

PLATAFORMAS AÉREAS REMOTAMENTE PILOTADAS COM CÂMERA RGB PARA O MAPEAMENTO DE VIVEIROS COMERCIAIS DE TOMATE DE MESA

<https://doi.org/10.4215/rm2023.e22001i>

Furquim, M. G. D. ^{a*} - Nascimento, A. R. ^b - Costa, J. V. S. ^c
Ferreira, M. E. ^d - Corcioli, G. ^e - Borges, L. C. ^f

(a) Doutora em Agronegócio.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7823-9546>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/2681775689273863>.

(b) Doutora em Produção Vegetal.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7620-5681>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/4443496721863083>.

(c) Mestrando em Ciências Ambientais.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0765-3701>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/6706740706389830>.

(d) Doutor em Ciências Ambientais.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4516-6373>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/4498594723433539>.

(e) Doutora em Agronomia.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3375-0700>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/5838446995807079>.

(f) Doutor em Agronomia.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4288-206X>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/7105106788421440>.

Article history:

Received 16 December, 2021

Accepted 17 November, 2022

Published 30 January, 2023

(*) CORRESPONDING AUTHOR

Address: Instituto Federal Goiano, Câmpus Iporá. Av. Oeste nº 350, CEP: 76200000 - Iporá (GO) - Brasil. Telefone: (+55 64) 36740400

E-mail: maria.furquim@ifgoiano.edu.br

Resumo

As plataformas aéreas remotamente pilotadas, identificadas como RPAS (do inglês Remotely Piloted Aircraft System), popularmente conhecidas como drones, já figuram como uma realidade no Brasil, em diferentes áreas do conhecimento, para a geração de produtos cartográficos que contribuam na identificação, monitoramento, controle e precisão no processo de decisão agrícola. Todavia, o custo-benefício dessa tecnologia na produção de mudas em viveiros comerciais de tomates precisa ser melhor avaliado. Neste sentido, o presente trabalho objetiva analisar a viabilidade do uso de um RPAS, embarcado com sensor fotográfico RGB, em viveiros de mudas de tomate de mesa, comparando os produtos cartográficos gerados com esta tecnologia com as informações obtidas via entrevista semiestruturada com proprietários de empreendimentos localizados nos Estados de Goiás, Minas Gerais e Distrito Federal. Os resultados carecem ser divididos quanto às aplicações em mapeamento externo (viveiro) e interno (estufa), sendo que a adoção da tecnologia para o monitoramento do processo de produção das mudas, dentro de estufas, ainda se mostra economicamente pouco viável em comparação à identificação visual e operações manuais tradicionais, não justificando o investimento. Por sua vez, o imageamento externo fornece informações cruciais para o planejamento do viveiro, considerando os aspectos estruturais e sua adequada disposição.

Palavras-chave: Produção de mudas; Processamento Digital de Imagens; VANT; Drones.

Abstract / Resumen

REMOTELY PILOTED AIRCRAFT SYSTEMS WITH RGB CAMERA TO MAP COMMERCIAL TABLE TOMATO NURSERIES

Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) are already a reality in Brazil. They are used in different fields of knowledge to obtain digital products that contribute to the identification, monitoring, control, and precision of the agricultural decision process. However, the cost-benefit of applying this technology to produce seedlings in commercial tomato nurseries needs better evaluation. This research analyzes the use of an RPAS with RGB camera over areas of table tomato seedlings and compares the cartographic products with the information obtained through semi-structured interviews with rural property owners in the States of Goiás, Minas Gerais, and the Federal District (Brasília). The results were not divided into external area applications and internal (greenhouse) mapping, as adopting technology for monitoring the seedling production process inside greenhouses is still economically unfeasible compared to human identification, thus not justifying the investment. Nonetheless, images of the external area provide crucial information for planning a nursery, considering its structural aspects and adequate disposal.

Keywords: Seedling production; Digital Image Processing; UAV; Drones.

PLATAFORMAS AÉREAS PILOTADAS A DISTANCIA CON CÁMERA RGB PARA MAPEO DE LOS VIVEROS COMERCIALES DE TOMATE DE MESA

Las plataformas aéreas pilotadas a distancia, identificadas como RPAS (Remotely Piloted Aircraft System), conocidas popularmente como drones, ya son una realidad en Brasil, en diferentes áreas del conocimiento, para la generación de productos cartográficos que contribuyan a la identificación, seguimiento, control y precisión en el proceso de decisión agrícola. Sin embargo, la rentabilidad de esta tecnología en la producción de plántulas en viveros comerciales de tomate debe evaluarse mejor. En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo analizar la factibilidad de utilizar un RPAS, embebido con un sensor fotográfico RGB, en viveros de plántulas de tomate de mesa, comparando los productos cartográficos generados con esta tecnología con la información obtenida a través de entrevistas semiestructuradas a empresarios. (identificados y visitados), ubicados en los Estados de Goiás, Minas Gerais y Distrito Federal. Es necesario dividir los resultados en cuanto a las aplicaciones en mapeo externo (vivero) e interno (invernadero), y la adopción de tecnología para monitorear el proceso de producción de plántulas, dentro de invernaderos, aún se muestra económicamente inviable en comparación con la identificación visual y tradicional. operaciones manuales, no justificando la inversión. Por otro lado, la imagenología externa brinda información crucial para la planificación del vivero, considerando los aspectos estructurales y su adecuada disposición.

Palabras-clave: Producción de plántulas; Procesamiento de imágenes digitales; UAV; Drones.

INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do tomate de mesa no Brasil, bem como de outras culturas hortícolas com importância social e econômica no país, necessita de estudos que favoreçam o setor, identificando oportunidades e obstáculos. Particularmente em Goiás, o tomate figura dentre as principais culturas agrícolas, sendo o Estado líder no ranking nacional, ao se somar a produção para consumo *in natura* e processamento da polpa. A destinação do fruto é um dos aspectos que ilustra a diferença entre as cadeias produtivas do tomate industrial ou rasteiro e do tomate de mesa ou estaqueado, que possuem distinções como a arquitetura natural da planta, manejo, custos de produção, perfil do produtor, canais de comercialização, dentre outros fatores, e que fazem com que a atividade seja tida de alto risco financeiro. Assim, reduzir fontes que afetam o desempenho no campo torna-se indispensável, visando uma maior viabilidade da atividade (FURQUIM; NASCIMENTO, 2021).

Todavia, estudos que contemplem outras vertentes de análise ainda são pouco explorados, se considerarmos os segmentos a montante (fornecedores de insumos e assistência técnica) e a jusante da produção em si (distribuição e comercialização), e que igualmente impactam no nível de competitividade da cadeia produtiva como um todo. Neste sentido, emergem diferentes metodologias para se verificar a viabilidade e eficiência de novas tecnologias, tendo em conta as diversas cadeias agroalimentares e suas especificidades.

Sob essa perspectiva, a aquisição de mudas uniformes e com qualidade sanitária e fisiológica apresenta-se como um insumo-chave no setor. Porém, a produção de mudas com essas características requer infraestrutura adequada, comumente presente em viveiros comerciais, pela possibilidade de controle de fatores ambientais, como temperatura, radiação solar, umidade relativa do ar, manejo da água, entre outros. A terceirização da produção de mudas já figura como estratégia de otimização de tempo e recursos para o produtor (JORGE et al. 2016, p. 26).

Essa característica de complementariedade da produção/aquisição de mudas com a produção em si, reforça a necessidade de estudos que promovam avanços no processo produtivo (monitoramento de falhas no plantio, identificação de pragas e doenças, aplicação de defensivos, entre outros), além de promover maior eficiência e agilidade na execução das atividades.

