



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CECA
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA

JAMES DE ANGELO PINTO JUNIOR

**APLICAÇÃO DO DRONE NA ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E PARA O
GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS: ABORDAGEM HISTÓRICO
LEGAL NO BRASIL**

Rio Largo/AL
2019

JAMES DE ANGELO PINTO JUNIOR

**APLICAÇÃO DO DRONE NA ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E PARA O
GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS: ABORDAGEM HISTÓRICO
LEGAL NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Agrimensura pelo Centro de
Ciências Agrárias da Universidade Federal de
Alagoas.

Orientador: Prof. Dr. Arthur C. F. Tavares

Rio Largo/AL
2019

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

P659a Pinto Junior, James de Angelo

Aplicação do drone na engenharia de agrimensura e para o georreferenciamento de imóveis rurais: abordagem histórico legal no Brasil / James de Angelo Pinto Junior – 2019.

37 f.; il.

Monografia de Graduação em Engenharia de Agrimensura (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2019.

Orientação: Dr. Arthur Costa Falcão Tavares

Inclui bibliografia

1. Georreferenciamento. 2. Imóveis rurais. 3. Vant - Mapeamento.
I. Título

CDU: 528

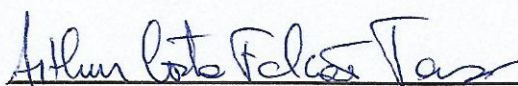
JAMES DE ANGELO PINTO JUNIOR

**APLICAÇÃO DO DRONE NA ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E PARA O
GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS: ABORDAGEM HISTÓRICO
LEGAL NO BRASIL**

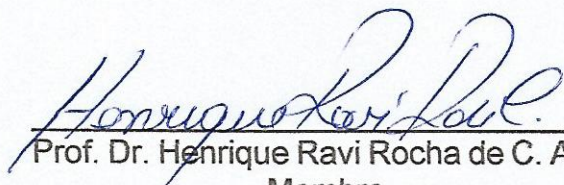
Trabalho de Conclusão de Curso para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Agrimensura pelo Centro de
Ciências Agrárias da Universidade Federal de
Alagoas.

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em: Rio Largo, 10 de abril de 2019.

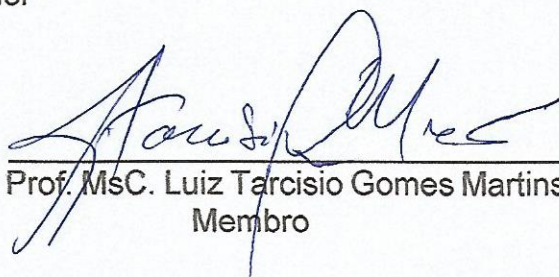
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Arthur Costa Falcão Tavares
Orientador



Prof. Dr. Henrique Ravi Rocha de C. Almeida
Membro



Prof. MSc. Luiz Tarcisio Gomes Martins
Membro

Rio Largo, AL
2019

DEDICATÓRIA

A todos que contribuíram de forma direta e indireta, estando envolvidos na minha graduação amigos, professores e familiares, em especial para meus pais, irmã e namorada que sempre me apoiaram nos momentos de dificuldade dando todo o suporte emocional, sempre me incentivando e acreditando no meu potencial.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores e funcionários da secretaria do curso de Engenharia de Agrimensura, CECA, CTEC e IGDEMA, que ao longo dos períodos de formação tiveram papel primordial para minha graduação acadêmica, instrução e aprendizagem. Ao Professor Arthur Costa Falcão Tavares, que aceitou me orientar, sempre disposto e atencioso em todos os momentos, paciente e com uma contribuição valorosa durante todo o projeto.

Ao meu pai, James de Angelo Pinto, Engenheiro Civil também graduado na UFAL, que além de um incentivador durante todo o curso, foi um colaborador do projeto.

“Inovar é fundamental para acompanhar o tempo e não ser devorado rápido por ele.”

Jaime Leitão, cronista, poeta, autor teatral e professor de redação.

RESUMO

O conteúdo descreve desde os primórdios da fotografia aérea com Félix Nadar, quando em um voo de balão de ar quente tirou fotos da cidade de Paris até as grandes inovações tecnológicas com a corrida armamentista da Primeira, Segunda Guerra Mundial e Guerra Fria, trazendo aeromodelos controlados remotamente capazes de sobrevoar grandes distancias, atingir altas velocidades, câmeras com maior capacidade de armazenamento e fotografias de melhor resolução, posição e localização georreferenciada. Ao decorrer do estudo, os Drones e VANTs revelam sua importância em diversas áreas (atividades agrícolas, produção de energia, minério, obras e etc), sendo bastante útil ao Engenheiro Agrimensor. Realizada a fotografia aérea, se faz necessário entender as configurações de imagem que vão determinar a qualidade do seu arquivo. Ao mapear será trabalhado o pixel na imagem (coordenadas x e y) e no terreno (coordenada z de elevação), podendo assim referenciar dentro da imagem onde cada pixel possui uma coordenada conhecida, e com isso, calcular áreas, perímetro, distancias, dentre outras quantificações, ou seja, trazendo pro nosso enfoque, Georreferenciar Imóveis Rurais atendendo aos critérios e exigências para o registro de imóveis rurais junto ao INCRA e a norma criada em 2018 que trata especificamente de aeronaves não tripuladas. Se mostrando uma ferramenta inovadora de excelente custo benefício e que proporciona agilidade ao serviço, e de bastante utilidade quando se trabalha com áreas de difícil acesso.

Palavras-chave: Georreferenciamento de áreas, Imóveis Rurais, VANTs, Drone, Mapeamento, Fotografias Aéreas.

ABSTRACT

The content describes from the beginnings of aerial photography with Félix Nadar when in a hot air balloon flight he took photos of the city of Paris to the great technological innovations with the arms race of the First, Second World War and Cold War, bringing controlled air-models remotely capable of flying over large distances, reaching high speeds, cameras with greater storage capacity, and photographs of better resolution, position and geo-referenced location. During the study, the Drones and VANTs reveal their importance in several areas (agricultural activities, energy production, ore, works and etc), being very useful to the Surveyor Engineer. Once aerial photography is done, it is necessary to understand the image settings that will determine the quality of your file. When mapping will be worked the pixel in the image (x and y coordinates) and in the terrain (elevation z coordinate), so you can reference inside the image where each pixel has a known coordinate, and with that, calculate areas, perimeter, distances, among other quantifications , that is, bringing our approach, georeferencing rural properties in compliance with the criteria and requirements for the registration of rural properties with INCRA and the standard created in 2018 dealing specifically with unmanned aircraft. If it is an innovative tool of excellent cost-benefit and that provides agility to the service, and of great utility when working with areas of difficult access.

Keywords: Georeferencing of areas, Rural properties, VANTs, Drone, Mapping, Aerial Photographs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração de Felix Nadar	11
Figura 2: Fotografia do Kettering-Bug	16
Figura 3: Foto da Bomba Voadora V-1 Nazista.....	17
Figura 4: Mapeamento com Drone ilustrado	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Erro posicional dos pontos de verificação com GSD de 4 cm	28
Tabela 2: Erro posicional dos pontos de verificação com GSD de 8 cm	28
Tabela 3: Erro posicional dos pontos de verificação com GSD de 10 cm	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVOS	10
2.1	Geral	10
2.2	Específico.....	10
3	REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1	COMEÇO DA FOTOGRAFIA AÉREA	11
3.2	GUERRAS MUNDIAIS E TECNOLOGIAS DE MAPEAMENTO E LOCALIZAÇÃO ..	13
3.3	DRONES E VANTS.....	18
3.3.1	Mapeamentos com Drones e imagem gerada	19
3.3.2	Geoprocessamento.....	21
3.3.3	Normatização Brasileira quanto ao Georreferenciamento de Imóveis Rurais	23
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
5	RESULTADOS	28
6	CONCLUSÃO.....	31
	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

O Geoprocessamento consiste em representar os dados espaciais transformando-os em informações que sirvam como “braço de apoio” para o profissional de diversas áreas, seja ela ambiental, urbana ou rural. No nosso enfoque o Georreferenciamento de imóveis rurais.

