CALIBRAÇÃO DA PRÉ-SINALIZAÇÃO DOS MARCOS DE APOIO E CHECAGEM</i> | 39 |
| 3.4.4 | <i>CALIBRAÇÃO CÂMERA</i> | 40 |
| 3.4.5 | <i>CÁLCULO DO INSTANTE DE SINCRONISMO ENTRE OS RELÓGIOS</i> | 41 |
| 3.4.6 | <i>CÁLCULO DA ESCALA CARTOGRÁFICA E DOS PARÂMETROS DO PLANO DE VOO</i> | 41 |
| 3.4.7 | <i>REALIZAÇÃO DAS FAIXAS DE VÔO</i> | 42 |

| | | |
|--------------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4.8 | <i>MONTAGEM DO MOSAICO NÃO CONTROLADO</i> | 44 |
| 3.4.9 | <i>GERAÇÃO DE MDE PELO SOFTWARE PIXDMAPPER</i> | 45 |
| 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 47 |
| | REFERÊNCIAS | 48 |

1. INTRODUÇÃO

O andamento de qualquer atividade no ramo da construção civil torna-se necessário de antemão a realização de levantamentos topográficos, entre outras atividades semelhantes. Para que isso se torne possível em qualquer local, independente das condições físicas desse espaço, é necessário a utilização de algumas ferramentas que possibilitem sua realização. Desse modo, com o desenvolvimento das tecnologias, dado no decorrer do século XXI, surgiram várias ferramentas que auxiliam nas atividades topográficas, como por exemplo, os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's), comumente chamado de Drone.

Esses equipamentos, de origem militar e pequena dimensão e peso, facilmente manobráveis, nas últimas décadas se mostraram bastantes eficientes na realização de levantamentos em locais de difícil acesso, como morros ou depressões. Geralmente esse sistema é amplamente utilizado como plataforma onde são instalados sensores de altitude, vídeo e imagem para a obtenção de imagens que detalhem a geografia da região estudada.

Além disso, outra grande vantagem que esse equipamento apresenta está na velocidade de aquisição dos dados, que em muitas vezes é em tempo real, como também, na redução de custos com a operação. Desse modo, o VANT pode ser utilizado para a realização de várias atividades na topografia, como: mapeamento, monitoramento ambiental, análise de relevo de uma região entre outras atividades.

Segundo Gonçalves *et al.* (2015, p. 1), a utilização de VANT começa a fazer parte integrante da atividade de obtenção de dados de informação geoespacial, quer como complemento aos métodos clássicos ou através da sua substituição, devido ao rigor e a eficiência que podem proporcionar. No entanto, Venturini (2015, p. 27) lembra que este também pode ser compreendido na entrega de produtos por empresas a clientes, monitoramento de doenças e infestações de insetos na agricultura, gestão pública, mapeamento de sítio arqueológico e controle da quantidade de animais e sua migração, dentre outras.

Nesse contexto, objetivando conhecer melhor o uso desses equipamentos o presente trabalho busca destacar a importância da utilização dos VANT's para o desenvolvimento de atividades topográficas. Além de apresentar os métodos que são utilizados na realização de um levantamento topográfico com o VANT.

1.1. Justificativa

Tendo em vista que a realização dos projetos topográficos se apresenta como uma atividade de suma importância para o mapeamento das regiões e considerando que o país apresenta uma vasta área de extensão territorial constituída por diferentes aspectos físicos assim como uma grande variedade de vegetação, torna-se necessário uma abordagem mais complementar no que se refere aos novos métodos utilizados para a realização dessas atividades, de modo rápido e eficaz. Além disso, outro desafio a ser enfrentado está nos prazos do georreferenciamento dos imóveis no país. De acordo com Brasil (2011 apud. Dias *et al.*, 2014, p. 17),

Ainda segundo Dias *et al.* (2014, p. 17), sabe-se que, dos aproximadamente 5.175.489 de estabelecimentos rurais existentes no país, apenas 133.158 encontravam-se cadastrados na base de dados georreferenciados do INCRA em 2014. Somando-se a essa situação está o fato de que, como lembra Jeronimo e Pereira (2015, p. 15), certas obras têm ritmo muito acentuado e em boa parte das vezes torna-se inviável a constante verificação pela equipe de topógrafos. Além disso, o Brasil tem carência desses profissionais e em algumas localidades não há mão de obra disponível.

Diante disso, o potencial do uso do VANT se mostra como alternativa as ações que antes dependiam de aeronaves tripuladas como a realização de mapeamento, com a vantagem de ser uma tecnologia de menor custo operacional, além da rapidez na aquisição dos dados e na resolução dos problemas que motivaram o levantamento. Também destaca-se que essa nova tecnologia, por não necessitar o contato direto com o objeto, poderia facilitar o acesso as áreas remotas ou restritas e otimizar o tempo despendido no levantamento, obtendo-se um maior número de imóveis regularizado em menor tempo (DIAS *et al.*, 2014, p. 18).

Nesse contexto, este trabalho se justifica pela necessidade observada em abordar novas tecnologias que viabilizem a realização de trabalhos topográficos, em regiões de difícil acesso, de forma prática, com qualidade e precisão.

1.2. Objetivos

1.2.1. Geral

- Destacar a importância da utilização dos VANT's para o desenvolvimento de atividades topográficas.

1.2.2. Específicos

- Abordar os conceitos que tratam a utilização dos VANT's
- Evidenciar a influência dos VANT's para o desenvolvimento de atividade na topografia.
- Apresentar os métodos VANT's.

1.3. Estrutura do Trabalho

Para maior compreensão do conteúdo a ser abordado neste trabalho será apresentada, a seguir, uma pequena descrição do assunto a ser tratado em cada capítulo:

No capítulo 1: Apresenta-se a primeira parte do trabalho, que visa introduzir os conceitos abordados para apresentação e descrição do tema. Também são expostos os objetivos da pesquisa, justificativa da escolha do tema adotado, metodologia utilizada e estruturação do corpo da dissertação.

No capítulo 2: Serão abordados os conceitos e definições de VANTs, além do histórico deste na topografia e das tecnologias, capacidades e exemplos de VANTs para a topografia.

No capítulo 3: Será tratado a parte da metodologia do trabalho onde será apresentado um estudo de caso abordando a utilização desses equipamentos na topografia.

No capítulo 4: Será apresentado os resultados e discussões do trabalho, observadas por meios das análises realizadas na metodologia do trabalho em consonância com o referencial teórico.

Referências: Será apresentado as referências bibliográficas utilizadas para a construção da pesquisa.

2. VANT E TOPOGRAFIA

Atualmente devido a elevada urbanização existente em todas as cidades do país percebe-se uma grande necessidade na utilização de novas tecnologias que auxiliem no planejamento e realização de várias atividades no ramo da topografia. Além disso, conforme Dias *et al.* (2014, p. 17), o território brasileiro ocupa uma área de 8.514.876 km², que em virtude disso é composta por uma ampla variedade de aspectos fisiográficos.

Diante dessa situação, um dos grandes desafios dos serviços de topografia está em realizar levantamentos de feições em áreas onde existem limitações para o acesso. Esses impedimentos, segundo Dias *et al.* (2014, p. 17), podem ser devido a impedimentos físicos ou restrições ambientais a abertura de acessos, que dificultam a presença de uma equipe de agrimensores no local do levantamento. Sendo assim, dentre essas novas técnicas destaca-se o uso das Geotecnologias dos Veículos Aéreos atrelado aos trabalhos topográficos.

Como destaca Ferreira *et al.*, (2013 apud. Cândido *et al.*, 2014, p. 297),

Com o avanço tecnológico ocorrido nas últimas décadas vem crescendo o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), por apresentarem vantagens técnicas e econômicas, como excelência em imageamentos de pequenas áreas, possibilidade de altas taxas de visita e resolução espacial diferenciada.

Primicerio (2015 apud. Lajús *et al.*, 2015, p. 3) afirma que a utilização de imagens obtidas pelo emprego de VANTs pode auxiliar na detecção de manchas, infestações de plantas daninhas, também para topografia e geração de mapas de produtividade e/ou rendimento.

Desse modo, para uma maior compreensão sobre o assunto a seguir será apresentada uma descrição onde será destacada a realização dos serviços topográficos por meio da utilização dos veículos aéreos não tripulados.

2.1. Definições

Segundo Vidal (2013 apud. Venturini, 2015, p. 27), um veículo aéreo não tripulado (VANT) ou no inglês UAV (Unmanned Aerial Vehicle) é uma nomenclatura

genérica para identificar aeronaves, que poderão ter várias dimensões e características distintas, e que podem voar sem tripulação. Já conforme Dias *et al.* (2015, p. 30), o VANT também é conhecido como drone, que significa zangão em inglês, e trata-se de aeronaves controladas remotamente que se constituem como ferramentas bastante conhecidas no exterior, especialmente por órgãos governamentais e militares.

De acordo com Lajús *et al.* (2015, p. 1), os VANTs também são conhecidos como *Unmanned Aircraft Systems* (UAS) ou *Unmanned Aerial Vehicles* (UAVs) e são pilotados remotamente, com contato visual ou não, caracterizando-se como *Remotly Piloted Aircraft* (RPA). No Brasil, como observa Figueira *et al.* (2015, p. 214), esses sistemas são conhecidos com VANT's, ARP's ou vulgarmente denominados drones. Ainda segundo o autor, estes tem sido amplamente utilizado como plataformas nas quais são embarcados sensores de altitude, vídeo e imagem, caracterizando uma forma relevante de aquisição de informações geográficas.

De acordo com Lajús *et al.* (2015, p. 1), a referida atividade visa a aplicação de técnicas geoespaciais em conjunto com sensores com o intuito de identificar possíveis variações no campo em função das diferentes condições edafoclimáticas (solo, relevo, clima), identificando novas estratégias de manejo. Conforme Souza (2015, p. 14), de maneira geral, o uso do VANT se limita em área consideradas reduzidas para serem mapeadas com o uso de aeronaves tradicionais, porém extensas demais para serem mapeadas por métodos topográficos.

Desse modo, conforme Gonçalves *et al.* (2016, p.4), a recente disponibilização e utilização dos UAS aliada com o desenvolvimento e facilidade de uso de Software Fotogramétrico baseado em algoritmos e correlação densa, abre as portas para o uso intensivo desta geotecnologia na monitorização topográfica das superfícies. No entanto, vale ressaltar que esta tecnologia está sendo recentemente usada no Brasil para fins de mapeamento, embora utilizada para outros fins, como de ordem ambiental e de ordem jornalística, atividades em que a obtenção de medidas precisas não é um objetivo fundamental (DIAS *et al.*, 2014, p. 30).

