

GEORREFERENCIAMENTO E MAPEAMENTO CADASTRAL DA CIDADE DE SERRANÓPOLIS (GO): POTENCIALIDADES DO USO DE DRONES PARA PLANEJAMENTO E GESTÃO URBANA**GEOREFERENCING AND CADASTRAL MAPPING OF THE CITY OF SERRANÓPOLIS (GO): POTENTIALITIES OF USING DRONES FOR URBAN PLANNING AND MANAGEMENT**Alécio Perini Martins¹Francielle Franceschetti da Silva²Igor Silva Ferreira Vilela³Murilo Nicolau Dourado⁴**Resumo**

A partir dos anos 2010, o uso de drones apresentou um considerável avanço, sendo aplicados em áreas como cadastro urbano, regularização fundiária, identificação de áreas de risco, etc. Este artigo apresenta os procedimentos metodológicos para realização de Georreferenciamento e mapeamento cadastral da cidade de Serranópolis (GO), desenvolvido a partir de um convênio firmado entre a prefeitura do município e a Universidade Federal de Jataí. Para cumprir os termos do convênio, os procedimentos foram divididos em 04 etapas: Planejamento, incluindo processos de registro, seguro do drone e autorização de sobrevoos; Aquisição de dados e pesquisa de campo com uso de equipamento GNSS Trimble R4 e um drone de uso civil (Phantom 4 PRO da DJI); Processamento de dados e mapeamento cadastral com uso de software livre (QGis 3.22); Correção e geração de produtos cartográficos conforme os decretos 89.817 de 1984 e 9.310 de 2018. Entre os resultados, foi possível aferir um padrão de exatidão cartográfica Classe A, com erro médio horizontal de 0,012m e vertical de 0,020m, gerar um mapa cadastral em escala de trabalho de 1:500 e fornecer imagens e subsídios para que o município elabore projetos urbanísticos e fundamente um processo de regularização fundiária no futuro. Considerando as limitações da área de cobertura nos sobrevoos com drone, o mapeamento de cidades médias e grandes é inviável por demandar muito tempo e gerar um grande volume de fotografias, mas eles se mostram ideais para

1 Doutor, Professor/ Instituto de Geografia/ Universidade Federal de Jataí. alecioperini@uf.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4485-0336>

2 Graduada – Licenciatura em Geografia/ Instituto de Geografia/ Universidade Federal de Jataí. franciellefranceschetti@discente.ufj.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9829-8156>

3 Bacharel em Geografia/ Instituto de Geografia/ Universidade Federal de Jataí. lgorsilvaferreira97@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8593-6638>

4 Engenheiro Florestal - Mestrando em Ecologia e Conservação/ Universidade do Estado de Mato Grosso. murilo.dourado@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7078-1223>

o estudo de bairros, áreas verdes urbanas, faixas de domínio de rodovias e cidades de pequeno porte.

Palavras-Chave: Geoinformação; Aeronaves remotamente pilotadas; Cidades Pequenas; Regularização fundiária.

Abstract

From the 2010s, the use of drones showed considerable progress, being applied in areas such as urban cadastre, land regularization, identification of risk areas, etc. This article presents the methodological procedures for carrying out Georeferencing and cadastral mapping of the city of Serranópolis (GO) developed from an agreement signed between the municipal government and the Federal University of Jataí. In order to comply with the agreed terms the procedures were divided into 04 stages: area reconnaissance and planning, including drone registration and insurance processes and overflight authorization application; data acquisition and field survey using GNSS Trimble R4 geodetic equipment with RTK and drone (Phantom 4 PRO by DJI); data processing and cadastral mapping using free software (QGIS 3.22); correction and generation of cartographic products according to decrees 89,817 of 1984 and 9,310 of 2018. Among the results it was possible to measure a standard of Cartographic accuracy Class A, with an average horizontal error of 0.012m and vertical of 0.020m, to generate a cadastral map at a working scale of 1:500 and to provide images and subsidies for the municipality to prepare urban projects and base a land tenure regularization process in the future. Considering the coverage area limitations of drone overflights, mapping medium and large cities is unfeasible because it takes a long time and generates a large volume of photographs, but they are ideal for the study of neighborhoods, urban green areas, highway right-of-way and small towns as Serranópolis.

Keywords: Geoinformation; Remotely piloted aircraft; Small towns; Land regularization.

Introdução

O uso de imagens para estudos de superfície é conhecido desde o final do século XIX, quando o Serviço Geológico dos Estados Unidos utilizou dirigíveis para obtenção de fotografias aplicadas em estudos topográficos. Durante a Primeira Guerra Mundial, esta técnica foi amplamente difundida para o reconhecimento de alvos na superfície, sendo utilizada também no período entre guerras para a produção de mapeamentos topográficos (ROSA, 2009). Após a Segunda Guerra Mundial, a corrida espacial permitiu diversos avanços na área de Geotecnologias,

principalmente com relação ao desenvolvimento de satélites, aprimoramento de tecnologias computacionais, softwares, sistemas de navegação por satélite, entre outros.

Entre essas tecnologias estão as Aeronaves Remotamente Pilotadas, do inglês RPA – *Remotely Piloted Aircraft*, também conhecidas como VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) ou *drone*, nomenclatura popular dada a estes equipamentos devido ao som que produzem, semelhante ao zumbido de um zangão (MUNARETTO, 2017). No início do século XXI, o uso destas tecnologias apresentou um considerável avanço, sendo aplicadas em diferentes áreas de estudo, como geografia, agronomia e engenharias, em especial para o monitoramento de áreas urbanas (cadastro multifinalitário, atualização e regularização fundiária, identificação de áreas de risco, etc) e áreas agrícolas (agricultura de precisão, monitoramento de pragas em lavouras e acompanhamento dos processos de produção e colheita).