Atualmente, uma das formas de se obter um maior controle da produção se dá justamente por meio de dados e técnicas de Sensoriamento Remoto, em especial aqueles providos por plataformas aéreas, haja vista tais plantios serem distribuídos em pequenas áreas. As plataformas aéreas remotamente pilotadas, identificadas pela sigla RPAS (do inglês *Remotely Piloted Aircraft System*), popularmente conhecidas como *drones*, têm sido maciçamente difundidas no Brasil, principalmente na obtenção de informações agrícolas, tais como índices de produtividade, monitoramento de doenças e pragas, ou mesmo na preparação do solo / análises da topografia. A larga variedade de aplicações desta tecnologia, bem como resultados favoráveis relatados em muitos estudos, vem auxiliando a tomada de decisão na perspectiva do produtor.

Deste modo, e considerando as particularidades na cadeia produtiva do tomate de mesa em Goiás, em conjunto com a importância do insumo (i.e., mudas de plantas) para o bom desempenho da cultura no campo, o presente estudo objetiva analisar a viabilidade dos RPAS ou *drones* para mapeamentos em viveiros comerciais, visando um maior controle da produção e de sua qualidade. O estudo percorre os principais centros produtores de tomate de mesa no estado de Goiás, garantindo um levantamento amplo e diversificado entre as regiões.

APLICAÇÃO DOS RPAS NA ERA DA DECISÃO: POSSIBILIDADES NAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

As plataformas aéreas remotamente pilotadas possuem diversas terminologias na literatura para sua designação, especialmente no idioma inglês, como *Remotely Piloted Aircraft (RPA)*, *Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)* e *Unmanned Aerial Vehicles (UAV)* (PRUDKIN, 2016), ou mesmo em português, como os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) (ALVES JÚNIOR et al., 2018).

Embora o surgimento da tecnologia esteja alicerçado no ambiente militar, a ferramenta apresenta múltiplas aplicações no mercado civil. Por este motivo, o uso do RPAS se popularizou nos últimos anos,

frente os enormes potenciais de aplicação nos diferentes setores, indo da indústria do entretenimento e jornalismo até o expressivo setor do agronegócio, neste último voltado a monitorar e avaliar plantações, pomares, florestas e áreas de conservação. Segundo Prudkin e Mielniczuk (2019, p.72), “[...] o drone não simboliza apenas uma nova tecnologia, mas um processo de continuidade que está relacionado com a história da percepção e com a capacidade de observar o mundo”, refletindo, portanto, uma tecnologia aprimorada ao longo de muitos anos, indispensável na era contemporânea.

Por outro lado, essa popularização demandou, em prol da segurança dos usuários e do espaço aéreo, a instituição de parâmetros legais que regulamentam as operações das aeronaves não tripuladas. Segundo o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial (RBAC-E) nº 94 de 2015, define-se “[...] (1) Aeromodelo toda aeronave não tripulada com finalidade de recreação; (2) Aeronave Remotamente Pilotada (Remotely Piloted Aircraft – RPA) aquela destinada à operação remotamente pilotada” (BRASIL, 2015, p. 4), carregando uma carga útil como sensores fotográficos, sendo a responsabilidade e autoridade atribuída ao piloto remoto em comando de um RPAS ou aeromodelo, durante sua operação. Por sua vez, a portaria emitida pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA nº112/DGCEA (Diretor-Geral do Departamento de Controle do Espaço Aéreo), de 22 de maio de 2020, reedita a IAC 100-40 - Instrução sobre “Aeronaves não tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo”, regendo os procedimentos e responsabilidades imperativos para o acesso seguro ao espaço aéreo brasileiro por aeronaves não tripuladas, bem como as penalidades inerentes ao descumprimento dos dispositivos legais, sendo, portanto, necessário o atendimento de fatores de ordem legal, ética e regulatória em seu funcionamento, garantindo o uso adequado.

Cabe mencionar que no Brasil, os RPAS são categorizados em classes, a depender do Peso Máximo de Decolagem (PMD), conforme estabelece a RBAC-E nº 94 de 2015: (1) Classe 1: RPA com PMD maior que 150 kg; (2) Classe 2: RPA com PMD maior que 25 kg e menor ou igual a 150 kg; e (3) Classe 3: RPA com PMD menor ou igual a 25 kg (possui duas subdivisões: a primeira para RPAS com até 250 gramas de peso máximo de decolagem e a segunda para os que ultrapassam isso). Os modelos disponíveis no mercado normalmente são de asa fixa e asa rotativa (multi-rotor). No primeiro caso, oferecem maior tempo de voo e velocidade, percorrendo extensas áreas, devido a uma aerodinâmica de um avião ou planador. Já o segundo grupo, de asa rotativa, são os mais populares e possibilitam a realização de voos em ambientes confinados por construções ou árvores, permitindo maior manobrabilidade (FOGAÇA, 2020), pois decolam e pousam verticalmente, como um helicóptero. Em ambos os modelos pode-se acoplar, dentre outros sensores, câmeras multiespectrais e RGB que, associadas a técnicas de aerofotogrametria, geram produtos cartográficos, tais como mosaicos digitais ortorretificados e modelos digitais de superfície e terreno (PRUDKIN, 2019).

Considerando que a utilização dessa tecnologia tem se consolidado como uma importante opção na obtenção de produtos cartográficos, sua adoção vem adquirindo caráter estratégico para auxiliar no processo de tomada de decisão e na condução de diferentes atividades econômicas, especialmente naquelas ligadas ao campo, tendo um caráter relacional com a agricultura e pecuária de precisão. Segundo Matese et al. (2015, p. 2972), “agricultura de Precisão (PA) pode ser definida como o manejo específico do local da heterogeneidade das culturas em escala temporal e espacial, a fim de aumentar a eficiência dos insumos agrícolas e rendimentos, qualidade e sustentabilidade das produções”.

Sob essa perspectiva, Massruhá et al. (2020) esclarecem que a crescente demanda mundial por alimentos, fibras e energia limpa em detrimento da limitada disponibilidade dos recursos naturais, junto a recorrentes mudanças do clima, imputam a necessidade de aumentar a produtividade e otimizar o uso dos recursos produtivos, sendo imperativo a adoção de diferentes tecnologias que efetivamente promovam a transformação digital no campo. De acordo com os autores, dentre as diferentes tecnologias disponíveis frente a estes desafios da atualidade, destacam-se com maior número de adeptos a aplicação de insumos em taxa variável e os mapeamentos com drones. Santos et al. (2020) corroboram com esse entendimento ao pontuarem que a partir da captura de imagens, torna-se possível um monitoramento contínuo da cultura ou criação animal, bem como a identificação precoce de anomalias e adequada intervenção.

Conforme informa Barbedo (2019, p. 2), acerca do desenvolvimento dos RPAS e sua relação com a agricultura de precisão, “[...] a aplicação de novos conhecimentos no meio rural auxilia o produtor a identificar estratégias que possam aumentar a eficiência no gerenciamento da agricultura, maximizando a rentabilidade das colheitas e tornando o agronegócio mais competitivo”. De acordo com o autor, os

dados capturados pelas fotos aéreas auxiliam na detecção oportuna de problemas na disponibilidade hídrica, doenças, deficiências nutricionais e pragas. Por sua vez, Huuskonen e Oksanen (2018) apresentam o uso do RPAS combinado com tecnologia de realidade aumentada, que auxilie na identificação dos locais para a coleta de amostras do solo, reunindo informações assertivas para a adequada fertilização no campo. Segundo estes autores, os RPAS apresentam vantagens adicionais em relação ao satélite, pela possibilidade de captura de imagens em condições nubladas e pela resolução espacial significativamente mais alta, normalmente centimétrica. Adicionalmente, Albuquerque et al. (2021) sinalizam os benefícios técnicos do uso dessa tecnologia na promoção de um eficiente monitoramento em projetos de restauração florestal, pela visão panorâmica de alta resolução espacial e georreferenciamento da área de interesse. Por sua vez, Xavier (2013) apresenta a viabilidade da aplicação do RPAS para avaliação ambiental, auxiliando no levantamento e prevenção de riscos eminentes ao meio ambiente.