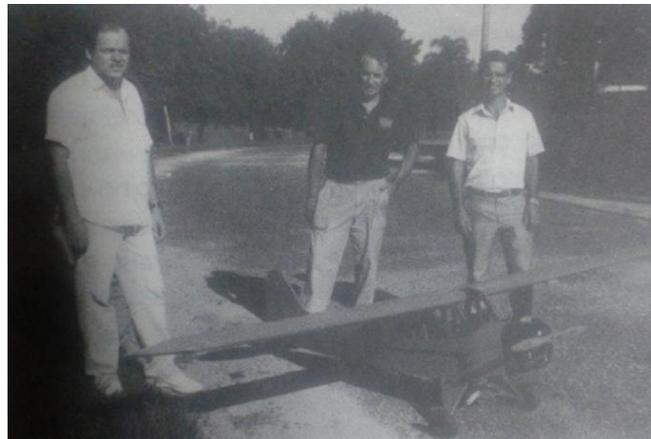
2.2. Histórico dos VANT's na topografia

Os veículos aéreos não tripulados surgiram inicialmente para o mercado militar, e foram desenvolvidos para serem utilizados em operações de guerras e

ações de reconhecimento em áreas de difícil acesso (VENTURINI, 2015, p. 27). Ainda de acordo com autor, a evolução tecnológica referente às câmaras digitais e aos sistemas de navegação em conjunto com a necessidade de redução de tempo e custos nos processos de mapeamento, fez surgir novos sistemas de aquisição de imagens para uso na fotogrametria analítica ou digital.

De acordo com Melo (2010 apud. Cangussu e Campano Jr., 2015, p. 2), os primeiros drones que se tem notícia são datados por volta de 1920. Já Disperati (1991 apud. Souza, 2015, p. 30), descreve diversas circunstâncias do emprego do drone anteriormente ao militar assim como, iniciativas de desenvolvimento de equipamentos que podem ser considerados os precursores dos atuais VANT (Figura 1).

Figura 1: Aeromodelo utilizado para mapeamento



Fonte: Disperati (1991 apud. Souza, 2015, p. 30)

Assim, dando continuidade ao processo histórico dos drones a seguir têm-se, em tópicos breves, os diferentes momentos de evolução desta tecnologia, com informações obtidas do site TIME TOAST (History of Drones, 2016 apud. Monteiro, 2016, p. 12):

- [Áustria, 1849] - Durante uma guerra entre Itália e Áustria. Os austríacos enviaram balões não tripulados, dotados de explosivos, à cidade de Veneza. Embora alguns balões tenham atingido o alvo previamente estipulado, muitos foram carregados pelo vento para localidades não previstas, causando danos indesejados, inclusive aos próprios Austríacos.

- [Kettering Bug, Primeira Guerra Mundial, 1918] – Apelidado de The Bug (o inseto, em tradução literal), é considerado como um precursor dos mísseis atuais, sendo projetado com o auxílio dos irmãos Wright. O sistema consistia em um voo pré-programado, guiado por um pequeno giroscópio. Ao atingir um determinado número de rotações do motor, o mesmo era desligado, as asas desacopladas e o torpedo lançado ao alvo com 82 quilos de explosivos. Encomendado para o combate na Primeira Grande Guerra, o Kettering Bug nunca foi utilizado em combate.
- [De Havilland Queen Bee, 1935] – Nomeado de De Havilland's DH82B Queen Be, acredita-se que essa aeronave seja a origem da palavra "Drone". Controlado via rádio, essa aeronave foi concebida para funcionar como ferramenta de proteção contra aeronaves inimigas.
- [Radioplane OQ-3, 1940] – Controlada via rádio e não tripulada, essa aeronave merece destaque por ser considerada o primeiro drone a ser produzido em escala nos Estados Unidos, se tornando a aeronave de combate mais produzida para a Segunda Guerra Mundial (com um total de 4.200 aeronaves produzidas).
- [Kaman HTK-1 – 1957] – Primeiro helicóptero projetado para ser controlado de forma remota, via modificação de um modelo previamente existente. Este pode ser considerado um marco na história dos drones atuais, uma vez que, além de não ser tripulado, possui pouso e decolagem vertical, o que caracteriza a condição atual de drones que iremos utilizar no presente trabalho.
- [Gyrodyne QH-50, 1959] – Helicóptero construído pela empresa homônima, para fins de uso em guerra como defesa antissubmarino. Era um helicóptero não-tripulado de menores dimensões, para ser utilizado em navios de guerra antigos, cujo heliporto era pequeno.
- [Boeing YQM-94A Compass Cope B, 1974] - Esta aeronave foi construída após um período de esquecimento, motivado por alto custo e insucesso recorrente dos programas militares de desenvolvimento de UAV. Esta aeronave, desenvolvida pela Boeing, fora concebida para voar em modo de reconhecimento por até 24 horas.
- [General Atomics Aeronautical Systems Predator, 1994] – Aeronave de combate, com tempo de voo total de 14 horas. É o drone mais utilizado em guerras até os dias atuais.

No Brasil, os primeiros relatos de uso de VANTs ocorreram na década de 80, quando o Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA) desenvolveu o projeto Acauã para fins militares, já dentre as aplicações civis, o projeto ARARA (Aeronave de Reconhecimento Assistida por Rádio e Autônoma) é o que mais teve destaque (VENTURINI, 2015, p. 28). Outro experimento, também desenvolvido no país, foi o VANT a jato, denominado BQM-1BR, que voaria com a turbina Tietê TL-2 (Cangussu & Campano Junior, 2015, p. 2).

Segundo Jorge e Inamusu (2014, Venturini, 2015, p. 28),

A Embrae também investiu no desenvolvimento de outra plataforma e outra aeronave com fins agrícolas capaz de operar em condições de campo adversas apresentando um bom desempenho e um baixo risco inspirado pelo helicóptero sem piloto (RMax) desenvolvido pela Yamaha.

Mais recentemente, segundo o website de notícias DW4, o primeiro protótipo do Falcão (VANT para uso militar) foi concluído, agora está em fase de adequação para voos experimentais (Cangussu & Campano Junior, 2015, p. 2). Ainda, segundo o autor, essa aeronave, foi desenvolvida pela Avibras que agora integra o portfólio de produtos da Harpia, uma empresa formada pela sociedade entre Embraer Defesa e Segurança, que detém 51% das ações, Avibras e Ael Sistemas, subsidiária da israelense Elbit Systems.

2.3 Legislação para o uso de VANT

Atualmente muitas organizações estão utilizando o VANT's para as suas operações, mas também encontram dificuldades principalmente em relação as regras que regulam o setor, tendo conhecimento que não existe regras e normas para a utilização deste VANT's dentro das empresas e nem a forma de se garantir segurança e eficácia da utilização deste equipamentos (MONTEIRO, 2016).

No Brasil, as atividades de aviação comercial são reguladas e monitoradas pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), que foi criada em 2005 pelo governo brasileiro pela Lei 11.182/2005 (BRASIL, 2005), a mesma criou regras para as operações civis com os VANT's, definidas no documento 2.852 de 30 Outubro de 2013, (ANAC, 2013)

No Brasil, existe uma Portaria DACNo207/STE de 07 de abril de 1999, que regulamenta o aeromodelismo. Bispo (2013,) destaca que foi dessa Portaria que se reproduziu técnicas e normas para a boa utilização de voos com os VANT's, tais como:

- Voar a uma certa distancia de pessoas e multidões;
- Não voar em áreas densamente povoadas;
- Voar abaixo de 400 pés da superfície terrestre (cerca de 120 metros de altitude);
- Proibido voar nas proximidades de aeroportos (incluindo zonas de aproximação e decolagem de aeródromos).

2.4 Tipos de VANT's

De acordo com Contreras *et al.* (2011 apud. Monteiro, 2016, p. 17), o fato de não existir uma tripulação dentro de um UAV permite aos projetistas a criação de diversas estruturas e configurações, bem como a utilização de diversos tipos de materiais, sendo esta flexibilização relativa às diversas aplicações possíveis. Sendo assim, conforme Figueira *et al.* (2015, p. 214),

Existem diferentes tipos de VANT's apresentando diferentes capacidades. Algumas podem voar de forma autônoma, seguindo uma trajetória de voo pré-programado (baseado em um grid ou uma sequência de way points), enquanto outras voam recebendo comandos de pilotos humanos a partir da GCS (Ground Control Station).

Sendo assim, segundo Fucci (2016 apud. Monteiro, 2016, p. 17), possível categorizar VANT de acordo com as suas características e atividades fim possíveis. Essa categorização, no entanto, não pode ser considerada fácil, uma vez que pode-se ter equipamentos que se enquadrem em mais de uma categoria. Conforme Silva (2013, p. 9325), uma classificação muito utilizada, definida pela UVS International (Associação Internacional de VANT's), combina variáveis como alcance, altura de voo, autonomia em horas e peso para agrupar os VANT's em categorias.

Tabela 1: Classificação dos drones

| Classificação | Descrição |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Alvos Aéreos | Fornece a artilharia em solo ou aérea um alvo que simula uma aeronave ou míssil inimigo |
| Reconhecimento | Fornece informação para a inteligência num campo de batalha |
| Combate | Proporciona capacidade de ataque em missões de alto risco |
| Logística | VANTs projetados especificamente para operações de carga e logística |
| Pesquisa e Desenvolvimento | Utilizado para o desenvolvimento de tecnologias a serem integradas em VANTs operacionais |
| VANTs Cívicos e Comerciais | VANTs projetados especificamente para aplicações cívicas e comerciais |

Fonte: http://www.ltc.ufes.br/geotechnologies/Aula06.5_GeoPG_VANTs.pdf

No entanto, outra classificação que também é aceita refere-se ao peso das aeronaves e foi concebida pela Civil Aviation Authority of New Zealand, autoridade de aviação civil da Nova Zelândia, a qual leva em conta o nível de energia cinética em relação ao MCTOW (Maximum Certified Take-Off Weight), sendo as aeronaves distribuídas em 3 diferentes classes, conforme destaca Monteiro (2016, p. 18):

Class 1 UAV – Energia máxima de 10.000 Joules;

Class 2 UAV – Energia entre 10.000 Joules e 1.000.000 Joules;

Class 3 UAV – Energia acima de 10.000.000 Joules.

No que se refere as categorias desse equipamento, destaca-se aquelas relacionadas as classes micro, mini, tático, altitude média e alta altitude (ou UCAV – Unmanned Combat Air Vehicle. Onde, o micro é o drone pequeno o suficiente para caber na palma da mão (em geral tem menos de 1 Kg). O mini é aquele pequeno o suficiente para serem lançados por uma pessoa. Já, o tático, em geral, é aquele que possa ser lançado por catapulta ou sistema similar para reconhecimento com autonomia de diversas horas e raio de até 200 Km. Os pertencentes a classe de altitude media são aqueles projetados para a realização de voos com altitude até

3000 metros e os de classe alta altitude são os possui a capacidade de realizar voos com altitude acima de 3000 metros.

