

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS
ESCOLA DE ECONOMIA DE SÃO PAULO

DIOGO ZAPPA PAIVA

A UTILIZAÇÃO DE DRONES NA AGRICULTURA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA
ENTRE 2012 E 2022

SÃO PAULO

2023

DIOGO ZAPPA PAIVA

A UTILIZAÇÃO DE DRONES NA AGRICULTURA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA
ENTRE 2012 E 2022

Dissertação apresentada à Escola de Economia
de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas,
como requisito para a obtenção do título de
Mestre em Agronegócio.

Orientador: Dr. Thiago Guilherme Péra

SÃO PAULO

2023

Paiva, Diogo Zappa.

A utilização de drones na agricultura : uma revisão bibliográfica entre 2012 e 2022 / Diogo Zappa Paiva. - 2023.

66 f.

Orientador: Thiago Guilherme Péra.

Dissertação (mestrado profissional MPAGRO) – Fundação Getulio Vargas, Escola de Economia de São Paulo.

1. Agroindústria. 2. Inovações agrícolas. 3. Drone. 4. Agricultura de precisão. I. Péra, Thiago Guilherme. II. Dissertação (mestrado profissional MPAGRO) – Escola de Economia de São Paulo. III. Fundação Getulio Vargas. IV. Título.

CDU 63

DIOGO ZAPPA PAIVA

**A UTILIZAÇÃO DE DRONES NA AGRICULTURA: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA ENTRE 2012 E 2022**

Dissertação apresentada à Escola de Economia de São Paulo, da Fundação Getúlio Vargas – EESP/FGV, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronegócio.

Data de Aprovação: __/__/__

Banca examinadora:

Dr. Thiago Guilherme Péra
ESALQ-USP

Dr. Ricardo Ribeiro
Rodrigues
ESALQ-USP

Dra. Catarina Barbosa Careta
ESALQ-USP

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a todos os meus familiares que contribuíram
para a minha educação.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela vida, saúde e disposição. Aos meus Pais, Helia e Geraldo, que sempre foram presentes na minha educação e na minha vida profissional. A oportunidade de estar na Hgvvet desde pequeno, de apreender sobre produtos veterinários, e da parte agrícola, acompanhando a parte técnica, de pesquisa e comercial. De acompanhar produtores rurais e apreender no dia a dia no campo de acordo com cada realidade da fazenda. De observar diferentes fazendas em diferentes estados, de como o agronegócio movimenta a economia A minha irmã, de ser meu exemplo de determinação e busca por conhecimento. Aos meus amigos Alexandre Mancanares e Vinícius Alves Moreira, de serem meus professores de Soja e Milho no campo. Finalmente, agradeço à FGV e ao meu orientador Thiago Guilherme Péra pela oportunidade de adquirir importantes conhecimentos para a minha vida profissional.

RESUMO

Com o desenvolvimento do *Global Positioning System* (GPS) na agricultura, as decisões a respeito de questões envolvendo o plantio passaram a ter um aporte maior da tecnologia. Atualmente, é difundida a chamada Agricultura 4.0, incorporando a conectividade e automação, ao utilizar máquinas, veículos, drones, robôs e animais com sensores. O objetivo geral desta pesquisa foi de caracterizar o uso de drones na agricultura a partir da produção bibliográfica a respeito do assunto no Brasil entre 2012 e 2022. Especificamente procurou-se analisar a produção bibliográfica aplicando protocolo de consulta, com vistas a especificar os objetivos e considerações finais dos artigos selecionados e averiguar possíveis pontos de convergência e divergência entre os artigos selecionados, a fim de apontar caminhos para futuras pesquisas e recomendar ações e futuras pesquisas a fim de fomentar a utilização de drones na agricultura. Para cumprir os objetivos da pesquisa, foi utilizado o método de Revisão Bibliográfica. Por meio do método, foram encontrados 15 artigos que tratam da utilização de drones no Brasil entre os anos de 2012 e 2022. Os resultados mostram a convergência entre os artigos selecionados no que se refere à contribuição dos drones no monitoramento da propriedade, no que se refere a controle de pragas, doenças, plantas invasoras, déficit hídrico, déficit nutricional e a utilização de agrotóxicos e fertilizantes em quantidade e local exatos na propriedade. Sendo assim, colabora também com a sustentabilidade econômica e ambiental. Os estudos abordados no presente artigo sugerem a necessidade de maiores informações aos produtores no que se refere à aplicabilidade dos drones na propriedade agrícola.

Palavras-Chave: Drones; Agricultura de Precisão; Agricultura 4.0; Agronegócio.

ABSTRACT

With the development of the Global Positioning System (GPS) in agriculture, decisions regarding issues involving planting began to have a greater contribution from technology. Currently, the so-called Agriculture 4.0 is widespread, incorporating connectivity and automation, using machines, vehicles, drones, robots and animals with sensors. The main objective of this research was to characterize the use of drones in agriculture based on the bibliographical production on the subject in Brazil between 2012 and 2022. Specifically, an attempt was made to analyze the bibliographic production by applying a research protocol, with a view to specifying the objectives and final considerations of the selected articles and to investigate possible points of convergence and divergence between the selected articles, in order to point out ways for future research and recommend actions and future research in order to promote the use of drones in agriculture. To fulfill the research objectives, the Systematic Bibliographic Review (RBS) model was used. Through the model, 15 articles were found that deal with the use of drones in Brazil between the years 2012 and 2022. The results show the convergence between the selected articles with regard to the contribution of drones in monitoring the property, in terms of refers to the control of pests, diseases, invasive plants, water deficit, nutritional deficit and the use of pesticides and fertilizers in exact quantity and location on the property. Therefore, it also collaborates with economic and environmental sustainability. The studies addressed in this article suggest the need for more information to producers regarding the applicability of drones on the farm.

Keywords: *Drones; Precision Agriculture; Agriculture 4.0; Agribusiness.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas da Agricultura de Precisão (AP)	24
Figura 2 - Etapas para a realização da revisão bibliográfica.....	32
Figura 3 - Composição de um VANT.....	36
Figura 4 - Exemplo de imagem captada por um drone em propriedade agrícola	37
Figura 5 - Captura de imagem da cultura de soja por drone a 50 metros de altitude	38
Figura 6 - Utilização de drone na agricultura.....	39
Figura 7 - Tipos de drones utilizados na agricultura	40
Figura 8 - Drone pulverizador	41
Figura 9 - Drone pelicano	42
Figura 10 - Quantidade de artigos produzidos por ano.....	50
Figura 11 - Temas abordados nos artigos selecionados.....	51
Figura 12 - Análise SWOT sobre o uso de drones na agricultura	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Objetivos da Agricultura de Precisão.....	23
Quadro 2 - Atos de poder público a respeito da Agricultura de Precisão.....	25
Quadro 3 - Sistematização da primeira fase da revisão bibliográfica	33
Quadro 4 - Etapas para utilização de drones.....	35
Quadro 5 - Nome, ano de publicação e objetivos dos artigos selecionados	46
Quadro 6 - Principais considerações e conclusões de cada artigo analisado.....	48

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABA Associação Brasileira de Aerodelismo
ANAC Agência Nacional de Aviação Civil
AP Agricultura de Precisão
CBAP Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão
EMBRAER Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A.
FAO Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
GEE Gases de Efeito Estufa
GNSS *Global Navigation Satellite Systems*
GPS *Global Positioning System*
MAPA Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MIP Manejo Integrado de Pragas
RPA Aeronaves Remotamente Pilotadas
SIG Sistemas de Informação Geográfica
SINDAG Sindicato Nacional das Empresas Aero agrícolas
SINDIVEG Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal
SISANT Sistema de Aeronaves não Tripuladas
VANT Veículo Aéreo Não Tripulado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 O agronegócio brasileiro	16
2.2 Tecnologias de aplicação de defensivos agrícolas	18
2.3 Agricultura de precisão	21
2.4 Controle de pragas	26
2.5 Aviação agrícola	27
2.6 Utilização de drones na agricultura	29
3 METODOLOGIA	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1 Caracterização do uso de drones na agricultura	35
4.2 Análise da literatura a respeito da utilização de drones na agricultura	45
4.3 Pontos de convergência entre os artigos selecionados	55
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1 INTRODUÇÃO

Entre as décadas de 1970 e 1990 o agronegócio brasileiro teve um grande incentivo com o desenvolvimento da ciência e tecnologia, possibilitando a utilização de regiões antes consideradas impróprias para a agropecuária. O Brasil passou a ser visto como protagonista que dominou a agricultura tropical, aumentando assim a sua competitividade perante o mercado internacional (FERREIRA et al., 2022).

Áreas de pastagem começaram a se converter em vastas extensões de soja e algodão. A partir do final dos anos 80, quando já havia sido eliminado o crédito oficial, foram implantados modelos privados de financiamento da agricultura via trading companhias, cooperativas, indústrias de defensivos, de máquinas e implementos agrícolas (JANK; NASSAR; TACHINARDI, 2005).

O sucesso do agronegócio foi tão grande, que o Brasil passou de país importador de produtos agropecuários na década de 1970, para estar no ranking como um dos maiores produtores de alimentos do mundo (MONTROYA; FINAMORE, 2020).

Estimativas mostram que a população brasileira pode crescer 40% nos próximos dez anos e a população mundial deverá chegar a 9 bilhões de habitantes. Tal fato exigirá que a produção agrícola cresça em 60% a sua produtividade até 2050. Diante disso, o Brasil tem grande responsabilidade de se tornar nos próximos 10 a 20 anos como um dos principais produtores de alimentos no mundo. Visando esse aumento de produtividade, os produtores deverão buscar aprimoramento técnico e tecnológico (ARTIOLI; BELONI, 2016).

O agronegócio no Brasil vem introduzindo progressos técnicos no setor agropecuário ao longo das últimas décadas, com destaque para a associação dos insumos químicos (fertilizantes, nutrientes e defensivos). O Brasil possui grandes perspectivas para o agronegócio, em função de suas características e heterogeneidade, principalmente em relação a solo e clima, de forma que tais características colocam o agronegócio como o motor da economia nacional, gerando riqueza e impulsionando direta ou indiretamente outros setores da economia (PINHEIRO JÚNIOR; BISPO, 2019).

Soares et al. (2016) acrescentam que o agronegócio brasileiro é líder mundial no setor, ocupando posição de destaque no cenário internacional. Essa liderança implica em uma crescente dependência de insumos importados. Dentre os insumos, os agrotóxicos são cada vez mais utilizados, tanto em volume, como em quantidade de ingrediente ativo/área. O consumo brasileiro é equivalente a cerca de 20% de todos os agrotóxicos produzidos no mundo, e em 2014, as vendas foram superiores a US\$ 12 bilhões, três vezes superior ao ano de 2007. Esses

dados refletem a importância do controle químico na produção agrícola nacional, que apresenta características atraentes, como a simplicidade, a previsibilidade e a necessidade de pouco entendimento de processos básicos do agroecossistema para a sua aplicação. Entretanto, esse aumento tem promovido problemas ambientais e contaminação de alimentos, e conseqüentemente há uma crescente pressão, por parte da sociedade, pela redução do impacto ambiental e social das atividades agrícolas (SOARES et al., 2016).

No Brasil, a Agricultura de Precisão (AP) tem papel importante neste cenário, pois aborda a otimização da produção, processos e custos, auxiliando o agronegócio no aumento da produtividade gastando menos e evitando desperdícios (ARTIOLI; BELONI, 2016).

Com a utilização de novas tecnologias, juntamente com boas práticas de cultivo, a Agricultura de Precisão (AP) tem propiciado o melhoramento dos sistemas produtivos na agricultura, otimizando recursos e mitigando efeitos no ambiente (OLIVEIRA et al., 2020).

Na década de 1980 era disseminado o uso da eletrônica embarcada em veículos influenciando o desenvolvimento das máquinas agrícolas. Softwares de desenvolvimento de computadores, assim como desenho de mapas e visualização de imagens de satélites já estavam sendo desenvolvidos. O primeiro sistema global de navegação por satélite, chamado *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS) foi desenvolvido nos Estados Unidos e chamado de *Global Positioning System* (GPS). Destaca-se também que em 1996 surgiram no mercado colhedoras com capacidade de mapeamento da produção, tornando possível a aplicação e mapeamento de insumos à uma taxa variada em função do uso de máquinas (INAMASU; BERNARDI, 2014).

A agricultura teve impulso para melhoria e evolução no século XX, com a chamada Agricultura 1.0, ao utilizar a tração animal para diversas atividades. A Agricultura 2.0 surge substituindo a tração animal pelo motor a combustão, ao passo que era realizado o desenvolvimento de máquinas agrícolas. Tempos depois nasce a Agricultura 3.0, com o desenvolvimento do GPS, utilizado até os dias atuais, auxiliando no gerenciamento do plantio. Atualmente, é difundida a chamada Agricultura 4.0, incorporando a conectividade e automação, ao utilizar máquinas, veículos, drones, robôs e animais com sensores (OLIVEIRA et al., 2020).

Na AP existem diversas ferramentas para seu desenvolvimento, dentre elas a utilização de drones. A aplicação de drones na agricultura é influenciada pelo atual estágio de desenvolvimento tecnológico, além de seu baixo custo, comparado a outros equipamentos, além da necessidade cada vez maior de otimização da produção (OLIVEIRA et al., 2020).

