



Luís Filipe Reis Gonçalves

Raoni Oliveira Rabelo

**O USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO PARA
REALIZAÇÃO DE PROJETO DE
GEORREFERENCIAMENTO URBANO**

LAVRAS – MG

2022

LUÍS FILIPE REIS GONÇALVES

RAONI OLIVEIRA RABELO

**O USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO PARA REALIZAÇÃO DE
PROJETO DE GEORREFERENCIAMENTO URBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do
Curso de Engenharia Civil, para a
obtenção do título de Bacharel.

Prof. Me. Rodrigo Villela Machado
Orientador

LAVRAS – MG

2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, dedicamos este trabalho e agradecemos aos nossos pais por todo amor incondicional, carinho, dedicação e suporte que nos deram durante toda nossa jornada. Sem eles, seria impossível que estivesse chegado até este ponto em nossa vida.

Agradecemos nosso orientador, Prof. Me. Rodrigo Villela Machado, por de fato nos orientar sempre para o melhor caminho a seguir, sendo um espelho para nós e um exemplo de profissional.

Muita dedicação, esforço, finais de semana e noites de trabalho foram necessários para que este trabalho chegasse ao seu fim. Apesar de toda dificuldade enfrentada para que a defesa desse trabalho fosse realizada, saímos com muitos agradecimentos e felizes com o resultado alcançado.

RESUMO

O georreferenciamento urbano vem sendo cada vez mais necessário para o poder público, pois auxilia na atualização da base de dados imobiliária do município. Essa atualização impacta diretamente nos valores de arrecadação devido a impostos e taxas que levam em conta a área construída, a área do lote, a distância do imóvel ao centro, a situação do imóvel, entre outras. No entanto, este tipo de projeto vem sendo realizado em muitos municípios de maneira precária no que se refere ao uso de tecnologia para sua otimização. O objetivo desse trabalho é mostrar que o uso de veículos aéreos não tripulados para realização de projetos de georreferenciamento urbano é uma alternativa muito precisa, eficaz e com bom custo-benefício. A metodologia utilizada consiste em duas etapas: i) referencial teórico e ii) estudo de caso. Na primeira etapa será descrito os conceitos sobre georreferenciamento urbano, trazendo tópicos importantes para o entendimento do assunto. Na segunda etapa será feito um estudo de caso, mostrando o uso de drones para o georreferenciamento urbano em uma cidade. Conseguiu-se chegar em ortofotos de alta qualidade com erros de localização igual a 6 cm, abaixo do máximo permitido que é de 8 cm. Ademais, foi possível localizar os lotes e imóveis nas imagens processadas. Os resultados obtidos foram úteis para o georreferenciamento desta cidade, provando que a técnica utilizada é viável para esse tipo de projeto.

Palavras-Chave: Drones. Georreferenciamento urbano. Ortofoto. Recadastramento imobiliário. VANT.

ABSTRACT

Urban georeferencing has been increasingly necessary for the government, as it assists in updating the real estate database of the city. This update directly impacts the collection amounts due to taxes and fees that consider the built area, the area of the ground, the distance from the property to the downtown, among others. However, this type of project has been conducted in many cities in a precarious way about the use of technology for its optimization. The objective of this work is to show that the use of unmanned aerial vehicles to conduct urban georeferencing projects is a very precise, effective, and cost-effective alternative. The methodology used consists of two stages: i) theoretical background and ii) case study. In the first stage, the concepts about urban georeferencing will be described, bringing important topics for understanding the subject. In the second stage will be show a case study, showing the use of drones for urban georeferencing in one city. It was possible to arrive in high quality orthophotos with localization errors equal to 6 cm, below the maximum allowed that is 8 cm. In addition, it was possible to locate the lots and properties in the images. The results obtained were useful for georeferencing the city of this city, proving that the technique used is feasible for this type of project.

Keywords: Drones. Orthophoto. Real estate registration. Urban georeferencing. VANT.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo de VANT de (a) asa fixa e (b) multirrotor.....	16
Figura 2 – (a) Drone Phantom 4 PRO e (b) GNSS TRIMBLE R6.	19
Figura 3 – Fluxograma das etapas para a realização do georreferenciamento.	20
Figura 4 – Imagem feita com drone na Universidade Federal de Lavras-MG.....	21
Figura 5 – Planejamento de voo com a indicação de pontos de controle, pontos de verificação e pontos extras.	22
Figura 6 – (a) Imagens capturadas pelo drone e (b) área de cobertura do fuso 23.....	23
Figura 7 – Exemplos de pontos e o possível erro.	26
Figura 8 – (a) Ortofoto gerada para o presente trabalho, (b) imagem da área de estudo, (c) imagem de um imóvel e (d) detalhe de um imóvel.	26
Figura 9 – Imagem vetorizada da cidade.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos VANT's quanto ao seu peso máximo de decolagem.....	17
Tabela 2 – Erros encontrados nos pontos de verificação.	25

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
AROD	<i>Airborne Remotely Operated Device</i>
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
EP	Erro Padrão
GNSS	<i>Global Navigation Satellite Systems</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
SIG	Sistema de Informações Geográficas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MUNIC	Pesquisa de Informações Básicas Municipais
PEC	Padrão de Exatidão Cartográfica
RPV	<i>Remote Piloted Device</i>
RAB	Registro Aeronáutico Brasileiro
ROA	<i>Remotely Operated Aircraft</i>
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 A situação fundiária urbana no brasil	10
2.2 Topografia	11
2.3 Sistema GNSS	12
2.4 Fotogrametria	13
2.5 Georreferenciamento de Imóveis Urbanos	14
2.6 Veículo Aéreo Não Tripulado	15
2.7 O uso de VANT no georreferenciamento urbano	18
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
3.1 Caracterização da área de estudo.....	18
3.2 Equipamentos utilizados	18
3.3 Metodologia	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5. CONCLUSÃO	29
6. REFERÊNCIAS.....	31

1. INTRODUÇÃO

Georreferenciamento é o ato de definir a forma, a dimensão e a localização de um imóvel no globo terrestre. Essa técnica é de suma importância para o poder público, pois diversos impostos e taxas são dependentes dessas informações. Contudo, o avanço da urbanização desordenada e de forma acelerada vem dificultando uma base de dados atualizada e confiável para a regularização dos imóveis. Dessa forma, o estudo de novas técnicas para o georreferenciamento se faz necessário.

O uso de veículos aéreos não tripulados (VANT's) tem se popularizado bastante nos últimos anos para projetos de georreferenciamento. A facilidade para cobrir áreas extensas e de difícil acesso com um VANT faz com que diversas empresas adotem essa técnica. Dessa forma, cada vez mais é necessário pesquisas nessa área, tanto para demonstrar a capacidade do Drone realizar esse tipo de trabalho quanto para desenvolver novas tecnologias capazes de melhorar a performance dos veículos aéreos não tripulados em projetos de georreferenciamento.

Alguns trabalhos vêm sendo feitos sobre georreferenciamento urbano com a utilização de drones. Lins (2019) estudou a utilização do VANT como alternativa para a atualização de regularização urbana. O autor concluiu que a metodologia estudada por ele possibilita obter dados de levantamento planialtimétrico com informações de alta precisão, maior agilidade e menor custo. Arantes et al. (2018) também estudou o uso de drones na atualização da área construída de imóveis urbanos, sendo que testaram diversas resoluções espaciais para identificar quais parâmetros geravam melhores resultados. Os autores concluíram que utilizando a resolução correta, as imagens geradas por drones são capazes de atingir os requisitos mínimos para um projeto de georreferenciamento.

Diversos outros trabalhos foram feitos utilizando drones para regularização de imóveis. Lucietto et al. (2021) estudou a utilização de drones na aferição de edificações irregulares em Cascavel-PR, Pinto Filho et al. (2020) avaliou o mapeamento aéreo com drone para planejamento urbano, Lima Neto e Araujo (2019) estudaram veículos aéreos não tripulados aplicados a mapeamentos de loteamento do município de Pau dos Ferros – RN, Macedo et al. (2019) avaliou a utilização de aeronave remotamente pilotada para imageamento da área urbana de Monte Carmelo – MG e elaboração de base cartográfica digital, entre outros.

Pode-se notar a importância que a utilização de drones vem tendo para a regularização de imóveis. Dessa forma, o presente trabalho pretende abordar sobre o uso de veículo aéreo não tripulado para a realização de um projeto de georreferenciamento urbano. Para isso, será feita uma abordagem teórica sobre alguns conceitos importantes para o entendimento do tema e será

mostrado um estudo de caso em uma cidade, onde foi realizado um projeto de georreferenciamento urbano.