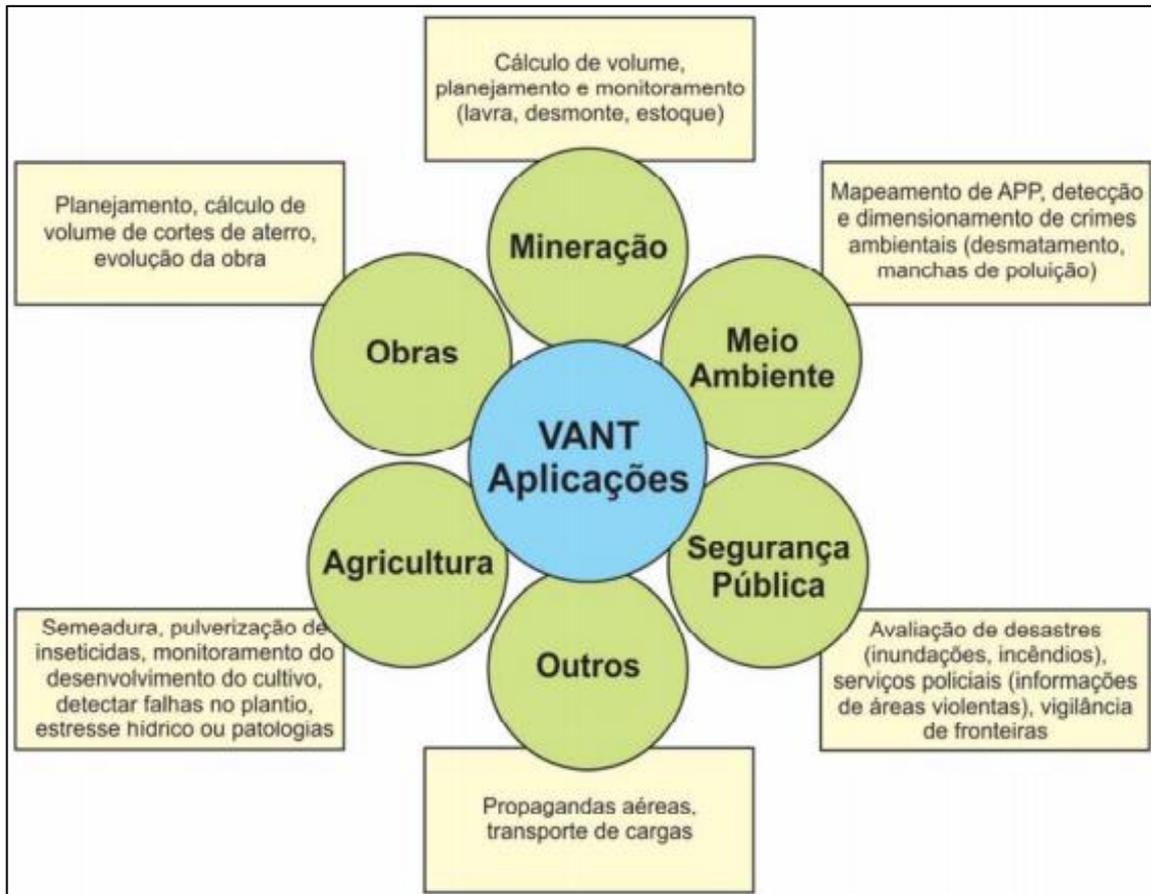
Além disso, PWC (2016 apud. Monteiro 2016, p. 20) ainda lembra que os VANT's também podem ser divididos em três categorias baseadas em seu mecanismo de voo, que são:

- Drones de Asa-Fixa: São mais similares a aviões, por serem dotados de asas, as quais o tornam capazes de realizar voos com velocidades elevadas, com maiores tempos de duração. Necessitam de pistas de pouso e decolagem e devem estar em constante movimento, tornando-os inadequados para operações em locais pequenos e em operações de inspeção/vigilância.
- Multirottores: Capazes de pairar em uma posição fixa e de voar em qualquer direção, sendo, com isso, capazes de realizar manobras de forma mais rápida e com maior eficiência se comparado ao UAV de asa-fixa. Possuem ainda a vantagem de poderem decolar verticalmente, não sendo necessária a utilização de uma rampa ou pista de decolagem.
- Modelos Híbridos: Possui característica de ambos os modelos previamente listados, sendo capaz de pairar no ar em certos momentos e, em outros, de atingir velocidades mais elevadas ao utilizar asas. Pode atingir longas distâncias e é capaz de decolar e aterrissar verticalmente.

Além disso, os mesmos podem ser utilizados para diversas atividades. Segundo Cangussu e Campano Jr. (2015, p. 1), “os drone possuem as mais diversas aplicações, no entanto seu total potencial ainda é desconhecido, destas destaca-se a sua utilização nas áreas militares, para monitoramento de plantações, inspeções aéreas em linhas de transmissão e indústria cinematográfica”. Também, vale ressaltar que esses equipamentos podem utilizados para a realização de pesquisas em regiões de difícil acesso, para mapeamento, levantamento topográficos, dentre outras áreas de aplicação.

Desse modo, na figura 2 a seguir apresenta-se algumas áreas de aplicação dos VANT's.

Figura 2: Aeromodelo utilizado para mapeamento



Fonte: Silva (2015)

2.5.1 Realização de trabalhos topográficos por meio do drone

Atualmente os produtos cartográficos são essenciais para o entendimento e a organização de atividades no território, tais como planejamento e locação de uso do solo, projetos de infraestrutura, cadastro urbano e rural, avaliação ambiental, entre outros (SOUZA, 2015, p. 13). Desse modo, os produtos cartográficos se mostram umas das mais importantes atividades que são desenvolvida pelos trabalhos topográficos. Sendo assim, essas atividades, por sua vez, podem ser realizadas através da fotogrametria.

Segundo Wolf (1983 apud. Pegoraro, 2013, p. 3), Fotogrametria pode ser definida como sendo a arte, a ciência e a tecnologia de se obter informações seguras sobre objetos físicos e do meio ambiente por meio de processos de registros, medição e interpretação de imagens fotográficas. Já a aerofotogrametria, conforme Pegoraro (2013, p. 3), refere-se às operações realizadas com fotografias

da superfície terrestre, obtidas por uma câmara de precisão com o eixo ótico do sistema de lentes mais próximo da vertical e montada em uma aeronave especialmente preparada.

Segundo Lima e Loch (1998 apud. Venturini, 2015, p. 33), para uma fotografia aérea ser análoga a uma carta topográfica, do ponto de vista quantitativo, a mesma deve apresentar:

- a) terreno plano e horizontal;
- b) perfeita verticalidade do eixo ótico da câmara fotogramétrica;
- c) linha de voo perfeitamente horizontal, sem variações na altitude do voo entre as sucessivas estações de tomadas das fotografias.

Desse modo, um dos equipamentos que se mostram bastante eficientes para a realização da coleta dessas imagens por meio de seus sensores são os drones. De acordo com Bezerra et al. (2017, p. 6),

O drone é uma tecnologia de aquisição de dados da fotogrametria, assim como a estação total é a tecnologia de aquisição de dados da Topografia. A fotogrametria coleta informações dos objetos remotamente, ou seja, não é necessário que ocupe o objeto de interesse, essa coleta de dados é feita de maneira remota, enquanto o Topografia utiliza o solo como meio de aquisição de dados, a Fotogrametria utiliza o espaço aéreo e ambas as ciências tem o mesmo objetivo de coletar informações georreferenciadas e representar estas informações em forma de mapa.

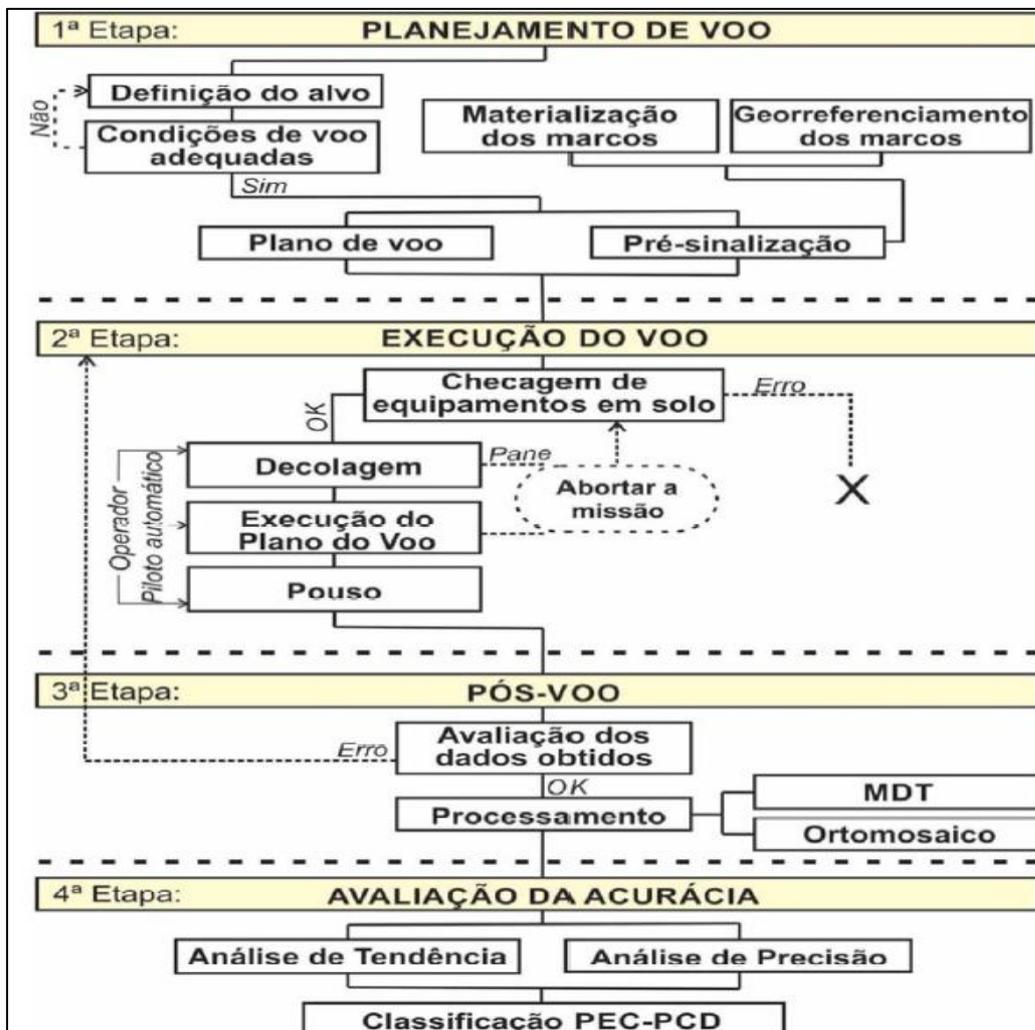
Isso se dá porque para a coleta de uma fotografia aérea, esta tecnologia se mostra como um caminho que proporciona uma maior eficiência assim como, um meio para a redução dos custos operacionais, além de garantir em muitos casos maior segurança nas operações, tendo em vista que antes essas atividades eram realizadas por aviões e helicópteros tripulados. Neste contexto, conforme Klemas (2015 apud. Gonçalves et al., 2016, p. 3), os UAS podem oferecer uma alternativa viável relativamente às plataformas espaciais (satélites) e aéreas (aviões tripulados), na aquisição de dados de alta resolução e exatidão, a um custo acessível.

