

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AGRONEGÓCIO

AUGUSTO LUIZ ROSSETTO

USO DE DRONES EM OPERAÇÕES AGRÍCOLAS

Botucatu - SP
Dezembro - 2023

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AGRONEGÓCIO

AUGUSTO LUIZ ROSSETTO

USO DE DRONES EM OPERAÇÕES AGRÍCOLAS

Orientador: Prof. Vicente Márcio Cornago Júnior

Projeto de Conclusão de Curso
apresentado à FATEC - Faculdade de
Tecnologia de Botucatu, para obtenção do
título de Tecnólogo no Curso Superior de
Agronegócio.

Botucatu - SP
Dezembro - 2023

RESUMO

Dentro das tecnologias emergentes no campo, os drones, também conhecidos como Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), surgem como uma ferramenta valiosa na agricultura moderna. Estes dispositivos aéreos, que podem ser operados remotamente ou voar autonomamente através de sistemas de navegação e sensores embarcados, têm se destacado não apenas no monitoramento, mas também na aplicação precisa de insumos agrícolas, como fertilizantes e pesticidas. Esta técnica, conhecida como pulverização inteligente, tem como objetivo reduzir o desperdício de produtos químicos, diminuir os custos operacionais e minimizar os impactos ambientais negativos. A pulverização inteligente é uma forma de sensoriamento remoto que utiliza a tecnologia de drones para aplicar precisamente insumos agrícolas onde são necessários. Isso permite uma gestão mais eficiente dos recursos, resultando em economia de custos e redução do impacto ambiental. A implementação de drones na agricultura tem sido vista como uma inovação capaz de revolucionar a maneira como as atividades agrícolas são conduzidas atualmente. Este trabalho visa contextualizar, por meio de uma revisão de literatura, o desenvolvimento do uso de drones para fins agrícolas, bem como aprimorar a compreensão de seu funcionamento. Através desta revisão, espera-se fornecer uma visão abrangente do estado atual da tecnologia de drones na agricultura e destacar as áreas potenciais para futuras pesquisas e desenvolvimento.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura de Precisão. Drones. Pulverização Aérea. Sensoriamento Remoto. VANTs

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
1.1 Objetivo.....	7
1.2 Justificativa e relevância do tema.....	7
2 DESENVOLVIMENTO	8
2.1 Surgimento do uso de drones e adequação agrícola	8
2.2 Agricultura de Precisão	11
2.3 Aplicação e Tipos de drones usado na agricultura.....	13
2.4 Uso de drones para Sensoriamento Remoto	15
2.5 Uso de drones em Pulverização Agrícola	16
2.6 Perspectivas de uso de drones na agricultura	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Material.....	19
3.2 Métodos e técnicas	19
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	19
REFERÊNCIAS	21

1 INTRODUÇÃO

No período entre as décadas de 1970 e 1990, o setor agronegócio brasileiro experimentou um significativo estímulo, impulsionado pelo avanço da ciência e da tecnologia. Esses progressos permitiram a exploração da agricultura em regiões anteriormente consideradas aptas somente para a agropecuária, consolidando o Brasil como um líder na agricultura tropical e aumentando de forma expressiva sua competitividade no mercado internacional (FERREIRA et al., 2022).

Projeções indicam que a população brasileira poderá aumentar em até 40% na próxima década, enquanto a população mundial pode atingir 9 bilhões de habitantes. Essa realidade imprime a necessidade de um aumento de no mínimo 60% na produtividade agrícola até 2050. Nesse contexto, o Brasil tem a dura responsabilidade de se tornar um dos principais produtores de alimentos do mundo nas próximas duas décadas. Para atingir esse objetivo, os produtores deverão buscar o aperfeiçoamento da técnica, associado com novas tecnologias (ARTIOLI; BELONI, 2016).

Para Pinheiro Junior e Bispo (2019), o principal pilar que impulsiona o agronegócio brasileiro tem caráter técnico, com ênfase na integração de insumos químicos, como fertilizantes, nutrientes e defensivos. Ainda segundo os autores, devido às características e heterogeneidade do país, especialmente em relação ao solo e ao clima, o Brasil apresenta grandes perspectivas para o agronegócio. Essas características posicionam o agronegócio como um grande alicerce da economia nacional, gerando riqueza e impulsionando outros setores da economia, de forma a garantir a soberania na produção de alimento, além de promover a segurança alimentar (CARNEIRO, 2017).

Dentro das tecnologias que emergem no campo, o uso de drones, originalmente desenvolvida para aplicações militares e de vigilância, despontam como uma ferramenta valiosa na agricultura contemporânea. Os drones, também conhecidos como Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), são dispositivos aéreos que podem ser operados remotamente ou voar autonomamente através de sistemas de navegação e sensores embarcados (SILVA, 2021). A implementação de drones na agricultura tem se destacado como uma inovação capaz de revolucionar a maneira como as atividades agrícolas são hoje conduzidas.

A Associação Brasileira de Aerodelismo (ABA) caracteriza um VANT como um veículo aéreo, desenhado ou adaptado para operar sem um piloto humano, controlado remotamente ou de forma autônoma (OLIVEIRA, 2020). Pino (2019) classifica os drones

com base no tipo de controle, que pode ser autônomo, monitorado, supervisionado, pré-programado ou controlado remotamente.

Os drones, inicialmente desenvolvidos para fins militares e de vigilância, emergem como uma tecnologia valiosa na agricultura moderna. Esses Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) são aparelhos aéreos que podem ser controlados à distância ou voar de forma autônoma por meio de sistemas de navegação e sensores integrados (SILVA, 2021). Sua implementação na agricultura é vista como uma inovação revolucionária na condução das atividades agrícolas atuais.

