

FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS
Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica

FILIFE RODRIGUES PIMENTA

**HISTÓRICO LEGAL DO DRONE PARA O GEORREFERENCIAMENTO
DE IMÓVEIS RURAIS NO BRASIL**

BELO HORIZONTE – MG

ABRIL/2022

FILIPPE RODRIGUES PIMENTA

**Histórico Legal do Drone para o Georreferenciamento de Imóveis
Rurais no Brasil**

Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Agrimensura pela FAMIG – Faculdade de Minas Gerais.

Área de Concentração: Geoprocessamento

BELO HORIZONTE - MG

ABRIL/2022

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.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	06
1.1 Contexto da Pesquisa	06
1.2 Problema de Pesquisa	07
1.3 Objetivos	07
1.3.1 Geral	07
1.3.2 Específico	08
1.4 Justificativa	08
2. REVISÃO DE LITERATURA	09
2.1 Começo da Fotografia Aérea	09
2.1.1 Guerras Mundiais e Tecnologias de Mapeamento e Localização	11
2.1.2 Drones e Vants	16
2.1.2.1 Mapeamentos com drones e imagem gerada	17
2.1.2.2 Geoprocessamento	19
2.1.2.3 Normatização Brasileira quanto ao georreferenciamento de imóveis rurais	21
2.2 Os Drones como Ferramenta para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais	23
2.2.1 Etapas para a geração de ortomosaicos	25
2.2.2 Benefícios dos drones	26
2.2.3 Limitações e Cuidados	29
3. METODOLOGIA	31
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	33
5. CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto da Pesquisa

O Georreferenciamento de imóveis rurais, nosso enfoque, ferramenta fundamental para aprimorar, planejar e desenvolver projetos, fazendo desta imprescindível quando se busca melhores resultados, abrangente que apoia as tomadas de decisões, ou seja, a visão de um todo. O Geoprocessamento consiste em representar os dados espaciais transformando-os em informações que sirvam como "braço de apoio" para os profissionais de diversas áreas, seja ela ambiental, urbana ou rural.

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 (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) .

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 a 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. Ailton Amorim da Universidade Estadual Paulista - UNESP (2018), 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.

Segundo Cunha (2018), a melhor precisão exigida pela norma técnica do INCRA é de 50cm e o padrão mais restritivo de exatidão cartográfica de produtos digitais no Brasil é 28cm. Tudo o que medimos sobre o mosaico de fotografias temos uma incerteza de apenas 13,8cm, demonstrando qualidade da tecnologia que começamos a utilizar.

A partir dos levantamentos geoprocessados, a planta e o memorial descritivo das parcelas, podem ser extraídos. 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 mais documentos necessários à titulação e à segurança jurídica das famílias que estão naquela terra (FONZAR, 2018).

1.2 Problema de Pesquisa

Em que medida o conhecimento em ferramentas de georreferenciamento potencializa o trabalho do Engenheiro Agrimensor? O georreferenciamento com drone possibilita, realmente acelerar pontos como limitar o terreno, cadastrar todos os elementos que o compõem, em um tempo menor? Realmente possui uma maior eficiência e melhor custo-benefício que os métodos convencionais?

Pontos como estes serão investigados no decorrer desta pesquisa afim de uma melhor reflexão e compreensão acerca do tema proposto.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Construir a linha temporal, evolução histórica e normatização brasileira para o uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs), em imóveis rurais, sob a visão de geotecnologia com enfoque para aquisição de dados para levantamentos georreferenciados e manipulação de arquivos com fim de geoprocessamento de informações.

1.3.2 Específico

1 – Descrever, por meio de revisão bibliográfica, as etapas da história dos VANTs no Brasil entrecruzando com as legislações e normatizações criadas para essa categoria de veículos aéreos.

2 – Identificar prós e contras do uso de VANTs em georreferenciamento em imóveis rurais.

3 – Discutir os impactos do uso de georreferenciamento da formação profissional e no mercado de trabalho Engenheiro Agrimensor.