Dessa forma, conforme Silva (2015, p. 49), os produtos gerados por VANT dependem do sensor embarcado, sendo os principais vídeos, Modelos Digitais de Superfície (MDS), Modelos Digitais do Terreno (MDT) e ortomosaicos de alta acurácia.

O MDT e o MDS são fundamentais para projetos relacionados a cartografia tridimensional, análises de corte-aterro para projeto de estradas e barragens, apoio aos projetos de drenagens, elaboração de mapas de declividade e exposição para apoio a análise de geomorfologia e erodibilidade; base para projetos realizados em Sistemas de informações Geográficos (SIG's) na geração de mapas de declividade e afins (VENTURINI, 2015, p. 35)

Segundo Silva *et al.* (2015), a metodologia utilizada para aquisição, processamento e avaliação dos dados obtidos pelo VANT, está dividida em quatro etapas: (1) planejamento de voo; (2) execução do voo; (3) pós-voo; e (4) avaliação da acurácia. Conforme ilustradas no fluxograma da Figura 3.

Figura 3: metodologia utilizada para aquisição, processamento e avaliação dos dados



Fonte: Silva (2015)

Assim, conforme visto, para obtenção das fotografias aéreas através do VANT deve-se realizar algumas atividades para auxiliar na efetuação dessa coleta de forma eficiente e rápida, e que garanta a qualidade das imagens dentre elas, destaca-se a instalação de pontos de apoio em solo e planejamento de voo, conforme poderá ser melhor compreendido abaixo.

2.5.2 Instalação de pontos de apoio em solo

De acordo com Palermo e Leite (2013, p. 66), os pontos de apoio do levantamento aerofotogramétrico são necessários para a etapa de aerotriangulação das fotografias obtidas com o sistema VANT. Ainda segundo o autor, os pontos de apoio têm as coordenadas horizontais (H) e verticais (V) conhecidas sendo, portanto, também denominados de pontos HV.

Desse modo, na imagem a seguir apresenta-se um exemplo de alguns pontos de apoio que foram definidos (bolinhas amarelas) para a realização da coleta de imagens aéreas com o VANT, onde se pode perceber que os mesmos se mostram como delimitadores da área em estudo assim, uma alternativa para garantir uma melhor localização do equipamento.

Figura 4: Exemplo de pontos de apoio para o VANT



Fonte: Palermo e Leite (2013)

2.5.3 Planejamento do voo

Segundo Silva *et al.* (2016, p. 79),

A etapa de planejamento de voo envolve a definição do alvo a ser sobrevoado, sendo posteriormente verificadas as condições necessárias para realização do voo, que consiste na autorização das autoridades competentes, por meio da solicitação de um NOTAM (acrônimo de "Notice to Airmen", que significa "Aviso aos Aeronavegantes") ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), órgão ligado a Aeronáutica.

Para Jorge e Inamasu (2014 apud. Venturuni, 2015, p. 31), “o planejamento de voo compreende a escolha da altitude e velocidade de voo, resolução das imagens e do pixel nas unidades de terreno, e das normas e regulamentos de voo”. Além disso, ainda de acordo com o autor, “conforme a resolução da câmera, deve ser calculada a altitude de voo observando a resolução em solo desejada”. Sendo assim, na tabela abaixo apresenta-se um exemplo das altitudes que podem ser alcançadas com o drone dependendo a resolução para uma câmera de 10Mpixel.

Tabela 2: Especificações de altitude para uma câmera de 10Mpixel

| Altitude (m) | Resolução (cm/pixel) | Cobertura no solo (m) |
|--------------|----------------------|-----------------------|
| 100 | 3.5 | 129 |
| 122 | 4.3 | 157 |
| 140 | 5 | 180 |
| 200 | 7.1 | 257 |
| 280 | 10 | 360 |
| 420 | 15 | 540 |
| 560 | 20 | 720 |

Fonte: Jorge e Inamasu (2014 apud. Venturuni, 2015)

Assim, conforme destaca Bezerra *et al.* (2017, p. 8), nesta etapa são definidos dados como, altura do voo, resolução do mapeamento, quantidade de imagens fotografadas, quantidade de faixas de voo, basicamente deve-se conhecer qual a área a ser mapeada, que pode ser feito pelo Google Earth. Desse modo, após a obtenção das imagens por meio dos drones faz-se o processamento dos dados, conforme poderá ser melhor compreendido a seguir.

2.5.4 Processamento de dados

De acordo com Ferreira et al. (2013, p. 2), o processamento das imagens se divide em duas etapas onde, a primeira consisti em ortorretificar, georreferenciar e mosaicar as imagens obtidas, e a segunda etapa, em ajustar as imagens dos voos, compondo assim todas as bandas em um único arquivo. Segundo Meneses et al. (2008), para o processo de ortorretificação, deve-se conhecer a configuração geométrica das fotografias que são dependentes de dois conjuntos de dados: orientação exterior e orientação interior.

Assim, ainda conforme Meneses et al. (2008), a orientação exterior agrupa os elementos que definem a posição da câmara em relação à um referencial no momento da exposição. Já a orientação interior é o processamento pelo qual as características geométricas de uma fotografia aérea são relacionadas matematicamente com as características geométricas (incluindo deformidades) do sistema de câmara que adquiriu a fotografia (SOUZA, 2015, p. 21).

Desse modo, gera-se a ortofoto que é uma projeção ortogonal, resultante de um conjunto de fotografias aéreas, corrigidas dos efeitos de perspectivas, sobre a qual é possível realizar medições exatas (DIAS et al., 2014, p. 29). A ortofoto ou ortofotografia, conforme Venturini (2015, p. 33), é a fotografia resultante da transformação de uma foto original que é projeção cônica central do terreno em projeção ortogonal sobre um plano.

Após realizar as etapas para ortorretificar e mosaicar as imagens, é possível extrair quatro produtos a partir do software Photoscan Professional: ortomosaico georreferenciado, Modelo Digital de Elevação (MDE), modelo tridimensional e nuvem de pontos (Ferreira et al., 2013, p. 2). Contudo, para Gonçalves et al. (2015, p. 4), o processamento das imagens recolhidas compreende-se em quatro operações principais:

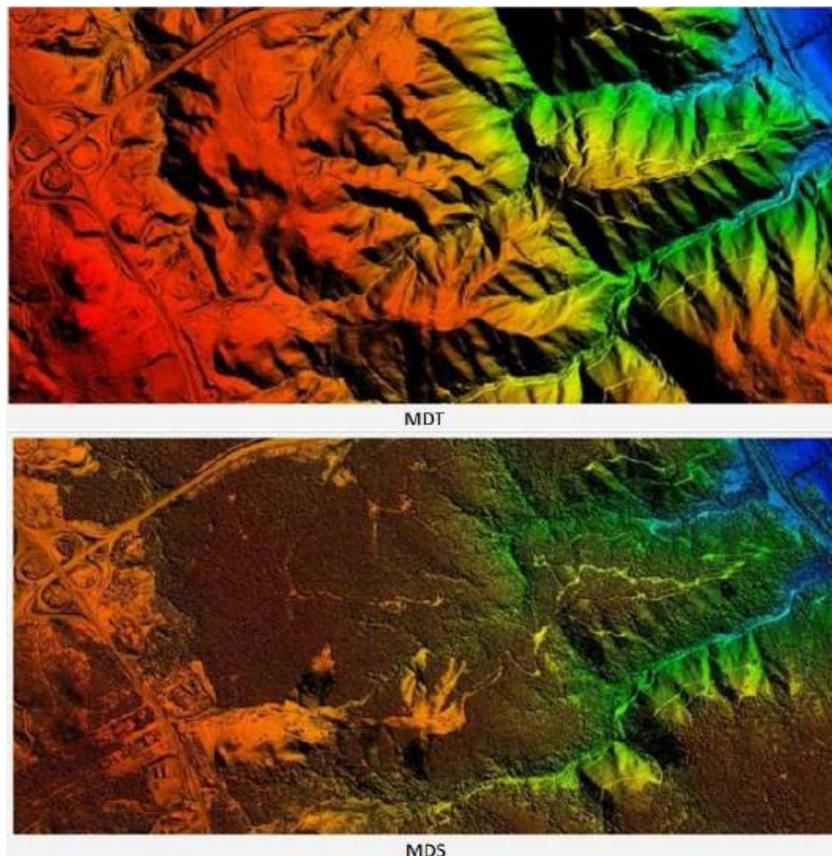
- Montagem do bloco de fotografias;
- Aerotriangulação do bloco por orientação interna, relativa e absoluta;
- Extração de informação vetorial por estereoscopia e geração do MDT;

2.5.4.1 MDT

Os principais produtos gerados por meio do aerolevante realizado por VANTs são os Modelos Digitais de Superfície (MDS) e os modelos digitais do terreno (MDT). Para Venturuni (2015, p. 35), o modelo digital do terreno (MDT) é um modelo matemático que representa de uma forma contínua a superfície de um terreno, tendo em vista que é inviável o levantamento do elevado número de pontos em campo. Segundo Silva (2015, p. 113) o modelo digital de superfície (MDS) consiste no modelo da superfície dos objetos 3D existentes sobre o terreno (vegetação, edificações, etc).

No entanto, vale ressaltar que existe uma pequena diferença entre MDT e MDS. O MDS contém informações de elevação de todas as feições da paisagem como vegetação, edifícios entre outras estruturas presentes sobre o terreno, já o MDT possui informações de elevação da superfície da Terra sem a influência de vegetação e outras estruturas (JENSEM, 2009 apud. CÂNDIDO *et al.* 2014, p. 299).

Figura 5: Modelo Digital de Superfície



Fonte: Cândido *et al.* (2014)

Assim, conforme observa Venturuni (2015, p. 35), diferente do MDS o MDT é a real representação do terreno, ele não contempla os objetos acima do solo sendo que, para ser gerado é necessário realizar um processo conhecido como filtragem na nuvem de pontos do MDS suprimindo os objetos acima do solo. Conforme Felgueiras (1998 apud. Zanetti, 2017, p. 17), o processo de geração de um modelo digital de elevação envolve etapas como:

- Aquisição dos dados representativos do fenômeno em análise (amostragem);
- Modelagem, que envolve a elaboração de um modelo matemático a partir da criação de estruturas de dados e de funções de interpolação, resultando na definição de superfícies de ajuste com uma representação contínua do fenômeno em análise, a partir da amostragem considerada;
- Utilização do modelo gerado, em substituição à superfície real, com o emprego de diferentes procedimentos de análise.