A Associação Brasileira de Aeromodelismo (ABA) define VANT como “veículo capaz de voar na atmosfera, fora do efeito de solo, que foi projetado ou modificado para não receber um piloto humano e que é operado por controle remoto ou autônomo” (OLIVEIRA et al., 2020).

Pino (2019) destaca que os drones podem ser classificados devido ao tipo de controle que utilizam, podendo ser autônomo (sem necessidade de um piloto humano para controle a partir do solo. É guiado por seus próprios sistemas e sensores integrados); monitorado (Necessidade de técnico humano. O trabalho desta pessoa é fornecer informações e controlar o feedback do drone. Este sistema é comum em trabalhos agrícolas precisão e fotogrametria); supervisionado (O operador o pilota, embora realize algumas tarefas de forma autônoma); pré-programado (plano de voo pré-concebido e não há como modificá-lo e controlado remotamente (pilotado diretamente por um técnico usando um console).

O desenvolvimento dos drones surgiu como importante ferramenta da AP. Entretanto, existem poucas informações na literatura sobre o uso prático de imagens provenientes de drone e de índices de vegetação simples, como ferramenta de ajuste de manejo, com o objetivo de aumentar a produtividade e também reduzir custos de produção (DE SOUZA et al., 2019).

Oliveira et al. (2020) afirmam que o desenvolvimento de drones surgiu como importante opção na AP. A aplicação de drones em áreas agrícolas e em missões de reconhecimento vem sendo facilitada por meio do desenvolvimento tecnológico, além de apresentarem menor custo quando comparado a outros equipamentos, não necessitam de tripulação e pela necessidade de otimização da produção. São conhecidos como Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) e incluem aeronaves autônomas, semiautônomas ou remotamente operadas.

Artioli e Beloni (2016) acrescentam que os drones no Brasil tonam-se aliados da AP por serem precisos, permitem detectar e monitorar grandes áreas em tempo real e por meio de imagens geradas consegue localizar onde combater pragas ou receber adubação de forma mais específica, evitando desperdícios.

1.1 Objetivos

Diante deste cenário, o objetivo geral desta pesquisa é de caracterizar o uso de drones na agricultura a partir da produção bibliográfica a respeito do assunto no Brasil entre 2012 e 2022. Os objetivos específicos envolvem analisar a produção bibliográfica aplicando protocolo de consulta, com vistas a especificar os objetivos e considerações finais dos artigos selecionados e averiguar possíveis pontos de convergência e divergência entre os artigos selecionados, a fim

de apontar caminhos para futuras pesquisas e recomendar ações com o objetivo de incentivar a utilização de drones na agricultura.

Para atingir tal objetivo geral, é utilizado o método proposto por Conforto, Amaral e Silva (2011), denominado de Revisão Bibliográfica, destacando que a revisão sistemática é caracterizada por ser metódica, transparente e replicável, baseada em rigor científico. O processo sistemático possibilita ao autor a compilação de dados, refinar hipóteses, definir os métodos de pesquisa e finalmente definir direções para futuras pesquisa utilizando a chamada RBS, que será detalhada no capítulo referente à metodologia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O agronegócio brasileiro

De forma geral, agronegócio compreende toda a cadeia produtiva da agricultura e pecuária, indo desde a fabricação dos insumos, produção, procedimentos, até a última etapa, o consumo. Existem também diversos outros serviços envolvidos, como pesquisa, processamento, comercialização, exportação, distribuição etc. (GOMES, 2019).

A agricultura brasileira até a chamada segunda revolução agrícola em meados do século XX era bem diferente do que se vê no cenário atual. Naquela época, existiam monoculturas como café e cana de açúcar, também eram cultivados produtos para o abastecimento local. Como arroz, feijão, milho, legumes etc. Entretanto, após o fim da Segunda Guerra Mundial (1945), que a agricultura mudou o seu rumo, com a chamada Revolução Verde, na década de 1960, em que suas principais características podem ser resumidas na renovação da base técnica produtiva por meio do uso de insumos químicos, maquinário agrícola e sementes híbridas de alto rendimento, com resultado direto no aumento de produtividade, dos custos de produção, avanço da monocultura sobre a pequena agricultura familiar, dentre outros (FERREIRA et al., 2019).

Em menos de 30 anos, o Brasil passou de uma posição de importador de alimentos, para uma situação de um dos “celeiros” mais importantes do mundo. Entre os anos de 2006 e 2016, o valor total das lavouras do Brasil aumentou de R\$23 bilhões para R\$108 bilhões. As exportações de carne aumentaram a ponto de ultrapassar a Austrália, assumindo assim a posição de maior exportador de carne do mundo. Desde 1990 a produção de soja aumentou de 15 milhões de toneladas para 60 milhões de toneladas. Atualmente, o Brasil é visto como um dos maiores produtores mundiais, com potencial de produção em escala mundial, com destaque na produção de alimentos como laranja, café, mamão, soja, abacaxi, cana-de-açúcar, dentre outros. O Brasil é o maior exportador mundial de açúcar bruto centrifugado, de carne de frango, café e suco de laranja, assim como o segundo maior exportador de soja e de carne de soja (ABBADE, 2014).

Sossa e Duarte (2019) acrescentam que na década de 1990 houve abertura comercial que expôs o país a uma maior competitividade internacional, levando a significativo aumento da modernização do processo produtivo, levando à lógica da competitividade internacional, com grandes exigências para que as unidades de produção avancem em termos tecnológicos, buscando a maior eficiência possível.

Bolfe et al. (2020) destacam que o Brasil apresenta uma conjunção de condições envolvendo solo, relevo, recursos hídricos, tecnologia e políticas públicas que fazem com que o país seja um dos líderes mundiais na exportação agrícola. Projeções do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) indicam que a produção de grãos poderá passar de 250 milhões de toneladas, chegando a valores entre 300 e 350 milhões de toneladas na safra 2028/2029. No que se refere à produção de carnes (bovina, suína e frango), projeções indicam que o Brasil passará de 26 para 33 milhões de toneladas até o fim da década.

Assad (2012) destaca que o agronegócio é um setor de grande importância na economia brasileira, pois participa da geração de renda e emprego e denota ao país um papel privilegiado no comércio mundial. O Brasil é o terceiro maior exportador mundial de produtos agrícolas, à frente do Canadá, Austrália e China, e lidera o ranking de exportação de produtos, entre os quais açúcar, carne de frango, carne bovina, café, suco de laranja, tabaco e álcool. Isso deve-se a fatores como recursos naturais abundantes, câmbio favorável, aumento da demanda asiática por agropecuários, produtividade crescente das lavouras, incorporação de novas tecnologias, linhas de financiamento do governo federal, capacidade de inovação e liderança das pesquisas científicas em agricultura tropical.

Entretanto, a grande disponibilidade de terra adequada para atividades agropecuárias, aliada às condições climáticas favoráveis, à abundância de água, ao avanço tecnológico e ao empreendedorismo dos produtores impulsionou o crescimento dos setores da agricultura e da pecuária, uma das principais alavancas do crescimento econômico brasileiro. Essa expansão provocou a mudança do uso da terra e colocou a agricultura brasileira como um dos responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa (GEE), tanto na produção agrícola, com o uso de fertilizantes e manejo das áreas agricultáveis, quanto na pecuária, pelo uso de áreas desmatadas e emissão de CH₄ pelo rebanho bovino (ASSAD, 2012)

O ano de 2020 apresentou mudanças drásticas no mundo todo, com a disseminação em todos os continentes da pandemia de COVID-19. Essa situação emergencial impactou diretamente diversos segmentos da economia, saúde e política e claro, afetou significativamente o agronegócio. Essa situação fez com que diversos setores suspendessem suas atividades, resultando em impactos econômicos negativos, relacionado também ao isolamento social, atingindo diretamente o escoamento de insumos e a produção agrícola brasileira, além da queda da demanda em diversos setores, incluindo frigoríficos, provocando a suspensão nas operações de exportação no país (SILVA; RODRIGUES; YAMASHITA, 2021).

De forma geral, o agronegócio possui grande relevância para a economia brasileira, ao ponto de ser o maior receptor de investimentos governamentais, incentivando a expansão do

mercado de novas tecnologias para monoculturas. Entretanto, o crescimento do setor vem acompanhado de preocupações ambientais provocadas pela agricultura e pecuária, envolvendo situações como consumo de água, aplicação de agrotóxicos, fertilizantes, emissão de gás metano, desmatamento e queimadas (GOMES, 2019).

2.2 Tecnologias de aplicação de defensivos agrícolas

Substâncias químicas têm sido utilizadas historicamente para o controle de pragas. No ano 2.500 A.C. os sumérios utilizavam enxofre para o combate contra insetos. O piretro, substância extraída da planta do gênero *Chrysanthemum cinerariaefolium*, era utilizada para o controle de piolhos no ano de 400 A.C., dentre outros exemplos. Somente a partir dos séculos XVIII e XIX no panorama da Revolução Industrial, com o aumento da produção agrícola advinda da mecanização do campo, surgiu o primeiro produto agrotóxico, chamado Bordeaux Mixture, um fungicida produzido em função das perdas causadas pelo míldio-da-videira (RIBEIRO et al., 2022).

A indústria de defensivos agrícolas desenvolveu-se com base na indústria química, aliando conhecimentos de química orgânica às ciências agrônômicas. Ela está incluída no segmento de química fina, caracterizado por fabricar produtos de elevado valor unitário, quando comparados aos produtos de outros segmentos, como a química básica. (SILVA; COSTA, 2012).

Com o fim das duas grandes Guerras no início do século XX, as indústrias químicas produtoras de venenos utilizados como armas químicas, observaram na agricultura um mercado promissor para venda de produtos que auxiliem no combate às pragas. A década de 1950 apresentou grande crescimento no uso de tais substâncias nos Estados Unidos. Desde essa época aconteceram várias campanhas em prol da chamada “Revolução Verde”, que buscava acabar com a fome no mundo, com o grande aumento de produtividade no campo e uso indiscriminado do meio ambiente (RIBEIRO et al, 2022).

O Brasil é grande produtor de grãos e alimentos do planeta e de acordo com Simon et al. (2022), os agrotóxicos ou defensivos agrícolas são produtos químicos utilizados para controlar pragas e doenças em plantas, visando aumento de produtividade e qualidade de produtos. Contudo, o aumento da frequência no uso, do modo de aplicação, das condições climáticas e de características bióticas e abióticas podem definir o impacto que estes causam na saúde e no meio ambiente.

No Brasil, o Estado passou a incentivar e disseminar a utilização de agrotóxicos, principalmente com a criação do Sistema Nacional Rural em 1965 e o Programa Nacional de Defensivos Agrícolas em 1975. Na tentativa de realizar um melhor gerenciamento na questão que envolve o uso dos agrotóxicos, em 1989 foi criada e aprovada a Lei n. 7.802/89, chamada de Lei dos Agrotóxicos, estabelecendo regras mais rigorosas para concessão de registros a essas substâncias (RIBEIRO et al., 2022).

Em 2017 o consumo de defensivos aumentou em 44 milhões de toneladas, colocando as pessoas cada vez mais expostas ao contato direto ou indireto com estes produtos (Campos et al., 2021).

Atualmente, a área tratada com defensivos agrícolas cresceu na safra 2021/2022 aumentou 12,1% em relação ao ano anterior, principalmente devido ao aumento de pragas, doenças e ervas daninhas de difícil controle, de acordo com o Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal (Sindiveg). Em 2021 a indústria de defensivos agrícolas enfrentou problemas relacionados ao aumento do câmbio, desabastecimento de matérias-primas advindas da China, elevação dos custos de fretes marítimos etc. Também em 2021 os inseticidas foram utilizados em 27% da área tratada com defensivos. Já os herbicidas apareceram em 23% da área tratada com defensivos (PEDRINI, 2022).

Uma das etapas mais importantes dentro da lavoura, é o processo de pulverização. Nele passam todos os herbicidas, inseticidas, fungicidas, adubos foliares e entre outros produtos que servem para obter o nível de produtividade potencial. Os químicos representam um custo relativo dentro dos custos de produção, e acertar nesse processo é fundamental para um bom sistema de produção.

A pulverização agrícola é um método eficaz para controle de pragas e doenças, nas mais variadas áreas de determinada cultura. A citada técnica realiza proteção em escala, contribuindo para o aumento da produtividade e a segurança da matéria-prima. A pulverização apresenta a função de eliminar e controlar plantas invasoras e prevenir doenças que possam interferir negativamente na qualidade da colheita. Dentre as diversas técnicas de aplicação de defensivos agrícolas, as que apresentam maior destaque são as baseadas em fracionamento hidráulico das gotas (ANDRADE et al., 2021).

A tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas tem por objetivo o controle de pragas, fitopatógenos e plantas invasoras que prejudicam a produção, dentre outros, de grãos, frutas, flores, plantas ornamentais e hortaliças. O domínio dessa tecnologia é fundamental para assegurar a correta aplicação, com segurança ambiental, social e humana, bem como a obtenção de resultados econômicos positivos.(AZEVEDO; FREIRE, 2006).