Recentemente, os drones têm se destacado não apenas no monitoramento, mas também na aplicação precisa de insumos agrícolas, como fertilizantes e pesticidas. Esta técnica, denominada pulverização inteligente, visa a redução do desperdício de produtos químicos, a diminuição dos custos operacionais e a minimização dos impactos ambientais negativos, promovendo uma agricultura mais sustentável. Contudo, a implementação de drones na agricultura envolve desafios, incluindo o elevado investimento inicial, a necessidade de formação dos operadores e as questões regulatórias associadas ao uso do espaço aéreo (OLIVEIRA, 2020).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo contextualizar, por meio de uma revisão de literatura, o desenvolvimento do uso de drones para fins agrícolas, bem como aprimorar a compreensão de seu funcionamento. Busca-se através deste escrito identificar oportunidades para essa tecnologia, além de sua associação com o aumento de eficiência e produtividade no setor agrônomo, com diversas aplicações nas práticas agrícolas, especialmente na pulverização aérea de defensivos agrícolas.

Este estudo visa proporcionar aos leitores um entendimento mais profundo do uso de drones na agricultura, destacando seu potencial para aumentar a produtividade e auxiliar na tomada de decisões, apesar dos desafios. O conteúdo é dividido em seções que abordam a literatura sobre o tema, a metodologia da pesquisa, os resultados e uma discussão dos achados principais. A conclusão traz reflexões finais e sugestões para futuras pesquisas.

1.1 Objetivo

Este estudo objetivou analisar a aplicação de drones na agricultura e avaliar sua influência na eficiência e produtividade do setor agrônomo. A análise foi conduzida por meio de uma pesquisa qualitativa, fundamentada na revisão de diversas fontes bibliográficas.

1.2 Justificativa e relevância do tema

O uso de drones na agricultura tem aumentado significativamente nas últimas duas décadas, com aplicações variadas em todas as etapas da cadeia produtiva agrícola. Inicialmente, os drones desempenhavam o papel de sensoriamento agrícola, auxiliando na construção de mapas, identificação e monitoramento de pragas, doenças e plantas daninhas, além de contribuir para a agricultura de precisão. Com o avanço da tecnologia e a capacidade de carregar mais peso, os drones passaram a ser utilizados em diversas etapas produtivas, como a dispersão de sementes e a pulverização de defensivos agrícolas.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Surgimento do uso de drones e adequação agrícola

A evolução da agricultura tem sido historicamente impulsionada pela adoção de tecnologias inovadoras para superar seus desafios. A utilização de drones na agricultura, por exemplo, é um fenômeno que tem suas raízes na aplicação inicial desses dispositivos em contextos militares e aeronáuticos. Como observado por Silva (2021), os primeiros drones, também referidos como veículos aéreos não tripulados (VANTs), eram estruturas rudimentares baseadas em balões, empregadas pelo exército austríaco.

No contexto da Segunda Guerra Mundial, em 1942, os alemães inovaram com o desenvolvimento de uma bomba voadora não tripulada, cuja trajetória era determinada pela disponibilidade de combustível e o local de disparo (BRANT, 1967; BETÉ, 2019). Posteriormente, em 1951, os Estados Unidos introduziram o primeiro drone moderno, projetado para servir como alvo aéreo em treinamentos militares (BETÉ, 2019). A partir de então, os veículos aéreos não tripulados começaram a ganhar destaque, especialmente em 1959. Durante a Guerra Fria, na década de 60, houve um investimento sem precedentes nesses dispositivos, conforme relatado por Beté (2019).



Figura 1. Foguete remoto V1, de origem alemã, utilizado na segunda guerra mundial. Fonte: DZIEJE, Polônia, 2013.

No rescaldo dos ataques de 11 de setembro de 2001, o governo dos Estados Unidos empreendeu uma série de iniciativas antiterroristas em todo o mundo, marcando o início do uso estratégico de aeronaves não tripuladas em operações militares (KUCHAK, 2013). Durante esse período, houve um avanço significativo no desenvolvimento de drones para fins de ataque e reconhecimento. De acordo com Beté (2019), as Forças Armadas dos Estados Unidos possuíam cerca de 7,5 mil Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) sob seu comando.

Conforme destacado por Buzzo (2015), a partir da década de 2010, os drones de pequeno porte começaram a ganhar relevância significativa. Anteriormente restritos ao uso militar, os drones agora encontram aplicações em uma variedade de setores, incluindo a indústria da construção, o jornalismo televisivo e o transporte de carga e passageiros, entre outros. Isso sugere que a evolução dos drones está apenas no início. Halpern (2016) especula que, em breve, os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) desempenharão um papel ativo na sociedade, sendo utilizados para fins como espionagem, fotografia e entregas comerciais.



Figura 2. VANT turco, modelo Bayraktar TB2, de uso militar, com capacidade de ataque a longas distâncias e pilotado de forma remota. Fonte: Defence Turk, Turquia, 2020.

No que diz respeito à adoção de drones na agricultura, Silva (2020) salienta que "a popularidade dos drones no setor agrícola começou a crescer a partir da década de 1990, quando as tecnologias de posicionamento global, como o GNSS, se tornaram amplamente disponíveis e acessíveis. Os avanços nos sistemas de navegação permitiram um progresso significativo no monitoramento e na coleta de dados em larga escala, o que aumentou o interesse na aplicação de drones na agricultura".