Nesse sentido, o uso de fotografias aéreas obtidas por *drones* reduzem significativamente os custos destes levantamentos, visto que são equipamentos com preços de mercado menores e que permitem uma maior maleabilidade nos processos de obtenção de imagens. Outra facilidade é a possibilidade de operação destas plataformas utilizando aplicativos gratuitos em *smartphones*, com sistema intuitivo de controle do usuário, estabelecimento de planos de voo e obtenção de fotografias em alta resolução, o que torna esta tecnologia acessível para profissionais de diferentes áreas.

Quando se trata especificamente do uso destas tecnologias em áreas urbanas, Loch e Erba (2007) apontam que, conforme o decreto 55.891 de 1965, que regulamenta os cadastros previstos no Estatuto da Terra, os cadastros devem ser revistos a cada 05 anos podendo utilizar fotografias aéreas para aperfeiçoamento dos métodos de apuração dos dados. Ao abordar as técnicas para elaboração de cartografia cadastral, os autores reforçam o importante papel das fotografias aéreas por serem de fácil interpretação “pois apresenta uma aparência natural com relação à forma, ao tamanho e à cor dos objetos fotografados” (LOCH e ERBA, 2007, p. 80). De 1965 a 2007 estas fotografias ainda eram obtidas por câmeras específicas a bordo de aeronaves pilotadas, mas a

popularização do uso de *drones* permitiu a obtenção de fotografias com resolução espacial menor que 10cm, gerando produtos em escala de até 1:1.000, ideais para o cadastro multifinalitário.

Em 11 de julho de 2017 foi promulgada a lei federal 13.465, que dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana, processo também conhecido como REURB, que inclui medidas jurídicas, urbanísticas, ambientais e sociais para incorporar núcleos urbanos informais ao ordenamento territorial urbano e à titulação dos ocupantes. Esta lei impulsionou um movimento em diversos municípios do Brasil para a realização de estudos urbanos e ambientais em prol da regularização fundiária, sendo um dos principais requisitos o levantamento planialtimétrico das cidades e a elaboração de plantas em escala de detalhe. Assim, as RPA's passaram a figurar como um importante recurso tecnológico para realização de levantamentos, geração de imagens aéreas e subsídio para elaboração de cartas planialtimétricas e plantas com grande detalhamento.

Conforme instruções do Ministério das Cidades em uma cartilha lançada em 2017, para elaborar um projeto de regularização fundiária é preciso realizar um levantamento topográfico que deve ser planialtimétrico e cadastral, com georreferenciamento, e um estudo ambiental que subsidiarão a proposta de um projeto urbanístico (BRASIL, 2017). Assim, identifica-se um amplo campo de atuação para Geógrafos no planejamento e gestão das cidades, estando as RPA's entre os principais instrumentos para subsidiar estes projetos.

O ministério da defesa lançou em 2020 a ICA 100-40, divulgada por meio da portaria DECEA 112/2020, com a finalidade de regulamentar os procedimentos e responsabilidades para o acesso seguro ao Espaço Aéreo Brasileiro por aeronaves não tripuladas. Conforme o item 11.1.1 da ICA 100-40, uma aeronave não tripulada somente poderá acessar o Espaço Aéreo após a emissão de autorização especial por parte do Órgão Regional do DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo) responsável pelo espaço aéreo onde ocorrerá o voo. Quando os parâmetros de voo não colocam em risco a navegação aérea, as operações podem ser somente informadas ao DECEA pelo sistema SARPAS (BRASIL, 2020). Para a realização de voos em alturas entre 131 e 400 pés, que cumpram todos os requisitos do anexo A da ICA 40-100, a liberação de voo é imediata para VLOS

(Operação restrita à Linha de Visada Visual), podendo demorar até 18 dias para operações próximas a aeródromos, zonas de decolagem e helipontos.

Ainda em 2020, a seção de geoinformação, meteorologia e aerolevanteamento do ministério da defesa lançou um compêndio de legislações e questões técnicas e legais sobre aerolevanteamento, definido pela Resolução ANAC 377/2016 como o conjunto de operações para obtenção de informações de parte terrestre, aérea ou marítima do território nacional, por meio de sensor instalado em plataforma aérea, complementadas pelo registro e análise dos dados colhidos, utilizando recursos da própria plataforma ou estação localizada à distância, e compreende as operações de aeroprospecção e aerofotogrametria, que são Serviços Aéreos Públicos Especializados em aerolevanteamento (SAE-AL) (BRASIL, 2016).

Esta atividade é controlada e regulamentada pelo Ministério da Defesa, necessitando de autorização específica e equipamentos adequados (aeronaves tripuladas ou não tripuladas equipadas com sensores/câmeras específicos e equipamento GNSS de alta precisão) (BRASIL, 2020). Permitem medidas precisas do terreno, geração de modelos digitais e georreferenciamento, razões pelas quais a realização de aerolevanteamentos com *drones* de asa rotativa é inviável.

Por outro lado, os *drones* se mostram como equipamentos ideais para a aerofotografia, definida como o processo de obtenção de imagens da superfície (fotografias ou filmagens) por aeronaves tripuladas ou não, equipadas com câmeras ou sensores adequados a este fim, porém sem equipamentos adequados ao Georreferenciamento/medição de terrenos. A realização de serviços de aerofotografia, aerocinematografia, aeroinspeção ou mesmo de aerorreportagem com o uso de aeronaves tripuladas ou RPA's não é controlada pelo Ministério da Defesa (BRASIL, 2020). A autorização fica a cargo da ANAC pelo sistema SARPAS, sendo possível para qualquer usuário com equipamento registrado na ANAC e no DECEA, desde que se observe as recomendações da ICA 40-100.