1.4 Justificativa

Justifica-se pela necessidade de investigação do uso de aeronaves remotamente controladas no contexto do Georreferenciamento de imóveis rurais em áreas de grande porte, acidentadas e de difícil acesso, alagadas ou pantanosas, ser ou não vantajosa, seja pela perspectiva financeira, segurança dos profissionais e de tempo de realização do serviço.

2 REVISÃO DE LITERATURA

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 (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, 2015).

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 (KEANE *et. al.*, 2013).

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

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).

2.1.1 Guerras Mundiais e Tecnologias de Mapeamento e Localização

A história nos mostra ao longo dos anos, que a Guerra e a Tecnologia sempre estiveram juntas e 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 (PROFESSIONAL AERIAL PHOTOGRAPHERS ASSOCIATION, 2015).

Segundo Dantas (2010), a tecnologia, conjunto de conhecimentos técnico e científico está presente desde a descoberta da primeira ferramenta que foi aprimorada após algum tempo, onde a 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 próximo 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 capacidade 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 quilos, 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, 2015).

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, 2011).

Segundo Zaloga (2018), 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.

Figura 3 - Bomba voadora V-1 Nazista



Fonte: Blog Acervo Segunda Guerra (2018)

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, 2015).

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).

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).

2.1.2 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 mais 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.

2.1.2.1 Mapeamentos com drones e imagem gerada

Para Fagundes e Tavares (2001), 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 (1998) 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 (LOCH E LAPOLLI, 1998)

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 formas homogêneas 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.

2.1.2.2 *Geoprocessamento*

Segundo Silva (2014), 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.

Figura 4 - Mapeamento ilustrado



Fonte: Imagens do Google (2019)

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).

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).

2.1.2.3 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: menor ou igual a 0,5m para vértices situados em limites artificiais; menor ou igual a 3,0m para vértices situados em limites naturais; e de valores menores ou iguais a 7,5m 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).

2.2 Os Drones como Ferramenta para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais

Para que isso ocorra se torna necessário uma série de métodos e técnicas que comprovem a exatidão das dimensões e localizações dos objetos de acordo com a legislação vigente. De acordo com Amorim (2016), o uso de drones tem permitido a realização de fotogrametria por meio da aquisição de imagens aéreas. É importante destacar que mesmo sendo uma atividade recente, os primeiros registros de VANT no Brasil data de 1982 (FAGUNDES, 2019).

Foi produzido um protótipo de VANT, porém teve seu projeto encerrado antes mesmo de ocorrer o seu primeiro voo. Mesmo tendo vários países desenvolvido a capacidade de desenhar, projetar e construir os primeiros protótipos funcionais a cerca de quatro décadas, foi por meio de empresas chinesas que os drones se tornaram populares em todo mundo.

Com o baixo custo e equipamentos cada vez mais sofisticados, os drones da linha *Phantom*, produzidos e comercializados pela empresa chinesa DJI, começaram a ser utilizados por empresas de mapeamento aéreo, o que despertou e propiciou o aparecimento de várias empresas fabricantes de veículos aéreos não

tripulados do tipo asa fixa para mapeamento aéreo. Destaca-se que entre as vantagens das aeronaves de asa fixa estão a maior capacidade em permanecer em voo, o que contribui para o mapeamento de áreas maiores e a aquisição de uma maior quantidade de dados. Entre as empresas brasileiras que se beneficiaram da popularização dos drones estão a: *XMrobots*, *Horus Aeronaves*, *Droneng*, *SkyDrones* e *Hexafly*, entre outras (MUNARETTO, 2017).

De acordo com Fagundes (2019) os Drones podem ser utilizados para diversas aplicações, destacando-se em áreas como topografia, mapeamento temático, monitoramento florestal, agrícola, inspeção de estruturas para apoio à engenharia e segurança pública.

As tecnologias embarcadas em aeronaves remotamente pilotadas, faz com que não seja necessário o contato direto com o objeto, facilitando e otimizando o tempo despendido em levantamentos de campo (DIAS *et al.*, 2014). Destaca-se que estas ações também podem ser feitas por meio de imagens de satélite, tomando cuidado somente com a resolução e data imagem.