O presente trabalho está dividido da seguinte forma: o primeiro tópico faz uma breve introdução do tema, o segundo versa sobre alguns conceitos teóricos importantes, tais como: topografia, sistema GNSS, fotogrametria etc. O terceiro é um estudo de caso em uma cidade de Minas Gerais, por fim, o quarto tópico faz uma conclusão do trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A situação fundiária urbana no Brasil

O direito à moradia é um dos direitos assegurados pela Constituição Federal de 1988, sendo competência comum da união, dos estados e dos municípios. Ademais, a lei 10.275/2001 (Estatuto da Cidade) relata que é dever do município garantir o direito a cidades sustentáveis aos indivíduos a que nela habitam, garantindo o direito à terra urbana, à infraestrutura, ao saneamento ambiental e à moradia. Porém, desde sua origem, o Brasil enfrenta dificuldades para a regularização fundiária urbana, pois há falta de cadastros territoriais e falta de mapeamentos com bases atualizadas e confiáveis nas cidades brasileiras (ROCHA; SILVEIRA, 2017).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) divulgou uma pesquisa (Pesquisa de Informações Básicas Municipais) em 2017 para avaliar a realidade habitacional do Brasil, permitindo a identificação das irregularidades e precariedades dos municípios. O resultado da pesquisa foi que 59,6% dos 5.570 municípios brasileiros tinham algum tipo de ação direcionada à moradia, mas apenas 39,7% tinham um Plano Municipal de Habitação.

Ainda segundo dados do IBGE, até agosto de 2017, os loteamentos irregulares e/ou clandestinos estavam presentes em 3374 municípios (60,6% do total), a existência de favelas, mocambos, palafitas ou assemelhados compreendia 952 municípios (17,2%); a existência de ocupações de terrenos ou prédios por movimentos de moradia apareceram em 724 municípios (13,0%) e a presença de cortiços, casas de cômodos ou cabeças-de-porco foi verificada em 684 municípios (12,3%).

Diante dos resultados apresentados pelo IBGE, autores como Pessoa, Filho e Rocha (2019) e De Lima Ramires (2020) corroboram no sentido de que a falta da regulamentação do espaço urbano é uma realidade que causa problemas como a arrecadação de impostos sem eficiência. Essa ineficiência existe devido a uma grande quantidade de ocupações sem registro

ou registradas erroneamente, além de problemas relacionados à mobilidade urbana e sistemas viários ineficientes. Autores como Rocha e Silveira (2017) também constataam que estes problemas são causados pela falta de regularização fundiária, isto é, lotes clandestinos e irregulares, que são gerados, por exemplo, por parcelamento irregular do terreno.

Dessa forma, Marcelino (2019) salienta que o processo de regularização fundiária urbana vem sendo muito discutido devido às deficiências habitacionais da população. Fernandes, Santos e Thiengo (2021) destaca que há escassez de mão de obra que presta serviço de regularização fundiária urbana. Outro problema que foi levantando por Pinto, Lima e Oliveira (2020) é que em muitos municípios a disponibilidade de recursos financeiros é limitada para este tipo de gerenciamento, além das imagens de satélite serem de baixa resolução.

Também é importante ressaltar que algumas técnicas muito utilizadas tem um alto custo operacional, pois utilizam equipamentos de alto valor como helicópteros e aviões pequenos (GALLACHER, 2016; PESSOA; FILHO; ROCHA, 2019). Contudo, os elementos cartográficos georreferenciados são uma opção extremamente importante para a regularização, contribuindo para a elaboração do cadastro tributário e imobiliário, planialtimétrico e a averiguação e padronização de serviços de infraestrutura municipal (INGUAGGIATO; OLIVATTO; STANGANINI, 2022).

Desta forma, a utilização de veículos aéreos não tripulados no levantamento aerofotogramétricos com o objetivo de coletar imagens de alta resolução é uma excelente opção para a obtenção de dados focados na gestão fundiária urbana (GALLACHER, 2016; CURETON, 2020). Esses dados podem ser utilizados para gerar uma base cartográfica georreferenciada sólida de forma rápida, eficiente e de baixo custo (LIM; CHOI; CHO, 2020; MBARGA et al., 2020).

2.2 Topografia

Mesmo antes da sociedade entender a topografia, ela já era utilizada para demarcações de terras, para plantio e para construção de residências (JÚNIOR; NETO; ANDRADE, 2014). Por meio de instrumentos topográficos rudimentares possibilitava demarcações e representações em planta dos limites da propriedade, evidenciando as suas particularidades, bem como as construções, plantações, riachos, vales, cercas, entre outros (RAMOS; PRATES, 2014).

Segundo os autores Silva e Segantine (2015), a topografia faz uma avaliação e representação de como é descrito as características da superfície terrestre, dispondo

coordenadas, localização relativa de pontos, distâncias e ângulos. A topografia analisa uma pequena porção da terra sem considerar a curvatura resultante da esfericidade terrestre, esta técnica determina a posição tridimensional relativa de pontos terrestres utilizando ângulos, distâncias, geometria e trigonometria (TIMBÓ, 2001).

Júnior, Neto e Andrade (2014) citam como instrumentos usuais as trenas para medição principalmente de distâncias horizontais; o Teodolito destinado a acareação de ângulos, assim como medições de distâncias horizontais e verticais com a utilização de equipamentos auxiliares; o Nível de Luneta que mensura as distâncias verticais entre dois ou mais pontos; a estação total que possibilita aferir ângulos, distância e coordenadas, sendo que as medidas são gravadas em seu interior e depois com o uso de um software é possível representá-las graficamente; e por último o Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) que permite localizar qualquer ponto tridimensional na superfície terrestre.

Lins (2019), Figueredo et al. (2021), Mariano et al. (2022) e Melo (2022) utilizaram VANT's para realizar levantamento topográficos, trazendo mais tecnologia, praticidade e simplicidade para o projeto. A utilização de VANT's exige apenas definir o plano de voo, a área a ser explorada, a velocidade e altitude de voo e, conseqüentemente, a quantidade das imagens a ser coletada.

2.3 Sistema GNSS

O GNSS (do inglês *Global Navigation Satellite Systems*) consiste em várias constelações de satélites que permitem obter a localização geográfica de qualquer ponto na superfície terrestre. Nos dias atuais as constelações de satélites existentes são formadas pelos seguintes sistemas: *Global Positioning System* (GPS) americano, o GLONASS Russo, o Galileo Europeu e o *Compass* Chinês (AMARAL; COLAÇO; MOLIN, 2015; ZANATTA et al., 2018; JÚNIOR et al 2020). Ainda Conforme Mônico (2008), estes sistemas possuem alta acurácia, o que justifica a sua demanda crescente, além desta tecnologia ser aliada ao sistema de informação Geográficas (SIG), tornando as informações que auxiliam a gestão territorial e ferramentas mais eficientes.

As medições feitas com o uso de GNSS usam o sistema de coordenadas geodésico, pois ele determina um ponto real com precisão centimétrica e, após o processamento a precisão pode se tornar milimétrica (EXTERCKOETTER, 2019). Os quatros sistemas de satélites atualmente presentes no GNSS ainda realizam melhorias em seu sistema ou estão incompletos, mas quando

todos tiverem finalizados a rede contará com 120 satélites no total, transmitindo diferentes frequências, havendo melhorias no método de posicionamento, na acurácia da posição e na agilidade nos dados (JÚNIOR et al., 2020).

O sistema GNSS, além de ter aplicação em levantamentos, vem sendo utilizado em georreferenciamento de imóveis para fins cadastrais (AMORIM et al., 2016). Todos os equipamentos utilizados em um projeto de georreferenciamento devem ser calibrados, desde sistemas de posicionamento até câmeras. Contudo, caso não seja possível a calibração, os resultados podem ser melhorados ajustando a geometria de voo do drone e o método de cálculo utilizado para análise das imagens (STRONER et al., 2021).

2.4 Fotogrametria

A fotogrametria se traduz por um processo de medições gráficas que utilizam as fotografias alcançadas pela captura de luz (GOUVEIA, 2020). Essa técnica se baseia em avaliar as medidas dos terrenos de forma precisa e confiável por meio da escala vista na fotografia (GRANSHAW, 2020). Os autores Coelho e Brito (2007) também definem a fotogrametria como uma ciência e tecnologia capaz de reconstruir o espaço 3D a partir de imagens 2D captadas por uma gravação de padrões de ondas eletromagnéticas obtidas por meio remoto.