Em dezembro de 2022, a 2ª edição do Manual Técnico para Georreferenciamento de Imóveis Rurais lançada pelo INCRA destaca pela primeira vez a possibilidade de uso de aerofotogrametria em serviços de georreferenciamento, desde que se faça a avaliação da acurácia

posicional absoluta, e o equipamento esteja devidamente habilitado no Ministério da Defesa e homologado na Agência Nacional de Aviação Civil (BRASIL, 2022).

Considerando as limitações de área de cobertura destes equipamentos, com autorização de voo a no máximo 120m de altura em relação ao solo, o mapeamento de cidades médias e grandes é inviável por demandar muito tempo e gerar um grande volume de fotografias, mas eles se mostram ideais para o estudo de bairros, áreas verdes urbanas, faixas de domínio de rodovias e cidades de pequeno porte, conforme apontam os estudos de Antunes e Hollatz (2015), Nichetti (2016), Fonseca Neto et al. (2017), Barros et al. (2018), Macedo (2019), entre outros.

Visto a necessidade que cidades de pequeno e médio porte apresentam para elaboração de mapeamentos cadastrais e levantamentos planialtimétricos para cumprir requisitos da lei 13.465 de 2017, a Prefeitura Municipal de Serranópolis, município do Sudoeste de Goiás, procurou a Universidade Federal de Jataí para estabelecer um convênio de realizar o Georreferenciamento e o mapeamento cadastral de seu perímetro urbano, sendo os trabalhos desenvolvidos no primeiro semestre de 2022.

Assim, esta pesquisa apresentou como objetivo geral adaptar um drone de asa rotativa de uso civil em atividades de aerofotogrametria como suporte para mapeamento cadastral em cidade de pequeno porte, avaliando o potencial desta tecnologia para aplicação em projetos de regularização fundiária. Neste artigo, optou-se por focar na apresentação dos procedimentos metodológicos com o intuito de contribuir com outros pesquisadores, profissionais liberais e técnicos de prefeituras para utilização de Aeronaves Remotamente Pilotadas em mapeamentos planialtimétricos e cadastrais em escala de detalhe.

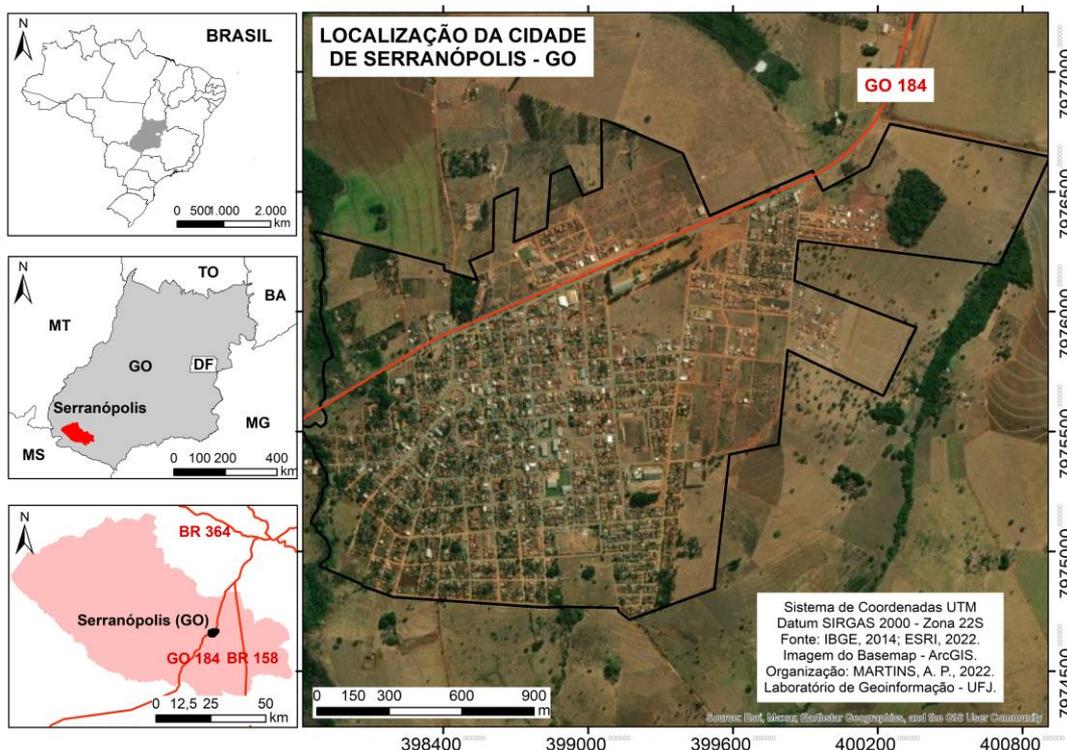
Metodologia

Reconhecimento da área de estudo e planejamento:

O município de Serranópolis (Figura 1), localiza-se na microrregião Sudoeste de Goiás, conta com área territorial de 5.526,7 Km² (sendo 355,5 ha de perímetro urbano) e população

estimada, em 2021, de 8.737 habitantes. Apesar de ser classificado como de pequeno porte, apresenta importância significativa para a economia regional com destaque para a produção de grãos, carne bovina, biocombustível e açúcar, além de abrigar alguns dos principais sítios arqueológicos do Estado de Goiás.