Ferramenta fundamental para aprimorar, planejar e desenvolver projetos, fazendo desta imprescindível quando se busca melhores resultados, a visão de um todo, abrangente que apoia as tomadas de decisões.

O Georreferenciamento é um método de controlar e mensurar quais são os limites das propriedades rurais no Brasil, realizar registro, identificar e localizar sobreposições de terras, com isto, o Geoprocessamento de natureza georreferenciada exige determinada precisão, e para isso houve uma normatização através da Lei Federal 10.267 de 28 de agosto de 2001, que estabeleceu uma série de critérios e exigências para o registro de imóveis rurais junto ao INCRA. A partir do ano de 2018, uma nova norma foi criada para tratar especificamente de aeronaves não tripuladas para georreferenciamento de áreas rurais, dando a possibilidade de utilizar os Drones para designação de vértices tipo V com determinada precisão, podendo também fazer o levantamento do que se tem nesta área, exigindo um uso mínimo de pontos de checagem devidamente identificados em campo e teste estatístico que comprove o nível de confiança do posicionamento. Ficando claro também que somente profissionais habilitados junto ao INCRA e ao CREA (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia) para trabalhar com aerofotogrametria poderão assinar os trabalhos, através de ART, anotação de responsabilidade técnica.

Ao fazer uso de VANTs e Drones, utilizamos aplicações da fotogrametria, gerando dados que são extraídos das imagens de voo, trazendo informações qualitativas, quantitativas e de posição.

Segundo o Instituto de Tecnologia Aeronáutica Remotamente Controlada (ITARC), os Drones, aeronaves não tripuladas que recebem comandos via rádio, infravermelho ou coordenadas pré-definidas por GNSS (Global Navigation Satellite System), tem aparência variada (pequenos jatos ou miniaturas de helicópteros) e que traduzindo do inglês tem o significado de “zangão” devido ao seu ruído.

Bencke & Perez (2017), diz que “As aplicações desta tecnologia hoje são as mais diversas: agricultura de precisão, segurança, vigilância”. E assim como tal, se

abrangeu até chegar na área de georreferenciamento de imóveis rurais com fácil geoprocessamento de dados, onde ortofotocartas são geradas com simplicidade para identificação de sobreposição em terrenos, limites e topografia do local.

De acordo com o Professor Dr. Amilton Amorim da Universidade Estadual Paulista – UNESP (2016), os resultados obtidos a partir de seus estudos demonstram que é possível atender às exigências estabelecidas pela Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA, a partir de levantamentos com VANTs e Drones. Neste posicionamento só é possível representar os vértices do tipo virtual, possibilitando assim, o levantamento de limites naturais, artificiais e os inacessíveis.

O Manual de Posicionamento do INCRA já prevê a utilização de posicionamento por sensoriamento remoto, através da aerofotogrametria para execução dos serviços de georreferenciamento de imóveis rurais.

“A melhor precisão exigida pela norma técnica do Incra é de 50 cm e o padrão mais restritivo de exatidão cartográfica de produtos digitais no Brasil é 28 cm. Tudo o que medimos sobre o mosaico de fotografias temos uma incerteza de apenas 13,8 cm, demonstrando a qualidade da tecnologia que começamos a utilizar”.

(CUNHA, 2018).

A planta e o memorial descritivo das parcelas, podem ser extraídos a partir dos levantamentos geoprocessados. Documentos esses que são requisitos básicos para a emissão de domínio da terra e títulos definitivos para registro do imóvel em cartório.

“A incorporação de Veículos Aéreos Não Tripulados acelera os serviços de georreferenciamento. Antecipamos em dias o que levaríamos meses para fazer e isso se reflete no melhor atendimento aos assentados. Em um tempo muito menor, conseguimos elaborar mapas e documentos necessários à titulação e à segurança jurídica das famílias que estão naquela terra”.

(FONZAR, 2018).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 GERAL

Transmitir de forma clara e objetiva toda a conceituação de linha temporal, evolução histórica e normatização brasileira para o uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs) sob a visão de geotecnologia com enfoque para aquisição de dados para levantamentos georreferenciados e manipulação de arquivos com fim de geoprocessamento de informações.

1.1.2 ESPECÍFICOS

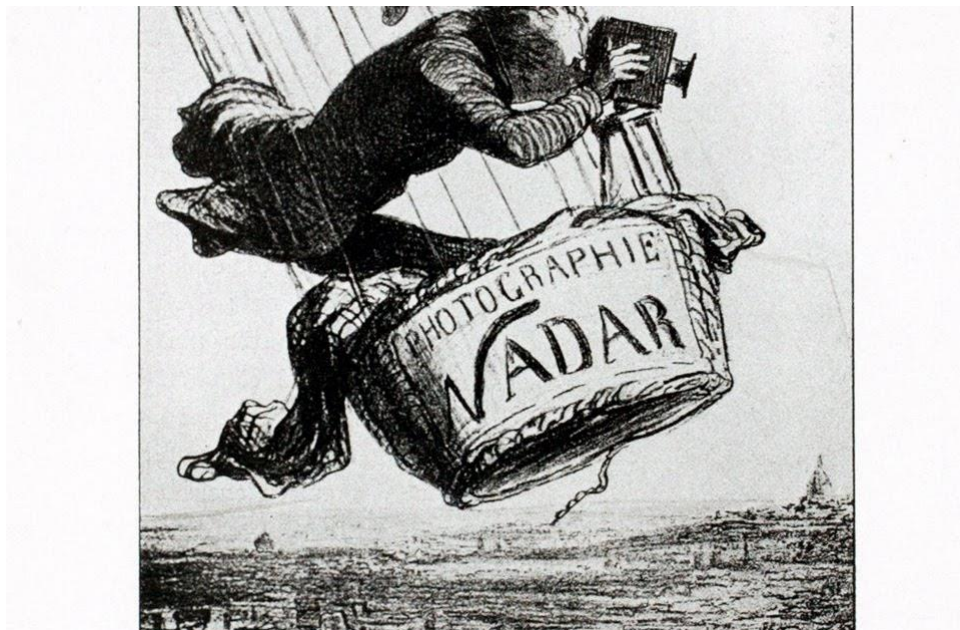
Salientar a importância de se atualizar nas novas tendências do mercado de trabalho do Engenheiro Agrimensor, identificar quais os prós e contras do uso desta tecnologia e trazer conclusões através de uma análise teórica do uso da ferramenta numa situação de campo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 COMEÇO DA FOTOGRAFIA AÉREA

Desde o século XIX há registro de fotografias aéreas, quando em um voo de balão de ar quente, Félix Nadar, pseudônimo de Gaspard-Félix Tournachon, ilustrado na Figura 1, ficou conhecido como o pioneiro em fotografia aérea, ao fazer fotos da cidade de Paris em meados de 1853 (THÜRLEMANN, 2011).

Figura 1- Ilustração de Felix Nadar.



Fonte: Blog Cultura Aeronáutica (2018)

Melhorias na tecnologia fotográfica tornaram mais fácil levar as câmeras aos céus. Além de balões de ar quente, os primeiros pioneiros também usaram pipas, pombos e foguetes para transportar suas câmeras no alto (History of Aerial Photography, 2015).

Cartões postais foram criados, com imagens aéreas registradas por pequenas câmeras que pombos-correios carregavam em seus pescoços, dispositivo inventado por Julius Neubronner, cartões que ficaram conhecidos como “vista a voo de pássaro”. (THÜRLEMANN, 2011).

Ed Archibald, meteorologista inglês, foi um dos primeiros a tirar fotos bem-sucedidas com papagaios em 1882. Ele usou uma série de pipas, com a câmera presa ao último. No ano de 1888, na França, Arthur Batut tirou fotografias aéreas de uma pipa, quando suspendeu sua câmera (modelo ainda bastante grande) em uma única

pipa e conseguiu uma fotografia temporizada automaticamente utilizando um fusível de combustão lenta que respondeu a um dispositivo acionado por elástico ao obturador alguns instantes após o lançamento da pipa (History of Aerial Photography, 2015).