A fotogrametria é utilizada para produção de mapas, cartas topográficas e modelos digitais de terrenos. Para isto é realizado medidas terrestres precisas por meio de fotografias especiais feitas com câmeras específicas (TIMBÓ, 2001). Para Coelho e Brito (2007), a fotogrametria também diminui o tempo gasto para coleta de dados e a questão de mão de obra para obtenção de coordenadas de vários pontos.

A fotogrametria tem sido largamente utilizada devido ao avanço tecnológico nos últimos anos, possibilitando a redução de custos e a realização de projetos de mapeamento topográfico de qualidade, extraindo elementos geográficos precisos para inúmeras aplicações (BRITO; GUIMARÃES; MARTINS, 2005; LARANJA; CORREA; BRITO, 2013).

Os pontos positivos da fotogrametria se dão pela elevada quantidade de informações obtidas com a fotointerpretação, no qual é importante para as fases preliminares de projetos, além de ser um levantamento rápido para grandes extensões, chegando em áreas onde o ser humano não tem capacidade, devido a inacessibilidade e perigo (SILVA; COSTA, 2010).

Já como pontos negativos, destacam-se a pouca precisão quando é comparada a outros levantamentos topográficos e a necessidade de condições climáticas propícias (LINS, 2019).

2.5 Georreferenciamento de Imóveis Urbanos

Sabe-se que a determinação da localização exata de um dado ponto na terra é conhecida como georreferenciamento. Georreferenciar é localizar o imóvel na terra, definindo a sua forma, dimensão e localização, por meio de métodos de levantamento topográfico, descrevendo os limites e características da área. Esse procedimento foi criado para estabelecer um padrão para os registros específico de imóveis, baseado na lei 10.267/2001.

Ao se analisar o passado da ocupação do Brasil, entende-se a dificuldade em organizar o território, pois não havia interesse em demarcação dos imóveis. O registro de terras surgiu apenas no século XIX e conseqüentemente o cadastro de propriedades. O acesso à terra e os direitos sobre ela se desenvolvem junto ao avanço da sociedade com a criação de mecanismos jurídicos. Com o passar do tempo foi crescendo a importância do cadastro e do registro de terras para a segurança jurídica da propriedade. (Antunes, 2017).

A partir da Constituição Federal do Brasil de 1946 teve expressivo aumento do número de municípios e a implantação de eleições para prefeitos, dando maior liberdade em termos de serviços públicos para a administração municipal, assim como uma maior autonomia política e administrativa para cobrança de tributos e a participação na arrecadação da União e dos estados. Dessa forma, os municípios começaram a se organizar para cobrarem os tributos, em especial o Imposto Predial Territorial Urbano (IPTU), e com isso foram organizados os primeiros cadastros fiscais imobiliários (CUNHA *et al.*, 2019).

Para Serra (2013), o georreferenciamento pode ser definido como a descrição de um imóvel, que por meio de marcos geodésicos delimitados por satélites em órbita geoestacionária, mapeiam precisamente o terreno medido, obtendo valores latitude, longitude e altitude bem definidos. Já segundo Menzori (2017), georreferenciamento nada mais é do que situar, indicando com precisão o posicionamento do imóvel no globo terrestre. Os autores Talaska e Eteges (2012) ainda complementam que o georreferenciamento possibilita a representação gráfica ou digital do espaço do território, mantendo a acurácia e precisão da localização.

O autor Loureiro (2017) descreve que para evitar qualquer tipo de fraude imobiliária, distorções e sobreposições de áreas o georreferenciamento possibilita trazer maior realidade nas informações dos registros públicos, indo de encontro com o autor Carvalho (2007) que enfatiza importância no processo de regularização fundiária através da intervenção pública dos municípios.

A lei 13.465 de Regularização Fundiária Urbana (BRASIL, 2017) estabelece que o processo de regularização fundiário urbano necessita de um levantamento planialtimétrico

georreferenciado que engloba acidentes geográficos, sistema viário, construções e limites de propriedades, indicação de áreas públicas, entre outros recursos que façam parte do núcleo urbano, ficando a cargo de cada município fazer o seu próprio cadastro (OLIVATTO; STANGANINI, 2021).

Há diversas vantagens em fazer o georreferenciamento, pois com uma base de dados atualizada, o gestor da área urbana pode tirar diversas informações importantes e utilizá-las para melhorias na cidade. Pode-se destacar a possibilidade de aumento real da receita dos municípios sem aumento de impostos, pois haverá uma verificação entre as áreas declaradas na base da prefeitura e a área real construída. As imagens também poderão ser utilizadas para determinar o melhor uso e ocupação do solo, regiões de concentração de pessoas, áreas onde são possíveis as verticalizações das construções, áreas em que o sol incide por maior ou menor tempo e até o planejamento relativo a interferências de antenas de comunicações.

O georreferenciamento também auxilia na construção do mapeamento urbano de qualidade. Essa tecnologia ajuda a determinar os eixos viários, os limites de cada bairro, as quadras, os lotes e as edificações para que seja possível melhores tomadas de decisões dos gestores do município. Dessa forma, pode-se planejar e otimizar a utilização dos recursos da cidade.

2.6 Veículo Aéreo Não Tripulado

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's) são popularmente conhecidos como drones (KIM et al., 2016). Segundo os autores Watts, Ambrosia e Hinkley (2012), a sigla VANT seria a abreviação de Veículo Aéreo Não Tripulado, sendo esta a tradução em português de UAV - *Unmanned Aerial Vehicle*. Outras expressões podem ser encontradas na literatura, como *Airborne Remotely Operated Device* – AROD (Dispositivo Aéreo Remotamente), *Remote Piloted Device* – RPV (Veículo Pilotado Remotamente), *Remotely Operated Aircraft* – ROA (Aeronave Operada Remotamente) (MUNARETTO, 2017).

Um VANT trata-se de uma aeronave de pequeno porte, sem piloto a bordo, conduzida por um controle remoto e pode ser constituída de sensores, câmeras, infravermelho, radar, GPS, entre outros dispositivos e alta resolução temporal (ALVES, 2015; BHARDWAJ et al., 2016; LISBOA et al., 2018). Além disso, estão se tornando cada vez mais populares, pois seu custo de aquisição e operação é relativamente baixo quando comparado com outros sistemas

considerados convencionais (KIM et al., 2015; SILVA et al., 2015; YAHYANEJAD; RINNER; 2015).

A princípio, o uso de VANT's se deu para fins militares, porém com o passar dos anos se alastrou para diversas áreas, tornando-se atraente para aplicações comerciais e governamentais pelo grande potencial de monitoramento e inspeção de propriedades (GIUFFRIDA, 2015; MELO et al., 2017). No entanto, existem vários desafios ao seu uso, tais como: garantir a comunicação entre os dispositivos, escolha do software e hardware que afetam o desempenho e aplicabilidade e dificuldade com gerenciamento de tráfego, segurança e privacidade (HILDMANN; KOVAVS, 2019).

Quanto aos tipos de VANT's existentes no mercado, os mais conhecidos são os de asa fixa (Figura 1a) ou asa rotativa (Figura 1b), também denominados multirrotores. Os de asa fixa são aeronaves com asas e são semelhantes a de um avião e sua sustentação aerodinâmica é feita por meio do fluxo de ar entre suas asas, possuindo grande autonomia para cobrir grandes áreas. Já os de asa rotativa são aeronaves semelhantes a helicópteros, possuindo um motor para rotação das palhetas em cada um dos seus vértices e sua estrutura permite estabilidade de voo, além do fácil controle de decolagem e pouso, além da facilidade se sobrevoarem áreas restritas (NASCIMENTO; GONÇALVES; CINTRA, 2017; BORGES et al., 2017).

Figura 1 (a) Modelo de VANT de Asa fixa (b) Modelo de VANT de Multirrotor

(a)

(b)



Fonte: Forbes (2019)

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) também classifica os VANT's com relação ao seu peso máximo de decolagem, dividindo-as em classe 1, 2 e 3 (Tabela 1). Os equipamentos de Classe 1 necessitam do Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB); os pilotos

precisam de Certificado Médico Aeronáutico (CMA), licença e habilitação e, também, os voos precisam ser autorizados e registrados. Os VANT's de Classe 2 estão isentos de certificação pela ANAC, porém o fabricante deve cumprir determinados requisitos técnicos e ter o projeto da aeronave aprovado pelo RAB. Os pilotos dessa classe necessitam de CMA, licença e habilitação e os voos precisam de autorização e de registro. Na classe 3 as aeronaves necessitam apenas de um cadastro junto a ANAC e se limitam a voos de altitude máxima em 120 metros do nível do solo se possuir licença. Nas áreas urbanas e aglomerados rurais a altitude se limita a 60 metros e operados a pelo menos 30 metros de distância de uma pessoa (ANAC, 2017).