Figura 1 – Localização da área de estudo.



Fonte: Base de dados do IBGE (2014) e da ESRI/ArcGIS (2022).

Organização dos autores (2022).

As atividades de reconhecimento da área iniciaram após a assinatura do convênio entre prefeitura e universidade em novembro de 2021 e contaram com as seguintes etapas:

a) Análise dos produtos cartográficos existentes: Nas reuniões iniciais de planejamento, foram obtidas junto às Secretarias de Habitação e de Obras de Serranópolis as bases cartográficas da cidade, elaboradas sobre imagens do aplicativo Google Earth e vetorizadas em software de desenho técnico (AutoCAD), conforme os servidores da pasta. Constatou-se que o município não

possuía, até então, nenhuma base de dados georreferenciada e que os pontos que delimitam o perímetro urbano haviam sido plotados de forma virtual, sem a realização de medidas mais precisas em campo.

Conforme Parise (2020), em pesquisa desenvolvida com o objetivo de aferir a acuidade das coordenadas obtidas via Google Earth na cidade de Jataí (GO), foi encontrado um erro médio de aproximadamente 5 metros nos registros de latitude e longitude e superior a 10m nos registros de altitude, confirmando que a ferramenta não fornece a exatidão necessária para mapeamentos em escala de detalhe.

b) Campo de reconhecimento para delimitação de áreas de cobertura de cada levantamento (aéreo e de campo): Mesmo apresentando erros significativos de posicionamento, a base cartográfica fornecida pela prefeitura foi impressa para que a equipe tivesse condições de estruturar os levantamentos para otimizar o tempo de trabalho e a quantidade de pesquisas de campo.

Com exceção dos vértices que delimitam o perímetro urbano (indicados pela Prefeitura Municipal), foi definido que a aquisição de coordenadas para georreferenciamento urbano ocorreriam em intervalos entre 50 e 100m de distância em linha reta considerando a metragem média dos quarteirões da cidade e priorizando as esquinas, facilmente identificadas nas fotografias aéreas. Ainda nesta etapa e, considerando que a cidade não possui um marco geodésico homologado no IBGE, foram definidos 03 pontos estratégicos para montagem da base do equipamento GNSS Trimble R4, procurando manter um raio máximo de 2 km entre a base e o ponto mais extremo do levantamento de campo: 1) Na praça 07 de Setembro (marco central de Serranópolis e uma das poucas áreas verdes da cidade); 2) Na rodoviária municipal; 3) no Fórum da Comarca de Serranópolis.

Após a etapa de reconhecimento, optou-se pela realização de 10 pesquisas de campo com duração entre 04 e 06 horas cada, execução de no máximo 03 sobrevoos e levantamento de até 02

bairros por dia para que a equipe tivesse tempo para realizar o pós-processamento e verificar possíveis erros para correção no campo seguinte.

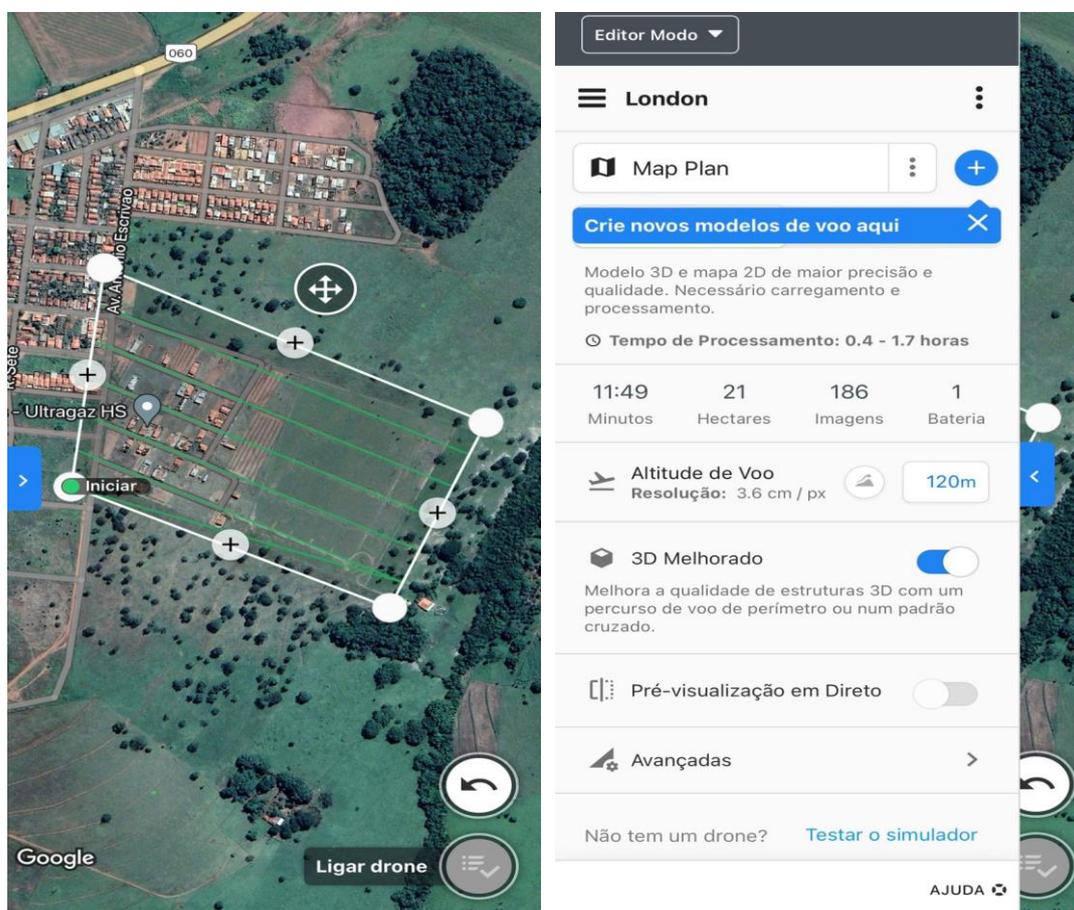
c) Estudo da legislação para uso de RPA's, contratação de seguro RETA para a aeronave, solicitação de autorização e criação de planos de voo: A partir de 2020 com o lançamento da ICA 100-40 e a criação do sistema SARPAS para registro de voos com aeronaves remotamente pilotadas, uma série de medidas legais precisam ser tomadas para a execução de sobrevoos, especialmente em áreas urbanas. A primeira delas é o registro da aeronave junto à ANATEL, que para o caso de equipamentos adquiridos no Brasil já é realizado pela empresa responsável pela venda.