Rezende (2019), também afirma que os drones aplicados a atividades topográficas possuem câmeras embutidas com a finalidade de obter imagens aéreas que, juntamente com dados de localização geográfica, são capazes de gerar dados topográficos com mais detalhes e rapidez comparados aos levantamentos realizados de forma convencional como com Estação Total ou GNSS RTK, além da utilidade da própria imagem gerada. Em poucos minutos o drone realiza um trabalho que demoraria dias com equipamentos topográficos convencionais (REZENDE, 2019 p.8).

A diminuição do tempo de aquisição de dados, apontada de forma indireta por Rezende, permite afirmar que as ações voltadas para o georreferenciamento de imóveis rurais sejam mais rápidas e eficazes. Com isso, os custos de operações com uso de drone se tornam menores se comparado com as antigas formas de aquisição de dados.

Em relação aos sensores embarcados é possível afirmar que estes variam de acordo com a aplicação desejada. Alguns equipamentos já dispõem de sensores embarcados. Ainda há uma gama de sensores disponíveis no mercado para diversos tipos de aplicações, que vão desde o mapeamento da vegetação até o reconhecimento de objetos por infravermelho (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Grande parte dos sensores abordo dos drones são sensores passivos, que neste caso, precisam que o objeto responda a radiação eletromagnética incidente. Também existem sensores multiespectrais, hiperespectrais, câmeras térmicas e sensores ativos do tipo LIDAR (*Light Detection and Ranging*).

Todos estes sensores devem garantir que a qualidade mínima posicional para o georreferenciamento de imóveis rurais seja alcançada.

De acordo com Cunha (2018), a precisão exigida pelas normas do INCRA é de aproximadamente 50cm. O padrão mais restritivo para produtos cartográficos no Brasil é de cerca de 28cm.

Com drones sofisticados e profissionais treinados, a precisão alcançada em mapeamento aéreo pode ser muito superior ao indicado pelas normas vigentes.

2.2.1 Etapas para a geração de ortomosaicos

Para Fagundes (2019), o planejamento de voo é de extrema importância para o aerolevanteamento com drone. É na etapa de planejamento que são definidos todos os parâmetros envolvidos no levantamento, bem como a identificação das limitações do equipamento que será utilizado, o tipo de aplicativo para o planejamento do voo, as configurações da câmera, entre outros.

O profissional deve estar atento as características da área a ser mapeada, tais como: tamanho da área, perímetro, topografia, tipo de vegetação que existe na área, se há rios ou lagos que possam dificultar o acesso a locais mais distantes da propriedade, etc. Estas informações são importantes, pois dependendo do tamanho da área, o profissional deverá subdividi-la em partes menores para a realização do mapeamento, pois alguns drones possuem um alcance limitado ou baterias com curta duração.

Segundo Yin (2010), é importante consultar por meio de sites e agências a previsão do tempo para evitar que uma provável chuva na localidade atrapalhe o mapeamento. Além disso, é importante consultar a direção e velocidade do vento, conhecer as configurações da câmera que será utilizada, a altitude do voo, velocidade do equipamento e a sobreposição mínima das imagens para evitar que partes da

propriedade fiquem sem ser mapeadas, evitando assim, a necessidade de retornar à propriedade para a realização de um novo levantamento aerofotogramétrico.

Para Marques (2019), na avaliação e definição do perímetro a ser mapeado, o profissional deve verificar se são visíveis cercas e divisas no mapa gerado pelo drone. Não sendo visíveis, torna-se necessário o georreferenciamento por meio de sistemas de posicionamento de alta resolução. Isso demonstra que mesmo sendo útil para este tipo de atividade, os drones ainda possuem certas limitações para a atividade de georreferenciamento.

Após a etapa de pré-sinalização da área que será mapeada, se torna necessário que seja distribuído alvos artificiais com coordenadas conhecidas. Estas coordenadas irão servir como pontos de apoio (FAGUNDES, 2019). Os pontos de controle são utilizados para melhorar a precisão do ortomosaico que será gerado a partir das imagens obtidas pelo drone. Estas sinalizações permitem a localização exata de onde o GPS geodésico coletou os pontos.