Com o avanço contínuo da tecnologia de drones e a introdução de sensores mais sofisticados, essas aeronaves não tripuladas começaram a ser empregadas em uma variedade de tarefas agrícolas. Segundo Rejeb et al. (2020), a incorporação de drones na agricultura permitiu aplicações como mapeamento de culturas, detecção precoce de doenças e pragas, análise de estresse hídrico e nutricional nas plantações, além de uma pulverização mais eficiente de insumos agrícolas.

A evolução tecnológica e a crescente acessibilidade dos drones permitiram aos agricultores obterem informações detalhadas e atualizadas sobre suas lavouras, possibilitando uma gestão mais precisa e eficiente das atividades agrícolas (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2015). Isso deu origem a uma agricultura inteligente e de precisão, conforme descrito por Rejeb et al. (2020).

Paralelamente, a adoção de tecnologias de informação e comunicação (TIC) marcou o início de uma agricultura moderna, visando aumentar a eficiência e a eficácia (Haque et al., 2021). Isso levou ao uso do sensoriamento remoto, uma ferramenta tecnológica com grande potencial para aprimorar a agricultura inteligente e de precisão (RAJEB et al., 2020).

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) emergiram como uma opção significativa na agricultura de precisão. O atual estágio de desenvolvimento tecnológico, caracterizado pela redução do custo e do tamanho dos equipamentos, tem facilitado e favorecido a aplicação dos VANTs na agricultura e em missões de reconhecimento, visando a otimização da produção (JORGE; INAMASU, 2013).



Figura 3. Helicóptero de uso remoto fabricado pela japonesa Yamaha. O modelo R-MAX tem a capacidade de pulverizar áreas de difícil acesso. A tecnologia despontou como uma forma de complementar a pulverização costal. Fonte: Farmfor, Brasil, 2016.

Portanto, a trajetória do uso de drones na agricultura reflete um avanço notável desde suas origens militares até sua aplicação prática na melhoria dos processos agrícolas. Isso tem contribuído para uma agricultura mais sustentável, eficiente e orientada por dados (PINO, 2019)

2.1 Agricultura de Precisão

A discussão sobre a Agricultura de Precisão, desponta nos Estados Unidos, no ano de 1929, quando um professor da Universidade de Illinois relaciona diferentes doses na aplicação de calcário em uma mesma área produtiva. Os esforços iniciais da agricultura de precisão, inicialmente, constituem na variabilidade e identificação de áreas agrícolas com necessidades distintas de aplicação de insumos, que posteriormente se estendeu no

desenvolvimento de sensores e tecnologias capaz de identificar essa variação (SILVA; SILVA-MANN, 2020).

A partir da década de 1990, as pesquisas sobre Agricultura de Precisão avançaram significativamente devido à disponibilidade de sinais de satélite através do sistema global de navegação, desenvolvido pelos EUA e conhecido como Global Positioning System (GPS), que se tornou totalmente operacional em 1995. Com isso, a Agricultura de Precisão começou a incorporar várias ferramentas, incluindo sensores eletrônicos em máquinas computadorizadas, Sistemas de Informação Geográfica (SIG), e tecnologias avançadas de aplicação como a Variable Rate Technology (VRT). Essas ferramentas possibilitam o monitoramento instantâneo da produção agrícola associado às coordenadas geográficas (SILVA; SILVA-MANN, 2020).

A Agricultura de Precisão é caracterizada, de acordo com Inamasu e Bernardi (2014), como uma abordagem de gestão agrícola que considera a variabilidade espacial com base em dados coletados no campo. Essa abordagem gerencial leva em conta a variabilidade espacial das lavouras com o objetivo de obter benefícios econômicos e ambientais. A adoção da Agricultura de Precisão é recomendada apenas quando há potencial para o retorno, o que requer a existência de variabilidade espacial.

A geoestatística aplicada à agricultura de precisão tem como objetivo analisar a variabilidade espacial dos atributos do solo e das culturas, bem como suas interações ao longo do tempo e do espaço. O geoprocessamento, que engloba a coleta, processamento, análise e disponibilização de informações georreferenciadas, é uma ferramenta valiosa para a gestão da produção agrícola e pecuária (BERNARDI et al., 2015).

As práticas associadas à Agricultura de Precisão no Brasil tiveram início com a importação de equipamentos informatizados na década de 1980, embora os resultados desejados não tenham sido alcançados inicialmente. Foi somente a partir de 1995, com a introdução dos sinais de GPS e o aumento do conhecimento sobre a Agricultura de Precisão no agronegócio nacional, que se iniciou a comercialização de máquinas que, ao longo do tempo, incorporaram tecnologias de informação, robótica e eletrônica (SILVA; SILVA-MANN, 2020).

Ainda sobre o Brasil, a Agricultura de Precisão é um campo de estudo emergente com grande potencial. Os produtores que adotaram essa tecnologia estão otimizando o cultivo e aumentando a eficiência das áreas de plantio. No entanto, há uma escassez de pesquisadores no Brasil que produzem conteúdo sobre este tema, indicando que a

tecnologia ainda está em fase de desenvolvimento e tem muito o que avançar (OLIVEIRA et al., 2020).