Posteriormente, o equipamento necessita de registro no SISANT/ANAC (Sistema de Aeronaves Não Tripuladas da Agência Nacional de Aviação Civil) para obter uma certidão de cadastro de uso não-recreativo, que no caso da aeronave utilizada neste estudo se restringe a sobrevoos dentro da linha de visada visual (VLOS) e altura máxima de 120m a partir do nível do solo. Ainda, o Ministério da Defesa recomenda que a aeronave seja segurada na modalidade de aeronáuticos (Grupo 15, ramo 97 – RETA), sendo que a equipe optou por fechar contrato de 365 dias com seguradora especializada neste tipo de equipamento com custo de R\$981,92 e cobertura de danos como abaloamento, danos físicos e materiais, lesão corporal, entre outros.

Observada a legislação, cada sobrevoos foi registrado junto ao SARPAS com pelo menos 48 horas de antecedência, visto que para áreas urbanas o órgão necessita verificar o registro de outras operações para aprovar a solicitação. Ainda, para o caso de sobrevoos sobre áreas de segurança, como por exemplo o presídio feminino de Serranópolis, é necessário avisar com antecedência sobre a operação e obter autorização da administração do órgão.

Após as etapas listadas, foi utilizado o aplicativo gratuito para *smartphone DroneDeploy* para estabelecimento dos planos de voo (Figura 2), considerando áreas entre 20 e 35 ha com tempo de voo entre 11 e 18 minutos em modo 3D melhorado, em que é realizado uma primeira etapa com a câmera em ângulo de 90º seguido por um sobrevoos lateral com câmera em 45º que permite a geração de Modelo Digital de Elevação a partir do nível do solo.

Figura 2 – Planejamento de voo no Drone Deploy



Organização dos autores (2022).

O *DroneDeploy* permite estabelecer critérios de voo como modelo do *drone*, altura do voo, sobreposição lateral e longitudinal e definição da área imageada. Assim, foram determinados os seguintes dados de entrada: a) Aeronave Phantom 4 PRO da DJI; b) Altura de 120 m a partir do nível do solo (máximo permitido em VLOS para drones de asa rotativa); c) Sobreposição frontal de 75% e lateral de 70% (parâmetros para aerofotogrametria); d) definição de área de sobrevoo a partir de arquivo kml determinado previamente no aplicativo Google Earth PRO®. Com estes parâmetros, foram geradas fotografias com resolução espacial de 3,6 cm que, em pós-processamento, gerou imagens com resolução final de 5,0 cm.

Georreferenciamento, Aerofotogrametria e pesquisa de campo:

As atividades de campo ocorreram entre os dias 14 de janeiro e 31 de março de 2022, priorizando dias com céu aberto e sem previsão de chuvas, sempre no período entre 08h e 16h. Para a realização do levantamento planialtimétrico foi utilizado um equipamento GNSS Geodésico Trimble R4. Para a aerofotogrametria, o equipamento escolhido foi um *drone* de asa rotativa DJI Phantom 4 PRO, adquirido com recursos CNPq (Processo 409915/2018-1), que permite obter fotografias aéreas de alta resolução espacial a partir de sensores embarcados que estabilizam o equipamento, e sistemas de navegação com acompanhamento via *smartphone*. O Georreferenciamento e a aerofotogrametria ocorreram concomitantemente, sendo demarcados no solo pontos de controle para registro dos ortomosaicos com uso de cal hidratada (Figura 3).

Figura 3 – Equipamentos utilizados para georreferenciamento e levantamento aerofotogramétrico.



Organização dos autores (2022).

No centro destes pontos, foram registradas coordenadas planas (X, Y e Z), processo que se repetiu por todo o centro urbano em intervalos espaciais de 50m a 100m. Para obter maior precisão no processo de rastreamento, o rover do Trimble R4 foi mantido durante 05 minutos (com

rastreio a cada 15 segundos) em cada ponto de registro, obtendo erros abaixo de 8 centímetros de raio por vértice, precisão recomendada no Art. 29 do decreto 9.310 de 15 de março de 2018, que institui normas para regularização fundiária urbana (BRASIL, 2018).

Processamento de dados e mapeamento cadastral:

Em etapa de escritório, desenvolvida no Laboratório de Geoinformação da UFJ, o primeiro passo foi verificar os dados registrados na controladora do equipamento GNSS e no cartão de memória do *drone*, avaliando se ocorreu algum problema que possa ter comprometido os dados, como erros de observação, grosseiros, sistemáticos, acidentais e/ou aleatórios, que podem ser comuns em levantamentos planialtimétricos (VEIGA, ZANETTI e FAGGION, 2012), além da ocorrência de sombras e falhas de imageamento nas fotografias aéreas.