A devastação de São Francisco na Califórnia, após o terremoto e o incêndio de 1906 foi capturada por George R. Lawrence, usando uma câmera acoplada a uma série de pipas bem acima da cidade. Sua câmera de grande formato especialmente projetada tinha uma placa de filme curvada e fornecia imagens panorâmicas, que permanecem algumas das maiores exposições aéreas já feitas. A câmera, que era grande e extremamente pesada, levou até 17 pipas para erguê-la a 2.000 pés no ar. Lawrence também usou escadas e torres altas para capturar fotografias "aéreas" de nível inferior (SCHULTZ, 2003).

A primeira fotografia aérea tirada de um avião foi em 1909, por Wilbur Wright. Ele estava na Itália, engajado em planos de marketing para o governo italiano, quando carregava um passageiro que fazia filmes do campo militar em Centocelli, perto de Roma (KAWAKUBO, 2005).

As fotografias aéreas possibilitam a obtenção de dados qualitativos (interpretação) e quantitativos (métricos) em diversas áreas da ciência e da engenharia, em especial ao Agrimensor onde a área carrega o maior enfoque e se configura mais abrangente, com aspectos que envolvem a fotogrametria, cartografia, sensoriamento remoto, mapeamento, georreferenciamento dentre outras constituindo matéria-prima de base para diversos objetivos. Para grande parte das áreas, o levantamento e análise das fotografias aéreas oferecem vantagem quando comparadas ao trabalho de campo. Trabalhos que envolvem áreas grandes, com terreno vasto, essas fotografias possibilitam a determinação de maneira rápida parâmetros que seriam difíceis, levariam tempo e trariam transtornos no caso de serem obtidos única e diretamente no campo.

Com o passar dos anos, vista a necessidade de inovar, novas funções e aprimoramento do sistema foram acrescentados e utilidades surgiram.

A história dos Drones lembra muito o surgimento da Internet. Podemos imaginar o mundo antes da internet, as grandes navegações, a forma como eram enviados as cartas cartográficas e os mapas. Sabemos que assim que começou a globalização, as distâncias encurtaram-se e uma revolução começou. Assim como a

popularização dos Drones irá revolucionar o mundo que conhecemos. (História dos Drones: do início aos dias de hoje, 2015).

2.2 GUERRAS MUNDIAIS E TECNOLOGIAS DE MAPEAMENTO E LOCALIZAÇÃO

A Guerra e a Tecnologia sempre estiveram juntas, é o que a história nos mostra ao longo dos anos, o conhecimento técnico científico se tornava uma vantagem em relação ao inimigo, seja com um poderio de fogo mais devastador como tendo a localização dos exércitos inimigos ou mapeando a área de conflito para explorar da melhor maneira e alcançar o êxito, assim se deu origem a diversas ferramentas que se tornaram úteis a sociedade atual, incorporando outros mecanismos e servindo de base para novos propósitos não armamentistas.

Segundo Dantas (2000), a tecnologia, conjunto de conhecimentos técnico e científico está presente desde a descoberta da primeira ferramenta que foi aprimorada após algum tempo, onde partir dela foram feitas outras ferramentas específicas.

Nesse período os aviões tinham como objetivo principal identificar bases inimigas e seus movimentos, isso era possível por meio da instalação de câmeras especiais aerofotográficas, assim poderiam antecipar as estratégias e as ações costumavam ser ideais na hora de estudar o inimigo e obter informações sobre os objetivos estratégicos.

Durante a Primeira Guerra Mundial, a fotografia aérea logo substituiu o esboço e o desenho pelos observadores aéreos. Os mapas de batalha usados por ambos os lados foram produzidos a partir de fotografias aéreas e, no final da guerra, os dois lados registravam a frente inteira pelo menos duas vezes por dia (History of Aerial Photography, 2015).

Câmeras especialmente projetadas para uso em aviões estavam sendo produzidas, incluindo detectores infravermelhos térmicos. Sherman Fairchild, foi pioneiro no campo da fotografia aérea, no período da Primeira Guerra Mundial, ele se interessou por fotografia aérea e, em março de 1919, completou uma câmera especializada para essa finalidade com um grande obturador entre as lentes, design este que melhorou significativamente a qualidade das imagens e se tornou padrão para sistemas de câmeras aéreas nos próximos 50 anos (NJDARM, 1997).

Segundo Exames Aéreos de Fairchild (2002), após o fim da guerra, a câmera aérea foi transformada para fins não militares. Fairchild tirou uma série de fotografias

sobrepostas e fez um mapa aéreo da ilha de Manhattan, mapa este que se tornou um sucesso comercial e foi usado por várias agências e empresas da cidade de Nova York. Os negócios com outras cidades seguiram, pois descobriram que suas pesquisas aéreas eram mais rápidas e muito viáveis economicamente quando comparadas as pesquisas terrestres.

A fotografia aérea então se mostrou ter diversos tipos de uso civis e poderia ser um empreendimento comercial muito bem-sucedido. Junto com sua câmera aérea que fazia sucesso, Fairchild também projetou e construiu aviões com cabines altas e fechadas como uma plataforma mais protegida e estável para tirar fotografias (NJDARM, 1997). Sua inovação, compromisso e visão com o negócio da fotografia aérea trouxeram um uso mais amplo de imagens aéreas e uma contribuição que gera benefícios até os dias atuais.

Dentre essas contribuições, posteriormente, a Fairchild Corporation produziu o sistema Apollo Lunar Mapping Camera (também conhecido como Metric Camera) para a NASA (National Aeronautics and Space Administration), projetado para fornecer fotografias de média a alta resolução da superfície lunar sob condições ensolaradas e fotos adquiridas da órbita lunar durante a missão. As imagens tinham um alto grau de precisão geométrica (isto é, múltiplas fotografias da mesma característica geográfica foram coletadas, bem como registros da orientação e altitude da espaçonave) para permitir a criação de mapas topográficos e geológicos detalhados da superfície lunar após o retorno do filme para a NASA no final de uma missão Apollo (LAWRENCE; STOPAR e ROBINSON, 2010).

Câmeras foram carregadas em Apollo 15,16 e 17, e enquanto os astronautas exploravam a superfície lunar, suas câmeras mapearam a lua (History of Aerial Photography, 2015).

A vigilância aérea se tornou um marco no aprimoramento da força tática. Analisou-se fotos costuradas em mosaicos para juntar e reconhecer o território. Exemplo disso é que, durante cinco meses na Batalha de Somme, o Royal Flying Corps registrou mais de 19.000 fotografias aéreas, culminando com 430.000 impressões, que melhorou o mapa, e a precisão forneceu liderança com maior consciência da situação (SHAW, 2015).

Durante a Primeira Guerra Mundial, tanto o Exército quanto a Marinha dos Estados Unidos da América experimentaram torpedos para combater ameaça de submarino e a partir de então surgiu o interesse do Exército também em torpedos

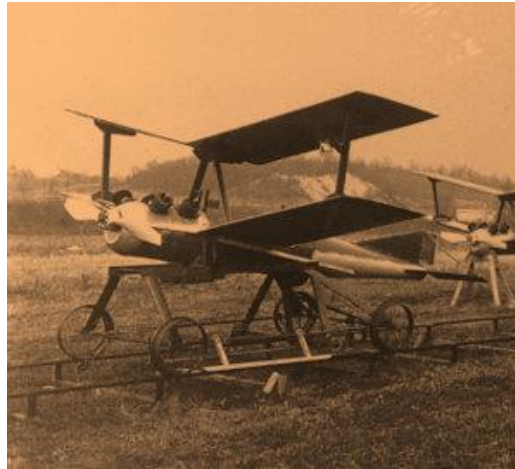
aéreos, havendo uma corrida tecnológica das nações envolvidas para obter vantagem na disputa. O exército estava procurando uma maneira de obter uma vantagem nos céus, os EUA entraram na Primeira Guerra Mundial com poucos recursos aéreos e começou a expandir, investindo nesses meios.