Conforme Barbedo (2019), as múltiplas aplicações dos RPAS, especialmente no setor agrícola, promovem um progresso tecnológico; todavia, desafios de ordem técnica, como a autonomia e segurança de voo, ainda carecem de aprimoramento. Normalmente, são equipamentos movidos a eletricidade, com voos rápidos (média de 25 a 40 minutos, dependendo da categoria da aeronave), o que ainda compromete a sua eficiência em áreas extensas.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo possui natureza qualitativa e objetivo descritivo ao realizar o mapeamento de viveiros, nos quais são produzidas mudas de tomate de mesa destinadas ao estado de Goiás, visando analisar a viabilidade do uso de RPAS em atividades associadas a este tipo de empreendimento. De acordo com Zanella (2013, p. 100) “[...] a pesquisa qualitativa é descritiva, pois se preocupa em descrever os fenômenos por meio dos significados que o ambiente manifesta”. A autora complementa que os resultados da relação entre ambiente e os atores sociais podem ser apresentados de diferentes formas, tais como transcrição de entrevistas, em narrativas, declarações, fotografias, dentre outras formas de coleta de dados e exposição das informações.

Inicialmente, foram identificados os viveiros com base em informações disponibilizadas pela Agrodefesa/Gerência de Sanidade Vegetal, órgão responsável pela execução da política estadual de sanidade animal e vegetal, que indicaram os municípios nos quais os viveiros estão localizados, uma vez que demais informações cadastrais dos viveiristas são de caráter sigiloso. No total, foram identificados 10 viveiros que atendem aos critérios de inclusão na pesquisa, sendo 8 localizados no estado de Goiás, nos municípios de Pires do Rio, Catalão, Morrinhos, Goianópolis, Leopoldo de Bulhões e Anápolis, com 1 viveiro cada, e Hidrolândia com 2 viveiros, além de 1 em Brazlândia/DF e 1 em Araguari-MG. Todos os viveiristas foram contactados previamente, e destes, 6 tiveram o mapeamento aéreo realizado de acordo com a disponibilidade em participar da pesquisa, localizados em Araguari/MG e Brazlândia/DF, e em Catalão, Pires do Rio, Goianópolis e Leopoldo de Bulhões em Goiás. Na apresentação dos resultados, os viveiros são identificados por letras de A a F, distribuídas aleatoriamente. Cabe mencionar que no empreendimento de Pires do Rio, a produção é feita para atender produtores e pessoas interessadas em cultivar para consumo próprio, alcançando um volume máximo de 12.000 mudas por ano. Os voos foram conduzidos em conformidade com as normativas legais brasileiras. O equipamento usado foi o modelo *Parrot Anafi Work 4K* (asa rotativa) com câmera 4k padrão RGB (3 bandas, cobrindo o espectro de luz visível, nas faixas do azul, verde e vermelho), 21 MP, com berço estabilizador da câmera num eixo de orientação vertical de 180°, para gerar imagens em viveiros selecionados. O plano de voo foi elaborado no software gratuito Pix4D Capture para smartphones/tablets, com os seguintes parâmetros de voo: 50 m de altura e sobreposição entre as fotos de 70% no sentido longitudinal e de 60% no sentido lateral. Com os planos de voo preparados em escritório, orientados com as coordenadas do “alvo”, em campo, o RPAS percorre o caminho programado de forma autônoma, seguindo as linhas de voo. Ademais, essa programação permite que as fotos tenham uma sobreposição controlada, neste caso de 60% lateralmente e 70% longitudinalmente, permitindo a construção de um mosaico aerofotogramétrico sem falhas de cobertura, conforme exemplificado na figura 1.

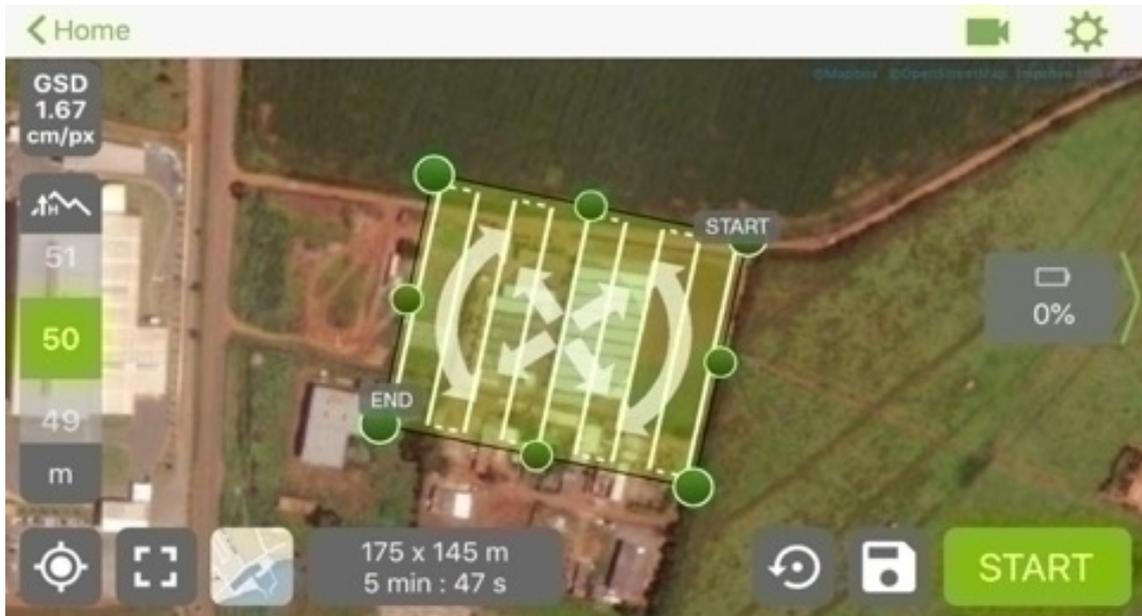


Figura 1 - Plano de voo da área de interesse a ser mapeada em Goianápolis, programado no software Pix4D Capture, com as linhas de voo ajustadas de acordo com a sobreposição lateral e longitudinal adequada para este projeto (60 x 70%), numa altura de voo de 50 m.

Para o processamento das imagens no laboratório, adotou-se o software *Pix4DMapper*, bastante utilizado em serviços de mapeamento e reconstrução 3-D por RPAS, especialmente para fins comerciais, pela qualidade dos produtos gerados (SANTOS et al., 2020). Esse processamento gera, além do mosaico ortorretificado (i.e., conjunto de fotografias unidas por pontos homólogos entre duas ou mais fotos, com deformação geométrica minimizada ao priorizar fotos obtidas com ângulo de 90°, i.e., na projeção ortogonal), nuvens de pontos com informações da altimetria, resultando em produtos como modelo digital de superfície e terreno, com os quais é possível obter a elevação (altura) dos alvos sobre a superfície, a topografia do terreno, bem como o cálculo de distâncias, áreas e volumes.

Em caráter complementar, foi realizada entrevista semiestruturada com os proprietários dos viveiros, acerca do empreendimento em si, pontuando aspectos que pudessem comparativamente serem analisados com os produtos do imageamento aéreo. De acordo com Zanella (2013, p. 116), este instrumento de coleta de dados segue um “roteiro” ou “guia” criado pelo entrevistador, mas sem se prender rigidamente à sequência das perguntas. “A conversa segue conforme os depoimentos do entrevistado, sem obedecer rigidamente ao roteiro da entrevista”. Os procedimentos metodológicos adotados no desenvolvimento deste trabalho estão sintetizados no fluxograma da Figura 2.