Para uma boa eficiência e atingir boas produtividades, o produtor precisa estar atento às boas práticas de manejo e adotar tecnologias de aplicação.

Como se sabe os defensivos agrícolas se apresentam de diferentes formas: gotas, pó ou grânulos. Portanto é fundamental se saber quais os bicos adequados para cada aplicação e os métodos de calibração e aplicação dos diversos tipos de pulverizadores utilizados no campo.(AZEVEDO; FREIRE, 2006)

Para redução de perdas no sistema mecanizado, além das características do terreno e da máquina serem adequadas à colheita mecanizada, o operador deve estar devidamente treinado para ser capaz de analisar as condições do talhão (ISTIKOMAH; TBSA, 2014).

O fungicida selecionado, seja de ação de contato, seja sistêmica, deve ser posicionado no alvo no momento correto e de forma adequada, para se obter um controle econômico e racional das doenças (CUNHA et al., 2011)

Muitas vezes, parte do produto aplicado perde-se no ambiente, principalmente pela má qualidade da aplicação, seja ela terrestre, seja aérea, sendo este um dos maiores problemas da agricultura moderna a ser superado (CUNHA et al., 2006; CUNHA ET AL., 2008). A fim de se obter boas produtividades, os agricultores precisam estar atentos as estratégias de controle do manejo integrado de pragas e as tecnologias de aplicação.

A tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas vem apresentando avanços significativos em diversas frentes, sendo que uma das maiores preocupações, em todo o mundo, tem sido o controle da deriva. O ponto fundamental para o sucesso nas aplicações é a correta regulação, assim como a manutenção das máquinas aplicadoras. De nada vale adquirir o melhor produto se, quando utilizá-lo, falta conhecimento e não se tira proveito de suas vantagens. (CONTIERO; BIFFE; CATAPAN, 2018).

Atualmente, a tendência é a redução do volume de pulverização, já que com a redução, diminuem-se a quantidade de reabastecimentos, com consequência direta na redução do consumo de água necessário para a realização das operações. Têm-se observado também aplicação de baixos volumes e redução no diâmetro das gotas, resultando em maiores capacidades de cobertura, atingindo o alvo com maior facilidade (ANDRADE et al., 2021).

Andrade et al.(2021) complementam afirmando que grandes avanços vem sendo conquistados no setor de pulverização. Drones multirrotor podem realizar pulverizações em locais com focos de doenças no cultivo substituindo as aplicações em áreas totais, resultando em economia significativa na utilização de produtos como inseticidas, herbicidas e fungicidas. Outra vantagem na utilização de drones na pulverização reside na substituição de trabalhadores

com pulverizadores costais por drones autônomos. Dessa forma, o risco de exposição dos trabalhadores aos produtos químicos são eliminados

2.3 Agricultura de precisão

A Agricultura de Precisão (AP), do inglês *Precision Agriculture*, *Precision Farming* ou *Site-specific Crop Management*, refere-se à utilização de equipamentos de alta tecnologia, envolvendo hardwares (componentes físicos) até os mais variados softwares (programas de computador) e redes de telecomunicação (transmissão de dados), desenvolvendo um complexo sistema permitindo a coleta de dados para monitoramento e avaliação de áreas dedicadas à agricultura (SILVA; SILVA-MANN, 2020).

A literatura sobre Agricultura de Precisão (AP) moderna teve origem no ano de 1929 nos Estados Unidos, por meio de descobertas de professores da Universidade de Illinois, ao verificarem a grande variabilidade da necessidade de aplicação de calcário entre as diferentes áreas de um terreno agrícola. A primeira década da AP se concentrou na identificação da variabilidade das áreas agrícolas e aplicação dos insumos por meio do desenvolvimento de tecnologias de sensores e monitores eletrônicos (SILVA; SILVA-MANN, 2020).

No final do século XX, surgiu no desenvolvimento do conceito envolvendo a Agricultura de Precisão (AP) a Agricultura 4.0, apresentando tecnologias como GPS, sensoriamento remoto, drones e geoestatística (OLIVEIRA et al., 2020).

A partir da década de 1990 houve avanço significativo nas pesquisas sobre AP em função da disponibilização de sinais de satélite por meio do sistema global de navegação, desenvolvido pelos EUA e mais conhecido como *Global Positioning System* (GPS), tornando-se totalmente operacional em 1995. A partir disso, a AP passou a reunir diversas ferramentas, envolvendo sensores eletrônicos em máquinas computadorizadas, Sistemas de Informação Geográfica (SIG), além de tecnologias diferenciadas de aplicação como a *Variable Rate Technology* (VRT). Com todas essas ferramentas torna-se possível monitorar instantaneamente a produção agrícola associadas às coordenadas geográficas (SILVA; SILVA-MANN, 2020).

Foi e ainda é muito utilizado um sistema de foco em grandes áreas e entende-las como homogêneas, levando a um conceito de necessidade média de aplicação dos insumos, fazendo com que a mesma quantidade de fertilizante seja utilizada em toda a área, atendendo apenas necessidades médias, sem considerar as necessidades específicas de cada parte de cada parte do campo. Destaca-se que o mesmo ocorre com os outros insumos (água, defensivos etc) Em decorrência disso, tem-se uma lavoura com produtividade não uniforme. A agricultura de

precisão visa alterar essa realidade, permitindo a aplicação de insumos na quantidade correta em cada local da propriedade (TSCHIEDEL; FERREIRA, 2002).

Ferraz et al. (2022) complementam afirmando que a AP é um sistema de gestão do manejo, possibilitando monitoramento de fatores de produção, como germinação de sementes, detecção de falhas de plantio, contagem de plantas, altura de plantas, índice de clorofila, emissão dos estilo-estigmas, estresse hídrico, detecção de pragas e doenças, deficiência de nutrientes, entre outros.

Basso et al. (2019) afirmam que AP é uma técnica de manejo que considera a viabilidade espacial e permite aplicação específica de insumos, como fertilizantes, corretivos, pesticidas, sementes, água etc. A AP permite uma utilização mais racional dos insumos, no momento, local e quantidades corretas, permitindo potenciais benefícios ambientais e econômicos. A AP é um sistema de manejo e gestão da produção altamente dependente de dados e informações de campo, georreferenciados, digitalizados e de alto fluxo, fornecendo base e estrutura para a conexão do sistema agropecuário ao mundo digital.

A Agricultura de Precisão (AP) pode ser entendida como uma forma de gestão da lavoura que leva em consideração a variabilidade espacial. É entendida como uma postura gerencial que leva em conta a variabilidade espacial da lavoura com a intenção de obter retorno econômico e ambiental. É recomendada somente se houver potencial de retorno econômico e ambiental e nesse caso faz-se necessário existir variabilidade espacial (INAMASU; BERNARDI, 2014).

A aplicação da geoestatística na agricultura de precisão tem por objetivo caracterizar a variabilidade espacial dos atributos do solo e das culturas e estimar as inter-relações desses atributos no espaço e no tempo. O conjunto de geoprocessamento, ou geotecnologias, incluindo coleta, processamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica apresenta grande potencial para gestão da produção agrícola e pecuária (BERNARDI et al., 2015).

Pamplona e Silva (2019) destacam que a definição de AP ainda está em evolução e o entendimento do que ela possibilita vem crescendo. Os autores afirmam que a AP passou por ideias como “tecnologia de taxa variável”, “sistema de condução de veículos”, “mapeamento de colheita” e “manejo sítio-específico”.

Com a utilização de novas tecnologias, juntamente com boas práticas de cultivo, a Agricultura de Precisão (AP) tem propiciado o melhoramento dos sistemas produtivos na agricultura, otimizando recursos e mitigando efeitos no ambiente (OLIVEIRA et al., 2020).

Agricultura de precisão é uma nova tecnologia com uma longa história. Agricultores têm, por longo tempo, procurado maximizar a produção física e econômica das culturas, variando a aplicação de insumos de acordo com os tipos de solos e performance das culturas. Otimizar o uso dos insumos, alcançando os lugares mais difíceis e trazer benefícios ao produtor são umas das vantagens da agricultura de precisão (COELHO, 2005).

Diante disso, o Quadro 1 apresenta os principais objetivos da AP.

Quadro 1 - Objetivos da Agricultura de Precisão

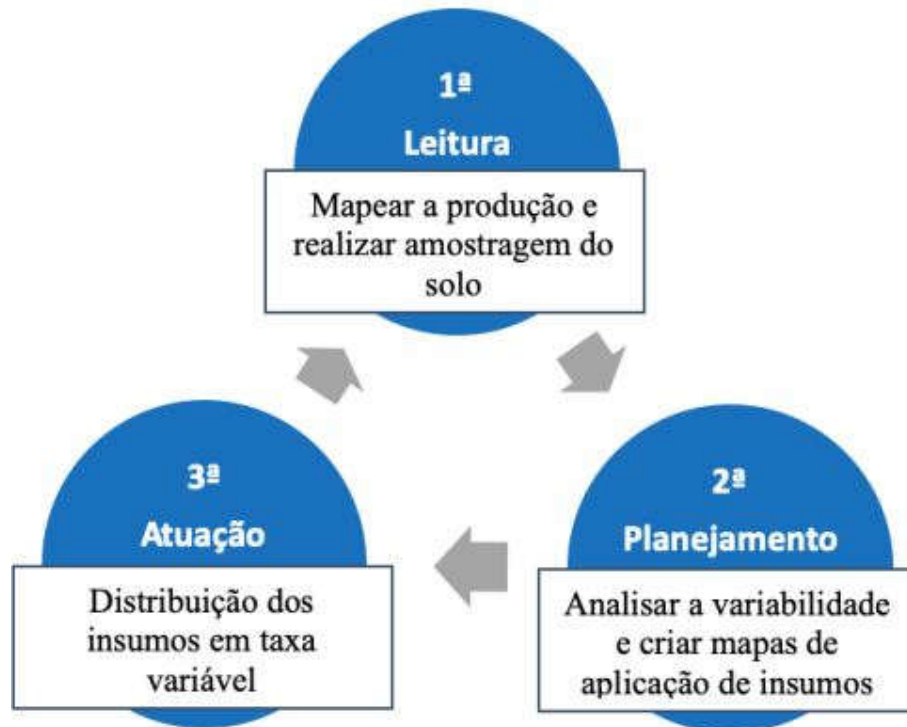
Objetivos Gerais	Objetivos Específicos
Aumentar o rendimento da atividade agrícola.	Reduzir custos de produção; aumentar a produtividade.
Reduzir o impacto ambiental decorrente da atividade agrícola.	Aumentar o rigor na aplicação dos insumos de produção que geram externalidades ambientais negativas (Uso indiscriminado de defensivos agrícolas, dentre outros).

Fonte: Silva; Silva-Mann (2020)

Para alcançar os objetivos da AP faz-se necessário observar a variabilidade dos fatores de produção das áreas de plantio de acordo com cada cultura. As variabilidades consideradas para a AP são: variabilidade espacial, temporal e a variabilidade induzida pelo manejo (SILVA; SILVA-MANN, 2020).

Diante de todos os fatos destacados, a Figura 1 evidencia as etapas da Agricultura de Precisão (AP).

Figura 1 - Etapas da Agricultura de Precisão (AP)



Fonte: Silva; Silva-Mann (2020)

Bernardi et al. (2015) destacam que as principais culturas nas quais tem sido utilizada a AP são milho e soja, com o perfil dos que adotam este tipo de tecnologia sendo de pessoas jovens, instruídas, propenso a utilizar ferramentas de informática e que cultivam grandes extensões de terra.

As práticas relacionadas à AP no Brasil começaram a partir da importação de equipamentos informatizados nos anos 1980, porém de forma a não conseguir os resultados desejados. Somente a partir de 1995, com o início da utilização dos sinais de GPS e com o aumento do conhecimento sobre AP por parte do agronegócio nacional, inicia-se a abertura do comércio de máquinas, que ao longo do tempo incorporaram tecnologias de informação, robótica e eletrônica (SILVA; SILVA-MANN, 2020).

No Brasil, a AP é um tema bastante atual, com grande potencialidade. Produtores que adotaram essa tecnologia estão maximizando o cultivo e tornando as áreas de plantio mais eficientes. Entretanto, no Brasil existem poucos pesquisadores que produzem conteúdo sobre esta temática, mostrando que a tecnologia ainda se encontra em evolução (OLIVEIRA et al., 2020).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) elaborou a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP) em 2012, descrevendo a AP como um sistema de gerenciamento agrícola baseada na variação espacial e temporal da unidade produtiva, visando retorno econômico, sustentabilidade e minimização do efeito ao meio ambiente (JOBIM, 2017).

Na esfera pública, a AP é amparada por Leis e Decretos. O Quadro 2 apresenta de maneira resumida os atos de poder público a respeito da AP.

Quadro 2 - Atos de poder público a respeito da Agricultura de Precisão

Categoria		Atos
Legislações	Decretos	Decretos municipais nºs 158 e 166, de 17 de julho de 2017 e 25 de julho de 2017, respectivamente; Decreto federal nº 10.052 de 09 de outubro de 2019.
	Leis	Leis Municipais nº 4.359 e nº 985, de 10 de fevereiro de 2014 e 09 de abril de 2014, respectivamente; Lei Federal nº 12.081 de 29 de outubro de 2009.