Apartir do momento que as imagens forem capturadas e processadas em software específico, essas coordenadas serão posicionadas no centro da marcação em solo, e com isso, será possível georreferenciar o ortomosaico gerado com um erro de poucos centímetros. Cabe ressaltar que antes que o drone seja utilizado para atividade de mapeamento e coleta de imagens é necessário que o drone seja registrado na Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), e a atividade de voo registrada no sistema SARPAS do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Por fim, o dono da aeronave terá que fazer um seguro contra danos no casco da aeronave e danos a terceiros que porventura venha a ocorrer.

2.2.2 Benefícios dos drones

De acordo com Fagundes (2019), as aplicações civis com uso de drones são inúmeras, sendo possível explorar novos nichos no mercado interno ou estratégias de atuação. Para Marques (2019), o uso será mais vantajoso na execução do georreferenciamento de imóveis rurais nas seguintes situações:

- ✓ Áreas de grande porte;

- ✓ Acidentadas;
- ✓ Difícil acesso;
- ✓ Alagados;
- ✓ Pantanosas.

Além disso, os drones também apresentam algumas vantagens quando comparados aos métodos tradicionais de levantamento topográfico, a primeira vantagem é no quesito segurança (RODRIGO, 2018). Outra vantagem está na facilidade de manuseio do equipamento, além de:

- ✓ Nível de detalhamento elevado;
- ✓ Identificação e padronização com alta resolução;
- ✓ Execução do serviço de forma remota;
- ✓ Melhor custo-benefício;
- ✓ Contribui para o aumento da valorização do imóvel;
- ✓ Garantia da segurança fundiária à sua propriedade, impedindo a ocorrência de sobreposição de terras e grilagem em todo o território nacional.

Neste sentido, é possível afirmar que os drones são ótimos aliados no mapeamento de pequenas e médias áreas, pois possuem facilidade de manuseio e pilotagem, diminuindo os gastos com logística. Estes equipamentos podem gerar produtos georreferenciados de alta qualidade como: modelos digitais de superfície, modelo digital do terreno, curvas de nível, georreferenciamento de propriedades rurais, vegetação, solo e rios, entre outros (RODRIGO, 2018).

Figura 5 – Drone/Vant Maptor HS



Fonte: <https://horusaeronaves.com/maptor/>

Na Figura 5 e 6 é possível ver alguns exemplos de drones de asa fixa. Estes modelos são preferíveis quando se deseja recobrir uma área maior, com um GSD (*Ground Sample Distance* – tamanho do pixel no terreno) de precisão centimétrica. A velocidade, altura do voo e tempo que permanece no ar é maior que drones de asa rotativa. Esta característica permite que uma área maior seja mapeada em um voo.

Os equipamentos mais avançados possuem a tecnologia PPK (*Post Processed Kinematic*), que permite grande precisão espacial mesmo que o drone perca sinal com a base de controle durante um voo de longa distância. Na figura 6 é possível visualizar um modelo de Vant/Drone híbrido que contém asa fixa e asa rotativa. Neste caso a asa rotativa é utilizada para que o drone alcance a altitude necessária para realizar o mapeamento (MUNARETTO, 2017).

Figura 6 – Drones Nauru 500c Vtol



Fonte: <https://xmrobots.com.br/nauru-500c-vtol/>

De acordo com as especificações da fabricante o drone Nauru 500c Vtol pode ter uma autonomia de voo de até 4 horas e mapear em um único voo uma área de 16.000 hectares. Com esta capacidade de mapeamento, estes equipamentos conseguem superar a dificuldade inicial dos drones, que era mapear grandes áreas (MESQUITA, 2014).