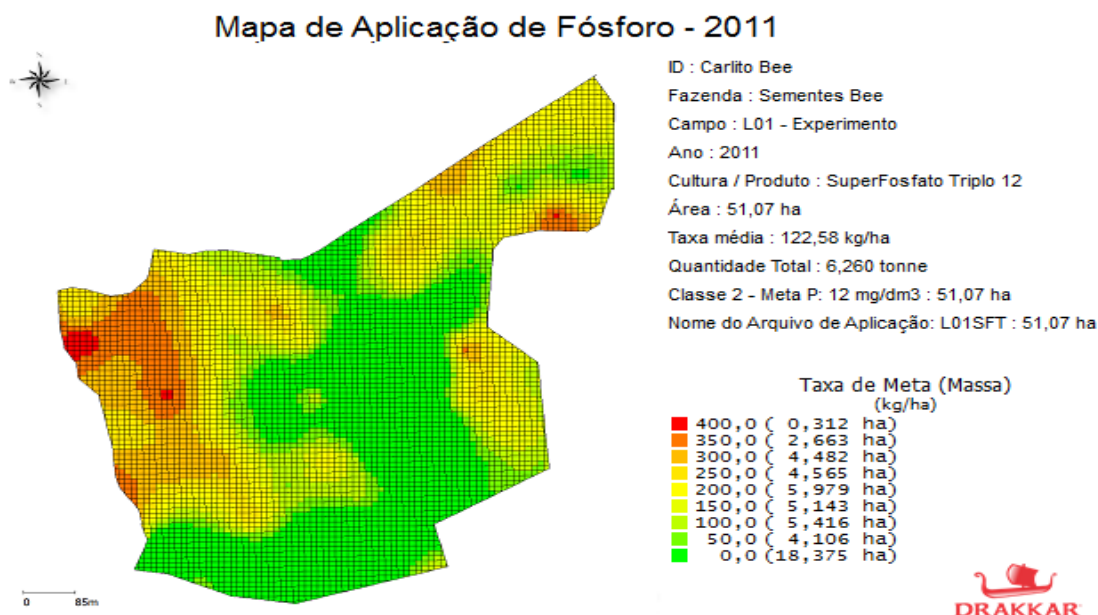


Figura 4. Mapa de aplicação de fósforo (P), em taxa variável. Fonte: Revista cultivar e Drakkar, 2020, Brasil.

Um exemplo prático e bem-sucedido da aplicação de fertilizantes em taxa variável pode ser observado em um estudo realizado em uma propriedade localizada no município de Coxilha (RS). Através do mapa de aplicação, foi constatado que, dos 50 hectares, 22,45 hectares já apresentavam níveis de fósforo superiores a 12 mg.dm⁻³. Portanto, não foi necessário aplicar doses de correção nessa área. Assim, a aplicação em taxa variável, na dose recomendada, foi realizada apenas na área restante (DURIGON et al., 2020).

Conforme indicado por diversos estudos, a Agricultura de Precisão se destaca como uma ferramenta valiosa para a otimização agrícola, contribuindo significativamente para maximizar a eficiência operacional e o ganho produtivo. Isso se aplica a várias atividades, incluindo a aplicação de fertilizantes, semeadura e tratamentos fitossanitários, como a aplicação de defensivos agrícolas (BASSOI et al., 2019).

2.3 Aplicações e tipos de drones usados na agricultura

A aplicação de drones na agricultura está intrinsecamente ligada à variedade de modelos de drones disponíveis e às tecnologias integradas que ampliam suas aplicações. Elkhrachy (2021) enfatiza que os drones agrícolas podem ser um método direto e de fácil

utilização, e os dados espaciais resultantes podem ser úteis para inspeção visual de algumas aplicações não métricas, como a agricultura ou a inspeção de infraestrutura.

Oliveira et al. (2021) explicam que um drone é composto não apenas pela aeronave, mas também por uma estação de controle terrestre conhecida como Ground Control Station (GCS). Esta estação permite o planejamento de uma missão a ser executada, possibilitando o acompanhamento de todo o trabalho realizado remotamente. Além disso, fornece a visualização de um mapa referente ao local que será monitorado, graças à referência da posição do drone. Ainda, segundo o autor, o planejamento de uma missão para um drone envolve, segundo o autor, a definição dos objetivos da missão, que podem incluir mapeamento, monitoramento, busca e resgate e inspeção. Posteriormente, é selecionada a área geográfica onde a missão será realizada.

Posteriormente, a rota que o drone seguirá é planejada. Após a preparação, a missão é executada, com o drone seguindo a rota planejada para coleta de dados. Durante a missão, a GCS permite o acompanhamento em tempo real do drone, incluindo a visualização do mapa da área e a posição atual do drone. O equipamento do drone também é equipado com um sistema de posicionamento global (GPS) incorporado, semelhante a uma unidade de navegação inercial. No entanto, o GPS não é usado diretamente para comandar os movimentos do drone, devido à sua tendência a apresentar margens de erro consideráveis. Nesse contexto, a unidade de navegação inercial (IMU) é recomendada, pois oferece maior precisão na determinação da posição (RASI, 2008).

Para corrigir a tendência a apresentar margens de erro consideráveis durante a missão do drone, Rasi (2008) menciona a fusão de sensores, combinando dados do GPS com informações da Unidade de Navegação Inercial (INI) e outros sensores relevantes; calibração adequada; uso de algoritmos de filtros; atualização contínua; aprimoramento da IMU, redundância de Sensores e calibração em Campo. Finalmente, para garantir o funcionamento dos drones, são necessários sensores e plataformas de computação.