De acordo com o que se descreve em SHAW (2015), Sperry e Hewitt, no ano de 1915, criaram a “flying bomb” Curtiss-Sperry, que foi carregada com mais de 300 quilos de explosivos e projetada para viajar próxima dos 150 quilômetros por hora. Essas aeronaves usavam células de madeira, tecido e giroscópio ou contadores de revolução de hélice para transportar as cargas. Esta bomba voadora original provou valor das funções do piloto automático vinculado a uma unidade de giro-revelação, no entanto, as aeronaves de Curtiss-Sperry foram desenvolvidas rapidamente e nunca testadas no ambiente de voo e pouco avaliadas, tendo como resultado falhas em suas tentativas (EVERETT, 2015).

Ainda na primeira guerra, no início de 1917, após o insucesso da “flying bomb”, o exército americano pediu a Charles Franklin Kettering que projetasse outra “bomba voadora” não tripulada com capacidades de longo alcance. Kettering era um engenheiro e um membro de um conselho da Army Signals Corps encarregado de avaliar a aeronave anterior que carregava a “flying bomb” de Curtiss-Sperry. Kettering desenvolveu a “Kettering Bug”, que carregava uma ogiva de 80 kilos, e foi lançada através de um sistema Dolly-Track (espécie de trilho retrátil estabilizador que pode ser observado através da Figura 2), tinha comprimento aproximado de 3,8 metros e alcance de 65 quilômetros (Air Force Historical Research Agency, 1964). Seu uso se mostrou eficiente, O Bug Kettering foi projetado para ser guiado para o alvo por um sistema pré-definido e quando a aeronave se aproximou do seu fim de voo estimado, um controle especial fechado com circuito elétrico desligou o motor e lançou as asas para aeronave cair então na direção do alvo, com todos os seus explosivos a bordo detonando no impacto (KEANE e CARR, 2013).

Surgia então uma nova arma que prometia revolucionar não apenas esta guerra como as que estariam por vir, a exemplo dos foguetes nazistas na Segunda Guerra Mundial, e trazer ao planeta uma nova era tecnológica aeroespacial e que dava relevância a este ponto de vista para a sociedade.

Figura 2- Fotografia do Kettering Bug.



Fonte: National Museum of The United States Air Force (2018)

A natureza da Primeira Guerra Mundial fez o desenvolvimento de aeronaves não tripuladas se tornar atraente. Infelizmente para aqueles que desejavam ver o poderio de fogo, e felizmente vista a quantidade de consequências negativas e vidas perdidas, a guerra terminou antes que o sistema visse o seu uso em combate, devido a preocupações de confiabilidade e o risco de sobrevoar e atingir as tropas dos próprios aliados.

Durante os anos entre guerras, a falta de inovação em aeronaves não tripuladas afetou profundamente o desenvolvimento e a evolução dos veículos aéreos remotos (NEIBERG, 2005).

Em 1933, a Alemanha viu o advento de Adolf Hitler como chanceler, que prometeu devolver a Alemanha à sua glória anterior. Sob o seu controle, a Alemanha começou em um caminho de rápida militarização e rearmamento das forças navais e aéreas, desenvolvimento de recursos mecanizados como caminhões, aviões e tanques, proporcionou um novo nível de velocidade e alcance à guerra no ano de 1939 (FANNING, 1997).

O poder aéreo estava se tornando cada vez mais importante no planejamento e na prática da guerra mecanizada. Os grupos operacionais e de inteligências militares investiram no uso de VANTs, veículos aéreos não tripulados, durante a Segunda Guerra Mundial. As aeronaves mudam as noções do campo de batalha, gerando novas possibilidades de estratégia se mostrando indispensáveis como fator determinante para tomada de decisões dos comandantes.

Com comunicação via satélite para controlar as aeronaves de maiores e longas distâncias abriu-se novas considerações na guerra. A rápida chegada da tecnologia proporcionou uma nova revolução das forças armadas, permitindo a ação militar a distâncias significativas, evitando muitos combates físicos com exércitos e soldados.

Com o desenvolvimento pelos alemães da bomba voadora V-1, tornou-se uma exigência obter tecnologia do mesmo porte, iniciando uma corrida armamentista tecnológica.

A crença geral era de que o poderio aéreo tático poderia potencialmente levar à destruição de grandes centros populacionais. Alguns líderes da força aérea das grandes potências também acreditavam que o poder aéreo estratégico poderia encurtar as guerras e evitar a necessidade de exércitos e marinhas (STEPHENS, 2001).

Segundo ZALOGA (2008), Hitler estava procurando uma arma de retaliação para os numerosos bombardeios que a Alemanha estava recebendo dos britânicos em março de 1942. Produzira então o sistema alemão V-1, a aeronave que pode ser observada na Figura 3, tinha a capacidade de fazer voos remotos de outras aeronaves do mesmo tipo, sendo que carregava uma carga de uma tonelada de bombas, com o aprimoramento desta aeronave após entregar a arma ser capaz de retornar à base, isso foi um choque para as potências aliadas e estimulou a inovação aeronáutica nos Estados Unidos.

O projeto V-2, também conhecido como A4 por designação oficial, deu origem a era dos foguetes modernos e foi o programa militar mais caro da Alemanha. O primeiro lançamento bem sucedido do V-2 ocorreu e viajou para o mar, em 1942, cobrindo quase 200 quilômetros. Como o desenvolvimento continuou, os V-2 tornaram-se mais confiáveis e mecanicamente preciso (ZALOGA, 2005).

Figura 3- Bomba voadora V-1 Nazista.



Fonte: Blog Acervo Segunda Guerra (2018)

Nos Estados Unidos, os Drones eram originalmente produzidos pela Radioplane Company em 1944, para a prática de alvo anti-ataque aéreo, criando versões de drones de defesa.

Na Segunda Guerra Mundial, houveram numerosos exemplos de esforços fracassados e oportunidades perdidas no desenvolvimento de tecnologia não tripulada que poderia ter sido benéfica para o futuro. Podendo afirmar que a tecnologia não tinha “amadurecido” a um ponto de utilidade operacional ainda (SINGER, 2009).

“Nós acabamos de ganhar uma guerra com um monte de heróis voando em torno de aviões. A próxima guerra pode ser travada por aviões sem nenhum homem”. Declarou Henry “Hap” Arnold, General da Força Aérea dos EUA (USAF), após a rendição do Japão em 14 de agosto de 1945.

No conflito entre Estados Unidos da América e União Soviética, a Guerra Fria, as nações competiam diretamente pela hegemonia mundial. A luta pelo poder se formou em muitas frentes, incluindo: A política, economia, militar e até tecnológico. Proporcionando um enorme desenvolvimento tecnológico em diversos ramos como o aeroespacial, trazendo para a fotografia aérea, quando funcionavam como aeronaves de inspeção, instrumento estratégico de espionagem. O conflito onde não houve confronto armado e seu objetivo era a expansão da zona de influência dos sistemas econômicos (capitalismo e socialismo).

2.3 DRONES E VANTS

Um Drone é classificado como um veículo aerodinâmico com características especiais e muito semelhantes a de um avião, sua ideia inicial para o surgimento tinha objetivo bélico, como visto no capítulo anterior, os torpedos e bombas com motor próprio, utilizados em guerras no século XX. “A ideia com certeza era antiga: houve o ‘Curtiss-Sperry flying bomb’ e o ‘Kettering Bug’ no final da Primeira Guerra Mundial. E depois, obviamente, os V-1 e V-2 nazistas lançados sobre Londres em 1944” (CHAMAYOU, 2015).

O que há algum tempo só se via em filmes de ficção científica hoje se tornou cada vez comum para o engenheiro agrimensor, os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS) são cada vez mais explorados e contém uma enorme variedade de funções,

apresentando formas e tamanhos diferentes, já foram também utilizados em um amplo leque de iniciativas econômicas ao redor do mundo, contribuindo com atividades agrícolas, produção de energia, minério, obras, topografia, cadastro dentre tantas outras funções (SILVA, 2015; OLIVEIRA, 2011; SANTOS, 2011).

Hoje, soma-se o desenvolvimento da tecnologia de sensoriamento, captação de imagens, processamento de informações e sistemas eletrônicos de estabilidade e tem-se no mercado um nicho tecnológico bastante desenvolvido. Os apelos midiáticos indicam o uso dos VANTs como brinquedos e diversão, na forma de pequenos a médios aviões e helicópteros teleguiados que podem custar menos de 30 dólares, até aeronaves de uso em diversas operações delicadas, onde se pretende economizar tempo e mão de obra, ou não colocar pilotos em risco (ANDRADE, SPEDO e CARDOSO, 2013).