Fonte: Silva; Silva-Mann (2020)

Ainda em relação ao Brasil, os sistemas de produção agropecuária têm passado por mudanças que apontam para a redução da mão de obra, mas também para a intensificação de seu uso. Pelo fato do Brasil ser um país referência na agricultura e pecuária, o uso de automação, com máquinas, equipamentos, sensores e atuadores, será imprescindível para auxiliar na garantia da segurança alimentar no futuro, sendo que essas mudanças no quesito tecnologia auxiliarão cada vez mais no que diz respeito a ganhos de eficiência. Exemplificando a aderência por produtores no território nacional, um levantamento realizado pelo Grupo Kleffmann, com 992 produtores das Regiões Sul, Centro-Oeste e Matopiba (MA, TO, PI e BA), indicam adoção de algum tipo de AP por 45% dos entrevistados. (BASSOI et al., 2019).

2.4 Controle de pragas

A produção de uso crescente de agrotóxicos elevou o Brasil, em 2008, ao primeiro lugar no consumo de tais produtos. Informações anuais entre 2010 e 2014 evidenciam aumento ano a ano das vendas de agrotóxicos (DUTRA; SOUZA, 2017).

Moura (2015) acrescenta que no ano de 2010, de acordo com o Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal (Sindiveg), o segmento de agrotóxicos faturou US\$7,24 bilhões, valor 9% superior se comparado com o ano anterior. Em 2009 foram comercializados aproximadamente 725 mil toneladas de produtos formulados, com a seguinte composição: 59% de herbicidas, 21% inseticidas e acaricidas, 12% fungicidas e 8% outros compostos.

Há diversos mecanismos destinados a controlar pragas, entre eles: rotação de culturas, com o planejamento de cultivos e colheitas distintas; utilização de predadores naturais, parasitas e micróbios; adoção de variedades de plantas com resistência genética ou tolerância a pestes e emprego de produtos químicos, como os defensivos agrícolas.

Velasco e Capanema (2006) destacam que os agroquímicos são divididos em acaricidas, destinados a controle de ácaros; fungicidas, destinados a eliminar fungos nas culturas e nas sementes; herbicidas, que possuem a função de eliminar ou impedir o crescimento de ervas daninhas; inseticidas, com a finalidade de eliminar insetos e raticidas, utilizados com o objetivo de eliminar ratos, marmotas, esquilos toupeiras e camundongos.

Os defensivos agrícolas, também conhecidos como agrotóxicos, pesticidas ou praguicidas, são substâncias ou misturas de substâncias químicas utilizadas para prevenir, destruir, repelir ou inibir a ocorrência ou efeito de organismos vivos capazes de prejudicar as lavouras agrícolas (SILVA; COSTA, 2012).

Entretanto essa classe de insumos é alvo de atenção devido às consequências negativas que podem causar ao meio ambiente, exigindo cada vez mais conhecimento por parte do aplicador (CUNHA; RUAS, 2006).

Silva et al. (2019) acrescentam que os agrotóxicos são produtos que alteram a composição da fauna e flora para que estes sejam preservados de seres nocivos. Independente da maneira que são utilizados, esses produtos são nocivos ao meio ambiente, a curto ou longo prazo, pois possuem alto potencial para contaminação do solo e água. Além disso, o consumidor final torna-se um potencial receptor de tais substâncias.

Outra maneira de se controlar invasores reside na utilização do Manejo Integrado de Pragas (MIP). A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) define

o MIP como o sistema de manejo de pragas que associa o ambiente e a dinâmica populacional da espécie, utiliza os métodos de forma compatível e mantém a população de pragas em níveis abaixo daqueles capazes de causar danos econômicos. Tem como forma de trabalho o monitoramento da população de insetos, pragas e doenças. Realiza controle biológico de pragas, a fim de facilitar o aparecimento de inimigos naturais. A utilização de controle químico só será recomendada se os danos à lavoura atingirem a esfera econômica (SANTIAGO; ROSSETTO, 2022).

2.5 Aviação agrícola

O início da aviação agrícola deu-se em 1911, na Alemanha. O agente florestal Alfred Zimmermann controlou uma infestação de lagartas com o auxílio da aviação agrícola. Em 1921 os Estados Unidos utilizaram com a mesma finalidade pela primeira vez a aviação agrícola, no Estado de Ohio. Em 1923 foi criada a primeira empresa de aviação agrícola, com o nome de *Huff-Daland Dusters Incorp.* Após a década de 1940, a aviação agrícola começou a ser utilizada no controle de gafanhotos e incêndios florestais. O primeiro avião construído exclusivamente para uso agrícola foi o AG-1, em 1950. A partir da década de 1980, os principais aviões utilizados nos Estados Unidos foram o *Trush Commander* e o *Air Tractor*, com grande capacidade de armazenamento de produto para ser aplicado na lavoura (SCHMIDT, 2006).

O emprego do avião como equipamento agrícola começou na Europa e nos Estados Unidos depois da Primeira Guerra Mundial, mas foi somente depois da Segunda Grande Guerra que essa tecnologia se incorporou definitivamente no ambiente agrícola mundial, inclusive na agricultura brasileira. O fim da Segunda Guerra Mundial torna ociosa grande quantidade de aviões e pilotos. Esse fato, associado ao avanço do desenvolvimento da indústria agroquímica e da tecnologia náutica, e o aumento exponencial da demanda por alimentos, fibras e energia tornam a aviação agrícola economicamente viável ao agricultor e necessária à economia (FURTADO; HOFF, 2017).

De acordo com o SINDAG (2004), o primeiro voo agrícola realizado no Brasil, deu-se na cidade Pelotas-RS, no ano de 1947. O objetivo perseguido foi o controle de pragas de gafanhotos. Teve como piloto o Sr. Clóvis Candiota, tendo como Engenheiro Agrônomo o Sr. Leôncio Fontelle, e o avião importado utilizado era chamado de Muniz-7. A aviação nacional, não somente a agrícola, teve grande impulso no final da década de 1960. Em 1969 a Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. (EMBRAER). No mesmo ano foi normalizada a aviação agrícola e também o convênio com o Ministério da Aeronáutica para o projeto de construção

do primeiro avião agrícola brasileiro. O projeto fez seu primeiro voo em 1970, sob o nome de EMB-200 Ipanema (SCHMIDT, 2006).

Segundo o Sindicato Nacional das Empresas Aero agrícolas (SINDAG, 2015), o Brasil possui a segunda maior frota de aviões agrícolas do mundo, composta por cerca de 1.600 aeronaves.

Com a expansão da fronteira agrícola, principalmente para os serrados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Bahia, entre outros, iniciou-se um mercado promissor para a aviação agrícola. A aviação agrícola expandiu-se nessas regiões devido principalmente ao tipo de relevo predominante e ao tamanho das propriedades que cultivam principalmente a cultura da soja (SCHMIDT, 2006).

A aviação agrícola apresenta diversas vantagens por suas particularidades, seja por aviões ou helicópteros. Devido a maior velocidade de aplicação em relação ao meio terrestre, é possível aproveitar melhor o período de condições climáticas favoráveis para pulverização aérea, iniciar aplicação logo após período chuvoso sem dificuldades de acesso a lavoura, minimizar riscos à saúde do operador, pois não tem contato com o produto, entre outros. No caso do helicóptero, podemos citar ainda que pela maior manobrabilidade, aliada a capacidade de operar em velocidades menores durante a aplicação, o piloto tem maior controle da operação de toda a pulverização, conseguindo acessar áreas mais difíceis, aumentando a precisão do trabalho (SAMSUDIN, 2020).

De acordo com o Ministério da Agricultura,

“A aviação agrícola é um serviço especializado que busca proteger ou fomentar o desenvolvimento da agricultura por meio da aplicação em voo de fertilizantes, sementes e defensivos, povoamento de lagos e rios com peixes, reflorestamento e combate a incêndios em campos e florestas.” (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2020).

Já para o SINDAG (2005), aviação agrícola pode ser utilizada em várias funções, sendo elas: semeaduras (reflorestamento, pastagens, adubo verde, arroz etc); combate a doenças (malária, dengue etc); combate a incêndios; indução a chuva; adubação líquida e sólida e aplicação de agrotóxicos (herbicidas, inseticidas, fungicidas, dessecantes, desfolhantes, maturadores etc.) (SCHMIDT, 2006).

Para o caso do avião, que possui um volume de calda em torno de 600 Litros e uma capacidade de fazer até 300 há por hora, é preciso que a topografia do terreno ajude para obter segurança na hora da aplicação. Outro requisito fundamental para esse tipo de aplicação, é a

pista de pouso perto da lavoura. Se a logística ficar difícil para a fazenda, tal como uma pista de pouso longe da lavoura, pode aumentar os custos de aplicação por hectare e deixar o processo mais demorado que os demais.

2.6 Utilização de drones na agricultura

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's) foram criados inicialmente para fins militares, buscando resistência a ambientes hostis e de difícil acesso a humanos. Atualmente seu uso se dá principalmente na agricultura (VIANA et al., 2018).

O desenvolvimento dos *Remotely Piloted Aircrafts* (RPA's) ou em português, Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's) também é uma tecnologia importante da AP. A aplicação na área agrícola vem sendo facilitada pelo desenvolvimento tecnológico no setor. Os drones são equipamentos que realizam imagens de determinada área agrícola juntamente com a interpolação e transformação dos dados em softwares específicos, que geram mapas constituindo informações como a sanidade da cultura, condições do solo, manejo e estimativas de produtividade (KOLLING; RAMPIM, 2021).

Por meio do desenvolvimento das tecnologias e a grande necessidade de se construir soluções, foram criadas ferramentas com o objetivo de enriquecer o uso das informações que ocorrem no campo, com o objetivo de auxiliar produtores rurais a tomarem decisões por meio da análise de dados mais precisos. O uso de drones ou VANT's adaptados à realidade da agricultura e pecuária, mostra-se como grande avanço, ao possibilitar monitoramento e ações através de imagens de alta resolução e com localização precisa, sem a necessidade da presença de um humano no local. Existem diversas utilidades para os drones na agricultura e pecuária, sendo uma delas o monitoramento da lavoura, utilizando imagens de alta resolução a fim de encontrar falhas no plantio, sanidade da lavoura, infestação de pragas, problemas envolvendo irrigação etc (VILLAFUERTE et al., 2018).

O cadastro no Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT) é obrigatório para aeronaves não tripuladas, de uso recreativo (aeromodelo) ou não recreativo (RPA), com peso máximo de decolagem superior a 250g e limitado a 25kg e que não voará além da linha de visada visual (BVLOS) ou acima de 400 pés (120 metros) acima do nível do solo (AGL). Deve ser feito 1 (um) cadastro por aeronave e cada equipamento deve estar vinculado a uma pessoa ou empresa no Brasil, que será a responsável legal pela aeronave (ANAC, 2017).

Oliveira et al. (2022) acrescentam que os drones são aplicados para registro de fotos, auxiliando o produtor no mapeamento de falhas no plantio ou adubação, permitindo verificar a

evolução do cultivo, realizar a análise de solo e identificar as pragas e doenças. Sendo assim, dotado de câmeras e outros recursos avançados, um drone pode substituir aviões ou satélites na produção de fotos de lavouras, permitindo o dimensionamento das áreas de reserva legal ou de proteção permanente.

O uso do VANT, mais popularmente conhecido como drone é uma forma de acompanhar o desenvolvimento de diferentes culturas. Permite a obtenção de imagens aéreas de grandes áreas com baixo custo, destacando-se a alta resolução, viabilizando a utilização dessa ferramenta em larga escala. A estimação de parâmetros que envolvem questões biofísicas e bioquímicas são de grande importância para as práticas de manejo. Auxilia também na avaliação do comportamento de genótipos e impactos de estresse bióticos e abióticos, contribuindo na tomada de decisão dos produtores e gestores de propriedades (DE SOUZA et al., 2019).

3 METODOLOGIA

A pesquisa é de caráter exploratório e descritivo com pesquisa bibliográfica. A maioria das pesquisas exploratórias envolve levantamento bibliográfico e análises de exemplos que auxiliem na compreensão do tema em questão, lidando com questões que se configuram no tempo e no contexto de estudo, não podendo ser resolvidas apenas com dados quantitativos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

O modelo de pesquisa exploratório se utiliza principalmente de técnicas de pesquisas qualitativas baseadas em observações, permitindo que se elabore um problema de forma mais complexa (TOLEDO; SHIAISHI, 2009).

Gil (2002) destaca que a pesquisa exploratória tem como objetivo maior familiaridade com o tema em estudo e o nível descritivo se preocupa em descrever, analisar ou verificar relações entre fatos e fenômenos.

De acordo com Godoy (1995), algumas características básicas identificam o estudo como qualitativo. Um fenômeno pode ser melhor compreendido no contexto no qual ocorre e do qual é parte, considerando todos os pontos de vista relevantes. Partindo de questões amplas, o estudo qualitativo pode ser conduzido por meio de diversos caminhos, sendo que na presente dissertação foi utilizada a pesquisa documental.

Martins (2004) acrescenta que a pesquisa qualitativa é definida como a que privilegia a análise de micro processos, realizando exame intensivo de dados por meio das ações sociais individuais e grupais.