Existem vários tipos de drones disponíveis, variando de modelos mais básicos a mais sofisticados, cobrindo uma ampla gama de funcionalidades, desde usos práticos até recreativos. Conforme mencionado pelo Senar (2018), os drones podem ser categorizados em três tipos principais: drones de asa fixa, drones multi rotores e drones de rotor único. Assim, Gonçalves e Cavichioli (2021) classificam os seguintes tipos de drones aplicáveis:

- Drones de rotor único: Este modelo, composto por um único rotor, é ideal para voos de longa duração e possui um tempo de carregamento considerável. Sua

simplicidade o torna uma escolha recomendada para tais operações. Se assemelha a um helicóptero. São mais difíceis de serem utilizados para a pulverização, entretanto tem seu nicho para o sensoriamento remoto.



Figura 5. Drone de rotor único utilizado para fins profissionais. Modelo PDH-GS120, capaz de fazer o sensoriamento em áreas agrícolas. Fonte: AeroExpo, Brasil, 2021.

- Drones de asa fixa: Equipados com uma asa longa, estes drones são frequentemente utilizados em filmagens devido à sua capacidade de pairar no ar. Mais recentemente, tem-se adequado estas aeronaves para aplicação de defensivos agrícolas, como o caso da empresa americana Pyca, com o modelo Pelican, que pode carregar até 300 litros de calda e voar a 130 km/h.



Figura 6. Drone de pulverização da empresa americana Pyca, desenvolvido para ser um complemento a aplicação aérea comum de aviões. Sua proposta é ter uma faixa de deposição de 13 metros e decolar com mais de 200 quilogramas de peso de decolagem. Fonte: Pyca, Estados Unidos, 2022.

- Drones multirotores: Compostos por vários rotores - que podem variar de dois a oito - estes drones são reconhecidos pela facilidade de pilotagem, versatilidade e mais recentemente, A configuração multirotor facilita as operações de decolagem

e pouso, com capacidade de realizar essas ações verticalmente. É entendido que as manobras se tornam mais executáveis.



Figura 6. Drone de pulverização com quatro rotores, modelo Agras T40, da fabricante chinesa de drones DJI. Fonte: Google Imagens, 2023.

Devido à sua estabilidade em voo, estes drones são comumente utilizados em tarefas de filmagem e inspeção. Quanto ao seu uso na agricultura, pode-se ter uma maior compreensão através da Tabela 1, com dados compilados por Conceição (2023).

Tabela 1. Análise dos Usos de Drones na Agricultura. Conceição, 2023.

Utilização	Explicação
Monitoramento de cultivo	Os drones são utilizados como uma ferramenta eficaz para a obtenção de imagens aéreas de alta resolução. Essas imagens permitem o monitoramento detalhado do crescimento das culturas agrícolas (PEREIRA, et al., 2020)
Detecção de Pragas e Doenças	Os drones empregam sensores multiespectrais e termográficos para detectar indícios de infestações de pragas e doenças nas plantações. Essa tecnologia permite uma intervenção rápida e precisa para o controle desses problemas agrícolas (PAIVA, 2023)
Pulverização de insumos	Os drones, quando equipados com sistemas de pulverização, são capazes de aplicar fertilizantes e defensivos de maneira direcionada. Isso resulta em uma redução da exposição desses produtos ao ambiente, além de melhorar a eficácia de sua aplicação nas plantações (MONTAGNA, 2021).
Mapeamento Topográfico	Os drones, equipados com sensores LiDAR, são capazes de gerar modelos de elevação de alta precisão. Esses modelos são extremamente úteis para o planejamento de drenagem e irrigação, bem como para a análise do relevo do terreno (BERNARDO, 2021).
Monitoramento de irrigação	Os drones são capazes de coletar informações sobre o estado de umidade do solo e os padrões de irrigação. Essas informações permitem a otimização da irrigação, resultando em economia de água e maximização da produção agrícola (QUEIROZ, 2022).
Polinização de culturas	os drones estão sendo testados em ambientes controlados para a polinização de culturas. Isso é particularmente útil na ausência ou declínio de polinizadores naturais, como as abelhas (REDES AVANZADAS, 2017)

Em um país cuja economia é fortemente impulsionada pela agricultura, a demanda por métodos eficientes para aumentar a produtividade agrícola é evidente. A

pulverização aérea, devido à sua eficiência e menor impacto na lavoura, é uma alternativa escolhida por muitos produtores rurais, contribuindo também para a preservação do meio ambiente (SAMSUDIN, 2020).

2.4 Uso de Drone para Sensoriamento Agrícola

A detecção de pragas e doenças em lavouras é uma aplicação relevante dos drones na agricultura, como ressaltado por Alarcão Júnior e Nuñez (2023). Utilizando sensores multiespectrais e termográficos, os drones podem identificar áreas afetadas por infestações ou doenças, permitindo uma resposta rápida e direcionada. Meena et al (2021) destacam que os drones fornecem imagens de alta resolução das áreas cultivadas, facilitando a análise de variáveis como a vitalidade das plantas, a presença de pragas e doenças, e a qualidade do solo.

Kolling et al (2021) discutem a possibilidade de usar drones para criar mapas de áreas de cultivo, o que permite aos agricultores identificar áreas problemáticas que requerem atenção especial. Os pesquisadores enfatizam que o uso de drones para mapear plantações pode resultar em economia de tempo e recursos financeiros em comparação com abordagens convencionais, como levantamentos topográficos.

Ferraz et al. (2022) abordam o monitoramento do tamanho das plantas de milho. Os autores destacam que o sensoriamento remoto tem sido cada vez mais utilizado na caracterização de híbridos, como por exemplo, na estimativa da altura das plantas por meio de sensores acoplados em drones. Eles ressaltam que os dados coletados por drones preenchem uma lacuna na escala observacional em sensoriamento remoto, fornecendo dados de alta resolução espacial e temporal, que são importantes para o monitoramento do crescimento da cultura.