Os dados de rastreamento da base do Trimble R4 foram corrigidos na plataforma online IBGE-PPP (Posicionamento por Ponto Preciso) e utilizados para correção diferencial das coordenadas registradas com o *rover* no software *Trimble Business Center*®. No software, procedeu-se com a geração e correção das linhas de base, sendo descartados os pontos com erro de raio superior a 8 cm, tanto na precisão vertical quanto na precisão horizontal (Figura 4). Posteriormente, foram gerados relatórios de processamento de linhas de base e geração de pontos, entregues à Secretaria de Obras de Serranópolis para uso em casos de regularização fundiária.

Após a correção dos pontos, foram gerados ortomosaicos a partir das fotografias aéreas no software *Metashape*® da Agisoft, no qual é possível adicionar grupo de fotos, criar pontos de registro e correção planialtimétrica, gerar nuvem densa de pontos, modelo digital de elevação, entre outros. Os mosaicos com correção geométrica foram exportados em formato TIF e utilizados como base de mapeamento no software livre QGis 3.22.

Finalizados os processos de Georreferenciamento em campo e aerofotogrametria, a malha de pontos e os ortomosaicos foram utilizados para elaboração do mapa cadastral em escala de trabalho de 1:500 e geração de produtos cartográficos em escala de 1:3.000 plotados em formato A0, e calculado o Padrão de Exatidão Cartográfica conforme especificações do decreto 89.817 de 20 de junho de 1984.

Figura 4 – Exemplo de resultado de processamento de linhas de base (correção diferencial)

Resumo do processamento								
Observação	De	Para	Tipo de solução	Precisão de H (Metro)	Prec. V (Metro)	Azimute geodésico	Distancia do elip. (Metro)
base-praca --- c01 (B1)	base-praca	c01	Fixo	0.007	0.012	353°16'06"	227.503	-1.661
base-praca --- c02 (B2)	base-praca	c02	Fixo	0.011	0.019	338°43'29"	35.841	-1.322
base-praca --- c03 (B3)	base-praca	c03	Fixo	0.008	0.015	252°46'04"	60.334	-4.215
base-praca --- c04 (B4)	base-praca	c04	Fixo	0.011	0.022	182°21'38"	90.525	-0.584
base-praca --- c05 (B5)	base-praca	c05	Fixo	0.011	0.022	178°20'50"	229.404	0.716
base-praca --- c06 (B6)	base-praca	c06	Fixo	0.012	0.023	177°24'02"	362.662	0.679
base-praca --- c07 (B7)	base-praca	c07	Fixo	0.020	0.032	176°48'24"	594.764	-0.300
base-praca --- c08 (B8)	base-praca	c08	Fixo	0.011	0.019	197°05'58"	637.512	-11.657
base-praca --- c09 (B9)	base-praca	c09	Fixo	0.006	0.009	196°42'56"	387.068	-6.839
base-praca --- c10 (B10)	base-praca	c10	Fixo	0.008	0.011	195°47'26"	242.425	-3.494
base-praca --- c11 (B11)	base-praca	c11	Fixo	0.006	0.009	215°16'51"	226.844	-7.469

Organização dos autores (2022).

O mapeamento seguiu as seguintes etapas: A) Delimitação de quadras; B) Desenho e ajuste do arruamento; C) Delimitação de bairros; D) Delimitação de lotes; E) Delimitação de áreas construídas; F) Identificação e delimitação da hidrografia, áreas verdes, áreas públicas e áreas institucionais; G) Geração de curvas de nível com equidistância de 5m; H) Geração do mapa cadastral urbano, do mapa planialtimétrico e da carta imagem da cidade de Serranópolis.

As etapas A, B, C, D, E e F foram realizadas manualmente com ferramentas de desenho e edição vetorial no QGis 3.22, utilizando como base o ortomosaico e o mapeamento elaborado previamente pela Prefeitura de Serranópolis, que serviu de apoio para a numeração de quadras, identificação de logradouros, áreas verdes, áreas públicas e áreas institucionais, bem como na composição da tabela de atributos e metadados do Banco de Dados Georreferenciado. A etapa G foi desenvolvida a partir de ferramentas disponíveis no GRASS e incluídas nas atualizações do QGis 3.22 como geração de MDE e criação de isolinhas considerando os dados de altitude obtidos no processo de georreferenciamento. Por fim, para a etapa H, foi utilizado o módulo Layout do QGis 3.22.

Validação em campo e correções no banco de dados georreferenciados:

Concluído o mapeamento, a equipe realizou mais dois trabalhos de campo para validação, como conferência de cotas altimétricas das curvas de nível geradas a partir do MDE, atualização dos vértices do perímetro urbano, medição de calçadas, ruas e validação de medidas realizadas sobre o ortomosaico, conferência de informações como nomes de logradouros com inconsistências, ausência de numeração de quadras, e delimitação de lotes com ausência de muros ou estruturas identificáveis no processo de aerofotogrametria. Por fim, foi possível elaborar produtos cartográficos com erro médio inferior a 8 centímetros tanto na planimetria quanto na altimetria e, portanto, adequados para uso em processos de regularização fundiária.

Foram identificadas, ainda, áreas com processos de degradação aparentes como ravinas e voçorocas provocadas pelo escoamento pluvial, ocupação indevida de calçadas, deposição irregular de lixo, entre outros. Considerando o grande volume de inconsistências encontradas na delimitação de lotes e áreas construídas e a necessidade de conferência de metragem dos mesmos em registros de cartório, a Prefeitura Municipal optou por um mapeamento final com detalhamento somente para quadras, indicando que futuramente pretende realizar a conferência dos lotes para fins de cadastro multifinalitário.