Desse modo, de acordo com Zanetti (2017, p. 17) A aquisição dos dados de amostragem pode ser obtida no terreno através de topografia clássica, posicionamento por satélites, fotogrametria entre outros. Basicamente os métodos são classificados em diretos e indiretos (Tabela 3), de acordo com a forma de aquisição das amostras.

Tabela 3: Métodos de aquisição de amostras para a criação de modelos digitais de elevação

| | | |
|------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Diretos | GPS | Global Positioning System, sistema de localização por satélites. |
| | Topografia | Uso de estação total e níveis. |
| Indiretos | Restituição | Digital: imagens estereoscópicas orbitais ou de sistemas aerotransportados. |
| | | Analógica: pares de fotografias estereoscópicas analógicas. |
| | Digitalização | Manual: mediante mesas digitalizadoras. Automática: com uso de scanners. |

Fonte: Felicísimo (1994 apud. Zanetti, 2017)

Contudo, dentre os métodos mais utilizados para a coleta dos pontos destaca-se a utilização dos VANT's já que este se mostrar como um caminho mais prático e eficiente para a aquisição dos dados. Além disso, deve-se considerar que o mesmo se representa como uma alternativa mais econômica em função que antes essa atividade seria realizada por aeronaves tripuladas.

Dentre as vantagens que o MDS gerado pelo VANT apresenta em relação àqueles disponíveis gratuitamente na internet podemos citar a sua elevada resolução espacial, assim sua utilização ou modelagem 3D possibilita a visualização mais detalhada e o entendimento de certas relações que ocorrem na paisagem (Isioye; Jobin, 2012 apud. CÂNDIDO *et al.* 2014, p. 299).

Segundo Silva (2015, p. 123), O VANT é eficiente na geração de produtos de sensoriamento remoto de grande acurácia, com alta resolução espacial, indicado principalmente para levantamentos planialtimétricos locais de alta precisão. Ainda de acordo com o autor, fato que faz desta ferramenta complementar as tecnologias já consagradas no mercado, como imagens e modelos digitais de elevação orbital.

No entanto, vale salientar que, durante a realização do MTD podem surgir algumas falhas. Conforme observa *Photoscan* (2012 apud. Jeronymo e Pereira, 2015, p. 23), os exemplos comuns, no uso dos DEM gerados com fotogrametria terrestre ou à curta distância, na engenharia civil predispostos a falhas ou regiões descobertas podem ser:

- Terrenos abertos com vegetações densas em certas partes;
- Interiores de construções com paredes, pisos e tetos iguais, pintados de uma mesma cor;
- Áreas com muitos detalhes, tais como uma laje escorada durante a execução de uma obra.

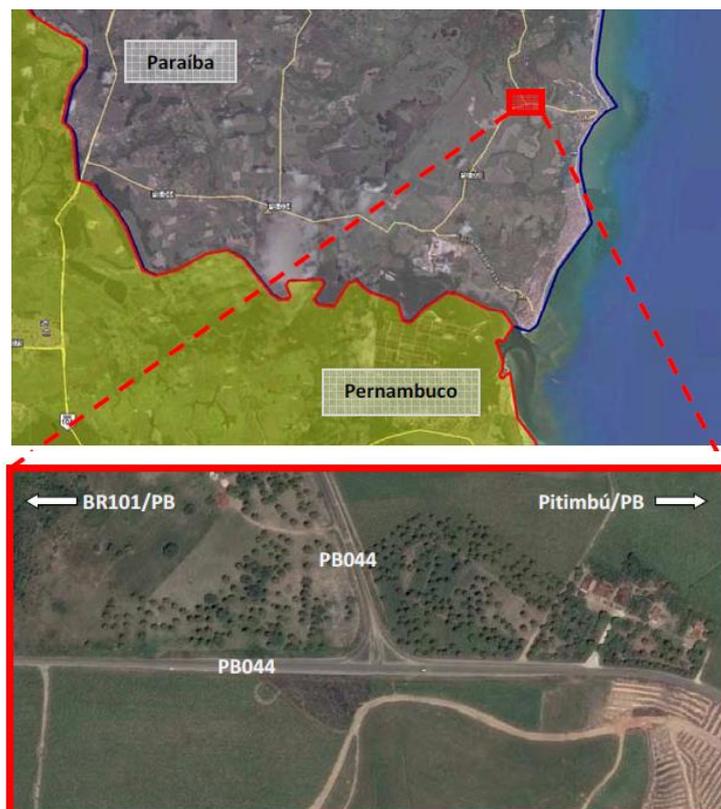
3 MÉTODOS ADOTADOS PARA REALIZAÇÃO DE UM LEVANTAMENTO TOPOGRAFICO COM O VANT

Para maior compreensão da importância que os VANTs apresentam para o desenvolvimento dos trabalhos topográficos a seguir será destacado as formas que podem ser adotadas para a realização de um levantamento topográfico. Desse modo, será apresentado os métodos que foram tratados no trabalho de Almeida (2014), onde foi realizado um levantamento topográfico em uma região do litoral do estado da Paraíba.

3.1 Área em estudo

Conforme Almeida (2014, p. 58), a área escolhida foi uma região litoral do estado do estado da Paraíba, com base no banco de dados geodésico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e uma Referências de Nível pertencentes a rede de 1ª Ordem, localizadas na cidade de Pitimbu (RN-2444E).

Figura 6: Localização do local do levantamento



Fonte: Almeida (2014)

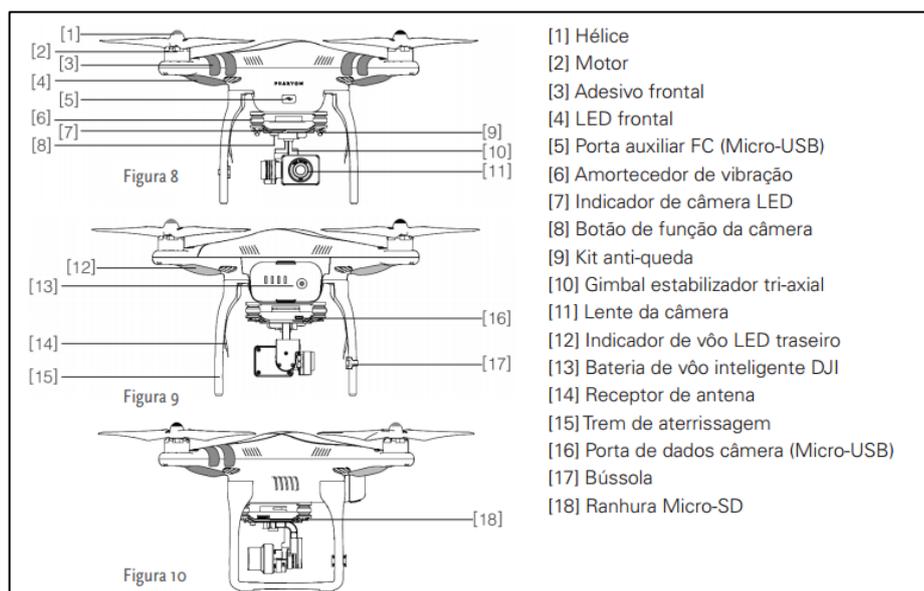
Ainda segundo o autor, foi trabalho foi realizado objetivando efetuar um estudo numa área para ampliação da interseção existente, onde foi levantado uma área de 162.960,00m² que representado em hectare fica em torno de 16,30ha de abrangência do levantamento utilizando VANT.

3.2 Característica do VANT utilizado

De acordo com Almeida (2014, p. 58), foi utilizado o quadricóptero do modelo da DJI Phantom com as seguintes características:

- Câmera integrada 14MP com gravação de vídeo HD 1080p em um cartão micro SD;
- Vem com sistema a FPV embutido, que transfere vídeo no seu smartphone (iOS /Android) através de Wi-Fi (300m);
- Extensor Wi-Fi incluído capaz de capturar até 980 pés acima;
- Gimbal motorizado - permite controlar o angulo de inclinação da câmera e é manualmente controlável através do aplicativo Vision;
- Tempo de voo até 25 minutos com uma única carga usando a bateria LiPo 5.200mAh - que é facilmente removível e contém um circuito inteligente e um indicador de carga restante embutido;

Figura 7: Quadricóptero DJI Phantom Vision 2



Fonte: Almeida (2014)

Segundo Basso (2015, p. 23) esse é um quadricóptero com câmera embutida fabricado pela DJI, com plataforma própria de controle podendo voar autonomamente com trajetórias pré-programadas sem ação de uma pessoa pilotando o dispositivo. Ainda de acordo com a autor, estima-se que a potência média consumida em voo é de aproximadamente 138,58 w.

3.3 Realização de adaptações no equipamento

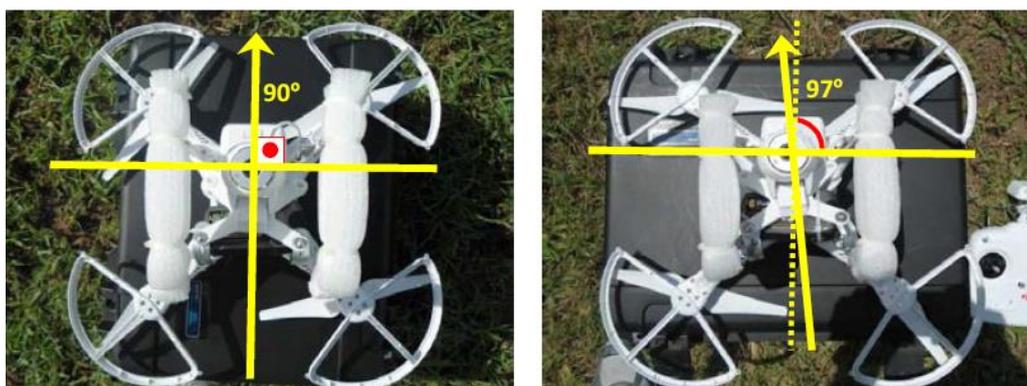
Para o início do levantamento foram realizadas algumas adaptações no drone, conforme relata Almeida (2014) que, objetivando deixar a visada da Câmera a NADIR, foram realizadas adaptações na câmera do VANT DJI Phantom Vision 2, como mostra a figura abaixo:

Figura 8: Adaptação do eixo de projeção para a posição perpendicular plano de referência



Fonte: Almeida (2014)

Figura 9: Rotação Horária do eixo de projeto no sentido horário



Fonte: Almeida (2014)

Além disso, o autor relata que foram feitas adaptações no Compass para possibilitar a “cravação” do Drone DJI Phantom Vision 2 no ar e assim evitar o deslocamento. Essa adaptação, de acordo com Almeida (2014, p. 62), foi necessária em virtude da constatação de instabilidade verificada durante os voos testes realizados no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

Também, destaca-se que conforme os manuais do equipamento devido a bússola se tratar de um item que controla a estabilidade e declinação magnética do drone, foi necessário alterá-lo para a declinação no local do levantamento (ALMEIDA, 2014, p. 62).