Portanto, a tecnologia dos drones está revolucionando a agricultura, oferecendo soluções inovadoras para aumentar a eficiência e a sustentabilidade dos processos agrícolas. No entanto, é importante ressaltar que a adoção dessa tecnologia requer um entendimento adequado de seu funcionamento e potencial, bem como a superação de possíveis resistências por parte dos produtores (ALARCÃO JÚNIOR; NUÑEZ, 2023)

2.5 Uso de Drones em Pulverização Agrícola

A utilização de drones na pulverização de insumos agrícolas representa uma inovação significativa para aprimorar a eficiência na aplicação de produtos químicos. Hanif, Han e Yu (2022) destacam que os drones equipados com sistemas de pulverização inteligente possibilitam a aplicação precisa e direcionada de fertilizantes, pesticidas e

herbicidas, o que minimiza o desperdício e reduz o impacto ambiental. Além disso, Alarcão Júnior e Nuñez (2023) defendem a eficácia superior da pulverização por drones no controle de pragas em comparação com a pulverização manual em diversas culturas, incluindo arroz, trigo e batata.

Os sensores multiespectrais e termográficos, conforme explicado por Calado (2013), são dispositivos que coletam informações sobre a radiação eletromagnética emitida ou refletida por objetos e ambientes em diferentes faixas do espectro eletromagnético. Esses sensores são utilizados em drones para capturar imagens que auxiliam na tomada de decisões de manejo agrícola.

Oliveira et al (2020) corroboram a eficácia dos drones na aplicação direcionada de defensivos agrícolas, destacando a minimização do desperdício de produtos e a atenuação dos impactos ambientais. Uma aplicação emergente e promissora dos drones é na polinização de culturas. McCarthy et al. (2023) exploram essa possibilidade, especialmente em ambientes controlados como estufas, em resposta à crescente preocupação com a redução das populações de polinizadores naturais.

Portanto, a tecnologia dos drones está revolucionando a agricultura, oferecendo soluções inovadoras para aumentar a eficiência e a sustentabilidade dos processos agrícolas. No entanto, é importante ressaltar que a adoção dessa tecnologia requer um entendimento adequado de seu funcionamento e potencial, bem como a superação de possíveis resistências por parte dos produtores.

2.6 Perspectivas de uso de drone na agricultura

Com o intuito de aprimorar a eficiência e eficácia dos processos agrícolas, desde o plantio até a colheita, diversas empresas têm estabelecido parcerias para a utilização de drones na aplicação de herbicidas que combatem plantas daninhas em canaviais, conforme relatado por Maliszewski (2021). Os testes realizados foram divididos em três etapas, cada uma com um objetivo específico e uma área de atuação distinta, culminando na confirmação da eficiência e eficácia do processo.

Kolling et al (2021) exploram a utilização de drones para a criação de mapas de áreas de cultivo, permitindo aos agricultores identificarem regiões problemáticas que necessitam de atenção especial. Os pesquisadores ressaltam que o emprego de drones para mapear plantações pode resultar em economia de tempo e recursos financeiros quando comparado a métodos convencionais, como levantamentos topográficos.

Em um estudo relacionado, Ferraz et al. (2022) discutem o monitoramento do tamanho das plantas de milho. Os autores salientam que o sensoriamento remoto tem sido cada vez mais empregado na caracterização de híbridos, como na estimativa da altura das plantas por meio de sensores acoplados em drones. Eles enfatizam que os dados coletados por drones preenchem uma lacuna na escala observacional em sensoriamento remoto, fornecendo dados de alta resolução espacial e temporal, que são fundamentais para o monitoramento do crescimento da cultura.

De Souza et al. (2019) investigam as decisões de manejo da soja a partir do processamento de imagens, destacando a capacidade de identificar falhas nas linhas de cultivo, erros de manejo e problemas de germinação.

Viana et al. (2018) ressaltam a importância do monitoramento de culturas por meio de câmera termal acoplada a um drone, capaz de identificar desde estresse hídrico até danos em frutas, além de proporcionar informações rápidas em grandes áreas.

Gonçalves e Cavichioli (2021) afirmam a indispensabilidade dos drones na agricultura contemporânea, com grande potencial de crescimento no setor agrícola, proporcionando aumento de produtividade, melhoria de processos produtivos e economia com aplicação de agrotóxicos.

O uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) no Brasil é uma realidade cada vez mais consolidada, incorporando aplicações antes atribuídas a satélites e levantamentos aéreos tradicionais. Atualmente, existem mais de 75.000 equipamentos registrados na ANAC, sendo 62% deles dispositivos de gravação para atividades profissionais e/ou acadêmicas. No Brasil e no mundo, os VANTs têm sido utilizados para coleta de dados para inúmeras finalidades, como filmagens, levantamentos topográficos, fiscalizações de obras e agricultura de precisão (LOBO et al. 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Os artigos utilizados neste estudo foram meticulosamente selecionados a partir da base de dados fornecida pelo Google Scholar. A escolha dos artigos foi restrita àqueles publicados nos últimos 5 anos, a fim de garantir a relevância e atualidade das informações. Esta seleção criteriosa permitiu uma análise abrangente e atualizada do tema em questão.