Tabela 1 - Classificação dos VANT's quanto ao seu peso máximo de decolagem.

Classe	Peso máximo de decolagem
Classe 1	Maior que 150 kg
Classe 2	Entre 25 Kg e 150 Kg
Classe 3	Menor ou igual a 25 Kg

Fonte: ANAC, 2017.

Ferrira e Rosalen (2018) citam que é fundamental a autorização da ANAC para a utilização de drones. Em algumas situações específicas, Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) também devem emitir permissões de voo. Autores como Moreira et al. (2017) e Morgenthal e Hellermann (2014) destacam algumas vantagens dos VANT's, como: possuem simples operação, necessitam apenas de um observador para apoio, são rápidos e leves, são seguros, acessam áreas de difícil acesso e possuem baixo custo de operação e manutenção.

Já com relação às limitações, Morgenthal e Hallermann (2014) descrevem que os VANT's geralmente têm pequeno tamanho e baixa capacidade de carga. Outra limitação é a capacidade das baterias, reduzindo assim a autonomia de voo. Os autores ainda destacam problemas como a sensibilidade do sistema de voo, pois sofre interferência de alterações meteorológicas, como por exemplo ventos fortes e chuvas.

2.7 O uso de VANT no georreferenciamento urbano

Os VANT's têm a capacidade de fornecer imagens em tempo real, permitindo avaliar a qualidade dos dados e, se necessário, repetir o procedimento para melhorar os resultados (PARENTE; FELIX; PICANÇO, 2016). Por esta razão, de acordo com Lima et al. (2016), os VANT's vêm sendo utilizados como ferramentas de controle e de gestão municipal para as áreas regulares e irregulares e em áreas de preservação permanente, permitindo a investigação de espaços geográficos propensos a alagamentos e desmoronamentos (SILVA; COSTA, 2010).

O georreferenciamento de imagens utilizando VANT's só é possível com o auxílio de softwares de processamento, pois este tem precisão de medição de coordenadas geográficas na ordem de centímetro (ZANETTI, 2017). As imagens processadas são utilizadas para a regularização fundiária urbana, pois com estas informações recorre-se a execução de uma regularização do memorial descritivo, estabelecendo limites, medidas do imóvel, localização espacial, identificação dos confrontantes e o tamanho correto de cada escritura para fins de regularização. Para finalizar a regularização do imóvel os dados cadastrais são registrados no Cartório de Registro de Imóveis regional, gerando um número de matrículas individual.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

O estudo de caso mostrado nesse trabalho foi realizado em uma cidade do estado de Minas Gerais.

O estudo de caso que será mostrado aqui consiste em mostrar/explicar para o leitor como é feito o georreferenciamento de uma área urbana utilizando veículos aéreos não tripulados. As imagens foram coletadas com a utilização de drones e analisadas por meio do software QGIS que é um programa gratuito para esse tipo de análise.

3.2 Equipamentos utilizados

A realização do projeto foi feita pelos alunos e os equipamentos utilizados para a realização do trabalho foram emprestados, ou seja, o receptor GNSS foi emprestado pelo Prof. Me. Rodrigo Villela Machado da UFLA e o drone foi cedido pela empresa Dapedra. Os computadores utilizados foram de uso pessoal. A descrição dos equipamentos está mostrada abaixo:

- Drone Phantom 4 pro (1368g, Câmera de 20MP, Rádio com distância máxima de transmissão de 7km, Bateria LiPo 4S 5870 mAh);
- Equipamentos GNSS de dupla frequência (Figura 2b): GNSS Trimble R6 (Precisão horizontal de 3 mm + 0,1 ppm RMS e vertical de 3,5 mm + 0,4 ppm, 220 canais GNSS, memória interna de 11Mb);
- Computadores: Intel Core i7 (4-core, cache de 12Mb, até 5GHz).

Todos os equipamentos estavam em perfeita condições de uso para que os dados coletados fossem confiáveis. A Figura 2a mostra o drone utilizado e a Figura 2b mostra a equipe com um dos RTK utilizados.

Figura 2 (a) Drone Phantom 4 PRO (b) GNSS TRIMBLE R6

(a)



Fonte: Dos autores (2018)

(b)

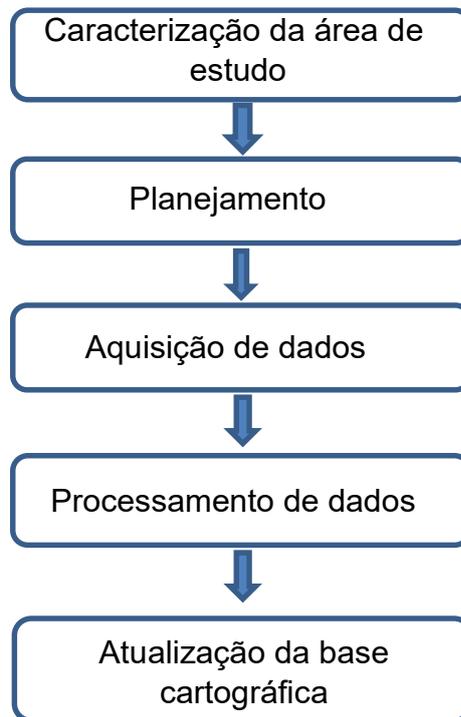


Fonte: Sidnei Alves (2017)

3.3 Metodologia

O objetivo do presente estudo de caso é mostrar ao leitor parte da realização do projeto de georreferenciamento. Pode-se resumir a metodologia utilizada especificamente nesse estudo de caso em cinco etapas, como mostra o fluxograma da Figura 3. A caracterização da área de estudo consiste em descrever brevemente sobre a cidade e falar sobre o georreferenciamento dessa cidade, como mostrado na seção 3.1.

Figura 3 - Fluxograma das etapas para a realização do georreferenciamento.



Fonte: Dos autores (2022)

A etapa de planejamento consiste em decidir alguns parâmetros importantes para o processo de georreferenciamento, tais como: altura de voo, porcentagem de sobreposição das fotografias, entre outras. Essa etapa é de extrema importância, pois será decidido os fatores que afetarão completamente a qualidade do trabalho. Essa etapa foi desenvolvida com a utilização do software DroneDeploy e foi adotado 120 m para altura do voo e sobreposições de 80% tanto na longitudinal quanto na lateral. É importante ressaltar que esses valores foram adotados depois de uma análise preliminar feita na UFLA, ou seja, foi feito um voo com drone dentro da universidade e levantado diversas imagens em alturas e sobreposições diferentes para avaliar quais parâmetros eram os melhores, chegando nos resultados mencionados. A Figura 4 mostra uma imagem feita nesse estudo.

Figura 4 - Imagem feita com drone na Universidade Federal de Lavras-MG.

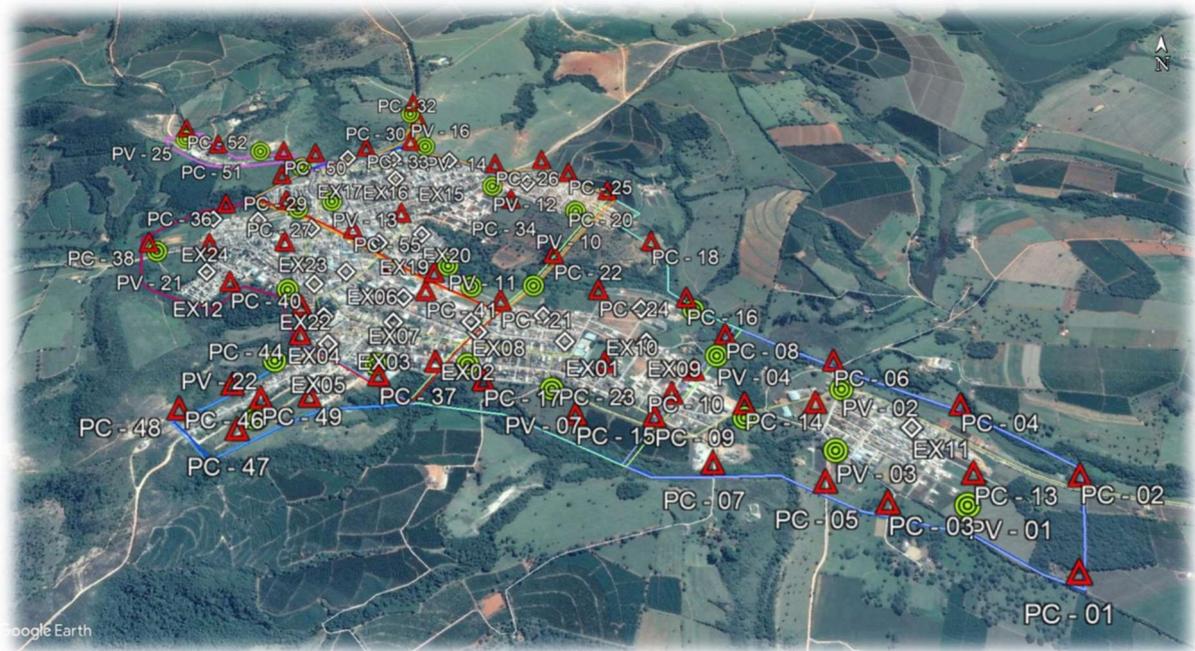


Fonte: Dos autores (2018)

As condições climáticas e a escolha da distribuição dos pontos de apoio no solo também são parte da etapa de planejamento. Os voos foram realizados entre 11h e 14h para que não houvesse sombras que atrapalhasse a obtenção das imagens.