Figura 7 – Drone Phantom 4 Advanced



Fonte: <https://www.dji.com/br>

A figura 7 apresenta um drone da empresa chinesa DJI, referente ao modelo Phantom 4 Advanced. Este modelo, de asa rotativa, é um dos mais acessíveis na área de mapeamento, principalmente para pequenas empresas e profissionais que estão começando suas atividades na área de georreferenciamento e imageamento de pequenas áreas (MUNARETTO, 2017).

A versão 4 da linha *phantom* foi lançada em 2016, ano em que o setor de drones já estava bastante aquecido no Brasil com a venda de milhares de drones e o surgimento de uma grande quantidade de pilotos amadores. Esta linha já é considerada apta para uso profissional podendo gerar imagens de alta resolução, e tendo alcance de até 7 km em relação ao rádio/controle e uma altura de aproximadamente 1,5 km (MARQUES, 2018).

Esta versão é dividida em *Phantom 4* “normal”, *Advanced*, *PRO* e *PRO Plus*. No *Phantom 4* a autonomia de voo é de aproximadamente 28 minutos, podendo ser inferior dependendo das condições do tempo como temperatura e vento. Já as versões *Advanced*, *PRO* e *PRO Plus* possuem, teoricamente, uma autonomia de voo de 30 minutos. Estes equipamentos são indicados para mapeamento de pequenas áreas e auxílio em atividades de reconhecimento (MUNARETTO, 2017).

2.2.3 Limitações e cuidados

De acordo com Rezende (2019), os equipamentos tradicionais, responsáveis pela coleta de dados para o georreferenciamento, assim como a grande maioria dos drones de baixo custo também possuem limitações e custos a serem avaliados. É possível destacar as seguintes limitações:

- ✓ Imageamentos de grandes áreas,
- ✓ Duração limitada da bateria,
- ✓ Maior interferência de fatores atmosféricos como o vento e a chuva,
- ✓ Necessidade de pontos de controle,
- ✓ Necessidades de várias baterias.

Em pesquisa de caso realizada com um drone modelo *Mavic PRO*, Figueiredo (2019) chegou à conclusão de que o mapeamento de pequenas áreas

possui o custo de serviço muito menor quando feito por meio de estação total ou RTK. Este autor afirma que a utilização de estação total apresenta uma redução de custo de 36% quando comparada ao custo da operação com o Drone, considerando o mapeamento de uma área de aproximadamente 1 hectare. Isso pressupõem que os drones possuem uma quantidade mínima e máxima de hectares a serem mapeadas para que o seu uso se torne vantajoso do ponto de vista econômico.

Os erros decorrentes do uso e aplicação dos drones só podem ser corrigidos pelo uso de pontos de controle ou checagem no solo com coordenadas conhecidas adquiridas por equipamentos apropriados (FAGUNDES, 2019). Este é um dos cuidados que precisam ser tomados, pois as imagens geradas por drones possuem, em algumas situações, erros inaceitáveis para uma atividade de georreferenciamento.

As principais desvantagens do uso de drones envolvem os modelos de asa rotativa, pelo fato de possuírem menor autonomia de voo, e por voarem a uma altura mais baixa se comparado aos modelos de asa fixa. É preciso destacar que uma das vantagens dos modelos de asa rotativa é a necessidade de um pequeno espaço para realizar o pouso e a decolagem já que é realizado na vertical. Porém, isso já está sendo superado pelos chamados drones híbridos (CASSINI,2017).

O uso destes equipamentos ainda é restrito a aplicação de aerofotogrametria para a determinação de vértices do tipo M, que são aqueles cujas coordenadas são obtidas a partir de sua localização física (BRASIL, 2018). A utilização de drones para o georreferenciamento também estarão restritas em casos em que os pontos de delimitação de uma propriedade não forem fotoidentificáveis.

Além de observar todas as questões envolvendo as características técnicas da aeronave, do software e da qualidade dos produtos gerados após o processamento, bem como as legislações do INCRA que tratam do uso de drones, os operadores e empresas que desejam trabalhar com estes equipamentos devem estar atentos aos documentos que regem o uso do espaço aéreo, que neste caso fica a cargo do Ministério da Defesa. Neste âmbito, é a instrução ICA-100-40 (BRASIL, 2020) sobre aeronaves não tripuladas que rege as orientações que os pilotos de drone deverão seguir para operarem dentro da legalidade neste setor.