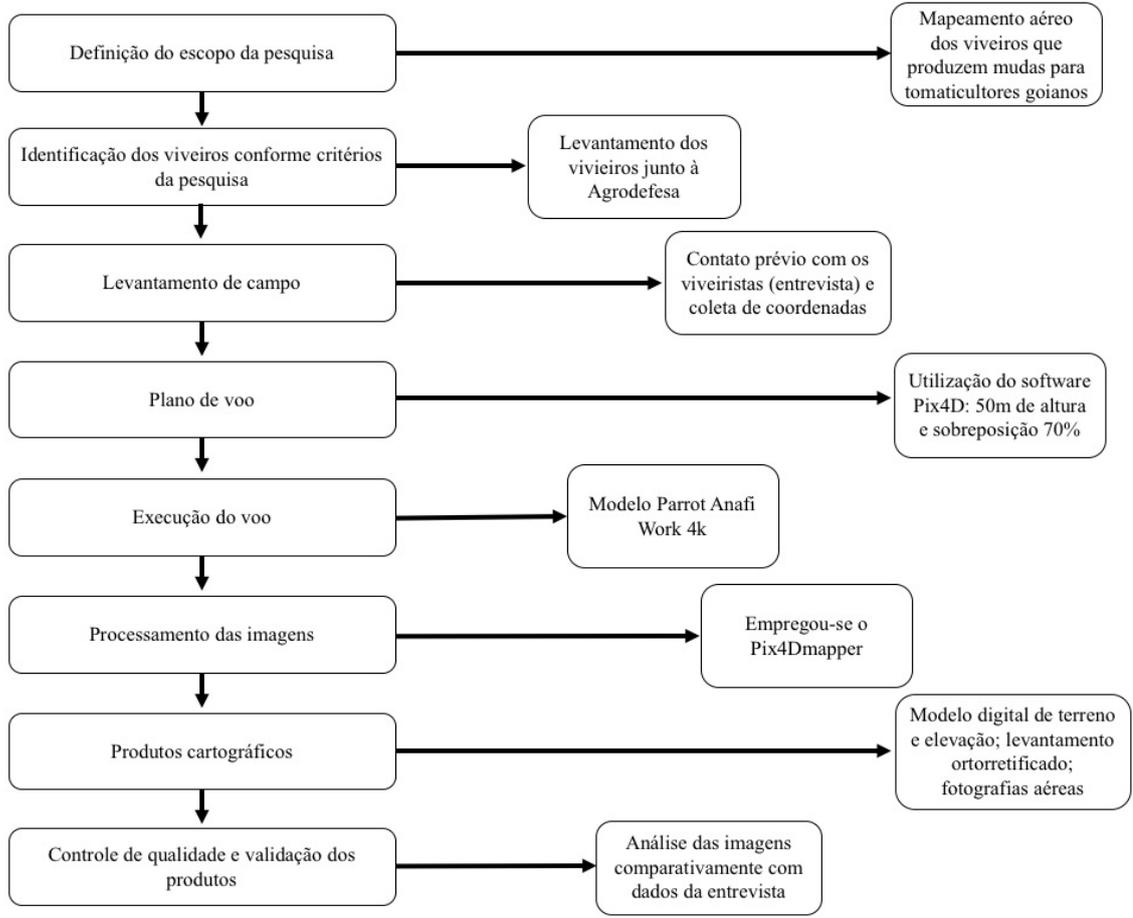


Figura 2 - Fluxograma das atividades desenvolvidas nesta pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização de mudas com adequada qualidade nutricional, sanitária e fisiológica são aspectos condicionantes para o adequado desempenho da cultura do tomate de mesa em campo. Neste sentido, adquiri-las de viveiros comerciais confere ao tomaticultor a otimização de etapas do processo produtivo, uma vez que a produção das mudas pelo próprio produtor mostra-se inviável pelos requisitos legais a serem atendidos, conforme estabelece a Instrução Normativa - IN nº 06 de 2011 da Agrodefesa, assim como o aporte de investimentos necessários em infraestrutura física e mão-de-obra, comprometimento da área destinada à produção, entre outros fatores. De acordo com Jorge et al. (2016, p. 26), “Como tendência, e isso se comprova no campo, pelo alto investimento tecnológico, a atividade de produção de mudas de hortaliças se desvincula e passa a ser uma prestação de serviços para produtores que, então, iniciam seus investimentos a partir do transplante no campo”.

Assim sendo, com base nos produtos cartográficos gerados, foi possível extrair informações acerca das características dos empreendimentos analisados, sinalizando, conforme apresenta a figura 3, a diferença de infraestrutura de um viveiro para outro, com variação no número e dimensões das estufas, vias de acesso e modelo das estufas – tipo arco geminada ou individual (possuem pé direito até 2,5 m) e cobertura com material plástico. Particularmente no estado de Goiás, conforme dispõe o parágrafo 4º do Artigo 11 da IN nº06 de 2011, os viveiros que produzem mudas de tomate rasteiro ou tutorado deverão ser telados, com telas de malha máxima de 0,239 mm; contudo, as imagens não possibilitam precisar se o material telado utilizado nos viveiros visitados está em conformidade com estas especificações técnicas. Todavia, por meio da observação *in loco*, verificou-se que todos os empreendimentos atendem o que estabelece a normativa.

Segundo Lima et al. (2016), a estrutura de um viveiro profissional para produção de mudas de hortaliças com fins comerciais deve contemplar três categorias estruturais, a saber: estrutura básica (estradas, rede de distribuição de energia, disponibilidade hídrica, topografia mais plana, quebra-vento); estrutura de produção (estufas, depósito para insumos e equipamentos, galpão para semeadura, câmara de germinação, área para lavagem e desinfecção de bandejas); estrutura de apoio (escritório, cozinha, banheiro, vestiário, rodolúvio e outros), sendo estes aspectos percebidos nas imagens.

Adicionalmente, Nunes e Santos (2007) recomendam atenção em relação aos níveis de insolação e ventilação da área antes da instalação de um viveiro telado, indicando a construção em terreno plano que receba o maior número de radiação solar ao longo do dia, associado a uma boa ventilação que contribui para o controle da temperatura interna do viveiro, sendo sugerido a implantação de uma faixa de quebra-vento, para quando ocorrer ventos fortes que potencialmente possam danificar a estrutura do viveiro, sendo estes fatores estruturais também observáveis nas imagens aéreas.

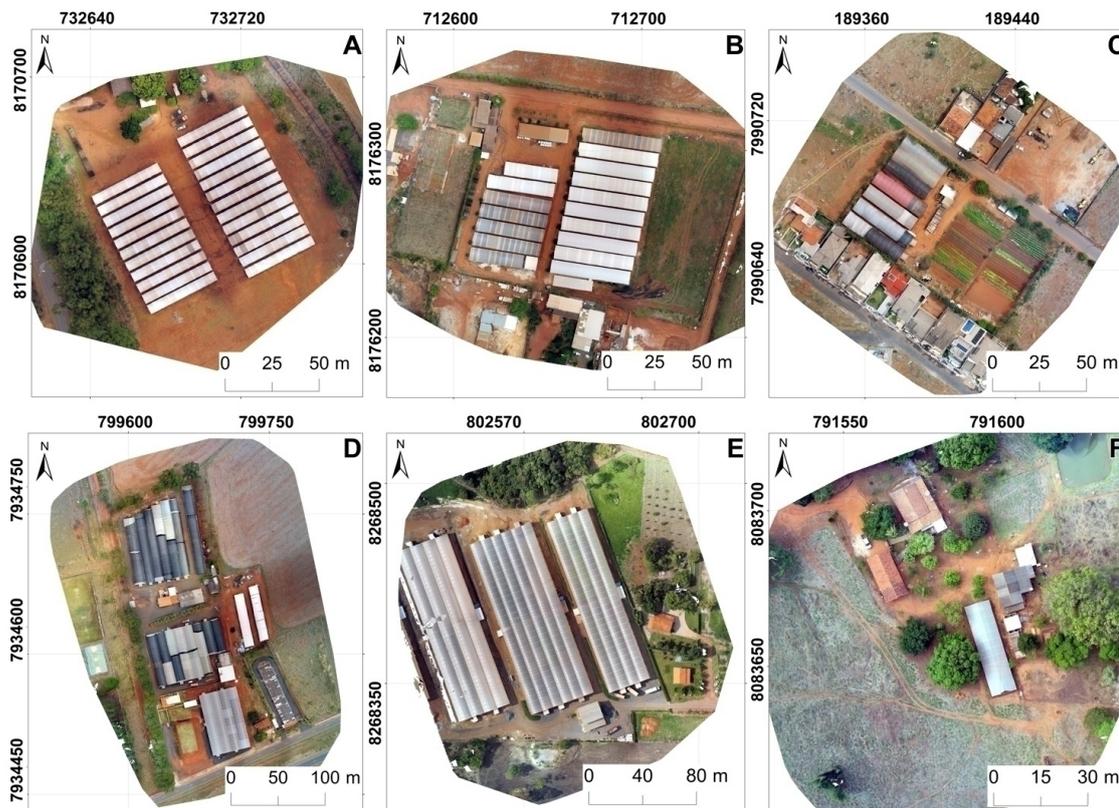


Figura 3 - Imageamentos aéreos dos viveiros em Leopoldo de Bulhões - GO (A), Goianápolis - GO (B), Catalão - GO (C), Araguari - MG (D), Brazlândia - DF (E), Pires do Rio - GO (F), realizados no mês de outubro de 2020.