Através de câmeras e recursos mais avançados, um drone pode substituir aviões ou satélites na produção de fotos georreferenciadas de propriedades rurais e de suas lavouras, permitindo o dimensionamento das áreas de reserva legal ou de proteção permanente. Suas imagens e dados permitem ao agrimensor gerar mapas topográficos e modelos para nivelamento e drenagem, medir a altura das plantas e condições gerais da lavoura, localizar plantas daninhas, infestações de pragas etc (MESQUITA, 2014).

O equipamento permite a tomada de fotos de alta resolução com funcionamento via GPS e sensores de movimento embarcado.

As aplicações do Drone, dentro da ciência da topografia e engenharia de agrimensura tornam-se bastante úteis e seu campo de ação é muito amplo, pois é visível sua importância para coleta de dados, em áreas de gestão de cultivos na agricultura, serviços florestais e mapeamento em zonas de desmatamento e queimadas, cartografia e criação de mapas de diversos gêneros, geologia, topografia (utilizando da estereoscopia), controle e acompanhamento de obras, planejamento urbano, etc.

2.3.1 MAPEAMENTOS COM DRONES E IMAGEM GERADA

Para Fagundes e Tavares (1991), fotogrametria é a ciência aplicada que se propõe a registrar, por meio de fotografias métricas, imagens e objetos que poderão ser medidos e interpretados.

Já em outros conceitos, pode-se definir fotogrametria como “a ciência e a arte de se obterem medidas dignas de confiança por meio de fotografias” (MARCHETTI; GARCIA, 1989). Já Loch e Lapolli (1989) ampliam esse contexto e definem fotogrametria como sendo “a ciência e a tecnologia de obter informações seguras acerca de objetos físicos e do meio, através de processos de registro, medição e interpretação das imagens fotográficas”.

A Fotogrametria com Drones tornou-se uma ferramenta fácil e rápida para se obter dados no campo, não sendo necessárias equipes e substituí-las por apenas um pesquisador de campo, apesar de que tem sido demonstrado que, embora esta técnica traga relativamente bons resultados, ainda não foram alcançadas precisões de modo que se possa fazer todos os tipos de levantamentos para a construção civil, mas com precisão suficiente para georreferenciar imóveis rurais visto que se adequa as normas em vigor no país para os registros.

Na fotogrametria, fica clara a finalidade e a necessidade de entender o significado e o que se pode extrair de informações e dados relevantes a partir da imagem gerada no voo, daí precisa-se interpretar os elementos presentes na figura, a fotointerpretação.

MARCHETTI e GARCIA (1989) afirmam ser imprescindíveis as atividades de fotointerpretação de qualquer região o estudo da localização e condições de rios, pontes, estradas dentre outros aspectos importantes, informações que contenham esclarecimentos sobre a configuração de solo e seu conjunto, orientação geral das serras, forma, altitude e declive das elevações, natureza do solo, vegetação e hidrografia, sendo a análise de todos estes fatores combinados.

O padrão, tamanho, textura, tonalidade e forma das feições aliada ao reconhecimento de configurações são fatores básicos para fotointerpretação, sendo o último mais importante, segundo CARVER (1982), na identificação visual de determinados objetos numa fotografia aérea vertical.

A qualidade das imagens geradas por VANT e sua precisão de posição, pode ser constatada já a partir das primeiras imagens geradas, de acordo com Marcelo José Pereira da Cunha (2017), chefe da Divisão de Ordenamento da Estrutura Fundiária do Incra/MG e coordenador do grupo nacional dos Veículos Aéreos Não Tripulados.

A precisão do GPS é fundamental quando se deseja obter dados precisos, confiáveis e que atenda as normas, devido a isso o trabalho final pode ser obtido através de pontos de controle no terreno. Estes pontos devem estar distribuídos de

forma homogênea sobre o território objeto de estudo, para se obter o mínimo de erro possível, e ficar dentro da margem aceitável, identificar as formas e elementos característicos da área.

A escolha da escala da imagem é fundamental quando se deseja obter bons resultados, sendo utilizada aquela onde se possa visualizar todos os elementos desejados.

As condições atmosféricas são outros fatores que afetam bastante o levantamento, podendo ocasionar erros na coleta de dados, procedimentos de voo devem estar condicionados à meteorologia, visto que os Drones tem pouco peso o que os torna vulneráveis a velocidade do vento fazendo com que percam estabilidade e a posição da fotografia pode mudar o que poderia alterar o resultado, tornando-o tecnicamente incorreto (FENERCOM, 2015). É importante ao realizar o voo seguir as instruções do manual para se orientar, onde são indicadas as calibrações e verificações necessárias do sistema, com o propósito de minimizar erros e garantir a qualidade dos resultados obtidos.

Alguns dos erros com uso e aplicação dos VANTs só podem ser corrigidos pelo uso de pontos de controle ou checagem no solo com coordenadas conhecidas. Alguns desses pontos usados para calibração e outros para verificar os resultados.

Com os dados georreferenciados de imagens geradas, em software (como o Agisoft Photoscan, por exemplo), é feito o alinhamento destas imagens, criação de nuvem de pontos, construção de modelo e textura para obtenção de uma ortofoto. Em seguida sendo realizada a filtragem de dados para definir o MDT (Modelo de Terreno) caso o levantamento precise do demonstrativo de topografia do local.

Para diminuir os erros, vários pontos de controle são definidos para aumentar a precisão do levantamento e por fim gerar um relatório de dados.

2.3.2 GEOPROCESSAMENTO

Segundo Silva (2004), o Geoprocessamento pode ser definido como uma tecnologia, isto é, um conjunto de conceitos, métodos e técnicas erigido em torno de um instrumental tornado disponível pela engenhosidade humana. Pode ser considerado um ambiente tecnológico e abrangente, sendo o conjunto de técnicas relacionadas com coleta, armazenamento e tratamento de definições espaciais e

georreferenciadas para serem utilizadas em sistemas específicos a cada aplicação que, de alguma forma, utiliza-se do espaço físico geográfico (CÂMARA, 1996).

O Geoprocessamento trata das técnicas empregadas durante a aquisição, armazenamento, processamento, representação e interpretação dos dados espaciais, isto é, que são possíveis de serem referenciados geograficamente (georreferenciados).

Com a obtenção de dados a partir das fotografias aéreas (dados espaciais mencionados no parágrafo anterior e bem ilustrados posteriormente na Figura 4), pode-se criar mapas cadastrais com a digitalização das ortofotocartas georreferenciadas e criar sistemas de informações geográficas ao processar esses dados em softwares comuns como o AutoCad (ferramenta capaz de produzir desenhos 2D e modelagens em três dimensões), ArcGis, Qgis (ferramentas estas últimas, capazes de criar mapas temáticos, combinando e relacionando diferentes elementos georreferenciados no espaço) dentre outros que possibilitam tal manuseio.

Uma vez que os dados são coletados e reproduzidos em software, para processá-los, o sistema de coordenadas usado no processo de aquisição de dados deve primeiro ser conhecido, e a posição de cada uma das fotografias incorporadas no processo. Se as coordenadas forem locais, o software deve ser configurado previamente para não produzir deformações nos resultados (FENERCOM, 2015).

De acordo com o Artigo *Los Drones y sus aplicaciones a La ingeniería civil* (2015) o software de desenho auxiliado por computador tem como objetivo criar e editar objetos, a partir da nuvem de pontos que você pode criar um Modelo de Superfície (MDS) alcançando diferentes estilos como linhas de contorno, modelo de elevação ou modelo de inclinação. Além disso, você pode configurar os estilos seguindo os intervalos desejados pelo usuário e visualizar qual área foi mapeada. Se dentro dela existirem objetos como construções ou árvores que não querem ser representados e que não foram eliminados pelo algoritmo MDS para MDT (Modelo Digital do Terreno), a estrutura da nuvem de pontos e, portanto, a superfície podem ser modificadas, podendo traçar curvas de nível.