Além dos pontos de controle também foram utilizados pontos de verificação. Os pontos de controle servem para processamento das imagens, contribuindo para a geração do mosaico de imagens georreferenciado. Já os pontos de verificação servem para checagem da precisão da ortofoto. A Figura 5 mostra o plano de voo do drone e a posição dos pontos de controle, pontos de verificação e pontos extras.

Figura 5 - Planejamento de voo com a indicação de pontos de controle, pontos de verificação e pontos extras.



Fonte: Dos autores (2018)

A aquisição dos dados foi feita por meio do voo do drone e o processamento dos produtos cartográficos e ortomosaicos foi realizado em um software de processamento de imagens. Por fim, a atualização da base cartográfica foi realizada por meio do software QGIS. 5 voos foram feitos com 100 minutos de duração total, cobrindo uma área de aproximadamente 40 km².

A correlação dos erros encontrados nos pontos de verificação foi analisada de acordo com a norma de execução INCRA/DF/02 de 2018,

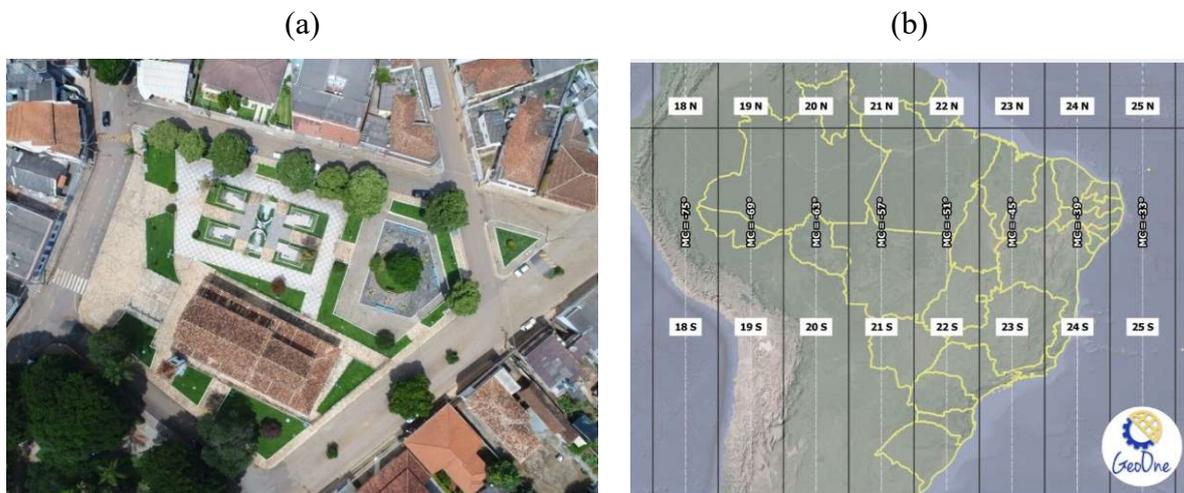
Foram feitas as análises de estatísticas de discrepância Shapiro-Wilk, a 95 % de confiança, e de tendência de t-Student, a 90 % de confiança, para comprovar a normalidade das discrepâncias posicionais e não tendenciosidade dos dados, respectivamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens aéreas foram capturadas por meio de um veículo aéreo não tripulado. Essas imagens foram adicionadas no software QGIS para análise. As figuras iniciais estão mostradas na Figura 6a. O sistema de referência de coordenada adotado foi o SIRGAS 2000 / UTM zone

23s, a faixa de uso desse sistema de projeção está mostrado na Figura 6b. É importante ressaltar que o SIRGAS 2000 é o referencial geodésico oficial no Brasil.

Figura 6 (a) Imagens capturadas pelo drone; (b) Area de cobertura dos fusos no Brasil



Fonte: Dos autores (2018)

Fonte: Geoone (2022)

Há algumas formas de coletar os pontos de referência e o presente trabalho fez a coleta por meio de pontos de apoio no solo. Ademais, utilizou-se pontos de verificação e pontos extras para garantir que o referenciamento fosse correto. Foram coletadas as coordenadas de 55 pontos controle (PC), 25 pontos de verificação (PV) e 20 pontos extras (EX), totalizando 100 pontos. O custo de adicionar pontos é baixo, por isso decidiu-se colocar uma grande quantidade de pontos para garantir a captura de referenciais. Todos esses pontos estão mostrados na Figura 5.

Tomou-se todo cuidado necessário para que esses dados fossem confiáveis e trouxessem bons resultados. O erro máximo obtido foi de 6 cm, sendo um bom resultado para esse tipo de análise, pois a normatização específica tolera erros de até 8 cm. A Tabela 2 demonstra os erros encontrados no levantamento, sendo que estes satisfizeram o teste T-Student e o teste de Shapiro-Wilk, estatísticas estabelecidas pela norma de execução do INCRA/DF/N°02 de 2018, que estabelece também um número mínimo de 20 pontos. A Figura 7 mostra a aproximação do ponto real ao levantado na ortofoto e a Figura 8a mostra a ortofoto gerada para o presente trabalho, a Figura 8b mostra uma área selecionada, a Figura 8c mostra um imóvel com mais proximidade e o a Figura 8d mostra um detalhe dentro de uma das casas da imagem. Pode-se perceber que a qualidade da foto é alta, mostrando a eficácia que o método apresentado aqui traz para o projeto de georreferenciamento.

Para o calculo do teste de normalidade de Shapiro-Wilk são utilizadas as formulas a seguir:

$$D_{S-w} = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Onde:

\bar{x} é a média da amostra

b é calculado pelas formulas que seguem

$$\text{se } n \text{ for par } b = \sum_{i=1}^{n/2} a_n - 1 + 1(x_{n-i+1} - x_i)$$

$$\text{se } n \text{ for impar } b = \sum_{i=1}^{(n+1)/2} a_n - 1 + 1(x_{n-i+1} - x_i)$$

Sendo que os valores de a são tabelados e para o caso em questão são:

n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10	n=11	n=12
0,4450	0,3069	0,2543	0,2148	0,1822	0,1539	0,1283	0,1046	0,0823	0,0610	0,0403	0,0200

Com o valor obtido, se compara com o valor tabelado para o teste, que para 25 amostras com 95% de confiança é 0,9180 caso o valor encontrado ultrapasse esse valor, aceita-se a hipótese, caso contrário, se rejeita a hipótese.

Já para o teste de tendencia de t-student é utilizada a formula que segue;

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

\bar{x} é a média da amostra

μ é media da referencia, que pode ser encontrada com a utilização do ponto t para valores acima de 50%

S é o desvio padrão

n é o tamanho da amostra

Com o valor obtido, se compara com o valor tabelado para o teste, caso o valor encontrado seja menor que o valor tabelado, que no caso é 0,10, aceita-se a hipótese, caso contrário, se rejeita a hipótese.