Lima e Miotto (2007) afirmam que a pesquisa bibliográfica é um procedimento metodológico que se oferece ao pesquisador como possibilidade na busca de soluções para seu problema de pesquisa. Entretanto, existe a necessidade de se realizar um movimento incansável de apreensão dos objetivos, de observância das etapas, leitura, questionamentos e de interlocução crítica com o material bibliográfico. Os autores complementam destacando que não é raro que a pesquisa bibliográfica apareça caracterizada como revisão de literatura ou revisão bibliográfica. Entretanto, a revisão bibliográfica é apenas uma das etapas para realização de uma pesquisa, enquanto a pesquisa bibliográfica implica em conjunto ordenado de procedimentos em busca de responder às questões norteadoras da pesquisa.

A pesquisa bibliográfica apresenta como vantagem o fato de que o pesquisador pode ter acesso a uma gama de fenômenos mais ampla, alertando que dados consultados podem conter erros e que a pesquisa bibliográfica pode reproduzir ou até mesmo ampliar tais erros caso não

exista um procedimento cuidadoso de verificação das fontes, evitando assim incoerências e contradições (SOARES, PICOLLI; CASAGRANDE, 2018).

Por outro lado, a pesquisa bibliográfica é um problema sério a ser equacionado pelos pesquisadores, devido à grande disponibilidade dos bancos de dados bibliográficos e da divulgação de artigos científicos, torna-se um desafio a escolha dos artigos mais adequados na construção da argumentação teórica às pesquisas e textos acadêmicos. Portanto, cabe ao pesquisador estabelecer uma estratégia de pesquisa bibliográfica que facilite a identificação dos trabalhos mais relevantes que auxiliem em responder às questões da pesquisa (TREINTA et al., 2014).

Especificamente para cumprir os objetivos e responder as questões que norteiam a presente pesquisa, foi utilizado o método proposto por Conforto, Amaral e Silva (2011) de Revisão Bibliográfica.

Para a condução da pesquisa utilizou-se do roteiro de RBS *Roadmap* proposto por Conforto, Amaral e Silva (2011) que sugere três macro etapas para sua condução, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Etapas para a realização da revisão bibliográfica



Fonte: Conforto, Amaral e Silva (2011)

A primeira fase é denominada entrada e possui oito etapas. A segunda fase é chamada de processamento e o seu procedimento ocorre em três etapas. Já a terceira fase é a saída e consiste em quatro etapas (CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2011).

A fase de Entrada consistiu nos seguintes parâmetros, destacados no Quadro 3.

Quadro 3 - Sistematização da primeira fase da revisão bibliográfica

Parâmetros	Entrada
1.1 Problema	Quais são as publicações que possuem relação com o uso de drones na agricultura brasileira entre 2012 e 2022 e indexadas no Google Scholar (Acadêmico)?
1.2 Objetivo	Analisar a produção bibliográfica a respeito da utilização de drones no Brasil, entre 2012 e 2022.
1.3 Fontes primárias	Artigos científicos
1.4 <i>Strings</i> de busca	“Drones” utilizando o operador booleano AND, em combinação com os seguintes termos: “Agricultura Brasil”; “Agronegócio”, “Agricultura de precisão no Brasil” e “Agricultura 4.0”.
1.5 Critérios de inclusão	Artigos encontrados por meio do Google Scholar, entre 2012 e 2022, que tratam da utilização de drones na agricultura exclusivamente no Brasil.
1.6 Critérios de qualificação	Ano de publicação
1.7 Ferramentas	Software Microsoft Excel®.
1.8 Cronograma	Entre os dias 06/02/2023 e 12/02/2023. A pesquisa na base de dados foi realizada entre 11/11/2022 e 12/01/2023.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Conforto, Amaral e Silva (2011)

A segunda fase, denominada por Conforto, Amaral e Silva (2011) como processamento segue um processo iterativo contendo sete passos, com três etapas, sendo elas, busca, análise dos resultados e documentação (etapas 2.1, 2.2 e 2.3, respectivamente). A etapa 2.1 compreende a busca por periódicos e busca por base de dados. Na etapa 2.2 é realizada a leitura e análise dos resultados, os chamados filtros de leitura. Finalmente, na etapa 2.3 as informações que resultaram no número de artigos analisados, como por exemplo: número de artigos excluídos, número de artigos encontrados etc.

O portal Google Scholar foi escolhido em função de ser um serviço de pesquisa gratuito e amplamente divulgado na comunidade científica e que também apresenta fácil acesso a estudantes, produtores rurais e todos os agentes da cadeia que se relacionem direta ou indiretamente com a utilização de drones na agricultura.

Vale ressaltar que os critérios de exclusão envolvem a identificação de artigos em duplicidade, leitura do título e resumo, a fim de identificar os artigos que não tratam diretamente do tema proposto. A leitura completa se deu apenas nos artigos selecionados para análise.

Após a leitura do título e do resumo de cada artigo selecionado, foram eliminados aqueles que não tratam diretamente da utilização de drones na agricultura, ou seja, não apresentam relevância e interesse para o presente trabalho. Após a aplicação do filtro de leitura no resumo, foi realizada a leitura da introdução e objetivos dos artigos que passaram pela etapa

anterior. Com isso, foram separados os quinze artigos que passaram pelas etapas de filtro e sendo assim foi realizada a leitura completa do material.

Destaca-se também que teses, dissertações, monografias, capítulos de livros e artigos publicados em congressos foram eliminados das análises, restando para a presente análise artigos publicados em revistas científicas. Além disso, como citado anteriormente, a base temporal se configura como um filtro, já que foram selecionados materiais entre 2012 e 2022.

A fase de processamento para este trabalho ocorreu com a utilização dos *strings de busca*, com os seguintes resultados:

- “Drones” AND “Agricultura Brasil”, com um total de 15 publicações, sendo que após a utilização dos critérios de exclusão, foram aproveitados dois artigos para análise;
- “Drones” AND “Agronegócio Brasil”, com um total de 35 publicações, sendo que após a utilização dos critérios de exclusão, foram aproveitados três artigos para análise;
- “Drones” AND “Agricultura de precisão no Brasil”, com um total de 61 publicações, sendo que após a utilização dos critérios de exclusão, foram aproveitados quatro artigos.
- “Drones” AND “Agricultura 4.0”, com um total de 89 publicações, sendo que após a utilização dos critérios de exclusão, foram aproveitados seis artigos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização do uso de drones na agricultura

A obtenção de imagens em áreas agrícolas vem crescendo no Brasil, em função da qualidade das imagens capturadas por câmeras que são acopladas aos drones, possibilitando o monitoramento em tempo real da lavoura. As imagens permitem identificar e combater pragas, verificar locais específicos do solo, que porventura precisem de maior ou menor adubação, ou até mesmo realizar levantamentos topográficos, contribuindo com o aumento de produtividade (REIPS; GUBERT, 2019).

A utilização de drones segue determinadas etapas, detalhadas no Quadro 4.

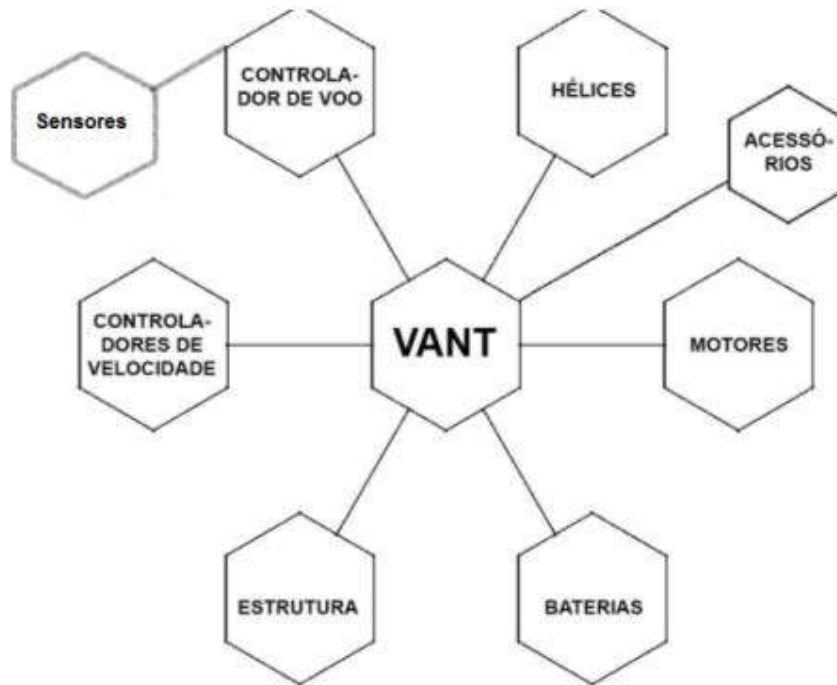
Quadro 4 - Etapas para utilização de drones

Etapa	Detalhamento
1 ^a	Definição da área a ser mapeada: informação inserida em software que gera plano de voo visando a orientação do equipamento.
2 ^a	Posicionamento do drone: equipamento colocado em local seguro, na distância determinada pela ANAC
3 ^a	Acionamento dos rotores e piloto automático: acionam-se os rotores e piloto automático do equipamento para que possa sair da posição de solo
4 ^a	Operação: o drone percorre toda a área indicada pelo software, captando imagens e ao final retorna ao local de partida.

Fonte: Assaiante; Cavichioli (2020)

No projeto de um VANT existem seis componentes principais que devem ser detalhados para integrar uma aeronave funcional, sendo eles: estrutura, motores, hélices, controladores de velocidade, controlador de voo e baterias. A Figura 2 detalha o conjunto de componentes que compõem um VANT.

Figura 3 - Composição de um VANT



Fonte: Carvalho et al. (2019)

A Figura 4 ilustra detalhadamente uma imagem captada por um drone em uma propriedade agrícola.

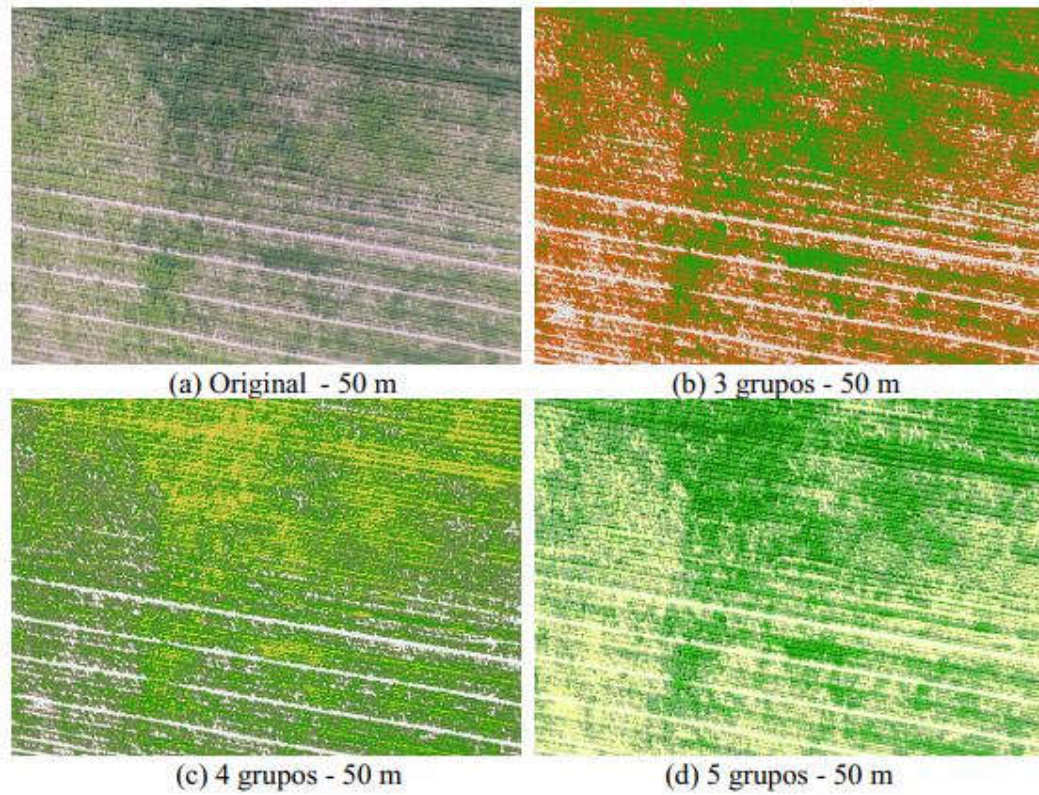
Figura 4 - Exemplo de imagem captada por um drone em propriedade agrícola



Fonte: Ferraz et al. (2022)

Já a Figura 5 apresenta uma captura de imagem da cultura de soja por drone a 50 metros de altitude, com processamento em três a cinco grupos de cores. De Souza et al. (2019) explicam que no processamento com quatro grupos as falhas são menos visíveis, porém as diferenças no desenvolvimento da cultura da soja são mais aparentes. Já no processamento com cinco grupos, observou-se maior intensidade a vegetação, os sulcos de irrigação e a drenagem.

Figura 5 - Captura de imagem da cultura de soja por drone a 50 metros de altitude



Fonte: De Souza et al. (2019)

A Figura 6 apresenta um exemplo de utilização de drone realizando pulverização em uma propriedade agrícola.