Ao realizar a análise espacial da área, há uma série de procedimentos em software que permitem cálculos entre as diferentes variáveis, sendo o seu resultado a obtenção de novos dados. Os procedimentos mais comuns são as áreas de influência, a superposição de outras camadas de informação, o modelo de elevação digital, o modelo de terreno digital ou análise de vizinhança, dentre outros (FENERCOM, 2015).

Figura 4 - Mapeamento ilustrado.



Fonte: Imagens do Google (2019).

Drones são comumente usados para trabalhos de engenharia que exigem precisão aceitável para estudos preliminares e locais com características geográficas de difícil acesso facilitando a aquisição. São ferramentas que aceleram alguns processos, devido ao seu tamanho e ser controlado por um único indivíduo, além da opção de poder adaptar mais acessórios e ferramentas que complementam as suas funções para tornar a coleta de dados mais intuitiva e precisa (criação de pontos de controle, por exemplo), utilizando como radares, GPS, scanners a laser, câmeras e etc. (FENERCOM, 2015).

2.3.3 NORMATIZAÇÃO BRASILEIRA QUANTO AO GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS

O georreferenciamento é uma obrigação imposta ao proprietário rural em decorrência da Lei nº 10.267/2001, lei que não existe de forma autônoma, sendo imposta na Lei dos Registros Públicos que determina o georreferenciamento do imóvel rural, e ainda exige que o polígono resultante do georreferenciamento não se sobreponha a nenhum outro já certificado pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária).

A normatização através da Lei Federal 10.267 de 28 de agosto de 2001, que estabeleceu uma série de critérios e exigências para o registro de imóveis rurais junto ao INCRA e ficou definido que: a identificação do imóvel rural se dá por meio da correta descrição dos seus limites (segmentos de reta interligados por vértices, sendo estes, descritos por seus respectivos códigos e valores de coordenadas), cálculo de

área realizado com base nas coordenadas referenciadas ao Sistema Geodésico Local (SGL), coordenadas dos vértices definidores dos limites do imóvel devem ser referenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro - SGB, vigente na época da submissão do trabalho, Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000), e respeitados os padrões de precisão.

De acordo com a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (2013), os valores de precisão posicional a serem observados para vértices definidores de limites de imóveis são de: melhor ou igual a 0,5 m para vértices situados em limites artificiais; melhor ou igual a 3,0 m para vértices situados em limites naturais; e de valores melhores ou iguais a 7,5 m para vértices situados em limites inacessíveis.

Em 19 de janeiro de 2018, o INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), elaborou uma norma específica que estabelece critérios para aplicação e avaliação de produtos gerados a partir de aerofotogrametria para determinação de coordenadas de vértices definidores de limites de imóveis rurais (DRONESHOW, 2018).

Ficou estabelecido que ao utilizar aerofotogrametria para fins de georreferenciamento de imóveis rurais, deve ser realizada avaliação da acurácia posicional absoluta, obedecendo-se estes critérios: uso de no mínimo 20 pontos de checagem/verificação, que deverão ser devidamente identificados em campo; teste estatístico que comprove a normalidade das discrepâncias posicionais planimétricas ao nível de confiança de 95%, usando o método de Shapiro-Wilk, teste de tendência ao nível de 90%, usando o teste t-student que comprove a não-tendenciosidade; 100% das discrepâncias posicionais serem menores ou iguais à precisão posicional correspondente a cada tipo de limite (Norma de Execução Incra/DF/02).

Na sequência, o INCRA também definiu que, o responsável técnico pelo trabalho deverá arquivar e manter relatório de processamento do levantamento aéreo; relatório de controle de qualidade posicional com a avaliação da acurácia posicional absoluta; imagens aéreas ortorretificadas; e a licença, habilitação e homologação das agências e órgãos reguladores. As licenças e homologações são essenciais para a execução de qualquer serviço com VANTs. Todas as informações necessárias para o licenciamento e homologação podem ser encontradas no site do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

Para finalizar, a nova Norma permite que sejam usadas fotografias aéreas para determinação de vértices em limites por cerca e vértices referentes a mudanças

de conformação. Por outro lado, mantém a restrição de aplicação de aerofotogrametria para determinação de vértices do tipo M (vértice cujo posicionamento é realizado de forma direta e é caracterizado e materializado em campo por um marco de concreto, rocha, metal ou material sintético) (DRONESHOW, apud MUNDOGEO; 2018).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Todo o estudo se faz através de pesquisa, revisões de literatura e referenciação com textos de livros, artigos, revistas, vídeos e depoimentos relevantes de autores e pessoas ligadas a área correspondente ao tema. Inicia-se através do entendimento do significado de Georreferenciamento, que consiste na localização de uma imagem ou arquivo vetorial no espaço, definida por um sistema referencial de coordenadas conhecido. Com imagens raster, uma forma comum de georreferência é indicar o sistema de referência (latitude/longitude), dos cantos superiores e inferiores, esquerdo e direito da imagem (EASTMAN,1995).

Nesse objeto de estudo o imóvel rural a ser considerado nos serviços de georreferenciamento é aquele objeto do título de domínio, bem como aquele passível de titulação (NTGIR, 2013).

O Levantamento para mapear a área realizar-se-á com Drone adaptado por sensores e GPS auxiliando na captura de imagens com câmera de boa resolução, e capacidade de compensar erros para o processamento.

Na etapa de coleta de dados através da aeronave, para melhor resultado da imagem obtida são necessários pontos de apoio em terra, ou pontos de controle, estes extraídos através de equipamentos externos ao VANT, como estações totais ou GNSS, e suas posições reconhecidas na fotografia (ROCHA, 2000). Essa rede de controle é necessária e servirá de controle vertical e horizontal da ortofoto. Para isto, os pontos de controle devem ser bem visualizados, reconhecidos facilmente e em locais favoráveis na fotografia, evitando que fiquem ocultos em algumas das fotos durante o voo.

Para compreensão e dimensionamento da qualidade dos dados, é necessário entender que as imagens se dividem em Pixel (Picture Element) e GSD (Ground Sample Distance), que definem a resolução e são conceitos básicos para configuração de imagem, onde o pixel é a menor unidade de uma imagem digital e o GSD a representação do pixel em unidades de medida, essa relação que vai determinar a qualidade.

Conforme COSTA e AMORIM (2009), O GSD (Ground Sample Distance) médio é uma das variáveis mais importantes a ser previamente definida no mapeamento aéreo, responsável pelo nível de detalhamento desejado nas ortofotos.

Ele é a representação do pixel de uma imagem em unidades de terreno, e está relacionada diretamente à altitude de voo.

O Pixel é a menor unidade de uma imagem e define sua resolução, enquanto que o GSD é a dimensão do pixel na imagem obtida, portanto podemos deduzir que quanto menor a dimensão do pixel, maior será o nível de detalhamento.

No mapeamento, será trabalhado o pixel na imagem e no terreno. A imagem por sua vez, possui um sistema de referência coluna/linha com coordenadas de dados planimétricos ("x" e "y"), podendo assim se referenciar dentro da imagem onde cada pixel possui uma coordenada conhecida, e com isso, poder calcular áreas, perímetro, distancias, dentre outras quantificações, ou seja, georreferenciar. Para a elevação (coordenadas "z"), será utilizada a estereoscopia para se ter a noção de profundidade. Este produto será trabalhado em um plano tridimensional de sobreposição de imagens para cálculo de volumes e alturas.

Durante a modelagem podem ser extraídos o MDS (Modelo Digital de Superfície) e o MDT (Modelo Digital do Terreno), este último sendo necessária uma filtragem para assim serem traçadas as curvas de nível do local da maneira correta.

Na prática, o plano de voo é realizado previamente em software sendo demarcada a área na qual o Drone vai sobrevoar e ser traçado o percurso do aparelho, considerando o tamanho do pixel, altura de voo e pontos delimitados de captura de imagens.

4 RESULTADOS

Para uma constatação sólida, foram levantados alguns experimentos de campo realizados por outros autores e demonstrados em trabalhos e artigos, onde procurou-se identificar de fato a eficácia ou não do objeto de estudo.