Tabela 2 – Erros encontrados nos pontos de verificação

PONTO	E (X) PONTO	N (Y) PONTO	E (X) ORTOFOTO	N (Y) ORTOFOTO	D(X) M	D(Y) M	DH M	TESTE SHAPIRO WILK	TESTE T- STUDENT
PV01	448116,71	7690589,28	448116,69	7690589,28	0,018	0,003	0,018	Valor obtido = 0,9705 (Como o valor obtido é maior que o valor tabelado de 0,9180 para 25 pontos e confiança de 95 %, há uma comprovação da normalidade das discrepâncias)	O p-valor encontrado foi de 2,6996E-09, menor que 0,10 e por isso o teste é significativa mente satisfeito
PV02	447778,37	7691128,43	447778,41	7691128,45	0,040	0,025	0,047		
PV03	447722,19	7690893,13	447722,22	7690893,12	0,032	0,007	0,033		
PV04	447372,94	7691285,69	447372,93	7691285,67	0,009	0,020	0,022		
PV05	447507,47	7691020,02	447507,49	7691020,05	0,022	0,027	0,035		
PV06	447276,92	7691516,08	447276,95	7691516,05	0,035	0,034	0,049		
PV07	446738,34	7691105,13	446738,35	7691105,17	0,014	0,039	0,041		
PV08	446706,72	7691608,28	446706,73	7691608,34	0,009	0,059	0,060		
PV09	446500,57	7691202,65	446500,60	7691202,63	0,033	0,022	0,040		
PV10	446889,95	7692053,02	446889,99	7692053,05	0,036	0,026	0,044		
PV11	446352,93	7691750,55	446352,88	7691750,56	0,051	0,006	0,051		
PV12	446539,21	7692200,70	446539,26	7692200,71	0,050	0,013	0,052		
PV13	445855,92	7692097,72	445855,90	7692097,68	0,023	0,036	0,043		
PV14	446205,83	7692443,94	446205,82	7692443,99	0,006	0,046	0,047		
PV15	445727,20	7692275,06	445727,15	7692275,05	0,054	0,008	0,055		
PV16	446097,87	7692723,86	446097,89	7692723,81	0,021	0,046	0,051		
PV17	446149,14	7691177,30	446149,12	7691177,27	0,019	0,034	0,039		
PV18	446513,05	7691575,05	446513,01	7691575,07	0,035	0,023	0,042		
PV19	445830,67	7691532,81	445830,73	7691532,82	0,060	0,007	0,060		
PV20	445732,91	7692056,15	445732,95	7692056,17	0,045	0,018	0,048		
PV21	445215,35	7691834,52	445215,30	7691834,49	0,050	0,032	0,059		
PV22	445850,81	7691189,84	445850,79	7691189,81	0,019	0,029	0,035		
PV23	445807,38	7690917,52	445807,42	7690917,51	0,039	0,007	0,040		
PV24	445478,62	7692426,63	445478,60	7692426,61	0,020	0,020	0,028		
PV25	445076,36	7692585,24	445076,33	7692585,23	0,030	0,010	0,032		

Figura 7 – Exemplos de pontos e o respectivo erro



Fonte: Dos autores (2022)

Figura 8 (a) - Ortofoto gerada para o presente trabalho; (b) - Imagem da área de estudo; (c) - Imagem de um imóvel; (d) - Detalhe de um imóvel

(a)

(b)



(c)

(d)



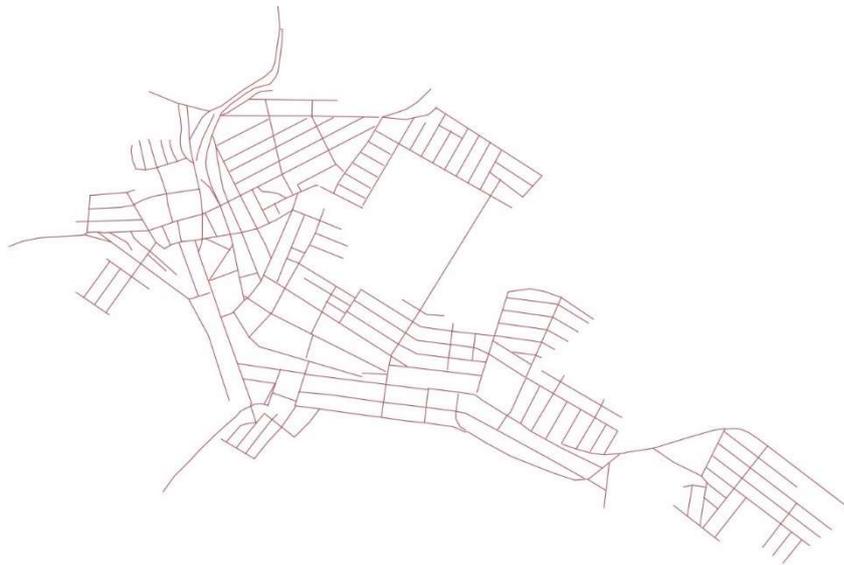
Fonte: Dos Autores (2018)

A ortofoto é utilizada para realizar a delimitação/vetorização das propriedades e construções que é uma etapa extremamente importante para a regularização fundiária de um

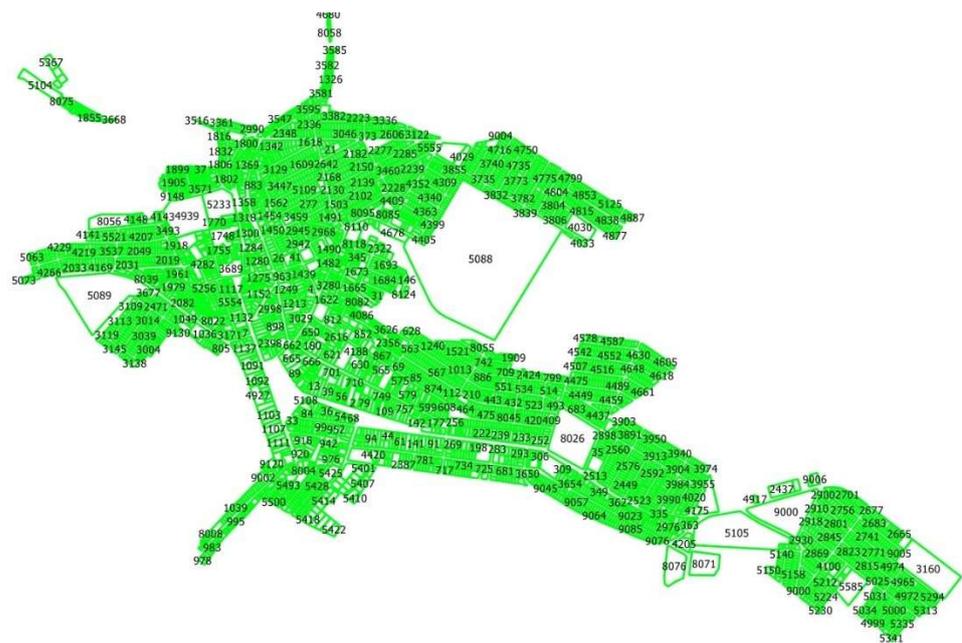
dados município. A imagem vetorizada está mostrada na Figura 8 que compreende as ruas (Figura 8a), os lotes (Figura 8b), as edificações (Figura 8c) e a figura completa (Figura 8d).

Figura 9 (a) – Imagem vetorizada da cidade – Ruas; (b) – Imagem vetorizada da cidade – Lotes; (c) – Imagem vetorizada da cidade – Edificações; (d) – Imagem vetorizada da cidade – Figura completa

(a)



(b)



(c)



(d)



Fonte: Dos Autores (2018)

O artigo 35 da lei de regularização fundiária urbana do Brasil descreve que as ortofotos devem ser capazes de apresentar a identificação das unidades, construções, sistema viário, áreas

públicas, acidentes geográficos e demais elementos do núcleo a ser regularizado. Percebe-se que a Figura 8 cumpre todos esses requisitos. Apesar do grande avanço tecnológico para o georreferenciamento urbano, ainda é necessário a ida a campo para levantar algumas informações das propriedades, tais como numeração das unidades habitacionais, identificação de uso comercial ou residencial e confirmação da quantidade de pavimentos.

Também é importante ressaltar que há requisitos da lei de regularização fundiária do Brasil que tratam de questões ambientais. Esses requisitos pedem que sejam identificados fragmentos de vegetação, cursos d'água e nascentes para que seja possível a proteção desse ambiente, o que vai de acordo com lei 12.651 (novo código florestal) aprovada em 2012. Contudo, a prefeitura não solicitou essas informações e elas não foram inseridas no estudo realizado.

Outro ponto que também não foi solicitado pela prefeitura, mas é importante ressaltar aqui é a possibilidade de gerar curvas de níveis para observar acidentes geográficos naturais e artificiais, partes muito íngremes e o sistema de drenagem urbana. Inclusive, esse também é um requisito da lei de regularização fundiária que exige o levantamento planialtimétrico georreferenciado.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho relatou sobre o georreferenciamento urbano com a utilização de drones. Foi feito uma abordagem teórica sobre o tema para contextualizar o leitor e foi apresentado um projeto de uma cidade de Minas Gerais. O projeto apresentado foi um estudo real feito pelos autores do presente trabalho, sob a coordenação do Prof. Me. Rodrigo Villela Machado.