Resultados e discussão

Embora o foco deste artigo seja a descrição dos procedimentos metodológicos, vale chamar a atenção para alguns resultados que reforçam o potencial das aeronaves remotamente pilotadas para a elaboração de mapeamento cadastral e georreferenciamento em cidades pequenas. A principal vantagem é a possibilidade de elaboração de uma carta planialtimétrica classe A, conforme o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) disposto no decreto 89.817 (BRASIL, 1984).

Para o município de Serranópolis, foram registrados 225 pontos no processo de georreferenciamento, sendo 75 destinados à correção geométrica do ortomosaico, onde obteve-se

precisão horizontal de 0,012m e vertical de 0,020m com erro médio de 0,003m, considerando uma escala de trabalho de 1:500. Assim, destaca-se que o georreferenciamento com uso de GNSS geodésico permite a obtenção de coordenadas com erro inferior a 8cm nos vértices após correção diferencial, dentro das especificações do Art. 29 do decreto 9.310 de 15 de março de 2018 (BRASIL, 2018). Ainda, afirma-se que a quantidade de pontos de controle, bem como sua distribuição espacial, é fundamental para obtenção de um mapa com padrão de exatidão cartográfica classe A.

Macedo (2019), em pesquisa realizada para elaboração de base cartográfica digital com uso de RPA de asa fixa na cidade de Monte Carmelo (MG), também obteve PEC classe A em escala de referência de 1:1.000, com padrão de exatidão de 0,028m. Zanetti, Gripp Júnior e Santos (2017), ao avaliar a acurácia posicional planimétrica de ortofotos geradas com diferentes quantidades e distribuição pontos de controle na Universidade Federal de Viçosa, constataram que a precisão do posicionamento tende a ser maior quando se obtém um maior número de pontos de controle com distribuição aleatória por toda a área de estudo, e que em casos de pontos agrupados em uma única parte da área a precisão é menor.

Fonseca Neto et al. (2017), ao avaliarem a acurácia posicional planimétrica de uma ortofoto obtida por RPA, obtiveram padrão de exatidão classe B em escala de 1:1.000, chegando a erros médios entre 0,128m e 0,186m e discrepâncias inferiores a 20cm. Apesar de enquadrado na classe B, os autores apontam que o resultado é satisfatório para a cartografia cadastral, podendo a ortofoto servir como ferramenta para cadastro técnico multifinalitário e georreferenciamento de imóveis rurais.

Outra grande vantagem no uso de imagens geradas por RPA está na resolução espacial e na qualidade geométrica das ortofotos, permitindo identificar com clareza o limite entre lotes (muros, cercas), a diferenciação entre rua, meio fio e calçada, a mensuração de áreas construídas, entre outros. Na figura 5 é possível observar a diferença visual da resolução espacial da ortofoto gerada com *drone* (3,6 cm) e a resolução da imagem disponibilizada no aplicativo Google Earth PRO (50 cm, imagem CNES/Airbus), e o processo de delimitação de quadras, lotes e logradouros.

Figura 5 – Comparação visual da resolução espacial de ortofoto gerada com RPA e imagem obtida no Google Earth PRO e exemplo do processo de mapeamento cadastral.

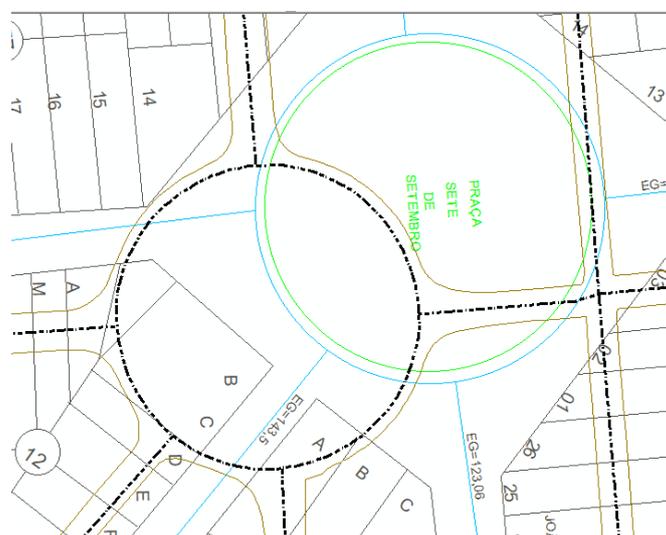


Organização dos autores (2022).

Ainda, apresenta a possibilidade de correção geométrica das ortofotos com uso de GNSS geodésico, com precisão milimétrica em pós-processamento, permitindo a realização de medidas exatas de áreas e distâncias, fundamental no processo de cadastro multifinalitário. Na figura 6, que

apresenta uma aproximação sobre a praça 07 de Setembro, é possível verificar o deslocamento entre a base cartográfica elaborada pela secretaria de obras do município com uso de imagem do Google Earth (círculos verde e azul claro) e o mapa cadastral elaborado a partir de georreferenciamento em campo e aerofotografias. Nesta área, é demonstrado um erro linear de 60m do mapa elaborado pela Prefeitura Municipal em relação ao mapa elaborado nesta pesquisa.

Figura 6 – Erro de posicionamento verificado entre a base de dados da prefeitura municipal e o mapeamento desenvolvido nesta pesquisa.



Fonte: Base de dados da Prefeitura de Serranópolis (2020).
Organização dos autores (2022).