Em Amorim (2016), o artigo coloca um voo fotogramétrico que foi realizado utilizando Drone do modelo Ebee Sensefly, sendo as alturas de voo fixadas em 130 e 260 metros, que possibilitou aquisição de imagens com pixel de 4 e 8 centímetros de resolução espacial GSD (Ground Sample Distance), utilizando do Software Emotion2 para traçar o plano de voo.

A partir do processamento de dados em Software da Pix4D, foram gerados o modelo de superfície e as ortofotos. Onde esta última com GSD de 4 cm (5 pontos de controle e 7 de verificação) e com GSD 8 cm (7 pontos de controle e 14 de verificação) apresentou as discrepâncias entre as coordenadas medidas nos pontos de verificação e nas ortofotos geradas pelo Drone, através das tabelas 1 e 2 a seguir.

Tabela 1 – Erro posicional dos pontos de verificação com GSD de 4 centímetros.

Pontos de Verificação	ΔE (metros)	ΔN (metros)	ΔPlanimetria (metros)
M10	-0,097	-0,036	0,103
M11	-0,022	-0,074	0,077
M13	0,080	-0,051	0,095
M15	0,058	-0,065	0,087
M17	0,040	-0,024	0,047
M22	-0,065	0,019	0,068
M23	-0,081	0,047	0,094
Média	-0,012	-0,026	0,082
Desvio Padrão	0,072	0,045	0,019

Fonte: Utilização de VANT para o georreferenciamento de imóveis rurais (2016).

Tabela 2 – Erro posicional dos pontos de verificação com GSD de 8 centímetros.

Pontos de Verificação	ΔE (metros)	ΔN (metros)	ΔPlanimetria (metros)
M01	-0,054	-0,043	0,069
M03	-0,008	-0,012	0,014
M07	0,069	-0,044	0,082
M08	-0,007	-0,024	0,025
M10	-0,021	0,032	0,038
M11	-0,113	-0,015	0,114
M12	0,047	-0,058	0,075
M13	-0,032	0,134	0,138
M14	0,034	0,261	0,263
M15	0,014	0,139	0,140
M17	-0,054	0,052	0,075
M20	0,002	-0,030	0,030
M22	0,016	0,158	0,159
MOU2	0,001	0,008	0,008
Média	-0,003	0,044	0,088
Desvio Padrão	0,048	0,094	0,070

Fonte: Utilização de VANT para o georreferenciamento de imóveis rurais (2016).

Tendo como resultado na análise que a maior discrepância encontrada está na direção N do Marco M14 (0,261 metros) e em consequência um erro planimétrico maior (0,263 metros), atendendo às exigências do INCRA, que estabelece as coordenadas de vértices materializados possuam erro posicional inferior a 0,50 metros.

No levantamento geodésico utilizando receptores GNSS e de fotogrametria aérea, utilizando um VANT de pequeno porte, modelo SwingletCAM da marca Sensefly, realizado por CASSINI; DIAS e PEREIRA (2014), onde foram definidos 22 pontos apoio, devidamente distribuídos e demarcados de maneira que fossem evitados redutos de água e vegetação concentrada, na área do Assentamento São Pedro, e utilizou-se imagens com pixel de 10 centímetros.

O plano de voo foi planejado diretamente no Software do equipamento, Emotion, e a construção dos modelos digitais de elevação georreferenciada e fotocartas processados no Software PhotoScan.

Para demonstrar a qualidade das ortofotos, foram selecionados 12 pontos de verificação para mostrar as discrepâncias entre as coordenadas das imagens geradas no voo e os pontos de checagem, apresentados na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 – Erro posicional dos pontos de verificação com GSD de 10 cm.

Pontos de Verificação	ΔE (metros)	ΔN (metros)	ΔPlanimetria (metros)
1	-0,135	0,024	0,137
2	-0,238	-0,159	0,287
3	-0,098	0,063	0,116
4	-0,227	-0,053	0,233
5	-0,032	-0,006	0,032
6	0,279	0,017	0,279
7	-0,0004	0,033	0,033
8	-0,013	-0,111	0,112
9	-0,025	0,003	0,025
10	-0,154	0,073	0,171
11	-0,083	-0,029	0,087
12	-0,268	-0,011	0,268
Média	-0,083	-0,013	0,148
Desvio Padrão	0,146	0,068	0,098

Fonte: Levantamentos de Limites de Imóvel Rural com uso de VANT, RS (2014).

Observando-se como resultado da análise, que 90% dos pontos quando comparados apresentam erro inferior a 0,279 m, atendendo aos critérios de exigência posicional do INCRA, que estabelece erro inferior a 0,50 m para as coordenadas de vértices materializados.

Já segundo Marques e Souza (2018), o uso das aeronaves remotamente controladas no contexto do Georreferenciamento de imóveis rurais é mais vantajoso quando em áreas de grande porte, acidentadas e de difícil acesso, alagadas ou pantanosas, visto que o profissional habilitado precisa percorrer toda a delimitação do imóvel para a realização do serviço e em muitos dos casos sendo necessário atravessar rios, entrar em matas, utilizando de um GPS Geodésico para registrar as coordenadas geográficas de cada vetor, enquanto que com VANTs as imagens são capturadas remotamente seguindo as diretrizes do INCRA.

5 CONCLUSÃO

A formação inicial é apenas o primeiro passo para qualquer profissional, seja esse de qualquer área, a cada ano novas tendências surgem, aperfeiçoamentos, novas tecnologias e formas de efetuar o serviço de maneira mais prática, veloz, com um custo benefício maior, gerando menos gastos e apresentando resultados satisfatórios e confiáveis, mesmo que haja a necessidade de instalação de pontos de checagem para garantir uma melhor precisão do equipamento.

Nesse contexto fica evidente que a utilização de VANTs e Drones para projetos de Mapeamento, Georreferenciamento e Topografia, crescem a cada dia, com a fácil manipulação da tecnologia, que possui controles manuais simples e opção de traçar o plano de voo no computador, com um preço relativamente acessível e sem a necessidade da contratação de uma equipe, acelera o projeto e facilita o trabalho, viabilizando uma manipulação de imagem, visto que o próprio aparelho possui sensores que diminuem os erros proporcionados pelo ambiente em que vai se extrair os dados.

É uma nova tendência, que está se espalhando rapidamente e sendo utilizada por muitos profissionais ligados à área de Engenharia de Agrimensura. Observando e reconhecendo este crescimento, o INCRA estabeleceu novas normas para regular os levantamentos desta Geotecnologia, assim podemos chamar, modelos com câmeras de alta resolução, sistemas de localização precisos acoplados e comunicação via rádio.

A rápida disseminação, utilização e aprimoramento dos VANT's e Drones nos últimos anos, principalmente com o propósito de adquirir imagens aéreas, vem fazendo com que esses equipamentos tragam a Fotogrametria a ocupar um novo espaço no mercado que, por inúmeros ficava restrito aos levantamentos terrestres.

Os Drones são o futuro, tem muito a evoluir e já demonstram agilizar e automatizar os processos de Geoprocessamento e Georreferenciamento, também se mostrando bastante úteis principalmente quando o Imóvel está situado em áreas de difícil acesso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Air Force Historical Research Agency. *World's First Guided Missile: Kettering Bug. Speeches dedicating Kettering Bug to Air Force Museum*, Box K289.9201-1. March, 1964.

AMORIM, Amilton. *Utilização de VANT para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais*. I Seminário Internacional UAU (UNESP), 2016. Pág. 25-36.

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil. Instrução Suplementar no. 21-002. *Revisão A. Emissão de Certificado de Autorização de Voo Experimental para Veículos Aéreos Não Tripulados - VANT's*. SAR/GTPN. Brasil, 2012.

ANDRADE, Carlos Fernando S.; SPEDO, Jeferson; CARDOSO, Luciano Patino. *Drones – Questões Ambientais e Preocupações Relacionadas ao seu Uso*. *Revista Ciências Do Ambiente*. Volume 9, Número 2. Novembro, 2013.

BENCKE, Luciana Regina e PEREZ, Anderson Luiz Fernades *Artigo Rodovias Inteligentes: uma visão geral sobre as tecnologias empregadas no Brasil e no mundo*. 2017, p. 12.