A utilização de drones para o georreferenciamento se mostrou uma técnica muito otimizada, pois conseguiu-se bons resultados com menor custo e menor tempo de execução do que seria com métodos tradicionais. A dependência de boas condições climáticas é uma desvantagem. Contudo, é importante ressaltar que as vantagens dessas técnicas superam suas dificuldades.

O estudo preliminar realizado na Universidade Federal de Lavras se mostrou bastante útil para o desenvolvimento do trabalho, pois os valores ótimos encontrados durante a análise na universidade funcionaram muito bem para o projeto de georreferenciamento.

Foi possível gerar uma ortofoto de alta qualidade que foi utilizada para realizar a delimitação/vetorização das propriedades e construções do município. A imagem vetorizada conseguiu demonstrar as ruas, os lotes e as edificações, como é requisitado pela norma. Por fim, o erro do georreferenciamento foi de 6 cm, ficando abaixo dos 8 cm permitido pela norma. Sendo assim, pode-se notar que essa técnica é viável e importante para processo de regularização fundiária de áreas urbanas.

6. REFERÊNCIAS

- ALVES, J. L. R. **Análise de produtos cartográficos obtidos com câmera digital não métrica acoplada a um Veículo Aéreo Não Tripulado em áreas urbanas e rurais no Estado de Goiás**. Dissertação de Mestrado em Geografia do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2015.
- ALVES, S. GPS Trimble R6 com RTK Interno. Youtube. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=NCdLR9si5n8> acessado em 09/08/2022
- AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F.; MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão**. Editora oficina de textos 1. ed. São Paulo, 2015.
- AMORIM, A.; PESSOA, G. G.; LEMES, I. R.; KOMAZAKI, J. M.; JORGE, L. C.; GALO, M.; CAMARGO, P. O. **Utilização de VANT para o Georreferenciamento de imóveis rurais**. I seminário internacional UAV. Lisboa, 2016.
- ANAC. **Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil - RBAC-E**, Resolução nº 419, de 02 de maio de 2017. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/resolucoes/2017/resolucao-no-419-02-05-2017>. Acesso em: 12 ago. 2022.
- Arantes, B. H. T., Arantes, L. T., Ventura, M. V. A., Costa, E. M., Bessa, M. M., Baliza, L. M., & Moraes, V. H. (2018). **Uso de drones na atualização de área construída de imóveis urbanos**. Scientia Plena, 14(10). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2018.105301> i
- Antunes, A. F. B. (2017). **Elementos do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) Material Didático**. In UFPR. https://docs.ufpr.br/~felipe/Apostila_2017_1_edicao.pdf
- BHARDWAJ, A.; SAM, L.; AKANKSHA; JAVIER M. T.; RAJESH K. **UAVs as remote sensing platform in glaciology: Present applications and future prospects**. Remote Sensing of Environment, 175, 196–204, 2016.
- BORGES, R. O.; SOBRAL, L. T.; FAZA, A. J.; RIBEIRO, R. F.; LANZA, D. S.; CALIL, M. S. **Utilização de drones de pequeno porte como alternativa de baixo custo para caracterização topográfica da infraestrutura de transportes no Brasil**. XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia, 17. 2017. Rio de Janeiro. 2017
- BRASIL. Lei nº 13.465, de 11 de julho de 2017. **Dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana [...] e dá outras providências**. Brasília, 2017.
- BRASIL. Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973. **Dispõe sobre os registros públicos e dá outras providências**. Brasília, 1973.
- BRITO, J. G. A. A.; GUIMARÃES, H. S.; MARTINS, C. V. **A topografia e sua contextualização ao longo da história**. Grafhica, 2005.
- CARVALHO, C. S. **Programa Papel Passado. Brasil**. Ministério das Cidades. Regularização Fundiária Plena: referências conceituais. Ministério das Cidades, p. 13-17, Brasília, 2007.

Disponível em: https://urbanismo.mppr.mp.br/arquivos/File/Livro_Regularizacao_Fundiaria_Plena_Referencias_Conceituais.pdf. Acesso em: 11 ago. 2022.

COELHO, L.; BRITO, J. N. **Fotogrametria digital**. 1º ed., 196p. EDUERJ, Rio de Janeiro, 2007.

Cunha, E., Oliveira, F., Julião, R., & Carneiro, A. (2019). **O cadastro urbano no Brasil: histórico e evolução**. GOT - Journal of Geography and Spatial Planning, 17, 55–74.

CURETON, P. **Digital Twins, smart cities and drones**. 1ºed., Vol. 1. Abingdon: Routledge, 2020.

DE LIMA RAMIRES, J. C. **Avaliação da produção acadêmica sobre ocupações irregulares: contribuições da geografia urbana**. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas, v. 1, n. 31, p. 225-259, 2020.

EXTERCKOETTER, A. T. **Análise da volumetria obtida por dados GNSS/RTK e drone**. Trabalho de conclusão de curso do curso de engenharia de Agrimensura da universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Criciúma, 2019. Disponível em: < <http://repositorio.unesc.net/handle/1/7621> > Acesso em: 15 ago. 2022.

FERNANDES, D. G.; SANTOS, H. C. dos. THIENGO, J. A. **Regularização fundiária: uma análise do bairro das graças, no município de Belford Roxo/RJ**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 04, n.9, p. 62-83, 2021.

FERREIRA, S. P.; ROSALEN, D. L. **Elaboração de Projetos de Terraplenagem a partir de Recobrimento Aéreo Realizado por Aeronave Remotamente Tripulada**. REGENT: Revista Eletrônica de Gestão, Engenharia e Tecnologia da Faculdade de Tecnologia de Piracicaba, v. 3, n. 1, 2018.

FIGUEREDO, R. H. B.; MATIAS, F. E. S.; SILVEIRA, B. D. A. S.; VASCONCELOS, R. T. F.; JÚNIOR, A. M. S. **Comparação do desempenho de levantamentos topográficos planimétricos realizados sob o uso de vant e estação total**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, 2021.

FRANÇA, L. **Qual SRC usar em meu projeto do QGIS?**. 06 de maio de 2022 Disponível em < <https://geoone.com.br/qual-src-devo-utilizar-em-meu-mapa/> > acesso em 10/08/2022

GALLACHER, D. **Drone Applications for Environmental Management in Urban Spaces: A Review**. International Journal of Sustainable Land Use and Urban Planning, v. 3, n. 4, p. 1-14, 2016.

GIUFFRIDA, F. **Potential Uses and Considerations Regarding the Use of UAS Technology in Assessment**. PROPERTY DRONE CONSORTIUM, 2015.

GOUVEIA, G. S. **Análise da confiabilidade do produto de rps na demarcação de vértices artificiais em georreferenciamento de imóveis rurais**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartografia da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2020.

GRANSHAW, S. I. **Photogrammetric Terminology: Fourth Edition**. The Photogrammetric Record, v. 35, n. 170, p. 143–288, 2020.

HILDMANN, H.; KOVACS, E. **Review: Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) as Mobile Sensing Platforms (MSPs) for Disaster Response, Civil Security and Public Safety**. Drones, v. 3, p. 59, 2019.

IBGE. **Mais da metade dos municípios brasileiros não tinha Plano de Saneamento Básico em 2017**. Agência IBGE Notícias, estatísticas Sociais, 2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agenciadenoticias/releases/22611-munic-mais-da-metade-dos-municipios-brasileirosnao-tinha-plano-de-saneamento-basico-em-2017>. Acesso em: 11 ago. 2022.

INCRA. **Norma de Execução INCRA/DF/02**. Brasília: 2018. Disponível em: https://www.gov.br/incra/pt-br/centrais-de-conteudos/legislacao/NE_02_2018_DF.pdf. Acessado em 18 set. 2022

INGUAGGIATO, F. F.; OLIVATTO, T. F.; STANGANINI, F. N. **Uso de Aeronave Remotamente Pilotada como ferramenta para análise e gestão territorial: um estudo para Regularização Fundiária Urbana**. Engenharia Urbana em Debate, v. 3, p. 5-21, 2022.

JÚNIOR, J. M. C.; NETO, F.C. R.; ANDRADE, J. S. C. O. **Topografia Geral**. Recife: EDUFRPE, 2014.

KIM, S.; IRIZARRY, J.; COSTA, D. B.; MENDES, A. T. C. **Lessons Learned from Unmanned Aerial System-Based 3D Mapping Experiments**. Associated Schools of Construction (ASC) 52nd Annual International Conference Proceedings, 2016.