3 METODOLOGIA

Entende-se por metodologia de pesquisa científica o estudo de uma ação científica ou de uma pesquisa científica (CAJUEIRO, 2015).

A metodologia é um estudo analítico e crítico realizado por meio de métodos de investigação e de prova (DENCKER; VIÁ, 2001).

Para Gil (2010, p.17), a pesquisa científica é “o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos”.

Enfim, Marconi e Lakatos (2007, p. 157) definem a pesquisa como “um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo, que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais.”

O método científico usado para realizar uma pesquisa não se reduz apenas na descrição dos passos traçados pelo pesquisador para obtenção de determinados resultados. Portanto, quando se trata de método, está se referindo aos motivos pelo qual o pesquisador buscou para conseguir alcançar seus resultados. Logo, são estes meios que determinam a forma correta de fazer uma pesquisa científica (OLIVEIRA, 2011).

Para obter os materiais acerca da problematização apresentada neste trabalho, foi feita uma pesquisa bibliográfica, através da coleta de dados a partir de artigos, livros e revistas científicas para utilizar como citações.

Portanto, o método de pesquisa serve como embasamento para todos os assuntos pesquisados, analisando variáveis e comparando as opiniões e teses de diferentes autores que falam sobre o mesmo assunto.

Com a finalidade de análise de diferentes autores, através de estudos aprofundados do assunto proposto, partiu-se de uma pesquisa bibliográfica composta pelos principais autores da área.

Para isso, a pesquisa foi baseada em estudos de autores, como por exemplo, Amilton Amorim, Carlos Fernando Andrade, Jeferson Spedo, Luciano Patino Cardoso, Marcelo Pereira, Marcelo Cunha, Robson de Oliveira Fonzar, Marcos de Oliveira, Cezar Henrique Rocha, Ariosto Mesquita, Luiz Munaretto, Fábio dos Anjos

Rezende, Manoel Neto Silva, entre outros que elaboraram trabalhos pertinentes ao assunto.

Entretanto, é importante salientar que o corpus de autores tende a aumentar na medida em que a leitura foi sendo desenvolvida.

Assim, o estudo foi fundamentado em ideias e pressupostos de autores que apresentavam significativa importância na definição e construção dos conceitos discutidos nesta análise, para tal, tais objetos foram estudados em fontes secundárias como trabalhos acadêmicos, artigos, livros e afins, que foram aqui selecionados.

Com a finalidade de construir esta linha temporal, evolução histórica e normatização brasileira para o uso de veículos aéreos não tripulados e descrever por meio desta revisão bibliográfica, as etapas da história dos VANTs no Brasil e discutir os impactos do uso de georreferenciamento da formação profissional e no mercado de trabalho Engenheiro Agrimensor.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

De acordo com Amorim (2016), o uso de drones tem permitido a realização de fotogrametria por meio da aquisição de imagens aéreas. É importante destacar que mesmo sendo uma atividade recente, os primeiros registros de VANT no Brasil data de 1982 (FAGUNDES, 2019).

Além de observar todas as questões envolvendo as características técnicas da aeronave, do software e da qualidade dos produtos gerados após o processamento, bem como as legislações do INCRA que tratam do uso de drones, os operadores e empresas que desejam trabalhar com estes equipamentos devem estar atentos aos documentos que regem o uso do espaço aéreo, que neste caso fica a cargo do Ministério da Defesa. Neste âmbito, é a instrução ICA-100-40 (BRASIL, 2020) sobre aeronaves não tripuladas que rege as orientações que os pilotos de drone deverão seguir para operarem dentro da legalidade neste setor.