Figura 6 - Utilização de drone na agricultura



Fonte: Esperidião, Santos e Amarante (2019)

Trigo et al. (2018) destacam que a utilização de drones também vem ganhando destaque na pecuária para auxiliar no gerenciamento de rebanhos, em busca de alimentos mais saudáveis e no controle adequado do negócio. Também tem o objetivo de aumentar a produtividade, além de atender as demandas para a busca de novos mercados, internos ou externos.

No Brasil, um drone voou pela primeira vez em 1983, com o registro de BQM1BR, um protótipo que funcionava com propulsão a jato, era capaz de registrar apenas imagens e vídeos, pouco resistente e de difícil autonomia (OLIVEIRA et al., 2022).

A utilização de drones como ferramenta de facilitação em áreas urbanas e rurais tem ganhado destaque nas últimas décadas. Apresenta vantagens no uso em missões militares, policiamento aéreo, monitoramento de funcionamento de barragens, dentre outros. Os drones se diferenciam dos aviões e satélites, com comercialização realizada a preços bem inferiores. Apesar de apresentarem baixa autonomia e cobrirem áreas não muito grandes em filmagens, quando comparado a aviões e satélites, oferecem melhor resolução na captura de imagens, são fáceis de operar e seu peso é ínfimo, se comparado aos já citados equipamentos (REIPS; GUBERT, 2019).

Ribeiro et al.(2022) acrescentam que os drones podem ser equipados com câmeras multiespectrais, além de softwares capazes de ler imagens por infravermelho encontrando potenciais pontos de pragas e problemas envolvendo irrigação, por meio de manchas insalubres nos grandes campos, proporcionando a oportunidade de resolver o problema no local exato da ocorrência com a aplicação do pesticida. A aplicação localizada chega a reduzir

significativamente o volume de agrotóxicos, sendo que em determinados casos utiliza-se 0,1% do volume total de uma aplicação comum.

Graças a essas novas tecnologias aplicadas na agricultura é possível obter uma relação entre problemas que interferem o desenvolvimento da lavoura com as imagens aéreas processadas. Dessa forma, permite realizar de maneira mais precisa a elaboração de mapas visando um desenvolvimento uniforme da cultura por meio de índices de vegetação. Os índices permitem a compreensão e rápida resposta aplicada no momento exato, possibilitando a recuperação de importantes parâmetros biofísicos da cultura. É importante que o produtor tenha a possibilidade de utilização de tal tecnologia a fim de auxiliar a tomada de decisão, em relação a que produto aplicar, o momento da aplicação e a quantidade a ser aplicada (CAVALCANTE et al., 2022).

Cavalcante et al. (2022) acrescentam que os drones podem ser dotados de câmeras com sensores. A técnica que faz uso de sensores acoplados aos drones se chama sensoriamento remoto, apresentando a capacidade de separar e registrar a energia refletida da superfície da vegetação em diferentes comprimentos de onda.

A ANAC classifica os drones em três classes, sendo a Classe 1 os equipamentos acima de 150 kg, a Classe 2 destaca os equipamentos acima de 25 kg e abaixo ou iguais a 150 kg e a Classe 3 apresenta os drones com menos de 25 kg (ASSIANTE; CAVICHIOLI, 2020).

A Figura 7 apresenta os tipos de drones utilizados na agricultura, sendo eles o drone quadricóptero e de asa fixa.

Figura 7 - Tipos de drones utilizados na agricultura



Fonte: Pino (2019)

Existem uma boa quantidade de drones diferentes, um deles é representado pelo drone de asa fixa, parecidos com aviões (vide Figura 7), destacando-se o fato de que conseguem voar sobre áreas mais lineares por um período maior, entretanto precisa de uma área maior para inicialmente fazer sua decolagem. Os drones de asas giratórias tem várias hélices, sendo

chamados também de hexacópteros (seis hélices) ou octacópteros (oito hélices). Comparativamente aos drones de asa fixa, são mais pesados. Um dos pontos que devem ser levados em consideração reside no fato de que as aeronaves de asa fixa conseguem garantir maior estabilidade com ventos fortes, em comparação aos drones de asas giratórias (BARBIZAN; CAVICHIOLI, 2022).

O drone pulverizador é outro tipo importante de drone aplicado na agricultura. Para que este processo seja realizado, é necessária a realização de avaliação, visando identificar a área a ser pulverizada, além da cultura que receberá a pulverização. Além disso, é necessário definir o tipo de bico pulverizador, a forma do jato e a vazão adequada (BARBIZAN; CAVICHIOLI, 2022). A Figura 8 representa esse tipo de drone.

Figura 8 - Drone pulverizador



Fonte: Barbizan; Cavichioli (2022)

Com a alta tecnologia dos drones, a precisão deles se tornou ótima para a pulverização em locais específicos da propriedade com os produtos químicos, realizando a pulverização somente nas áreas em que há necessidade de aplicação, reduzindo em até 50% o gasto com insumos. O primeiro drone utilizado com a função de realizar pulverização foi o drone do tipo Pelicano. Após uma série de testes, o drone tipo Pelicano começou a sua comercialização. A Figura 9 detalha o drone tipo Pelicano (GONÇALVES; CAVICHIOLI, 2021).

Figura 9 - Drone pelicano



Fonte: Gonçalves e Cavichioli (2021)

Gonçalves e Cavichioli (2021) acrescentam que a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) permite o uso de drones para pulverização desde que estes não ultrapassem 25 kg (considerando equipamento e carga), a fim de evitar acidentes de maior gravidade.

As aeronaves não tripuladas têm sido cada vez mais utilizadas na pulverização e no monitoramento de lavouras, realizando trabalhos com rapidez e precisão. Um único equipamento é capaz de cobrir 12 hectares em uma hora de trabalho, de forma que se equipara a uma produção de um pulverizador tratorizado de arrasto com tanque de 600 litros. Destaca-se a economia de água e além disso o aumento da eficiência da pulverização em comparação aos pulverizadores tratorizados de arrasto, em função da entrega bem dirigida e precisa nos locais de maior necessidade na plantação. Destaca-se o uso de drones na pulverização de culturas como soja, café, milho, cana-de-açúcar, eucalipto, entre outras. Outro benefício de destaque é o fato de que as aplicações são feitas em Ultrabaixo Volume de calda (UBV), diminuindo as gotas e a deriva (NASCIMENTO, 2022).

Sausen et al. (2021) destacam que a pulverização com alta taxa de precisão realizada por meio dos drones reduz os gastos com fitossanitários, ao realizar aplicações nos locais exatos em que há necessidade de utilização dos mesmos, com destaque para o modelo multirrotor.

A pulverização realizada com drones geralmente utiliza baixo volume de calda/ha e velocidade de deslocamento entre 10-20 km/h, além de combinação de ponta e pressão de trabalho que tem como resultado a produção de gotas finas. Destaca-se ainda que o efeito da

hélice impulsiona a calda de pulverização para baixo e movimenta as folhas do topo das plantas, podendo resultar na melhora da deposição de calda para os estratos inferiores da planta (OLIVEIRA et al., 2021).

Em um país movido pela agricultura, é notável a demanda pela aplicação de meios eficazes para aumento da produtividade agrícola. Nesse contexto, a pulverização aérea é uma alternativa escolhida por muitos produtores rurais, visto a sua eficiência, com menores danos a lavoura, preservando o meio ambiente (SAMSUDIN, 2020).

O Sindicato Nacional das Empresas de Aviação Agrícola (SINDAG) destaca que os drones serão substitutos de boa parte dos aparelhos de pulverização, trazendo precisão e segurança para a operação. Outros fatores que contribuem para que os drones venham a substituir outras técnicas de pulverização englobam baixo custo financeiro, alta flexibilidade, aplicação em áreas de difícil acesso em áreas íngremes ou com obstáculos, em que os pulverizadores tradicionais não conseguem operar, permite aplicações em taxas variáveis e localizadas na área de interesse, mapeamento de pontos de irrigação, estimativa de áreas que apresentam erosão do solo, dentre outras (NETO; SASAKI; ALVARENGA, 2021).

O Brasil é um dos pioneiros no uso de drones na agricultura. Muitos agrônomos, administradores e empresários estão apostando a vida profissional na utilização destes aparelhos. Algumas empresas importam aparelhos, equipamentos de apoio e análise de dados, mas pelo menos uma dezena delas já constroem modelos no país, seja para comercialização ou utilização própria. Em sua aplicação básica, com o registro de fotos convencionais, um ARP permite que um produtor ou empresa rural faça avaliações visuais da evolução do cultivo, mapeamento de falhas no plantio ou na adubação etc. Por meio de câmeras e recursos mais avançados, um drone pode substituir aviões ou satélites na produção de fotos georreferenciadas de propriedades rurais e de suas lavouras, permitindo o dimensionamento das áreas de reserva legal ou de proteção permanente. Suas imagens e dados permitem ao produtor rural gerar mapas topográficos e modelos para nivelamento e drenagem, medir a altura das plantas e condições gerais da lavoura, localizar plantas daninhas, infestações de pragas e até mesmo detectar deficiências de macronutrientes, como o nitrogênio (MESQUITA et al., 2019).

O uso de VANT no Brasil é uma realidade cada vez mais consolidada, incorporando aplicações antes atribuídas a satélites e levantamentos aéreos tradicionais. Atualmente são mais de 75.000 equipamentos devidamente registrados na ANAC, sendo 62% dos que são dispositivos de gravação para atividades profissionais e/ou acadêmicas. No Brasil e no mundo, os ARP's têm sido utilizados para coleta de dados para inúmeras finalidades, como filmagens,

levantamentos topográficos, fiscalizações de obras, agricultura de precisão, entre outros (LOBO et al. 2020).

O número de VANT no Brasil subiu 13% entre 2020 e 2021. Os registros aumentaram de 79 mil em dezembro de 2020 para 90 mil no mesmo mês de 2021. Desde 2017, quando foi iniciado o cadastro obrigatório, o volume de VANT cresceu 200%. Enquanto os drones para uso recreativo somam 51 mil unidades, os de perfil profissional correspondem a 38 mil unidades (NETO; FURLANETO, 2022).

Dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, a aplicação terrestre pode ocasionar a redução do estande da lavoura, área fotossintética e, conseqüentemente, perdas de grãos, reduzindo significativamente a produção pelo amassamento (CUNHA et al., 2011)

As geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informações georreferenciadas. Basicamente são compostas por soluções de hardware, software e o componente humano, que somados constituem-se em poderosas ferramentas para apoio à tomada de decisões, neste caso para o meio rural.(GUIMARÃES et al., 2015). A tecnologia está cada vez mais presente no agronegócio brasileiro, trazendo ao agricultor novas ferramentas para outras alternativas de produção.

O Brasil é um dos pioneiros no uso de drones na agricultura. Muitos agrônomos, administradores e empresários estão apostando a vida profissional na utilização destes aparelhos. Algumas empresas importam aparelhos, equipamentos de apoio e análise de dados, mas pelo menos uma dezena delas já constroem modelos no país, seja para comercialização ou utilização própria. Em sua aplicação básica, com o registro de fotos convencionais, um Vant permite que um produtor ou empresa rural faça avaliações visuais da evolução do cultivo, mapeamento de falhas no plantio ou na adubação, identificação de reboleiras, etc (MESQUITA et al., 2019).

Através de câmeras e recursos mais avançados, um drone pode substituir aviões ou satélites na produção de fotos georreferenciadas de propriedades rurais e de suas lavouras, permitindo o dimensionamento das áreas de reserva legal ou de proteção permanente. Suas imagens e dados permitem ao produtor rural gerar mapas topográficos e modelos para nivelamento e drenagem, medir a altura das plantas e condições gerais da lavoura, localizar plantas daninhas, infestações de pragas e até mesmo detectar deficiências de macronutrientes, como o nitrogênio(MESQUITA et al., 2019)

Na AP existem diversas opções para seu desenvolvimento, uma delas são os veículos aéreos não tripulados (VANTs) ou Drones. A aplicação do mesmo em áreas agrícolas vem sendo facilitada pelo atual estágio de desenvolvimento tecnológico, principalmente pelo

tamanho dos equipamentos, sendo relativamente de baixo custo e pela necessidade de otimização da produção.(OLIVEIRA et al., 2020)

A utilização de drones tem se tornado uma alternativa viável para esses fins, integrados com outras tecnologias são capazes de coletar, processar, analisar e transmitir informações das lavouras em tempo real, colaborando desse modo no monitoramento ambiental.(OLIVEIRA et al., 2020)

No final do século XX surgiu o desenvolvimento do conceito Agricultura de Precisão (AP) uma ferramenta da Agricultura 4.0, disponibilizando novas tecnologias como GPS, sensoriamento remoto, SIG's, drones e geoestatística, ambas associadas ao desenvolvimento de outras tecnologias, destacando os monitores de colheita e os equipamentos para aplicação de insumos a taxas variáveis.(OLIVEIRA et al., 2020)

Para aderir a AP levam-se em conta quatro etapas, sendo: primeira - com monitoramento intensivo coletando dados; segunda - geração e integração de mapas agrícolas; terceira - manejo da cultura utilizando uma modelagem sistêmica; e quarta - gerenciamento diferenciado de insumos; sendo feito no local, momento e quantidades necessárias. Interagindo as quatro etapas, viabiliza o cálculo dos índices de produção orientando quanto ao tipo ideal de manejo (PONTES; CAVICHIOLI, 2018)

Para facilitar a compreensão do quadro atual, é importante rever o passado e examinar a evolução do agronegócio ao longo das últimas quatro décadas.(JANK; NASSAR; TACHINARDI, 2005).