BLOG ACERVO SEGUNDA GUERRA. *Imagens históricas*. Disponível em: < <http://acervosegundaguerra.blogspot.com/>>

BRASIL. Decreto Congresso Nacional. Lei no 10.267. *Coleção de Leis da República Federativa do Brasil*, Brasília, 28/ago. 2001.

BRASIL. *Norma Técnica para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais*. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA. 3ª edição. Brasília, 2013.

CÂMARA, G. *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica*. Instituto de Computação, UNICAMP. Campinas, 1996.

CARVER, A. J. Manual de Fotografias aéreas para Planejadores de uso da terra. Secretaria de Recursos Naturais/ Ministério da Agricultura; Brasília, 1995, p. 77.

CASSINI, J. P.; DIAS, G. M.; e Pereira, Marcelo. *Levantamentos de Limites de Imóvel Rural com uso de VANT, Eldorado – RS*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

CHAMAYOU, Grégoire. *Livro Teoria do Drone*. Ed. Cosac e Naify. 2015. p.35.

COSTA, L. G.; AMORIM, A. L. *Geração de Ortofotos para Produção de Mapas de Danos*. 2009.

CULTURA AERONÁUTICA, Blog com ilustração de Felix Nadar. Disponível em: <<http://culturaaeronautica.blogspot.com/2009/10/curiosidades-aeronauticas-ix.html>>

CUNHA, Marcelo J. Pereira. *Comentário a Assessoria de Comunicação Social do Inbra e a Equipe de Comunicação do Confea*. Divisão de Ordenamento da Estrutura Fundiária do INCRA de Minas Gerais; 2018.

DANTAS, M.E. *Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro*. Brasília, 2000 p. 63.

DECEA, *Departamento de Controle do Espaço Aéreo*; 2018. Disponível em:<<https://www.decea.gov.br/drone/>>

EASTMAN, J. R. *IDRISI: Exercícios tutorais*. J. Ronald Eastman. Editor da versão em português, Heinrich Hasenack. UFRGS - Centro de Ecologia, Porto Alegre, 1994 p. 109.

EVERETT, H. R. *Unmanned Systems of World Wars I and II. Intelligent Robotics and Autonomous Agents*. Cambridge, MA: The MIT Press, 2015 p.251.

FAGUNDES, M. P.; TAVARES, P. E. de M. *Fotogrametria*. In: *Congresso Brasileiro de Cartografia*, 15. São Paulo, 1991.

FANNING Jr, William J. *The Origin of the Term 'Blitzkrieg': Another View.*” *Journal of Military History*, no. 2. Abril, 1997 p. 283-302.

FENERCOM. *Los Drones y sus aplicaciones a La ingeniería civil*. Fundación de La Energía de La Comunidad de Madrid. Madri; Maio, 2015. Disponível em: <<https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Los-Drones-y-sus-aplicaciones-a-la-ingenieria-civil-fenercom-2015.pdf>>

FONZAR, Robson de Oliveira. *Comentário a Assessoria de Comunicação Social do Incra e da Equipe de Comunicação do Confea*. Superintendência Regional do INCRA de Minas Gerais; 2018.

História dos Drones: do início aos dias de hoje. Instituto de Tecnologia Aeronáutica Remotamente Controlada (ITARC), 2015. Disponível em: < <https://itarc.org/historia-dosdrones/>>

ITARC, *Instituto de Tecnologia Aeronáutica Remotamente Controlada*. 2019. Disponível em: <<https://itarc.org/>>

KAWAKUBO, Fernando Shinji. *Folheto Sensoriamento Remoto Aplicado à Geografia*. 2005, p.2.

KEAGLE, James M.; CAHALL, Bailey Ann. *Attack Of The Drones: Unmanned Aerial Vehicles As An Instrument Of War*. International Conference Of Scientific Paper Afases. Brasov. Maio, 2011.

KEANE, John e CARR, Stephen. *A Brief History of Early Unmanned Aircraft.*” John Hopkins APL Technical Digest, 2013 p. 558-561.

KRAUS, K. *Photogrametry: Advanced Methods and Applications*. 4th ed. Bonn: Dümmlers Verlag, 1997, p. 466.

LAWRENCE, Samuel; STOPAR, Julie e ROBINSON, Mark. *As Câmeras de Mapeamento da Apollo Lunar: Criando uma Nova Fronteira*. Arizona State University, junho de 2010.

LOCH, C., LAPOLLI, E. M. *Elementos básicos de fotogrametria e sua utilização prática*. 4º ed. Florianópolis, 1998 Editora da UFSC.

MARCHETTI, D.A.B; GARCIA, G. J. *Princípios de Fotogrametria e Fotointerpretação*. São Paulo, 1989 p. 13.

MARQUES, Grazziani Costa; SOUZA, Pablo Georgio. *Georreferenciamento de Imóvel Rural Utilizando Drone (ARP)*. Brazilian Journal of Technology. Curitiba/PR, 2018. Pág. 426.

MESQUITA, Ariosto. *O Avanço dos Drones*. Agro DBO, maio 2014 p. 20-23.

NEIBERG, Michael S. *Fighting the Great War: A Global History*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2005 p. 352-359.

NJDARM Division of Archives e Records Management. *Exames aéreos de Fairchild, Inc*. State of New Jersey, 1997 e 2002.

OLIVEIRA, Marcos de. *Pequenas aeronaves sem tripulação ganham espaço no Brasil*. Revista Pesquisa FAPESP Online, n. 185, julho 2011. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2011/07/12/controle-remoto/>>

Portal DroneShow com informações e MundoGeo. Incra anuncia Norma para uso de Drones no Georreferenciamento. Fevereiro, 2018. Disponível em: <<https://droneshowla.com/incra-anuncia-norma-para-uso-de-drones-no-georreferenciamento/>>

Professional Aerial Photographers Association. Artigo *History of Aerial Photography*, Outubro, 2015. Disponível em: <<https://papa.clubexpress.com/>>

ROCHA, Cezar Henrique. *Geoprocessamento: Disciplina Transdisciplinar*. Juiz de Fora, MG 2000.

SANTOS, C. *Petrobras traz técnicas inéditas para o Brasil*. *Valor Econômico*, v. 08, junho 2011.

SCHULTZ, Colin. *This Picture of Boston, Circa 1860, Is the World's Oldest Surviving Aerial Photo*. Abril, 2003. Disponível em <<https://smithsonian.com>>

SHAW, Ian G. *The Rise of the Predator Empire: Tracing the History of U.S. Drones*. *Understanding Empire*, August, 2015. Disponível em: <<https://understanding-empire.wordpress.com/2-0-a-brief-history-of-u-s-drones/>>

SILVA, Gercina Gonçalves. *Veículos Aéreos Não Tripulados Com Visão Computacional Na Agricultura: Aplicações, Desafios e Perspectivas*. *Encontro Científico de Administração, Economia e Contabilidade*, V. 1, N. 1, 2015.

SILVA, Jorge Xavier e ZAIDAN, Ricardo Tavares. *Geoprocessamento e Análise ambiental*. Rio de Janeiro, 2004. Pág. 19.

SILVA, Manoel Neto. *Para que serve o GSD?* Blog DroEng Drones e Engenharia. 15/abril. 2016. Disponível em: <<http://blog.droneng.com.br/gsd/>>

SINGER, P. W. *Wired for War: The Robotics Revolution and Conflict in the Twenty-First Century*. New York, 2009 p.48.

STEPHENS, Alan. *The True Believers: Airpower between the Wars*. In *The War in the Air*: Air University Press, 2001 p. 29-68.

THÜRLEMANN, Felix. *Olhar como os pássaros. Sobre a estrutura de enunciação de um tipo de mapa cartográfico*. *Revista Galáxia*. São Paulo, n. 22, p. 118-132, dez. 2011.

ZALOGA, Steve. *Unmanned Aerial Vehicles: Robotic Air Warfare, 1917-2007*. Oxford, 2008.

ZALOGA, Steve. *V-1 Flying Bomb 1942–52: Hitler's Infamous 'Doodlebug' (New Vanguard)*. Oxford: Osprey, 2005.