Figura 10: Alteração da declinação magnética do local do levantamento

DMAG - Calculo da Declinação Magnética

Datum: SAD-69 Data: 20/07/2014 >>

Tipo de Coordenada
GEODÉSICAS

Manual | Arquivo

Latitude: -7.28184900 Declinação: -22°05'16 (Oeste)
 Longitude: -34°49'58,4000 Variação: 0°00'58
 Altitude: 0.0000 Convergência: 0°14'18,34

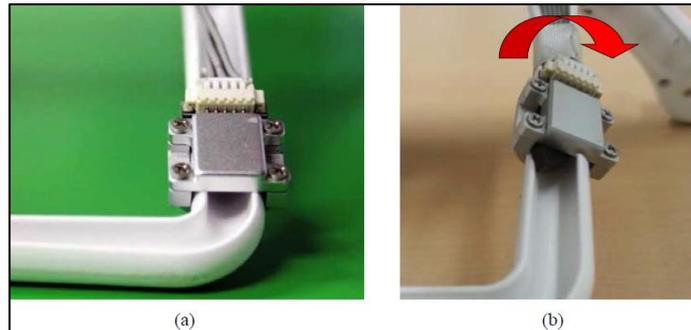
20/07/2014; -7.2818,4900; -34.4958,4000; 0.0000; -22°05'16 ou(22°05'16 Oeste); 0°00'58; 0°14'18,3380

Calcular Meridiano Central >> Identificação da Carta (IBGE) >>
 Sobre Ajuda Fechar

Fonte: Almeida (2014)

Ainda segundo Almeida (2014, p. 63) o giro da bússola (Compass), no valor de 22° no sentido anti-horário (para esquerda) foi obtido através das coordenadas UTM inseridas no programa. Assim, conforme o autor, feito o estudo da declinação e obtendo o valor aproximado, precisou-se desbastar o trem de pouso onde a bússola (Compass) está instalado, obtendo assim o fim do efeito ralo (giro em espiral).

Figura 2: Rotação Horária do eixo de projeto no sentido anti-horário: (a) Compass na posição original
(b) Compass Ajustado.



Fonte: Almeida (2014)

3.4 Sinalização dos marcos

Para a efetuação da sinalização dos marcos de antemão foi realizado a pré-sinalização dos marcos, dimensões e localização da pré-sinalização e calibração da pré-sinalização, conforme poderá ser melhor compreendido a seguir:

3.4.1 Pré-sinalização dos marcos

De acordo com Almeida (2014, p. 65) foram rastreados com receptor GNSS geodésico (Zênite 2) um total 18 marcos de apoio, sendo todos os marcos implantados e pré-sinalizados antes do sobrevoo da área a ser estudada. A implantação dos marcos pré-sinalizados fora planejada objetivando superar as dificuldades de obtenção de pontos fotoidentificáveis, por se tratar de área de cana de açúcar e com pouca edificação (ALMEIDA, 2014, p. 65). Desse modo, na imagem a seguir tem-se a localização dos marcos que foram implantados no levantamento.

Figura 12: Interseção do levantamento com os marcos implantados



Fonte: Almeida (2014)

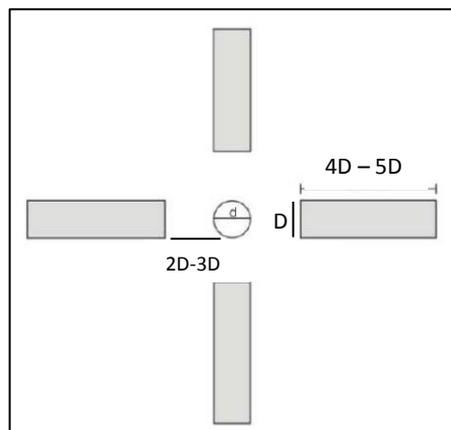
A pré-sinalização, conforme observa Souza (2015, p. 45), é o procedimento que visa a distribuição de alvos artificiais para que sejam reconhecidos e medidos nas fotografias aéreas. Sendo assim, segundo o autor, as coordenadas destes alvos servem como pontos de controle nas operações de aerotriangulação, logo a determinação destas coordenadas também faz parte da pré-sinalização.

3.4.2 Dimensões e localização da pré-sinalização

Segundo Redweik (2007) a elaboração de marcos de pré-sinalização deve contemplar os seguintes aspectos: material, localização, cor, dimensões e formato. Nesse contexto, no estudo em questão, optou-se por utilizar dois tipos de sinalização, sendo em formato de cruz na cor branca e pintura quadrada preta com um círculo circunscrito na cor branca, uma vez que estas serão instaladas em terreno irregular (ALMEIDA, 2014, p. 65).

As dimensões dos marcos apresentadas por Almeida (2014) se baseiam nos trabalhos de Redweik (2007) e Costa e Silva (2012), onde recomendasse que essa dimensão assumia valor igual a um múltiplo ímpar da dimensão do pixel no terreno (de 3 a 5 vezes), conforme pode ser visto na imagem a seguir:

Figura 13: Referências das Dimensões da Pré-sinalização dos Alvos

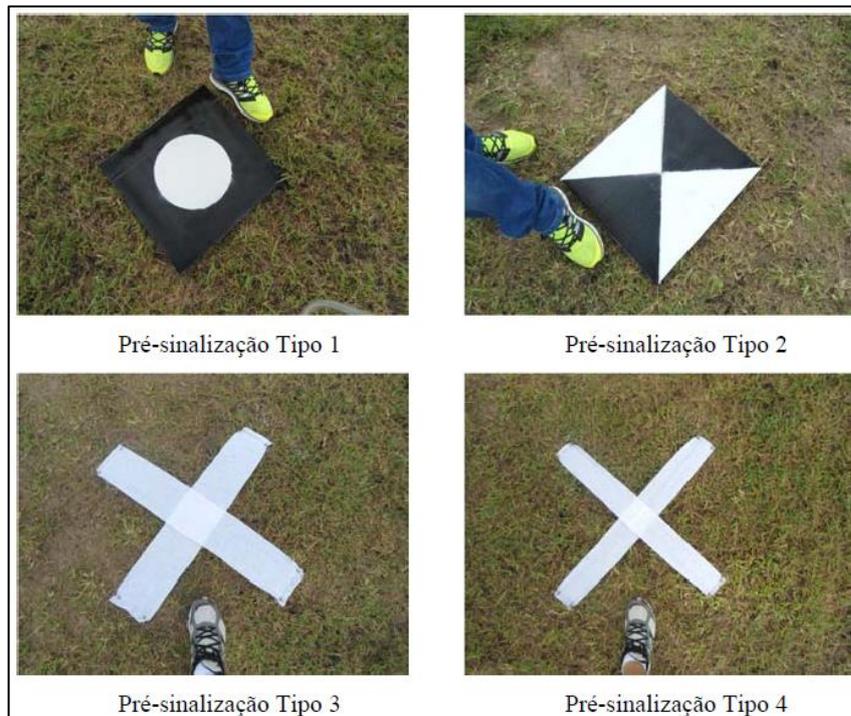


Fonte: Almeida (2014)

3.4.3 Calibração da Pré-Sinalização dos Marcos de Apoio e Checagem

Foi realizado um teste das dimensões do tipo, tamanho e forma da pré-sinalização a ser adotada para os marcos de apoio e checagem, conforme Almeida (2014, p. 68). Assim, no teste verificou-se que os alvos podem ser visualizados a uma distância de 100 metros de altura, conforme pode ser visualizado na figura 15.

Figura 14: Detalhes das pré-sinalizações tipos 1, 2, 3 e 4.



Fonte: Almeida (2014)

Figura 3: Voo teste das pré-sinalizações



Fonte: Almeida (2014)

Segundo Almeida (2014, p. 69), com os testes realizados, elegeu-se a pré-sinalização mais indicada, conforme critérios de escolha indicados abaixo, sendo eleitas as pré-sinalizações tipos 1 e 4.

- Facilidade de transporte e implantação em superfícies planas/ondulada.
- Acuidade visual na imagem aérea.
- Custo de implantação (materiais e ferramentas).
- Tempo de implantação.
- Dificuldade na confecção da pré-sinalização em tecido.

3.4.4 **Calibração Câmera**

A câmara utilizada para as aerofotos digitais foi a do Quadricóptero modelo DJI Phantom 2 de até 14.0 Megapixels, com um 1 CCD (*Charge Coupled Device*) com comprimento (w) de 5,714 mm e altura (h) de 4,286mm, com 10.4 Megapixels (ALMEIDA, 2014, p. 65). Desse modo, na imagem a seguir tem-se um exemplo do modelo de câmara que foi adotado no referido trabalho.

Figura 16: Câmera Digital do drone



Fonte: DJI (2014 apud. Almeida, 2014)

Para a determinação do tamanho do Pixel da câmara usada no levantamento, segundo Almeida (2014, p. 71), foi utilizado o software PhotoModeler Pro, que:

É um sistema fotogramétrico analítico digital para curta distância por onde pode-se extrair medidas de distâncias e coordenadas, gerar um modelo tridimensional, fazer cálculos de área e volume do objeto em estudo, também podendo ser empregado na determinação dos dados de calibração de câmeras digitais.

3.4.5 Cálculo do Instante de Sincronismo entre os Relógios

Para o cálculo do instante de sincronismo entre o GPS da Câmera do DJI Phantom foi realizado na tomada da primeira foto, onde foi utilizado o *Tracklog* extraído do GPS de Navegação da marca GARMIN (ALMEIDA, 2014, p. 74). Sendo assim, segundo o autor, para o cálculo do instante de sincronismo, foi feita uma análise do sincronismo entre o GPS da câmera e o GPS GARMIN, cujo resultado ficou de 6 minutos e 14 segundos de defasagem entre o tempo de tomada registrado.

Isso se deve, pelo fato que, geralmente, no momento da foto o GPS da câmera é sincronizado com telefone que fica acoplado no controle remoto. Desse modo na tabela a seguir apresenta-se a diferença observada.