4.2 Análise da literatura a respeito da utilização de drones na agricultura

A análise dos resultados da Revisão Bibliográfica é discutida na presente seção. As etapas propostas por Conforto, Amaral e Silva (2011) resultaram em 15 artigos encontrados no Google Acadêmico seguindo os critérios de inclusão e exclusão já detalhados no capítulo referente à metodologia. Ressalta-se o fato de que foi estabelecido um limite temporal, entre os anos de 2012 e 2022, perfazendo a última década de publicações. Para a busca foram utilizados os termos “Drone”, “Agricultura 4.0”, “Agronegócio Brasil”, “Agricultura de Precisão no Brasil” e “Agricultura Brasil”. O Quadro 5 destaca o nome, ano de publicação e objetivos de cada um dos 15 artigos analisados.

Quadro 5 - Nome, ano de publicação e objetivos dos artigos selecionados

Título do Artigo	Ano de Publicação	Objetivo
1 Avaliação de RPAs para pulverização em diferentes culturas	2018	Estudar e validar a aplicação de defensivos através de RPAs (Aeronaves Remotamente Pilotadas), denominadas comumente de drones.
2 Agricultura de Precisão e digital: perspectivas e desafios dos produtores rurais do Estado do Paraná	2021	Avaliar perspectivas e desafios da utilização de agricultura de precisão e digital nos manejos adotados em culturas comerciais do Estado do Paraná.
3 Uso de tecnologia na rastreabilidade do rebanho de corte	2018	Apresentar um projeto que propõe uma solução para os produtores de gado de corte, de pequeno ou médio porte, através do uso de tecnologia, para que possam ter todas as informações sobre o rebanho.
4 Diagnóstico do perfil do usuário de drones no agronegócio brasileiro	2016	Analisar o uso dos drones como alternativa tecnológica na Agricultura de Precisão que auxiliem a tomada de decisão.
5 Determinação da altura de plantas de milho através da análise de imagens obtidas com ARP	2022	Determinar a altura de plantas de 11 híbridos comerciais e pré-comerciais de milho, através do processamento digital de imagens aéreas obtidas por ARP.
6 Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão	2020	Familiarizar o agricultor com as novas tecnologias, como o drone.
7 Agricultura de Precisão no Brasil: conjuntura	2020	Fornecer um diagnóstico da conjuntura atual da Agricultura de Precisão no Brasil,

atual, desafios e perspectivas		identificando desafios e perspectivas de desenvolvimento.
8 Potencial uso de câmera termal acoplada a VANT para monitoramento de culturas	2018	Realizar revisão de literatura sobre o uso de câmera termal acoplada a VANT para monitoramento de cultura agrícola.
9 Auxílio de tomada de decisão no manejo e planejamento do plantio de soja	2019	Identificar falhas no estande de plantas em uma lavoura de soja cultivada em áreas de várzea com captura de imagens e as processando.
10 A utilização de veículos aéreos não tripulados (VANT) na cultura da cana-de-açúcar	2020	Definir o que são drones e VANTs, suas aplicações e apresentar as vantagens para o produtor.
11 Estudo das funcionalidades dos drones na agricultura	2021	Expor as funcionalidades dos drones na agricultura, por meio de artigos e sites relevantes.
12 Estudo sobre a funcionalidade decorrente do uso de “veículo aéreo não tripulado” (drone) no Brasil	2022	Analisar a responsabilidade decorrente do uso de “veículo aéreo não tripulado” (drone) no Brasil devido ao aumento expressivo de unidades cadastradas.
13 Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) para aplicação de agrotóxico	2021	Desenvolver e avaliar uma aeronave remotamente pilotada (ARP) para aplicação de agrotóxicos.
14 Tecnologias que auxiliam a produção sustentável de alimentos	2021	Disponibilizar informações sobre algumas tecnologias que podem ser utilizadas pelos produtores no processo produtivo para colocar a sustentabilidade em prática

15 Uso de veículos aéreos não tripulados para detecção de pragas e doenças na cultura da soja	2022	Mostrar a importância do uso de VANTs para detectar a presença de pragas e doenças na plantação de soja.
---	------	--

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

O Quadro 6 apresenta as principais considerações e conclusões de cada artigo analisado, com a identificação numérica apresentada no quadro anterior.

Quadro 6 - Principais considerações e conclusões de cada artigo analisado

Identificação	Principais considerações e conclusões
1	É possível identificar oportunidades de aplicações complementares com drones. Em pequenas áreas, os drones podem complementar a aplicação com precisão superior a do avião.
2	Grande parte dos produtores paranaenses possuem acesso à internet e smartphones, porém apresentam déficit de conhecimento sobre Agricultura Digital e com poucos produtores utilizando Agricultura de Precisão. Ainda existem desafios a serem superados pelo setor público e privado, como por exemplo assistência técnica de qualidade.
3	O aplicativo para rastreabilidade do rebanho é de simples compreensão e fácil manuseio. Auxilia o produtor no controle do rebanho, através de relatórios de desenvolvimento e mudança de local dos animais.
4	O perfil do profissional mapeado no estudo são fazendeiros que possuem fazendas de 120 a 240 há, na maioria dos casos cultivando soja e milho.
5	A modelagem tridimensional permitiu estimar a altura de plantas da cultura do milho. ARP é uma excelente ferramenta de monitoramento, acompanhamento do ciclo de cultura e para programas de melhoramento genético. Observou-se alta correlação entre os dados de altura de plantas obtidas manualmente e por meio de processamento digital de imagens.
6	Pode ser feita a familiarização dos produtores em relação aos conceitos de Agricultura de Precisão e drones, mostrando os benefícios para o produtor rural, indicando uma aplicação mais segura dos defensivos agrícolas. O uso de AP tem se tornado mais acessível, com menores preços e maior confiabilidade.

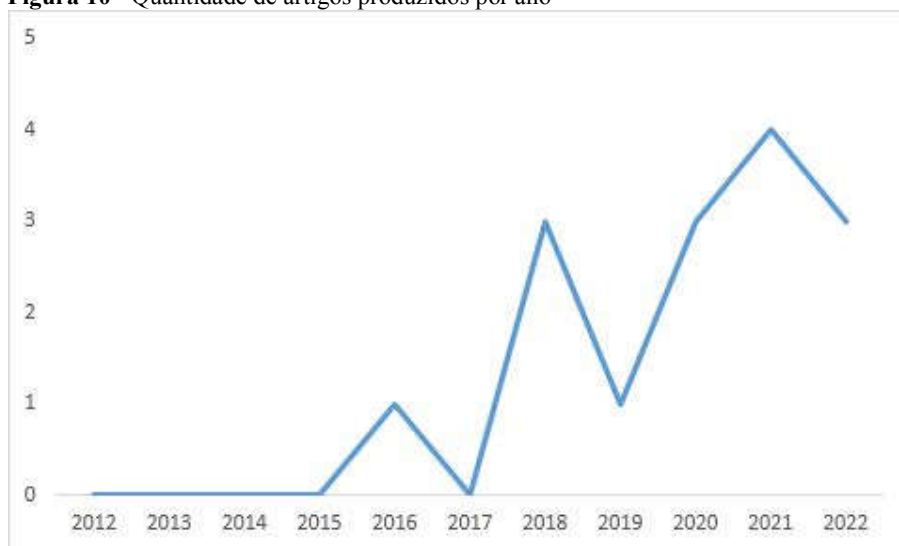
7	<p>Nas últimas décadas o país tem se esforçado a fim de popularizar os conhecimentos sobre as práticas e técnicas da AP. O apoio do Estado via políticas públicas, ampliação de redes de pesquisa, integração de segmentos do setor e incentivo à indústria local são de suma importância para o crescimento do setor.</p>
8	<p>Os estudos evidenciam a aplicabilidade do uso de câmeras termais na agricultura, indo desde avaliação do estresse hídrico a danos em frutas. Os VANTs são importantes ferramentas para avaliar grandes áreas de forma automatizada em tempo reduzido. O Brasil ainda carece de avanços em pesquisas que utilizam sensores termográficos na agricultura, demonstrando capacidade de expansão no tema.</p>
9	<p>O processamento de imagens se apresenta como uma ferramenta no intuito de auxiliar na tomada de decisão no manejo e planejamento, permitindo a utilização de áreas de várzea para o cultivo de soja com rendimentos significativos.</p>
10	<p>Foram observadas vantagens competitivas para os produtores que utilizam drones nas lavouras de cana-de-açúcar, incluindo melhoria nos processos, segurança no canavial, segurança na tomada de decisão, redução de gastos com insumos etc.</p>
11	<p>Os drones apresentam-se como uma ferramenta fundamental na agricultura, estando cada vez mais presente nas atividades do campo, principalmente por reduzir o tempo de execução de certas atividades e reduzir custos, contribuindo para o sucesso da atividade agrícola.</p>
12	<p>A utilização de drones para uso profissional, recreativo, agrícola ou comercial exige respeito às regras e legislações. A não observância do regulamento de voo pode gerar responsabilização administrativa, civil e/ou penal. É necessária a continuação dos estudos sobre a temática forense, ainda em construção.</p>
13	<p>A RPA apresentou resultados satisfatórios com potencial para utilização na aplicação de agrotóxicos, possibilitando a aplicação de maneira localizada, em plantas de elevado porte ou local de difícil acesso.</p>
14	<p>Manter-se competitivo exige que os produtores se reinventem e aprimorem o modo de produção. A adoção de tecnologias deve ir de encontro às</p>

	demandas de mercado, incluindo uso de cultivares mais produtivas, drones, telemetria etc. A agricultura mais sustentável vai de encontro à adoção de tecnologias digitais e aos interesses de produtores e do mercado.
15	Os VANTs têm a capacidade de trazer informações sobre a lavoura de forma mais eficaz e precisa. Com isso, o produtor não sofrerá a perda de agrotóxicos por uso excessivo, contribuindo assim com a lucratividade do empreendimento agrícola.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A Figura 10 representa a quantidade de artigos produzidos por ano, considerando o recorte temporal da pesquisa.

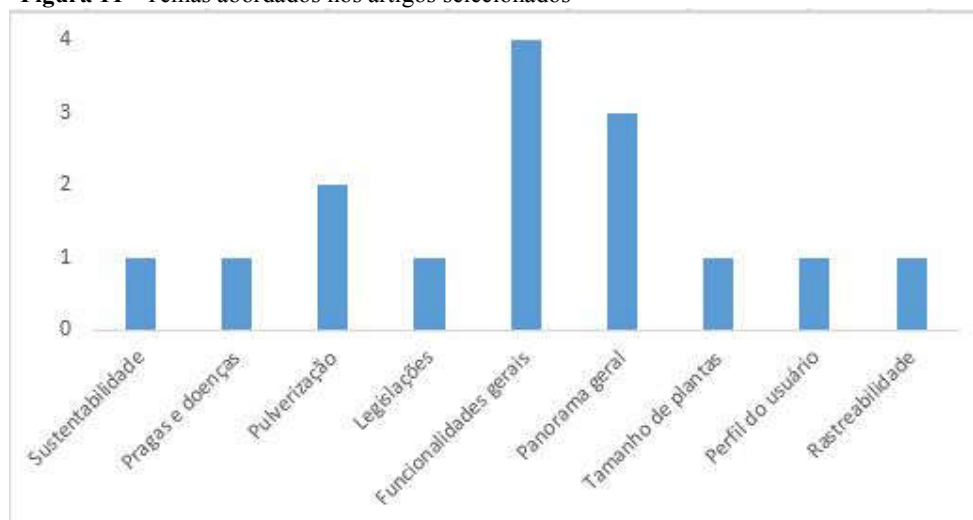
Figura 10 - Quantidade de artigos produzidos por ano



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Destaca-se o fato de que aproximadamente 66,67% (10 dos 15 artigos selecionados) dos artigos produzidos e selecionados para a presente pesquisa foram produzidos entre 2020 e 2022, o que indica um aumento no interesse da academia nas diversas funcionalidades dos drones na atividade agrícola.

A Figura 11 evidencia os principais temas envolvendo drones que são abordados nos artigos selecionados.