Nichetti (2016), ao comparar métodos de mapeamento com base em imagens orbitais (WorldView-2) e ortofotos obtidas por RPA em área de cemitério na cidade de Dois Vizinhos (PR), observou que de 53 áreas amostrais, 42 ficaram dentro de um percentual de 95% de confiabilidade entre a área medida em campo e a área aferida em imagem aérea, demonstrando alta precisão destas imagens para realização de cálculo de áreas e medidas de distância.

Por fim, a obtenção de fotografias aéreas também apresenta potencial para a identificação de problemas ambientais e para subsidiar a elaboração de projetos urbanísticos, como construção de galerias pluviais, alocação de áreas verdes, planos de arborização urbana,

entre outros. Durante a realização da pesquisa de campo, foram identificadas áreas com processos erosivos em fase inicial (ravina) e avançada (voçorocas) desencadeados pelo escoamento superficial da água das chuvas (Figura 7).

Figura 7 – Processos de ravinamento identificados na área urbana de Serranópolis – GO.



Organização dos autores (2022).

Considerações finais

As RPA's mostraram-se ferramentas ideais em processos de aerofotogrametria para auxiliar na elaboração de mapas planialtimétricos e cadastrais em escala grande, com custos relativamente reduzidos, e resultados compatíveis com as exigências da legislação nacional para realização de projetos urbanísticos e de regularização fundiária.

A partir do desenvolvimento deste projeto, reforça-se a importância de aproximação entre universidade e prefeituras municipais, sobretudo de pequenas cidades, para a realização de parcerias que promovam a capacitação profissional, o desenvolvimento científico e tecnológico e um retorno para a comunidade em forma de serviços que podem melhorar sua qualidade de vida.

Para se ter uma ideia, este convênio celebrado entre Prefeitura de Serranópolis e UFJ teve um custo total de R\$36.000,00 para o município, distribuídos entre o pagamento de bolsas, despesas com deslocamento e alimentação, manutenção de equipamento e aquisição de licença de software. Normalmente, o mesmo serviço prestado por empresas via licitação pública não sairia por menos de R\$200.000,00.

Agradecimentos

Agradecemos à Prefeitura Municipal de Serranópolis pelo aporte financeiro por meio do convênio 003/2021 e às discentes da equipe de campo Nicolý Giroto Morais e Áquila Luiza Oliveira Silva pelo apoio na coleta de dados. O primeiro autor agradece ao CNPq pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa (nível 2) por meio do processo 307438/2021-0 e pelos aportes financeiros recebidos por meio do Edital Universal 2018 (Processo 409915/2018-1).

Referências

ANTUNES, A. F. B.; HOLLATZ, R. C. V. Cadastro Técnico Multifinalitário de baixo custo utilizando VANT (veículo aéreo não tripulado). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17, 2015, João Pessoa-PB, 2015. **Anais [...]** João Pessoa: SBSR, 2015. p.5858-5864.

BARROS, E. R. O. et al. As potencialidades e limitações do uso do VANT no monitoramento de faixas de domínio de rodovias federais. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 27, 2017, Rio de Janeiro. 2017. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: SBC, 2017. p. 1102-1106.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Resolução 377 de 15 de março de 2016**. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/resolucoes/resolucoes-2016/resolucao-no-377-15-03-2016>>. Acesso em 15 jun. 2022.

BRASIL. **Cartilha – Regularização fundiária urbana**. Aspectos práticos da Lei 13.465/2017. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNH/ArquivosPDF/Publicacoes/cartilha_reurb.pdf>. Acesso em 15 jun. 2022.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **DECEA ICA 100-40 – Aeronaves Não Tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro**, de 22 de maio de 2020. Disponível em: <<https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-100-40>>. Acesso em 01 dez. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual técnico para georreferenciamento de imóveis rurais**. Disponível em: <<https://www.gov.br/incra/pt->

br/assuntos/governanca-fundiaria/Manual_Tecnico_de_Georeferenciamento_2_Edicao.pdf>.
Acesso em 01 fev. 2023.

BRASIL. Secretaria Geral da Presidência da República. **Lei 13.465 de 11 de julho de 2017**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13465.htm>. Acesso em 15 jun. 2022.

BRASIL. Secretaria Geral da Presidência da República. **Decreto 9.310 de 15 de março de 2018**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9310.htm#art29>. Acesso em 15 jun. 2022.

FONSECA NETO, F. D. et al. Avaliação da qualidade posicional de dados espaciais gerados por VANT utilizando feições pontuais e lineares para aplicações cadastrais. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v.23, n.01, 134-149, jan-mar 2017.

LOCH, C.; ERBA, D. A. Cadastro Técnico Multifinalitário Rural e Urbano. Cleveland: Lincoln Institut of Land Policy, 2007.

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. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2019.

MUNARETTO, L. Vant e Drones – A aeronáutica ao alcance de todos. 2ª ed. São Paulo: Edição independente, 2015.

NICHETTI, M. E. H. Análise geométrica de levantamento urbano utilizando imagens orbitais e veículo aéreo não tripulado. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2016.

PARISE, D. Sistema GNSS e georeferenciamento: análise da acuidade das coordenadas geográficas da ferramenta Google Earth e a interferência do clima espacial. 2020. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2020.

ROSA, R. Introdução ao Sensoriamento Remoto. 7ª ed. Uberlândia:EDUFU, 2009.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de Topografia. Curitiba: UFPR, 2012.

ZANNETTI, J.; GRIPP JÚNIOR, J; SANTOS, A. P. Influência do número e distribuição de pontos de controle em ortofotos geradas a partir de um levantamento por VANT. **Revista Brasileira de Cartografia**, n.69/2, 263-277, 2017.