Os drones apresentam algumas vantagens quando comparados aos métodos tradicionais de levantamento topográfico, a primeira vantagem é no quesito segurança (RODRIGO, 2018). Outra vantagem está na facilidade de manuseio do equipamento, além de nível de detalhamento elevado, identificação e padronização com alta resolução, execução do serviço de forma remota, contribuição para o aumento da valorização do imóvel, melhor custo-benefício e garantia da segurança fundiária à sua propriedade, impedindo a ocorrência de sobreposição de terras e grilagem em todo o território nacional.

As principais desvantagens do uso de drones envolvem os modelos de asa rotativa, pelo fato de possuírem menor autonomia de voo, e por voarem a uma altura mais baixa se comparado aos modelos de asa fixa. É preciso destacar que uma das vantagens dos modelos de asa rotativa é a necessidade de um pequeno espaço para realizar o pouso e a decolagem já que é realizado na vertical. Porém, isso já está sendo superado pelos chamados drones híbridos (CASSINI, 2017).

De acordo com Rezende (2019), os equipamentos tradicionais, responsáveis pela coleta de dados para o georreferenciamento, assim como a grande maioria dos drones de baixo custo também possuem limitações e custos a serem avaliados. É possível destacar as seguintes limitações: imageamentos de grandes

áreas, duração limitada da bateria, maior interferência de fatores atmosféricos como o vento e a chuva, necessidade de pontos de controle e necessidades de várias baterias.

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.

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).

É importante ressaltar que para profissionais que estão começando suas atividades na área de georreferenciamento e para pequenas empresas, os modelos como o Phantom 4 Advanced de asa rotativa, são os mais acessíveis. O Geoprocessamento consiste em representar os dados espaciais transformando-os em informações que sirvam como "braço de apoio" para os profissionais de diversas áreas, seja ela ambiental, urbana ou rural (MUNARETTO, 2017).

Com drones sofisticados e profissionais treinados, a precisão alcançada em mapeamento aéreo pode ser muito superior ao indicado pelas normas vigentes. A versão 4 da linha *phantom* foi lançada em 2016, ano em que o setor de drones já estava bastante aquecido no Brasil com a venda de milhares de drones e o surgimento de uma grande quantidade de pilotos amadores. Esta linha já é considerada apta para uso profissional podendo gerar imagens de alta resolução, e tendo alcance de até 7 km em relação ao rádio/controle e uma altura de aproximadamente 1,5 km (MARQUES, 2018).

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.

Contudo, 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.

A diminuição dos custos de aquisição, operação e manutenção dos drones está permitindo uma economia financeira em serviços que antes demandavam um grande investimento, tais como: mapeamento de pequenas e médias áreas, georreferenciamento com equipamentos de alto custo, entre outros.

5 CONCLUSÃO

Todo o estudo se fez 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.

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.

A diminuição dos custos de aquisição, operação e manutenção dos drones está permitindo uma economia financeira em serviços que antes demandavam um grande investimento, tais como: mapeamento de pequenas e médias áreas, georreferenciamento com equipamentos de alto custo, entre outros.

Contudo, 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.

Conclui-se assim, que o uso de drones proporciona uma economia financeira, na medida em que podem executar tarefas difíceis e perigosas sem que envolva o risco humano, além de contribuir com a redução de custos com logística, trazer benefícios ambientais e gerar produtos de alta qualidade com custo financeiro menor se comparado com os métodos tradicionais de georreferenciamento.

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.

Com isto, é importante ressaltar, que além de observar todas as questões envolvendo as características técnicas da aeronave, do software e da qualidade dos produtos gerados após o processamento, bem como as legislações do INCRA que tratam do uso de drones, os operadores e empresas que desejam trabalhar com estes equipamentos devem estar atentos aos documentos que regem o uso do espaço aéreo, que neste caso fica a cargo do Ministério da Defesa. Neste âmbito, é a instrução ICA-100-40 sobre aeronaves não tripuladas que rege as orientações que os pilotos de drone deverão seguir para operarem dentro da legalidade neste setor.

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.

Conclui-se assim que os Drones são o futuro, tendo muito a evoluir e já demonstram agilizar e automatizar os processos de Geoprocessamento e Georreferenciamento, também se mostram 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), 2018. 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/>> , acessado em 20/11/2021.