Tabela 4: Valor do correspondente ajuste no instante de sincronismo

| Foto Referência (Ipad) | GPS Partida | Diferença |
|------------------------|-------------|-----------|
| 08:27:30 | 08:21:16 | 0:06:14 |

Fonte: Almeida (2014)

3.4.6 Cálculo da Escala Cartográfica e dos Parâmetros do Plano de Voo

Inicialmente foi definido os parâmetros a serem adotados em um plano de voo, conforme destaca Almeida (2014, p. 78),

O plano de voo tomou como base os parâmetros do sistema aéreo, correspondente a um quadricóptero da marca DJI (modelo Phantom Vision 2), capaz de realizar voos autônomos remotamente controlados, por meio do sistema de rádio e de rede Wifi própria, juntamente com um software desenvolvido pela empresa DJI no sistema operacional Android ou iOS (DJI Vision no módulo GroundStation).

Além disso, o Phantom Vision 2 é munido de sensor que mede a altura de voo e uma unidade de controle onde algoritmos próprios indicam a direção, sentido e altura, em conjunto com os dados de coordenadas coletados pelo receptor do GPS (ALMEIDA, 2014, p. 78). Desse modo, para o estudo de caso, foram definidos os seguintes parâmetros que serviram de subsidio para o plano de voo, conforme apresentado na tabela a seguir:

Tabela 5: Resumo dos parâmetros serviram de subsídio para o planejamento de vôo usando a câmera não métrica do DJI Phantom Vision 2

| DADOS DA CÂMERA | PARÂMETROS | |
|-----------------------------------|------------|------------|
| Tamanho do sensor | 5,714 mm | - |
| Tamanho do Elemento Sensor | 0,0013 mm | 1 pixel |
| Distância focal (f) | 3,210 mm | 2463 pixel |
| Formato da imagem | 5,714 mm | 4384 pixel |
| | 4,286 mm | 3288 pixel |
| Altura de Vôo | 100,00 m | - |
| Tamanho do pixel no terreno (GSD) | 0,045 m | - |
| Escala Cartográfica | 1/500 | - |

Fonte: Almeida (2014)

A partir destes parâmetros definiu-se os dados operacionais para o vôo. Com a escala cartográfica estabelecida foram calculados os dados referente aos parâmetros do Plano de Voo a ser seguido pelo DJI Phantom Vision 2, durante a tomada das imagens aéreas (ALMEIDA, 2014, p. 80). Sendo assim, na tabela 6, apresenta-se os dados operacionais que foram definidos no trabalho.

Tabela 6: Resumo dos Dados Referente aos Parâmetros do Plano de Voo

| DADOS DA CÂMERA | PARÂMETROS | |
|---------------------------------|----------------|--------|
| Velocidade máxima de Cruzeiro | 4,17 m/s | |
| Altura de Voo | 100,00 m | |
| Recobrimento Longitudinal | 67% | |
| Recobrimento Transversal | 20% | |
| Intervalo de tomada das imagens | 10 segundos | |
| Formato da imagem | Lado maior: LG | 147,0m |
| | Lado menor: LP | 196,0m |

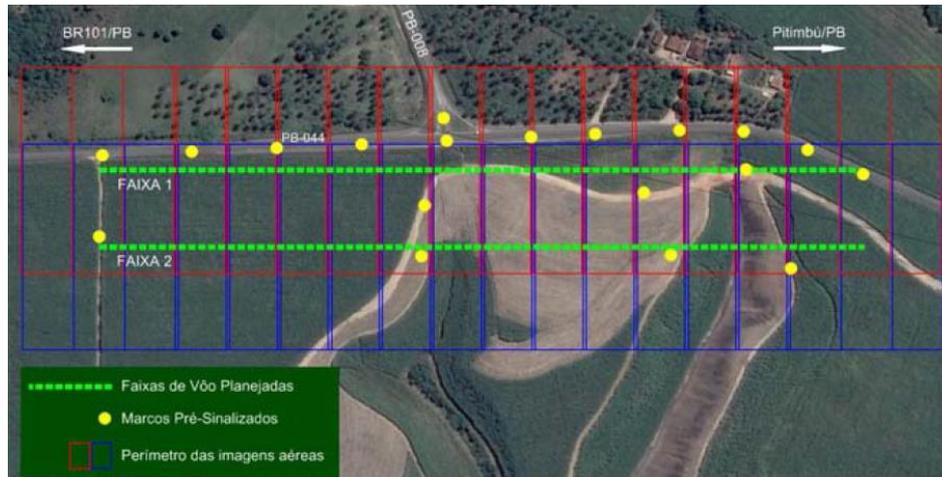
Fonte: Almeida (2014)

3.4.7 Realização das Faixas de Vôo

Esta etapa se dá após a definição de todos os parâmetros e ajustes que foram citados anteriormente, onde se tem a definição dos parâmetros de voo, implantação dos marcos e ajustes do drone. Desse modo, com base nas dimensões

da área a ser levantada da interseção rodoviária, estabeleceu-se duas faixas de voo, sendo uma logo acima da via existente que contempla a interseção e outro ao lado, numa posição de maneira a garantir a sobreposição mínima lateral (ALMEIDA, 2014, p. 81). Assim, por meio da na imagem abaixo pode-se compreender a formas de estabelecimento das faixas de voo.

Figura 17: Vista do programa Microstation com o planejamento das faixas de Voo.



Fonte: Almeida (2014)

Desse modo, a cobertura aérea foi realizada em setembro de 2014, onde obteve-se as seguintes características, conforme destaca Almeida (2014, p. 90):

- Altura média de voo de 110 m,
- Cada fotografia aérea possui resolução de tamanho do pixel no terreno ou resolução nominal de 0,05m x 0,05 m e cobriu uma área aproximadamente de 20 hectares,
- As faixas de voo 1 e 2 foram configuradas no programa DJI Vision no módulo GroundStation instalado em um Tablet com sistema operacional iOS, e por meio de sinal de rádio e de rede Wifi própria do sistema de controle do Phantom Vision 2, o Quadricóptero executou as faixas de voo de forma autônoma.

Além disso, destaca-se que, durante a realização do voo obteve-se as seguintes imagens da vista do programa DJI Vision no módulo GroundStation.

Figura 18: Vista do programa DJI Vision no módulo GroundStation, mostrando a faixa de voo 2



Fonte: Almeida (2014)

3.4.8 Montagem do Mosaico Não Controlado

Segundo Almeida (2014, p. 91), após a execução do aerolevanteamento, foi iniciada a montagem de um mosaico não controlado utilizando os dados das coordenadas do centro da aerofoto e seus respectivos azimutes, onde foi possível gerar um mapa índice.

Desse modo, a montagem das imagens foi realizada automaticamente pelo programa Microstation, que compila os dados das coordenadas do centro da aerofoto e seus respectivos azimutes gerando um Script de comandos no ambiente computacional do *Visual Basic for Application Excel* da Microsoft (ALMEIDA, 2014, p. 91). Também, conforme o autor, usando o *Geramosaico*, é possível obter um Script no formato de bloco de notas, possibilitando a montagem de um mosaico.

Figura 19: Vista do programa Microstation com o Mapa Índice não Controlado da Faixa 1.



Fonte: Almeida (2014)

Figura 20: Vista do programa Microstation com o Mapa Índice não Controlado da Faixa 1.



Fonte: Almeida (2014)

3.4.9 Geração de MDE pelo software PixDmapper

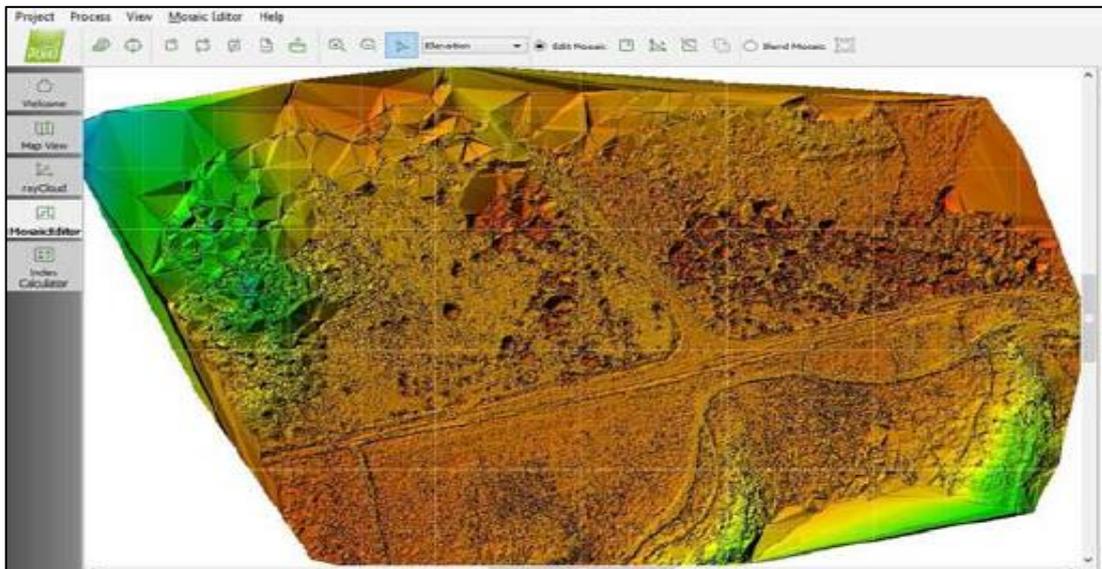
Segundo Almeida (2014, p. 104), o software Pix4Dmapper converte imagens aéreas tiradas por plataformas VANT em mosaicos 2D e 3D georreferenciados, modelos de superfície e nuvens de pontos 3D.

Esta solução de processamento inovadora combina técnicas de visão computacional com a precisão de fotogrametria tradicional. O Pix4Dmapper possui características avançadas com apoio de GCP (pontos de controle de solo) para geolocalização e opera tanto em um modo de "Processamento completo", bem como um modo de "Verificação rápida" que permite avaliar a qualidade dos dados adquiridos enquanto ainda está no campo (ALMEIDA, 2014, p. 104).

Com isso, para o processo de produção de MDE, foi realizado inicialmente a orientação interior do programa, de forma de foi inserido as coordenadas do centro das fotos, altura do voo, distancia focal e o tamanho da imagem digital, conforme lembra Almeida (2014). Contudo, ainda conforme o autor, também foram realizadas a orientação exterior onde foi inserido os dados dos marcos de controle pré-sinalizados assim como, realizou-se a identificação dos pontos de amarração do desenho.

Desse modo, por meio do processamento dos dados informados obteve-se a Vista do MDE Controlado no Pix4Dmapper como também, Vista das curvas de nível do MDE, conforme apresentado a seguir:

Figura 21: Vista do MDE Controlado no Pix4Dmapper



Fonte: Almeida (2014)

Figura 22: Vista das curvas de nível do MDE



Fonte: Almeida (2014)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apresentado neste trabalho, pode-se perceber que a utilização do VANT (Drone) se mostra a sociedade como uma tecnologia que pode proporcionar a realização de várias atividades que antes eram inviáveis devido ao custo elevado ou até mesmo, aos riscos eminentes na atividade. Contudo, vale destacar, que este equipamento tem origem desde a década de 1920, onde se apresentava somente para fins militares. No entanto, com a modernização e os avanços tecnológicos é que este pode ser disponibilizado para comércio, onde se apresenta atualmente em vários tamanhos e formas.