3.2 Métodos e técnicas

Os artigos utilizados neste estudo foram cuidadosamente selecionados a partir de uma base de periódicos. O processo de seleção envolveu a filtragem dos artigos por ano de publicação e grau de referência, limitando-se aos que foram publicados nos últimos cinco anos para garantir a relevância e atualidade das informações, através de um resumo simples, segundo Japiassú (2013).

A seleção foi realizada manualmente, utilizando palavras-chave relacionadas a drones, com foco especial nos artigos que tratam do uso de drones na agricultura, sensoriamento remoto e pulverização de defensivos agrícolas. Após a filtragem inicial, os artigos foram lidos em detalhe e selecionados com base em sua capacidade de contribuir para a discussão e aprofundar a compreensão sobre o tema. Este processo rigoroso de seleção assegurou que o estudo fosse informado por fontes confiáveis e pertinentes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos artigos selecionados revela a convergência em torno das vantagens do uso de drones na agricultura, destacando-se o monitoramento de culturas através de imagens que fornecem informações variadas, desde estresse hídrico até danos nos frutos. A utilização de drones pode aumentar a produtividade e economizar na aplicação de agrotóxicos. A rastreabilidade de rebanhos é outro ponto destacado, embora apenas um artigo tenha abordado o tema, sugerindo uma área de pesquisa a ser explorada.

No entanto, os artigos também apontam para uma falta geral de informação entre os produtores sobre a funcionalidade e as vantagens do uso de drones. Isso indica a necessidade de associações e cooperativas buscarem informações, cursos e apoio técnico para os produtores, a fim de capacitá-los a tomar decisões informadas sobre a utilização de drones.

REFERÊNCIAS

- ALARCÃO JÚNIOR, José Carlos; NUÑEZ, Daniel Noe Coaguila. O uso de drones na agricultura 4.0. *Brazilian Journal of Science*, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2023.
- ALARCÃO JÚNIOR, José Carlos; NUÑEZ, Daniel Noe Coaguila. O uso de drones na agricultura 4.0. *Brazilian Journal of Science*, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2023.
- ARTIOLI, F.; BELONI, T. Diagnóstico do perfil do usuário de drones no agronegócio brasileiro. *Revista iPecege*, v. 2, n.3, p. 40-56, 2016.
- BASSOI, L.H. et al. Agricultura de precisão e agricultura digital. *TECCOGS - Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*, n. 20, p. 17-36, 2019.
- BERNARDI, A.C.C. et al. Ferramentas de agricultura de precisão como auxílio ao manejo a fertilidade do solo. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 32, n. 1/2, p. 211-227, 2015.
- BERNARDO, Maria Emanuela Conceição et al. Aplicação de Aeronave Remotamente Pilotada (Drone) em Engenharia Civil-levantamento bibliográfico e estudo de caso. 2021.
- BETÉ, Thiago de Souza. Drones: um pequeno histórico e as consequências do seu uso. *Revista Conexão Sipaer*, v. 10, n. 1, 2019, p. 2-14.
- BRANT, Joseph E. Segredos da Guerra Psicológica: Reminiscência da 2º Guerra Mundial. São Paulo: Digital Source, 1967. 144 p.
- BUZZO, Lucas (Org.). História dos Drones: do início aos dias de hoje. 2015. Disponível em: < <https://odrones.com.br/historia-dos-drones/> >. Acesso em: 02 jul. 2023.
- CALADO, Flávio Augusto Rezende. Sistema de visão multispectral para plataforma robótica de inspeção termográfica em subestação de energia. 2013.
- CARNEIRO, Henrique. Comida e sociedade: uma história da alimentação. Elsevier Brasil, 2017.
- CCARTHY, C. et al. Can Drones Help Smallholder Farmers Improve Agriculture Efficiencies and Reduce Food Insecurity in Sub-Saharan Africa? Local Perceptions from Malawi. *Agriculture*, v. 13, n. 5, p. 1075, 1 maio 2023.
- CONCEIÇÃO, Ívens Hungria da. Uso de drones na agricultura: uma revisão. Ano de publicação. Nome da editora. Disponível em: <URL>. Acesso em: dia mês. ano.
- DE SOUZA, D.C. et al. Auxílio de tomada de decisão no manejo e planejamento do plantio de soja com o processo de segmentação de imagens. *ReABTIC*, v. 1, n. 11, p. 11-23, 2019.
- Durigon, R.; Werner, V.; Santi, O. G. R.; Drakkar Solos. Aplicação em taxa variável para melhorar a fertilidade do solo. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/aplicacao-em-taxa-variavel-para-melhorar-a-fertilidade-do-solo>. Acesso em: 04 dez. 2023.