LARANJA, R. M.; CORREA, N. C. S.; BRITO, J. L. N. S. **Mapeamento Fotogramétrico Digital: Um Estudo Comparativo da Bacia Hidrográfica do Rio Piabanha nos ambientes E-Foto e LPS**. XIV Simpósio Brasileiro de sensoriamento remoto (SBSR). Foz do Iguaçu, 2013. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.23.08.37/doc/p0222.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2022.

LIM, S. H.; CHOI, K. M.; CHO, G. S. **A Study on 3D Model Building of Drones- Based Urban Digital Twin**. Journal of Cadastre & Land InformatiX, v. 50, n.1, p.163-180, 2020.

LIMA, D. F.; JUNIOR, A. M. S.; SILVA, M. M. N.; CARVALHO, C. C. A.; NETO, M. F. **Utilização de VANT (drone) para fins de regularização fundiária urbana de interesse social**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, 2016. Foz do Iguaçu.

LIMA NETO, M.L.A. **Veículo aéreo não tripulado (VANT) aplicado em mapeamentos de loteamentos do município de Pau dos Ferros-RN**. Trabalho de conclusão de curso da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2019.

LINS, B. O. L. **A utilização do VANT (Drone) como alternativa para atualização de regularização urbana**. Trabalho de conclusão de curso da Universidade Federal de Alagoas. Alagoas, 2019.

LISBOA, D. W.; SILVA, A. B.; SOUZA, A. B.; BARROSO, E. S.; FERREIRA, M. **Utilização do VANT para Inspeção de Segurança na Construção de uma Avenida em Belém-PA**. 16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, São Paulo, 2018.

LOUREIRO, L. G. **Registros públicos: teoria e prática**. 8. ed., Editora Juspodivm. São Paulo, 2017.

LUCIETTO, G. F.; RABEL, C.; MACHADO, A. E. **Utilização de Drones na Aferição de Edificações Irregulares em Cascavel-PR**. Revista Thêma et Scientia, [S.l.], v. 11, n. 2E, p. 405-427, dez. 2021. ISSN 2237-843X. Disponível em: <<http://www.themaetscientia.fag.edu.br/index.php/RTES/article/view/1607>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

MACEDO, J. V. N. **Utilização de aeronave remotamente pilotada para imageamento da área urbana de Monte Carmelo-MG e elaboração de base cartográfica digital**. 2019. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2019. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/27804>.

MARCELINO, V. V. **A importância da regularização fundiária**. Jus Navigandi, 2019. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/71606/a-importancia-da-regularizacao-fundiaria>>. Acesso em: 10 ago. 2022.

MARIANO, C. A. S.; REZENDE, D. M. R. P.; FERREIRA, G. D.; MORAIS, G. B. S. **Uso de tecnologias convencionais e avançadas para levantamentos topográficos na construção civil**. Trabalho de conclusão de curso em engenharia civil. Repositório Universitário de Ânima, Pouso Alegre, 2022.

MBARGA MBARGA, T. C.; ASOGWA, V.N.; OKEKE, F.; NDUKWU, R. **Advantages of a Digital Cadastre Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Tool to Support Better Governance and Land Administration in Cameroon: An Exploratory Study**. In: FIG Working Week, p. 1-14, 2020.

MELO, J. G. S. e. **Mapeamento topográfico de uma área rural no Município de Severiano Melo-RN, com a utilização de drones de pequeno porte e topografia convencional**. Artigo apresentado à Universidade Potiguar para trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil, Mossoró/RN, 2022.

MELO, R. R. S. de; COSTA, D. B.; ÁLVARES, J. S.; IRIZARRY, J. **Applicability of Unmanned Aerial System (UAS) for safety inspection on construction sites**. Safety Science, v. 98, p. 174-185, 2017.

MESSIAS, C.; Mercado global de drones agita players brasileiros. Forbes Magazine ed.70, 2019

MENZORI, M. **Georreferenciamento: Conceitos**. 1ºed. São Paulo, Editora Baraúna, 2017.

MÔNICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, fundamentos e aplicações**, 2 ed., Editora UNESP. São Paulo, 2008.

MOREIRA, J.A.; FILHO, M. C. L.; FIGUEREDO, A. C.; OLIVEIRA, F. B.; LOUZADA, J. L. S.; OLIVEIRA, C.H. R. **Uso de VANT para fotointerpretação de lineamentos**. XXI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VII Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba, 2017.

MORGENTHAL, G.; HALLERMANN, N. **Quality Assessment of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Based Visual Inspection of Structures**. *Advances in Structural Engineering*, v. 17, n.3, p. 289-302, 2014.

MUNARETTO, L. **VANT e Drones: A aeronáutica ao alcance de todos**. Edição do autor. São Paulo, SP, 176 p, 2017.

NASCIMENTO, J. S.; GONÇALVES, B. B. T.; CINTRA, C. L. D. **Otimização da segurança em canteiros de obras utilizando veículos aéreos não tripulados (VANT's) com controle de voo via arduino Yun**. *Acta Tecnológica*, São Luis, p.63-72, 2017.

OLIVATTO, T. F.; STANGANINI, F. N. **Using UAV for Land Management during the COVID-19 Pandemic and its Post-Pandemic Potential**. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 2021.

PARENTE, D. C.; FELIX, N. C.; PICANÇO, A.P. **Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de resíduos de construção civil (RCC) dispostos em locais inadequados**. Dissertação de mestrado da Universidade Federal do Tocantins. Palmas, 2016.

PESSOA, L. C.; FILHO, A. A. R.; ROCHA, J. V. V. **O Cadastro Multifinalitário como ferramenta no Planejamento Urbano**. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 1, p. 915-916, 2019.

PINTO, F.; LIMA, M. L. de A.; OLIVEIRA, J. H. S. de. **Mapeamento aéreo com drone para planejamento urbano**. *Revista Políticas Públicas & Cidades*, v. 9, n. 4, p. 1-20, 2020.

ROCHA, M. S. M.; SILVEIRA, R. R. **Da Regularização Fundiária das Ocupações Irregulares do Solo Urbano e a Concretização do Direito Social à Moradia**. *Revista de Direito Urbanístico, Cidade e Alteridade*, v. 3, n. 2, p. 72-87, 2017.

RAMOS, J. A. S.; PRATES, I. **PEC: 30 anos do Padrão de Exatidão Cartográfica no Brasil**, 2014. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2014/08/10/30-anos-do-padrao-de-exatidao-cartografica-no-brasil/>>. Acesso em: 10 ago. 2022.

SERRA, M. G.; SERRA, M. H. **Registro de Imóveis III: Procedimentos especiais**. São Paulo, Editora Saraiva, 2013. Coleção cartórios/coordenados Christiano Cassettari.

SILVA, I.; SEGANTINE, P. C. L. **Topografia para Engenharia: Teoria e prática de Geomática**. Editora GEN LTC 1 ed., 2015.

SILVA, D. C.; COSTA, G. C. **Aerofotogrametria em projetos de estradas**. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife, 2010.

ŠTRONER, M.; URBAN, R.; SEIDL, J.; REINDL, T.; BROUČEK, J. **Photogrammetry Using UAV-Mounted GNSS RTK: Georeferencing Strategies without GCPs**. Remote Sens, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/7/1336>. Acesso em: 12 ago. 2022.

TALASKA, A.; ETGES, V. E. **Estrutura Fundiária Georreferenciada: implicações para o planejamento e gestão do território rural no Brasil**. 2012.

TIMBÓ, M. A. **Elementos de Cartografia**. Departamento de Cartografia UFMG, 2001. Disponível em: <https://csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/cartomensura.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2022.

WATTS, A. C.; AMBROSIA, V. G.; HINKLEY, E. A. **Unmanned aircraft systems in remote sensing and scientific research: classification and considerations of use**. Remote Sensing, Suíça, v. 4, n. 6, p. 1671-1692, jun. 2012.

YAHYANEJAD, S.; RINNER, B. **A fast and mobile system for registration of low-altitude visual and thermal aerial images using multiple small-scale UAVs**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 104, p. 189-202, 2015.

ZANATTA, M. R.; LIMA, D. V.; COSTA, J. P. C. L.; MIRANDA, R. K.; ANTREICH, F.; JUNIOR, R. T. S. **Técnica Tensorial de Estimação de Atraso para GPS de Segunda e Terceira Geração**. XXXVI Simpósio Brasileiro de telecomunicações e processamento de sinais. Campina Grande, 2018.

ZANETTI, J. **Influência do número e distribuição de pontos de controle em ortofotos geradas a partir de um levantamento por VANT**. Monografia (Especialização) do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2017.