Desse modo, na realização das atividades topográficas essa tecnologia se apresenta como um novo método que auxilia na construção dos produtos cartográficos por meio da locação de uso do solo, projetos de infraestrutura, cadastro urbano e rural, análise ambiental, entre outras atividades. Além disso, por meio do VANT's essas tarefas podem ser efetuadas em menor tempo, se comparado ao trabalho manual assim como, de forma mais detalhada, dependendo da resolução do equipamento utilizado. Também, vale ressaltar, que este equipamento pode realizar voos em regiões que antes eram consideradas de difícil acesso pelas condições físicas e climáticas, de modo seguro e prático.

O estudo de caso demonstrou que para a utilização de VANT's se faz necessário realizar um levantamento topográfico em uma região a ser estudada no intuito de captar imagens da mesma; planejar e execução do voo; as modificações que podem ser feitas no equipamento além, do produto formado em decorrência do levantamento, MDE(Modelo Digital de Elevação) onde se pode compreender de maneira detalhada o comportamento da superfície do terreno no local estudado. Com isso, conclui-se que para a topografia esse equipamento se mostra como uma ferramenta de suma importância, que viabiliza a realização dos levantamentos topográficos em regiões de difícil acesso, de forma detalhada, prática e precisa.

O trabalho aborda o uso do VANT como uma alternativa para os trabalhos topográficos, a utilização desta tecnologia vem ganhando força devido ao custo benefício por um serviço mais completo e detalhado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. C. **Estudo sobre o uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) para mapeamento aéreo com fins de elaboração de projetos viários.** Universidade Católica de Pernambuco. Recife, 2014. Disponível: <http://files.labtopope.webnode.com/200000913cbde3ccd7b/Almeida_VANT_4.pdf>. Acesso: 10 de Abr.2017

BASSO, G. **Proposta para fornecimento de potência a um drone multirotor através de motor a combustão interna.** Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2015. Disponível: <<https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/2258>>. Acesso: 08 de Abr.2017

BEZERRA, DUTRA L. A.; NETO, M.; CARVALHO, R.P. **Topografia com drones: A tecnologia a serviço da engenharia.** Faculdade Pitágoras – Fama. São Luiz, 2017. Disponível: <<https://pt.scribd.com/document/342808758/topografia-com-o-uso-de-drone>>. Acesso: 15 de Mar.2017

BISPO, C. C. **A utilização do veículo aéreo não tripulado nas atividades de segurança pública em Minas Gerais.** Fundação João Pinheiro. Belo Horizonte/MG, 2013. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/Documentos/Artigos/TCC%20-%20Cap%20Christiano%20-%20122.631-5%20-%20CESP%20II-2012.pdf>. Acesso: 03 de Dez. 2017

CÂNDIDO, A. K. A. A.; ENCINA, C. C. C.; SCHLICHTING, A. F. **Modelo Digital de Superfície gerado a partir de imagens de VANT.** Anais 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, Campo Grande, MS, 2014, p.296 -303. Disponível: <<https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2014/cd/p48.pdf>>. Acesso: 10 de Abr. 2017

CANGUSSU, A. A. D.; CAMPANO, JR.M. **Quadricóptero:** um projeto de veículo não-tripulado. Journal of Exact Sciences, V.4, n.1. p.07-16 (Jan - Mar 2015). Disponível: <<http://www.mastereditora.com.br/je>>. Acesso: 10 de Mar.2017

DIAS, G. M. **Levantamento de limites do imóvel rural com uso de VANT, Eldorado do Sul – RS.** Universidade do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014. Disponível: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/114676>>. Acesso: 10 de Abr. 2017

FERREIRA, A. M. R.; ROIG, H.L.; MAROTTA, G.S. **Utilização de aeronaves remotamente pilotadas para extração de mosaico georreferenciado multiespectral e modelo digital de elevação de altíssima resolução espacial.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013. Disponível: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1264.pdf>>. Acesso: 12 de Abr. 2017

FIGUEIRA, N. M.; JUNIOR, O.T.; SIMÕES, E. V. **MOSA (Mission-Oriented Sensor Arrays): uma nova abordagem para o sensoriamento remoto embarcado.** *Revista Cartográfica*; Technology Collection, 2015; pg. 211-229. Disponível: <<http://search.proquest.com/openview/a01f10eb9c665cc62cd7a5f5559f78e4/1?pq-origsite=gscholar&cbl=35026>>. Acesso: 10 de Mar. 2017

GONÇALVES, A.; PINTO, H.; COSTA, J. **Utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados para a realização de Modelos Digitais de Terreno. Caso de Estudo do Alto Hama.** VIII Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia. 2015. Disponível: <<http://docplayer.com.br/11255473-A-utilizacao-de-veiculos-aereos-nao-tripulados-para-a-realizacao-de-modelos-digitais-de-terreno-caso-de-estudo-do-alto-hama.html>>. Acesso: 20 de Mar. 2017

GONÇALVES, G.; DUARTE, D.; PÉREZ, J.A.; **Avaliação da qualidade e adequabilidade de MDS obtidos por Drones LOW-COST na monitorização topográfica de dunas primárias.** Researchgate.net, 2016. Disponível: <<https://www.researchgate.net/publication/303019788>>. Acesso: 15 de Mar. 2017

GONÇALVES, G.; SANTOS, S.; DUARTE, J. **Utilização de geotecnologias na monitorização topográfica da erosão costeira.** I SEMINÁRIO INTERNACIONAL UAV, Lisboa, 2016. Disponível: <https://www.researchgate.net/publication/296696146_UTILIZACAO_DE_GEOTECNOLOGIAS_NA_MONITORIZACAO_TOPOGRAFICA_DA_EROSAO_COSTEIRA>. Acesso: 10 de Abr. 2017

HENRIQUES, M. J.; BRAZ, N.; ROQUE, D. **Nuvens de pontos e ortomosaicos. A sua utilização num laboratório de engenharia civil.** VIII Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia. 2015. Disponível: <http://viiicnccg.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/VIIICNCCG/cnccg2015_comunicao_1.pdf>. Acesso: 10 de Mar. 2017

JERONYMO, A. C.; PEREIRA, P. B. A. **Comparação de métodos de levantamento topográfico, utilizando escâner a laser, estação total e fotogrametria terrestre.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2015. Disponível: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4813>>. Acesso: 10 de Mar. 2017

LAJÚS, C. R.; LUZ, G. L.; JACOSKI, C. A., ECHER, G. **Prospecção de patentes relacionadas ao uso de VANTs como inserção tecnológica na agricultura de precisão**. X Congresso Brasileiro de Agroinformática, 2015. Disponível: <https://www.researchgate.net/profile/Claudio_Jacoski/publication/283259837.pdf>. Acesso: 10 de Abr. 2017

LIMA, D. F.; JUNIOR, A. M. S.; SILVA, M. M. N. **A utilização de VANT (Drone) para fins de regularização fundiária urbana de interesse social**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2016, Paraná, 2016. Disponível: <[http://www.confea.org.br/media/contecc2016/civil/a%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20vant%20\(drone\)%20para%20fins%20de%20regulariza%C3%A7%C3%A3o%20fundi%C3%A1ria%20urbana%20de%20interesse%20social.pdf](http://www.confea.org.br/media/contecc2016/civil/a%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20vant%20(drone)%20para%20fins%20de%20regulariza%C3%A7%C3%A3o%20fundi%C3%A1ria%20urbana%20de%20interesse%20social.pdf)>. Acesso: 20 de Abr. 2017

Manual do Usuário. **Phantom 2**. Disponível: <<http://img.submarino.com.br/manuais/123143263.pdf>>. Acesso: 10 de Abr. 2017

MENESES, L. F.; FIGUEIREDO, E. C. T. P.; LEITE, E. P. F. **Ortorretificação de fotografias aéreas de pequeno formato obtidas com câmara digital convencional**. II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife - PE, 2008. Disponível: <https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII_CD/Organizado/sens_foto/025.pdf>. Acesso: 26 de Mar. 2017

MONTEIRO, L. R. **Otimização de um sistema de transportes de medicamentos via UAV (Drone) entre hospitais do Rio de Janeiro**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016. Disponível: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10018400.pdf>>. Acesso: 18 de Abr. 2017

PALERMO, R. A.; LEITE, T. C. **Integração de levantamento fotogramétrico aéreo com o uso de VANT e levantamento fotogramétrico terrestre para o mapeamento tridimensional das ruínas de São Miguel das Missões**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013. Disponível: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/77752>>. Acesso: 15 de abr. 2017

PEGORARO, A. J. **Estudo do potencial de um veículo aéreo não tripulado/quadrotor, como plataforma na obtenção de dados cadastrais**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013. Disponível: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/107440>>. Acesso: 20 de Abr. 2017

PEGORARO, A. J.; GUBIANI, J. S.; PHILIPS, J. W. **Veículo Aéreo não Tripulado: Uma Ferramenta de Auxílio na Gestão Pública**. Simposio Argentino de Informatica y Derecho, SID 2013. Disponível: <<http://42jaiio.sadio.org.ar/proceedings/simposios/Trabajos/SID/14.pdf>>. Acesso: 10 de Abr. 2017

REDWEIK, P. **Fotogrametria Área**, Departamento de Engenharia Geografica e Energia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 2007. Disponível em: <http://snig.igeo.pt/snig-educ/ficheiros/Paula%20Redweik/>. Acesso: 12 de Abr. 2017

SILVA, C. A. **Avaliação da acurácia dos ortomosaicos e modelos digitais do terreno gerados por VANT e sua aplicação no cálculo de volume de pilhas de rejeito da pedra cariri**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015. Disponível: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/20034>>. Acesso: 15 de Abr. 2017

SILVA, E. T. J. B. **Veículos aéreos não tripulados: panorama atual e perspectivas para o monitoramento de atividades ilícitas na Amazônia**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013. Disponível: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1457.pdf>>. Acesso: 10 de Abr. 2017

SOUZA, G. **Análise da viabilidade do uso de VANT para o mapeamento topográfico e de cobertura e uso da terra**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015. Disponível: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/134923>>. Acesso: 15 de Abr. 2017

VENTURINI, A. B. **imagens de veículos aéreos não tripulados aplicados para dimensionamento de redes de microdrenagem pluvial**. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS). Santa Maria, RS, 2015. Disponível: <http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2015/TCC_ANDRE%20BORIN%20VENTURINI.pdf>. Acesso: 25 de Mar. 2017

ZANETTI, J. **Influência do número e distribuição de pontos de controle em ortofotos geradas a partir de um levantamento por VANT**. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2017. Disponível: <<http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9808>>. Acesso: 05. Abr. 2017