O imageamento também possibilita realizar uma análise complementar, utilizando o Modelo Digital de Superfície (MDS) e o Modelo Digital de Terreno (MDT), gerados nesta ordem pelo mesmo software de processamento, conforme apresentado nas figuras 4 e 5, para representar dados de altimetria de áreas sobrevoadas com o VANT, incluindo a topografia do terreno. Enquanto o MDS evidencia, a altitude da vegetação e edificações acima da superfície, somando-se à altitude do próprio terreno, o MDT detalha a variação altimétrica do terreno, numa tentativa de se excluir os objetos naturais ou artificiais acima do solo. Ao subtrair o MDS pelo MDT, gera-se um terceiro produto altimétrico, chamado de Modelo Digital de Elevação (MDE), do qual se obtém apenas a altura dos alvos escolhidos, sem a interferência do terreno (ALBUQUERQUE et al., 2022).

Segundo Oliveira e Tommaselli, a representação digital da superfície possibilita (2012, p. 194) “[...] realizar uma análise e modelagem topográfica detalhada, gerar mapas de declividade ou

geológicos, extrair perfis do terreno, realizar cálculos para projetos de engenharia e servir como fonte de dados para sistemas de informações geográficas”. No presente estudo, obteve-se os modelos MDS e MDT com o drone, sobrevoando a área dos viveiros, nos quais as diferenças altimétricas do relevo estão associadas a uma variação de cores. Na tabela 1 estão apresentadas as altitudes registradas dos terrenos dos viveiros visitados em relação ao nível do mar.

Município	Mínimo MDS (m)	Máximo MDS (m)	Mínimo MDT (m)	Máximo MDT (m)	Amplitude (m)
Leopoldo de Bulhões	999,93	1011,68	999,93	1009,3	15
Goianápolis	968,61	987,78	968,61	982,45	15
Catalão	887,05	902,90	887,07	897,05	20
Araguari	918,69	956,71	918,69	938,70	40
Brazlândia	1039,26	1115,61	1039,26	1107,83	25
Pires do Rio	648,82	678,02	648,84	665,30	15

Tabela 1 - Altitudes do terreno obtidas com o MDS e o MDT nas áreas de estudo.

Conforme apresentado nas figuras 4 e 5, as diferenças de cores refletem a altitude em determinada área, as quais variam conforme características topográficas. Destaca-se, ainda, que no local onde estão instaladas as estufas, ocorre a predominância de cores quentes, que remetem a uma maior altitude, de acordo com os alvos que se encontram nas mesmas.

Na representação do MDT, que busca eliminar todos os alvos acima do terreno, como árvores e edificações, este não apresenta uma aplicação específica nesta pesquisa, no planejamento do negócio, pois os viveiros já estavam instalados em terrenos adequados ou já corrigidos; de toda forma, ressalta-se tal aplicação em futuros estudos.

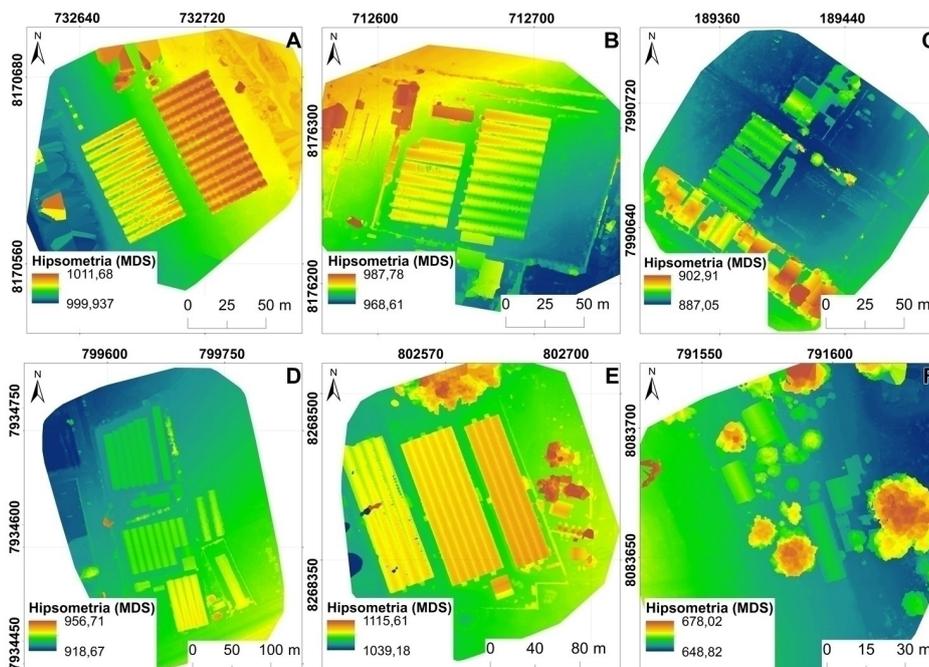


Figura 4 - Representação do Modelo Digital de Superfície para os viveiros em Leopoldo de Bulhões (A), Goianápolis (B), Catalão (C), Araguari (D), Brazlândia (E) e Pires do Rio (F), Brasil.

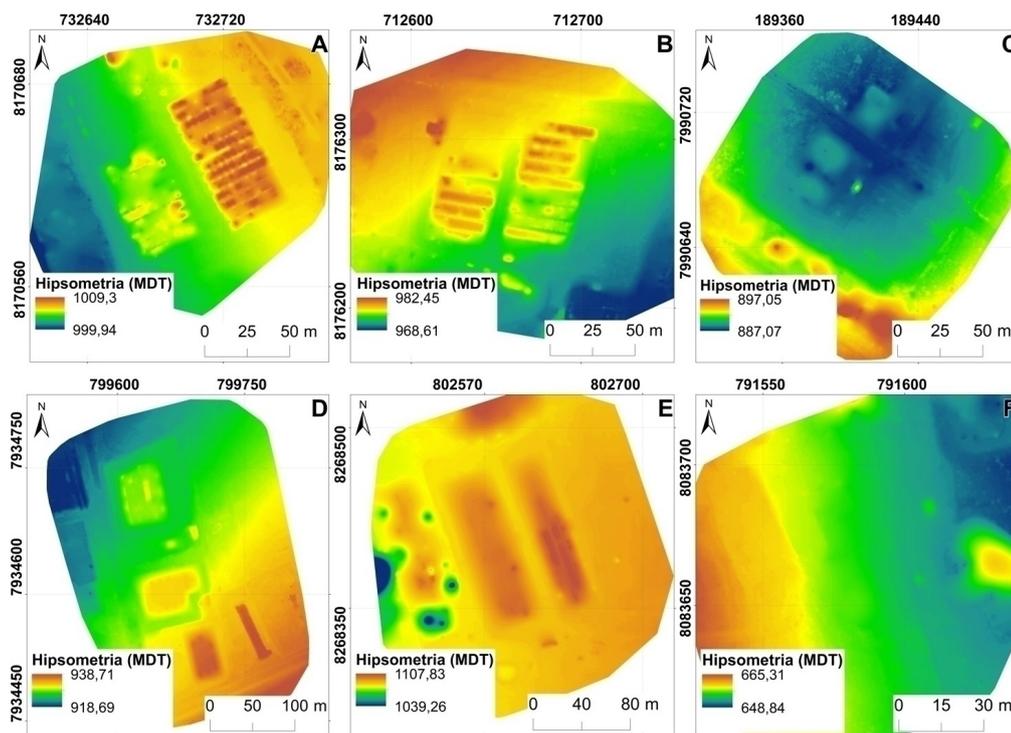


Figura 5 - Representação do Modelo Digital de Terreno para os viveiros em Leopoldo de Bulhões (A), Goianópolis (B), Catalão (C), Araguari (D), Brazlândia (E) e Pires do Rio (F), Brasil.