- ELKHRACHY, Ismail. Accuracy assessment of low-cost unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry. *Alexandria Engineering Journal*, v. 60, n. 6, 2021, p. 5579-5590.
- FERRAZ, M.A.J. et al. Determinação da altura de plantas de milho através da análise de imagens aéreas obtidas com ARP. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 1, p. 6900-6917, 2022.
- FERREIRA et al. A contribuição e relevância do Agronegócio para o Brasil. *Revista CEDS*, v. 2, n. 10, p. 1-21, 2022.
- GONÇALVES, Vinícius Parlangeli; CAVICHIOLI, Fábio Alexandre. Estudo das funcionalidades dos drones na agricultura. *Revista Interface Tecnológica*, v. 18, n. 1, 2021, p. 321-331.
- HALPERN, Arie. *Como será a sociedade dos drones*. 2016.
- HANIF, A. S.; HAN, X.; YU, S.-H. Independent Control Spraying System for UAV-Based Precise Variable Sprayer: A Review. *Drones*, v. 6, n. 12, p. 383, 28 nov. 2022.
- HAQUE, A. et al. Smart Farming through Responsible Leadership in Bangladesh: Possibilities, Opportunities, and Beyond. *Sustainability*, v. 13, n. 8, p. 4511, 1 jan. 2021.
- INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C. Agricultura de precisão. In: *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília, DF: Embrapa, p. 21-33, 2014.
- INGUAGGIATO, Felipe Facci. *Utilização das aeronaves remotamente pilotadas como ferramenta de análise da pós-ocupação de uso do solo: o estudo de caso do Shopping Passeio, São Carlos (SP) e seu estudo de impacto de vizinhança*. 2020.
- JAPIASSÚ, A. M. *Como elaborar e submeter resumos de trabalhos científicos para congressos*. Instituto de Pesquisa Clínica Evandro Chagas, Fundação Oswaldo Cruz - Fiocruz - Rio de Janeiro (RJ), Brasil, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbti/a/NYgkSYM5tKvJ7Gm8nrwsMdl/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 dez. de 2023.
- JORGE, Lúcio André de Castro; INAMASU, Ricardo Y. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão. *Ferramentas para agricultura de precisão*, v. 8, 2013, p.109.
- KOLLING, C.E.; RAMPIM, L. Agricultura de precisão e digital: perspectivas e desafios dos produtores rurais do Estado do Paraná. *UNINGÁ Review Journal*, v. 36, p. 1-13, 2021
- KOLLING, C.E.; RAMPIM, L. Agricultura de precisão e digital: perspectivas e desafios dos produtores rurais do Estado do Paraná. *UNINGÁ Review Journal*, v. 36, p. 1-13, 2021.
- KUCHAK, M. (Org.). *Drones*. 2013. Disponível em: <http://russiacompile.blogspot.com.br/2013/04/drones.html> >. Acesso em: 02 jul. 2023.
- LOBO, F. et al. Uso de plataformas aéreas não tripuladas no Brasil - um panorama de dez anos (2008-2018) de publicações acadêmicas. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 72, n. 50, p. 807-828, 2020.

- MEENA, P. D.; DAS, A.; KUMAR, A. Role of drone technology in agriculture: a comprehensive review. *Journal of Agricultural Science and Technology*, v. 23, n. 2, 2021.
- MONTAGNA, Tainara Bruna et al. Agricultura de precisão no sudoeste do Paraná: processo de difusão, perspectivas e aspectos socioeconômicos. 2021.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Precision agriculture in the 21st century: Geospatial and information technologies in crop management. 1998
- OLIVEIRA, A. J. et al. Potencialidades Da Utilização De Drones Na Agricultura De Precisão. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 9, p. 64140–64149, 2020.
- OLIVEIRA, A. J. Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 9, p. 64140-64149, 2020.
- OLIVEIRA, Celso Luiz de. Tecnologia dos drones na agricultura. 2022.
- PAIVA, Diogo Zappa. A utilização de drones na agricultura: uma revisão bibliográfica entre 2012 e 2022. 2023. Tese de Doutorado.
- PEREIRA, Natasha Sophie et al. O estudo da inteligência artificial no processamento de imagens aplicado ao manejo e controle de pragas na agricultura brasileira. 2021.
- PINHEIRO JÚNIOR, J.L.; BISPO, L.G. O agronegócio no Brasil: uma análise sobre a relevância do agronegócio para o cenário econômico do país (2011 a 2016). *Revista de Administração de Roraima - UFRR*, v. 9, n. 2, p. 265-286, 2019.
- PINO, E.V. Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología. *IDESIA (Chile)*, v. 37, n. 1, p. 75-84, 2019.
- QUEIROZ, Daniel Marçal et al. (Ed.). Agricultura digital. Oficina de Textos, 2022.
- RASI, J. R. Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em pulverização agrícola. Dissertação (Mestrado em Engenharia Rural) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2008
- REJEB, A. et al. Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 198, p. 107017, jul. 2022.
- REJEB, A. et al. Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 198, p. 107017, jul. 2022.
- SAMSUDIN, C. M. No. Konstruksi Pemberitaan Stigma Anti-China pada Kasus Covid-19 di Kompas.com, v. 68, n. 1, p. 1–12, 2020.
- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). Agricultura de precisão: Drones. Brasília: SENAR, 2018.
- SILVA, B.F.; CAVICHIOLI, F.A. O uso de veículos aéreos não tripulados para detecção de pragas e doenças na cultura da soja. *Interface Tecnológica*, v. 19, n. 1, p. 236-247, 2022.
- SILVA, M. R. Adequação de imagens com filtro infravermelho utilizando drones na agricultura. 2021.

SILVA, M. R. Adequação de imagens com filtro infravermelho utilizando drones na agricultura. 2021.

SILVA, Mariana de Sá Rodrigues da et al. O uso de dados de sensoriamento remoto, com ênfase à tecnologia RPA, para análise e controle da ocupação urbana. 2020.

SILVA, W.V.R.; SILVA-MANN, R. Agricultura de precisão no Brasil: conjuntura atual, desafios e perspectivas. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 11, p. 1-26, 2020.

VIANA, L.A. et al. Potencial uso de câmera termal acoplada a VANT para monitoramento de culturas. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, v. 12, n. 3, p. 286-298, 2018.

AGRADECIMENTOS:

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, aos professores da FATEC pelo total apoio durante a realização deste trabalho, a MD AGRO a qual me concedeu o estágio, e a todos envolvidos direto e indiretamente para realização deste trabalho.