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.

CAJUEIRO, Roberta Liana Pimentel. **Manual para Elaboração de trabalhos acadêmicos: guia prático do estudante**. 3. Ed. Petr..., RJ: Vozes, 2015.

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, 2017.

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>>, acessado em 05/11/2021.

CUNHA, Marcelo J. Pereira. **Comentário a Assessoria de Comunicação Social do Incra 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, 2010 p. 63.

DECEA, **Departamento de Controle do Espaço Aéreo**; 2018. Disponível em:< <https://www.decea.gov.br/drone/>>, acessado em 01/10/2021.

DENCKER, Ada de Freitas Maneti; VIÁ, Sarah Chucid da. **Pesquisa Empírica em ciências humanas** (com ênfase em comunicação). São Paulo: Futura. 2001.

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 em: < <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/114676>> Acesso em: 29 set. 2020.

EASTMAN, J. R. IDRISI: **Exercícios Tutorais**. J. Ronald Eastman. Editor da versão em português, Heinrich Hasenack. UFRGS - Centro de Ecologia, Porto Alegre, 2015 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.; RODRIGUES, A.; IESCHECK, A. L. Uso de vant na cartografia: geração de base cartográfica tridimensional. **DRONES E CIÊNCIA**, p. 59, 2019.

FAGUNDES, M. P.; TAVARES, P. E. de M. **Fotogrametria**. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 15. São Paulo, 2001.

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.

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/historiadosdrones/>> , acessado em 24/10/2021.

ITARC, Instituto de Tecnologia Aeronáutica Remotamente Controlada. 2019. Disponível em: < <https://itarc.org/>>, acessado em 22/10/2021.

KAWAKUBO, Fernando Shinji. **Folheto Sensoriamento Remoto Aplicado à Geografia**. 2015, 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.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração e interpretação de dados**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

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.

MUNARETTO, Luiz. **VANT e DRONES**. São Paulo: Segunda edição, 2017. 176 p.

NEIBERG, Michael S. **Fighting the Great War: A Global History**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2015 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.

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira. **METODOLOGIA CIENTÍFICA: um manual para a realização de pesquisas em administração**. 2011. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf> Acesso em: 26 de nov. 2021.

Portal Drone Show 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/>>, acessado em 30/10/2021.

Professional Aerial Photographers Association. **Artigo History of Aerial Photography**. Outubro, 2015. Disponível em: <https://papa.clubexpress.com/>, acessado em 18/11/2021.

REZENDE, Fábio dos Anjos. **Utilização de Drones de pequeno porte como alternativas de baixo custo para realização de levantamentos topográficos**. Petrolina, PE, 2019.

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/>>, acessado em 05/09/2021.

SHAW, Ian G. **The Rise of the Predator Empire: Tracing the History of U.S. Drones**. Understanding Empire, August, 2015.

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, 2014. Pág. 19.

SILVA, Manoel Neto. **Para que serve o GSD?** Blog DroEng Drones e Engenharia. 15/abril. 2016. Disponível em: <<https://blog.droneng.com.br/gsd/>>, acessado em 02/12/2021.

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

STEPHENS, Alan. **The True Believers: Airpower between the Wars**. In The War in the Air: Air University Press, 2011 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, 1937-2012**. Oxford, 2018.

ZALOGA, Steve. V-1 Flying Bomb 1942–52: Hitler's Infamous 'Doodlebug' (New Vanguard). Oxford: Osprey, 2015.

RODRIGO, Danilo Aparecido; GALLARDO, Amarilis Lucia Casteli Figueiredo. **Vantagens da Aerofotogrametria por Drone na Obtenção de Dados**

Topográficos em Estudos de Lixões e Aterros Sanitários. VII SINGEP – Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovações e Sustentabilidade, 2018. Disponível em: <<https://singep.org.br/7singep/resultado/209.pdf>> Acesso em: 10 out. 2020.

YIN, R. K. Estudo de Caso: Planejamento e Método. Porto Alegre: Bookman, 2010, 248 p.