Outros produtos obtidos referem-se ao dimensionamento das estufas por meio do processamento de imagens, o que possibilitou estimar a capacidade de produção, número de colaboradores envolvidos para a operacionalização das atividades produtivas, matéria-prima necessária (disposição das bancadas conforme orientação técnica, número de bandejas por estufa, substrato, defensivos, sistema de irrigação, entre outros), conforme análise das imagens e prospecção do empreendimento (Figura 3). Deste modo, embasado na área e quantidade de estufas, pressupõe-se aspectos gerais sobre o negócio, como no exemplo do viveiro de Leopoldo de Bulhões, onde são produzidas anualmente de 7 a 8 milhões de mudas de diferentes culturas (repolho, pimentão, pimenta, couve-flor, pepino), das quais, mensalmente, 300 a 400 mil mudas são de tomate de mesa, segundo relatado pelo viveirista, que acrescenta obter um lucro de 20% em cada milheiro produzido.

Ainda que a análise das imagens (em ambiente aberto) possibilite inferir aspectos relacionados à atividade, cabe considerar que a precisão destas informações carece de uma base de dados que não pode ser validada apenas com o imageamento aéreo. Isto porque o layout interno varia conforme o modelo da estufa, assim como a definição por parte do produtor em relação à otimização do espaço interno, quanto à instalação das bancadas para suporte das bandejas e corredores para deslocamento interno, além da movimentação das bandejas sobre as bancadas.

Conforme esclarecem Lima et al. (2016), em estufa para produção de mudas de hortaliças, é comum a adoção do sistema “latada”, no qual arame liso e resistente são esticados e apoiados em estruturas de metal, madeira ou alvenaria. Ademais, deve-se preferencialmente construí-las no sentido longitudinal da estufa, com 1,20 m de largura, de forma a comportar duas bandejas por fileiras por bancada, além de manter uma distância do nível do solo que atenda a questões ergonômicas para facilitar os tratos culturais.

Especificamente para a produção de mudas de tomate em viveiros, são utilizadas bandejas de plástico rígido retornável ou descartável, com 72, 128 ou 200 células. De acordo com Jorge et al. (2019), as dimensões de bandejas disponíveis no mercado, em termos de comprimento x largura x altura (em cm), correspondem a 54 x 28 x 4,8 e 54 x 28 x 4,5, para bandejas de plástico preto flexível com 128 e 72 células, respectivamente.

Quanto ao número de pessoas ocupadas, estima-se que duas sejam contratadas em média por estufa, a depender das dimensões da mesma e do nível de tecnologia adotado. Todavia, em decorrência da IN n° 06 de 2011, que vigora em Goiás, estabelecendo um calendário de cultivo, ocorre também a contratação de mão-de-obra temporária, para atender o aumento de demanda em determinados períodos.

Conforme ilustra a figura 6, outro produto cartográfico gerado foi a distância ponderada ou euclidiana a partir do ponto ou coordenada de cada viveiro visitado, considerando como limite máximo o próprio estado de Goiás. Em seguida, com base na distância entre os pontos, considerando os limites de distância estabelecidos para estes pontos (50 km) e os municípios de referência (principais produtores de tomate de mesa no estado), foi possível identificar a distribuição espacial dos viveiros.

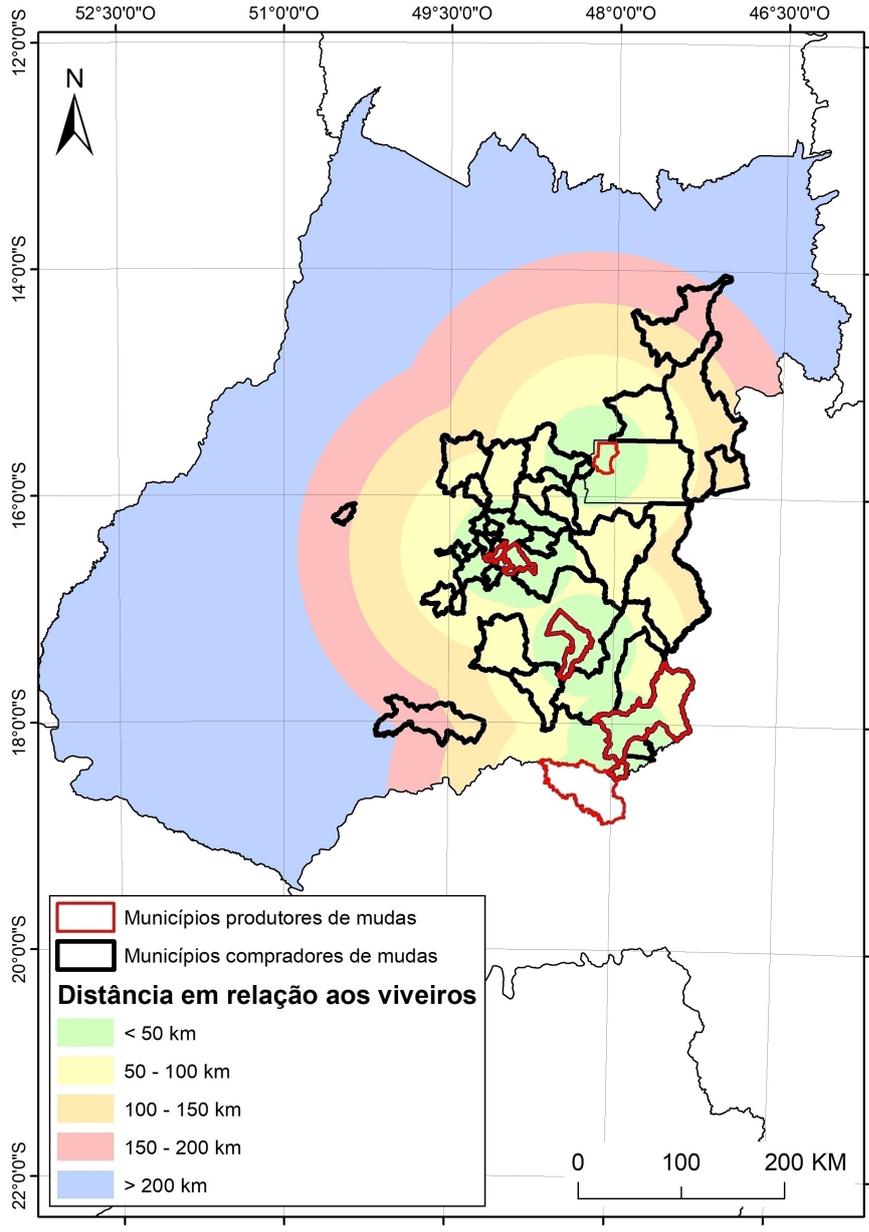


Figura 6 - Distância ponderada ou euclidiana entre os principais municípios produtores de tomate de mesa no estado de Goiás, Brasil, em relação à localização dos viveiros visitados.

De acordo com a Central de Abastecimento de Goiás – CEASA, os principais municípios produtores de tomate de mesa em Goiás, no ano de 2020, foram: Anápolis, Bonfinópolis, Corumbá de Goiás, Goianópolis, Leopoldo de Bulhões, São João d' Aliança, sendo que três destes municípios têm

viveiros comerciais instalados. Este resultado é condizente com os apontamentos de Sousa Neto (2019) e Quintanilha et al. (2019), que sinalizam uma concentração da cadeia produtiva do tomate de mesa no estado, sendo as microrregiões de Goiânia, Anápolis e Entorno de Brasília destaques no fornecimento do produto. Os autores informam que a proximidade com grandes centros populacionais e de distribuição contribuem para a configuração da cadeia produtiva do tomate de mesa, por favorecer a comercialização do produto com os atributos requeridos pelo mercado consumidor (firmeza, coloração, ausência de danos decorrentes de manuseio, entre outros).

Observa-se, portanto, que a adoção da tecnologia de RPAS em viveiros comerciais, que produzem mudas de hortaliças com foco na cultura do tomate de mesa, pode contribuir na fase de elaboração de projeto neste tipo de empreendimento. Ou seja, a mesma possibilita uma visão ampliada e estratégica da área, norteando a decisão de instalação das estufas e demais estruturas que compõem um viveiro, considerando as vias de acesso, a logística interna do viveiro, iluminação solar e demais fatores de ordem técnica e mercadológica. Conforme corrobora Bezerra (2003, p. 17), “No planejamento do viveiro devem ser considerados, também, fatores socioeconômicos, como disponibilidade de mão-de-obra, energia, vias de acesso, distância do local de consumo, fornecedores de insumos e de sementes com comprovada qualidade”.

Contudo, o levantamento aéreo no ambiente interno das estufas, para identificação de anomalias na produção de mudas, mostra-se até então inviável, pelo considerável aporte de investimento em equipamentos e pessoas treinadas para a realização destas atividades, o que inviabilizaria, por enquanto, a substituição das operações manuais, como a identificação visual de doenças ou de falhas no ciclo de produção das mudas pela automação, especialmente para os pequenos viveiristas. Conforme salientam Lobo et al. (2020, p. 786), a coleta de dados por meio de Plataformas Aéreas Remotamente Pilotadas não se mostra adequada para toda situação, ao considerar o custo-benefício no emprego de tais sistemas. Corroboram com esse entendimento os resultados dos estudos de McLean (2015) e Matese et al. (2015), ao contabilizarem de forma associada os custos de aquisição do equipamento, assim como de organização e condução da coleta de imagens (custos do profissional/hora) para obter o mosaico ortorretificado e georreferenciado (i.e., com coordenadas Latitude e Longitude), incluindo as etapas para o processamento das fotos aéreas. No entanto, os autores esclarecem que a avaliação do desempenho econômico deve ser analisada em consonância com o objetivo da pesquisa e escala espacial necessária, dada as diferentes plataformas de sensoriamento remoto aplicáveis aos variados contextos.

Cabe destacar que a adoção desta ferramenta tecnológica no monitoramento regular das plantas, dependerá das especificidades de cada empreendimento, assim como do interesse do viveirista em conduzir de forma digital e automática o manejo das mudas. Neste sentido, podemos citar como exemplo a empresa Veracel Celulose, na qual todas as etapas de produção das mudas de eucalipto são geridas digitalmente, orientando a aplicação de defensivos e reduzindo a perda de mudas, sendo a empresa pioneira no uso desta tecnologia. Todavia, a produção de mudas de eucalipto destina-se a atender a própria demanda da agroindústria, que integra operações florestais, industriais e de logística (VERACEL, 2021).

Desta forma, considerando a estrutura de alguns viveiros visitados, que possuem sistema de irrigação por barra móvel, sugere-se uma adaptação na estrutura existente, acoplando-se uma câmera digital, semelhante àquela utilizada no RPAS, para captação de imagens internas (padrão RGB, multiespectral e termal), facilitando o monitoramento e o suporte para a tomada de decisão.

Vale ressaltar que o uso desta ferramenta, por sua vez, emerge como método passível de adoção por agentes públicos na esfera de fiscalização, para análise de conformidade do empreendimento com as normativas, não apenas em viveiros, mas em demais atividades de fiscalização relativas à produção vegetal, o que justificaria o investimento em equipamentos, software de processamento de imagens e capacitação técnica.

CONCLUSÃO

A utilização no Brasil de Plataformas Aéreas Remotamente Pilotadas (do acrônimo RPAS – *Remotely Piloted Aircraft System*) para a obtenção de imagens e mapas precisos e atualizados de ambientes rurais não é recente. Contudo, a multifuncionalidade da tecnologia, inicialmente projetada

para fins militares, e vastamente adotada no mercado civil, tem apresentado diferentes aplicações em diversos setores.

Particularmente na área de Ciências Agrárias, a tecnologia contribui para o monitoramento de terras cultivadas, especialmente na identificação e controle de pragas, doenças, estado nutricional, manejo do solo e da água. Ademais, possibilita o levantamento de áreas florestais, impactos ambientais reais e potenciais, dentre outras aplicações que promovem maior eficácia na condução das ações. Neste trabalho avaliou-se o uso de um RPAS ou drone em viveiros comerciais que abastecem o estado de Goiás com mudas de tomate de mesa, considerando os resultados de estudos que sinalizam os benefícios deste tipo de tecnologia na produção em campo, como um exemplo da denominada agricultura de precisão. Os resultados sinalizam uma alta empregabilidade da tecnologia de drones, embarcados com sensores imageadores padrão RGB e/ou multiespectrais, por exemplo, na fase de elaboração dos projetos para empreendimentos produtores de mudas de tomate. As imagens aéreas, de alta resolução espacial e temporal (voos sob demanda), promovem uma visão ampliada e estratégica da área, norteando a decisão de instalação das estufas e demais estruturas que compõem um viveiro, assim como apresenta as características do terreno e da área do entorno do viveiro que possam carecer de intervenção.

Por outro lado, constatou-se uma inviabilidade da tecnologia para monitorar ambientes internos dos viveiros, devido ao elevado custo para operacionalização de um sistema, na frequência necessária para acompanhar o ciclo de desenvolvimento da muda produzida em estufa, incluindo a aquisição de equipamentos e recursos humanos habilitados para tais atividades. Nesse sentido, a manutenção da análise visual na identificação de falhas no estande ou de indicadores de doenças/deficiências nutricionais, se apresenta ainda como técnica adequada de manejo para a produção de mudas, independentemente da infraestrutura do viveiro e do nível tecnológico que cada empreendimento possui. Adicionalmente, buscou-se identificar outras formas de captação de imagens no ambiente interno das estufas, aplicação esta que até então exige maior experiência do operador de RPAS. Neste caso, sugere-se a adaptação de estruturas existentes nos próprios viveiros, para acoplamento de câmeras digitais para monitoramento do cultivo, alternativas que ainda carecem de estudos para validação técnica, científica e econômica.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás – FAPEG, pelos recursos destinados à aquisição dos drones empregados nesta pesquisa. Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – IF Goiano, Campus Iporá, pela concessão do afastamento para capacitação. M.E.F. é bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq (processo 315699/2020-5).

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, R. W.; FERREIRA, M.E.; OLSEN, S. I.; TYMUS, J. R. C.; BALIEIRO, C. P.; MANSUR, H.; MOURA, C. J. R.; COSTA, J. V. S.; BRANCO, M. R. C.; GROHMANN, C. H. **Forest Restoration Monitoring Protocol with a Low-Cost Remotely Piloted Aircraft: Lessons Learned from a Case Study in the Brazilian Atlantic Forest**. *Remote Sensing*, v. 13, p. 2401, 2021.
- ALBUQUERQUE, R. W.; MATSUMOTO, M. H.; CALMON, M.; FERREIRA, M. E.; VIEIRA, D. L. M.; GROHMANN, C. H. **A protocol for canopy cover monitoring on forest restoration projects using low-cost drones**. *Open Geosciences*, v. 14, p. 921-929, 2022.
- ALVES JR., L. R.; FERREIRA, M. E.; CORTES, J. B. R.; JORGE, L. A. C. **High accuracy mapping with cartographic assessment for a fixed-wing remotely piloted aircraft system**. *Journal of Applied Remote Sensing*, v. 12, p. 1-22, 2018.
- BARBEDO, J. G. A. **A review on the use of unmanned aerial vehicles and imaging sensors for monitoring and assessing plant stresses**. *Drones*, v. 3, n. 2, 2019.
- BEZERRA, F. C. **Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 22 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 72).

BRASIL. ANAC. **Requisitos gerais para veículos aéreos não tripulados e aeromodelos.** RBAC – E nº 94. Brasília, 2015.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Portaria DECEA No 112/DGCEA, de 22 de maio de 2020.** Aprova a reedição da ICA 100-40, Instrução sobre “Aeronaves não tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo”. Brasília, 2020.

FOGAÇA, A. **Drones, leis e regulamentação: tudo o que você precisa saber antes de voar.** 2020. Disponível em: <https://tecnoblog.net/379593/drones-leis-e-regulamentacao-tudo-o-que-voce-precisa-saber-antes-de-voar/>

FURQUIM, M.G.D.; NASCIMENTO, A. dos R. Aspectos relevantes para o entendimento da cadeia do tomate de mesa no Brasil. In: Estudos em Agronegócio: participação brasileira nas cadeias produtivas - V. 5. - Medina, G. da S.; Cruz, J. E. (orgs.). - Goiânia / Kelps, 2021.

HUUSKONEN, J.; OKSANEN, T. **Soil sampling with drones and augmented reality in precision agriculture.** Computers and Electronics in Agriculture, v.154, p.25-35, 2018.

JORGE, M. H. A.; ANDRADE, R. J. de.; COSTA, E. **O mercado de mudas de hortaliças.** In: NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, R. B. Produção de mudas de hortaliças. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

JORGE, M. H. A.; MELO, R. A. de C. e; HABER, L. L.; REYES, C. P.; COSTA, E.; BORGES, S. R. dos S. **Recomendações técnicas para utilização de bandejas multicelulares na produção de mudas de hortaliças.** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2019. 30 p.

LIMA, G. G. da S.; NASCIMENTO, A. dos R.; ÁZARA, N. A. de. **Estruturas de um viveiro profissional para produção de mudas de hortaliças.** In: NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, R. B. Produção de mudas de hortaliças. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

LOBO, F. C.; FERREIRA, M. E.; UCHOA, C.; COSTA, J. V. S. **Uso de Plataformas Aéreas Não Tripuladas no Brasil? um Panorama de Dez Anos (2008-2018) de Publicações Acadêmicas.** RBC. Revista Brasileira de Cartografia, v. 72, p. 807-828, 2020.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; EVANGELISTA, S. R. M. **A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente.** In: MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; OLIVEIRA, S. R. de M.; MEIRA, C. A. A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; BOLFE, E. L. Agricultura Digital: Pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. – Brasília, DF: Embrapa, 2020.

MATESE, A.;TOSCANO, P.;DI GENNARO, SF;GENESIO, L.;VACCARI, FP;PRIMICERIO, J.;BELLI, C.;ZALDEI, A.;BIANCONI, R.;GIOLI, B. **Intercomparison of UAV, Aircraft and Satellite Remote Sensing Platforms for Precision Viticulture.***Remote Sensing.* v.7, p. 2971-2990, 2015.

MCLEAN, C. **Aerial Mapping Techniques and Technologies: A cost benefit analysis.** Apresentação para o simpósio de engenharia, realizado pelo Departamento de Geodésia e Geomática da Universidade de New Brunswick (Canadá), 2015. Disponível

em: <http://www2.unb.ca/gge/News/2015/STC/McLean.pdf>

NUNES, M. U. C.; SANTOS, J. R. dos. **Tecnologia para produção de mudas de hortaliças e plantas medicinais em sistema orgânico.** Embrapa Tabuleiros Costeiros - Circular Técnica, v. 48, p. 1-8, 2007.

OLIVEIRA, R. A. de.; TOMMASELLI, A. M. G. **Geração automática de modelo digital de superfície utilizando múltiplas imagens.** Anais do III Simpósio Brasileiro de Geomática, Presidente Prudente - SP, 26-28 de julho de 2012. v.1. p. 193-198.

PRUDKIN, G. **El periodismo drone.** Contextualización histórica y posibles usos periodísticos. Revista Comunicación & Inovação, v. 33, p. 7-21, 2016.

PRUDKIN, G. **Drones: su origen y aplicación en el periodismo contemporáneo para generación de**

conteúdos em 3D. In: DRONES E CIÊNCIA: Teoria e aplicações metodológicas – V. I. - PRUDKIN, G.; BREUNIG, F. M. (orgs.) – Santa Maria, RS: FACOS – UFSM, 2019.

PRUDKIN, G.; MIELNICZUK, L. P. **El periodismo drone: ¿innovación, disrupción o continuidad?** Un estudio teórico retrospectivo sobre la captación de imágenes aéreas en el contexto de una cultura visual. Contemporanea - Comunicação e Cultura, v.17, n.01, p.70-98, 2019.

QUINTANILHA, K.T.; TAVARES, É. B.; CORCIOLI, G. **Mapeamento do escoamento do tomate comercializado no CEASA - Goiás em 2017 e 2018.** Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, v. 8, n.10, p.e138101199, 2019.

SANTOS, T.T.; BARBEDO, J. G. A.; TERNES, S.; CAMARGO NETO, J.; KOENIGKAN, L. V.; SOUZA, K. X. S. de. **Visão computacional aplicada na agricultura.** In: MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; OLIVEIRA, S. R. de M.; MEIRA, C. A. A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; BOLFE, E. L. Agricultura Digital: Pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. – Brasília, DF: Embrapa, 2020.

SOUSA NETO, R. de. **O mercado de tomate em Goiás: estudo sobre o comportamento da cadeia e a evolução da atividade produtiva no setor in natura.** Dissertação (Mestrado em Agronegócio) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.

VERACEL CELULOSE. Disponível em: <https://www.veracel.com.br/processo-digital-monitoramento-pragas-e-doencas-viveiro-mudas-eucalipto/> Acesso em: 10 de out. 2021.

XAVIER, R. **A utilização do VANT em levantamentos ambientais.** DSPACE. Paraná, 2013. Disponível em: >. Acesso em: 15 out. 2021.

ZANELLA, L. C. H. **Metodologia de pesquisa** – 2. Ed. Reimp. – Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/ UFSC, 2013.

Afiliação dos Autores

Furquim, M. G. D. - Professora Instituto Federal Goiano, Iporá (GO), Brasil.

Nascimento, A. R. - Professora Universidade Federal de Goiás, Goiânia (GO), Brasil.

Costa, J. V. S. - Membro do Programa de Pesquisa e Capacitação com Veículos Aéreos Não Tripulados, Goiânia (GO), Brasil.

Ferreira, M. E. - Professor Universidade Federal de Goiás, Goiânia (GO), Brasil.

Corcioli, G. - Professora Universidade Federal de Goiás, Goiânia (GO), Brasil.

Borges, L. C. - Professor Centro Universitário de Goiás, Goiânia (GO), Brasil.

Contribuição dos Autores

Furquim, M. G. D. - O autor contribuiu para a elaboração, realização e manipulação da escrita.

Nascimento, A. R. - O autor contribuiu para a elaboração, realização e manipulação da escrita.

Costa, J. V. S. - O autor contribuiu para a elaboração, realização e manipulação da escrita.

Ferreira, M. E. - O autor contribuiu para a elaboração, realização e manipulação da escrita.

Corcioli, G. - O autor contribuiu para a elaboração, realização e manipulação da escrita.

Borges, L. C. - O autor contribuiu para a elaboração, realização e manipulação da escrita.

Editores Responsáveis

Alexandra Maria Oliveira

Alexandre Queiroz Pereira