Figura 11 - Temas abordados nos artigos selecionados

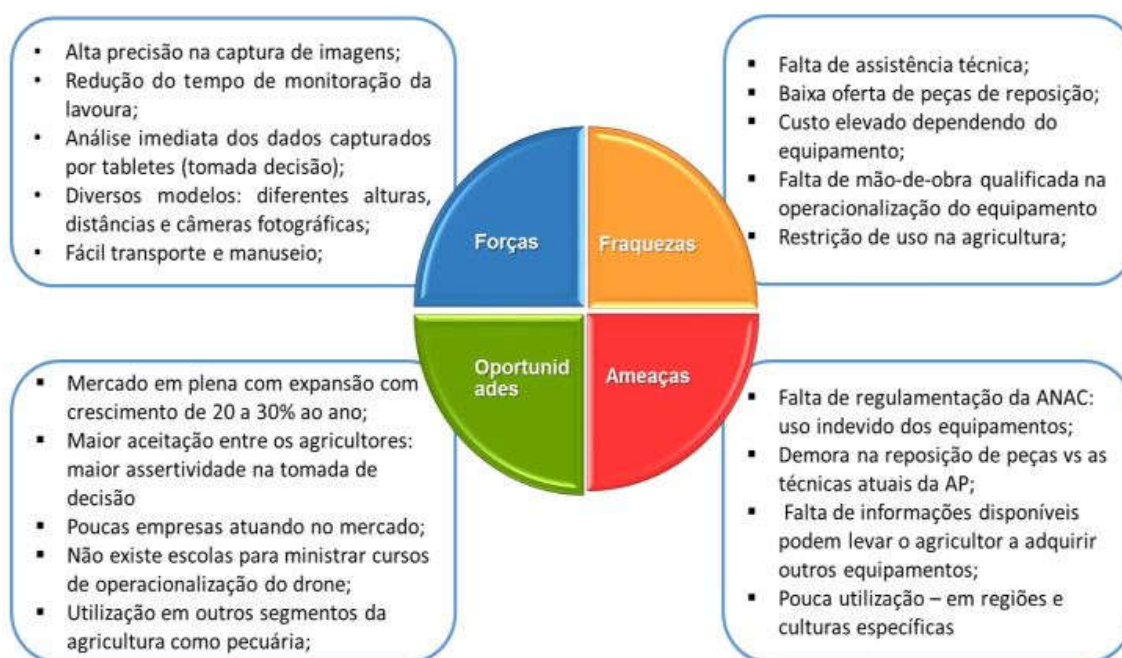
Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Percebe-se uma grande variedade de temas que podem ser abordados no que se refere à utilização de drones na agricultura. Desde a detecção de pragas e doenças na lavoura até as legislações pertinentes ao uso de drones e a rastreabilidade de um rebanho. Artigos que explicam as funcionalidades gerais e o panorama geral da utilização de drones no Brasil também são de suma importância para aqueles que estão iniciando no assunto.

Andrade et al. (2018) destaca a utilização de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) (drones) para pulverização, em diferentes culturas. Os autores do experimento utilizaram solução de herbicida para os testes em três alturas diferentes, juntamente com três modelos de bicos pulverizadores, visando encontrar diferentes modelos de aplicações, buscando maior eficiência e eficácia das aplicações. Os autores destacam a rapidez e praticidade da aplicação, além de ser possível a realização de controle de plantas daninhas, sem a necessidade de se utilizar tratores, os quais aumentam a compactação do solo e maior investimento em equipamentos. Foram estabelecidos parâmetros para utilização de drones em culturas como amendoim, soja, milho e cana-de-açúcar. Neto, Sasaki e Alvarenga (2021) também estudaram questões ligadas à pulverização. Os autores destacam o projeto de construção de uma RPA com sistema de pulverização hidráulica, constituído por bomba hidráulica. Também destaca-se que o tanque tem capacidade de 0,350 L. Os experimentos foram conduzidos em laboratório, três alturas de voo, com vazão e velocidade pré-determinadas. O autores afirmam que a RPA apresentou resultados satisfatórios, porém sugere que novos estudos aumentem a capacidade do tanque da aeronave e outras condições como dificuldade de acesso às culturas a serem pulverizadas.

O perfil do usuário de drones é abordado por Artioli e Beloni (2016), ao aplicar questionários em diferentes localidades para profissionais do agronegócio, evidenciando a existência de carência de informações a respeito do uso de drones, entre elas os reais benefícios, a operacionalização, regulamentações da ANAC, custos de aquisição, dentre outros. Devido a crescente demanda por drones, evidencia-se um novo nicho de mercado, entretanto deve-se destacar a necessidade de divulgação por parte dos fabricantes de drone, criação de cursos a respeito do tema, assistência técnica, entre outros. Os autores também destacam através de análise SWOT (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças), itens importantes referentes ao uso de drone, destacados na Figura 12.

Figura 12 - Análise SWOT sobre o uso de drones na agricultura



Fonte: Artioli e Beloni (2016)

No que diz respeito à sustentabilidade, Sausen et al. (2021) destacam que a chamada agricultura 4.0 oferece soluções sustentáveis para a produção de alimentos, ao contribuir para a automatização das operações agrícolas, racionalizando o uso de insumos. Particularmente em relação aos drones, os autores destacam como vantagens e contribuições para a sustentabilidade: monitoramento da propriedade, com a exploração de áreas de difícil acesso, verificar a questão do desmatamento e focos de incêndio e vigilância em geral; mapeamento e georreferenciamento, com a demarcação de áreas, limitação das áreas e escolha das melhores áreas para plantio e identificação das coordenadas geográficas da propriedade;

acompanhamento das plantações, com sensores capazes de monitorar cada planta, identificação de falhas no plantio, ataque de pragas, plantas daninhas, doenças, falhas na irrigação etc e pulverização precisa, com drones realizando pulverização em locais exatos, com grande eficiência com relação a controle e aspectos relacionados a uma maior segurança dos produtos biológicos.

No que tange à problemática das pragas e doenças, Silva e Cavichioli (2022) apontam que o país é o maior produtor de soja do mundo, entretanto o cuidado com pragas e doenças deve ser constante. O uso de novas tecnologias em uma cultura tão importante para o agronegócio é uma prioridade, sendo que uma dessas novas tecnologias refere-se ao uso de drones, justamente na detecção de pragas e doenças. Os autores destacam a grande importância da utilização de VANTs, pois auxiliam na identificação precoce da infestação de pragas e doenças, ou seja, a correção dos problemas pode ser feita de maneira rápida e eficiente, destacando-se assim a economia com defensivos agrícolas, aumento de produtividade, além de realizar mapeamento de área de forma muito mais rápida e eficiente, comparando-se com um funcionário da propriedade.

Em referência a questões legais, Neto e Furlaneto (2022) destacam que exige-se que o condutor de um drone deve respeitar as regras administrativas, regulamentações de voo, além de sempre realizar utilização conscienciosa do material. Os autores acrescentam que é de suma importância a ampliação da fiscalização preventiva em relação à utilização de drones, com a finalidade de prevenir acidentes.

Inclusive, Merladete (2023) destaca que a Associação Nacional de Aviação Civil (ANAC) decidiu pela flexibilização e simplificação regulatória de itens referentes ao uso de sistemas de aeronaves remotamente pilotadas utilizada com propósito não recreativo, regulamentando definitivamente o uso de drones no agronegócio. A simplificação regulatória visa dar mais qualidade e consistência às normas que regem o mercado. A partir da regulamentação publicada em Diário Oficial da União, durante a aplicação de agrotóxicos, fertilizantes, inoculantes, corretivos e sementes em área desabitadas, são classificadas como classe 3, independente de peso, podendo funcionar sem autorização de projeto, com a condição de respeitadas condições visuais de voo e que as operações se mantenham abaixo de 120 metros.

O monitoramento no tamanho de plantas de milho é abordado por Ferraz et al. (2022). Os autores destacam que o sensoriamento remoto vem ocupando cada vez mais espaço nas avaliações de caracterização de híbridos, tendo como exemplo a estimativa da altura de plantas por meio de sensores acoplados em drones. Destaca-se o fato de que os resultados encontrados entre as aferições manuais e por captura de informações através do drone não diferiram

estatisticamente. Ressalta-se o fato de que a coleta de dados por meio de drones preenche espaço na escala observacional em sensoriamento remoto, fornecendo dados de alta resolução espacial e temporal, importante para o monitoramento do crescimento da cultura.

A rastreabilidade em rebanho de corte é abordada por Trigo et al. (2018) em que os autores destacam a necessidade do produtor de ter todas as informações a respeito do rebanho, como quantidade de animais, peso, vacinas, tamanho da área de confinamento, dentre outros. Na pesquisa, os autores ressaltam a importância da utilização do aplicativo para rastreabilidade, o qual realiza controle do rebanho, por meio de relatórios diários. Com todas essas informações disponíveis, o produtor poderá agilizar os trabalhos, além de conseguir a permissão para emissão de lote para indústria de abate, configurando em vantagem competitiva diante dos concorrentes.

Kolling e Rampim (2021) analisaram as perspectivas da Agricultura de Precisão e digital no Estado do Paraná. Os autores identificaram déficit de conhecimento em conceitos básicos sobre Agricultura de Precisão e digital, mostrando mais evidências da necessidade de auxílio aos produtores, com cursos técnicos, palestras e aulas práticas de como certos elementos da AP funcionam, como por exemplo os drones e todas as vantagens que os mesmos podem proporcionar ao agricultor e sua produção.

Também a respeito de perspectivas, Silva e Silva-Mann (2020) destacam que as inovações tecnológicas têm contribuído para o gerenciamento mais sustentável da propriedade. Os autores afirmam que existe um compromisso entre empresas privadas, centros de pesquisa, universidades e associações em difundir a tecnologia dos drones, mas ainda existe resistência por parte dos produtores. Os autores ainda destacam a necessidade de incentivar a indústria nacional e o desenvolvimento de novas tecnologias, a fim de tornar o país mais competitivo.

Na mesma linha de raciocínio, Oliveira et al. (2020) buscam evidenciar a potencialidade da utilização de drones na agricultura. Os autores destacam a falta de trabalhos que abordem o tema, destacando que os mesmos podem auxiliar os produtores a conhecer as novas tecnologias, como o drone, que vem sendo destaque entre as novas tecnologias utilizadas na agricultura, merecendo maior atenção de produtores e trabalhadores do campo em geral.

De Souza et al. (2019) explora as tomadas de decisão no manejo da soja a partir do processamento de imagens. Os autores destacam a importância de tal prática contribuindo para as tomadas de decisão, afirmando ser possível identificar falhas nas linhas de cultivo, erros de manejo, semeadura, problemas de germinação, entre outros.

Viana et al. (2018) também mostram a importância do monitoramento de culturas através de câmera termal acoplada em drone. Os autores mostraram a aplicabilidade das

câmeras, por mostrarem desde estresse hídrico até danos em frutas, além do já citado fator tempo para obtenção de informações em grandes áreas.

As funcionalidades dos drones na agricultura são destacadas por Gonçalves e Cavichioli (2021). Os autores afirmam que na agricultura da atualidade os drones são indispensáveis, com grande potencial de crescimento no setor agrícola, já que pode proporcionar aumento de produtividade, melhoria de processos produtivos, economia com aplicação de agrotóxicos etc.

Assaiante e Cavichioli (2020) destacam o uso de drones na cultura da cana-de-açúcar e afirmam que a utilização de drones na cultura da cana-de-açúcar é indispensável para o crescimento e evolução da cultura, pelos fatos já descritos anteriormente no presente trabalho.

4.3 Pontos de convergência entre os artigos selecionados

Por meio dos artigos selecionados foi possível averiguar pontos de convergência, em que a utilização de drones apresenta diversas vantagens para os produtores. Houve destaque para o monitoramento das culturas por meio de imagens, que apresentam informações diversas, desde estresse hídrico das culturas até danos nos frutos. Destaca-se também que a utilização de drones podem proporcionar a possibilidade de aumento de produtividade, além de economia na utilização de agrotóxicos. Pode-se destacar também como ponto de destaque dos drones, a rastreabilidade de rebanhos, possibilitando a coleta de informações, auxiliando o produtor com a permissão para emissão de lote para indústria de abate. Entretanto, apenas um dos artigos selecionados tratou do tema, mostrando que este pode ser um caminho a ser explorado por outros pesquisadores, a fim de fortalecer a temática do uso de drones para controle de rebanhos.

Deve-se destacar também os artigos que detalham questões sobre a atuação dos drones no controle de pragas, doenças, exploração de áreas de difícil acesso, verificar possíveis pontos de desmatamento e focos de incêndio, mapeamento e georreferenciamento, demarcação de e limitação de áreas. Todos os fatores citados nos artigos abordados no presente estudo, juntamente com a aplicação localizada e na quantidade exata necessária de agrotóxicos e fertilizantes contribui com a sustentabilidade tanto econômica, quanto ambiental da propriedade.

Outro fator de convergência entre os artigos selecionados para a presente pesquisa reside no fato que de uma forma geral, existe falta de informação aos produtores a respeito de questões envolvendo a funcionalidade e vantagens de se utilizar drones na produção. Verifica-se ser necessário que associações e cooperativas busquem informações, cursos e apoio técnico aos

produtores, a fim de que possam adquirir os conhecimentos necessários para tomarem a decisão a respeito da utilização de drones.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral desta pesquisa foi de caracterizar o uso de drones na agricultura a partir da produção bibliográfica a respeito do assunto no Brasil entre 2012 e 2022. Especificamente procurou-se analisar a produção bibliográfica aplicando protocolo de consulta, com vistas a especificar os objetivos e considerações finais dos artigos selecionados e averiguar possíveis pontos de convergência e divergência entre os artigos selecionados, a fim de apontar caminhos para futuras pesquisas e recomendar ações e futuras pesquisas a fim de fomentar a utilização de drones na agricultura.

A utilização de drones na agricultura vem ganhando destaque ao longo dos anos e por meio dos artigos selecionados para a presente pesquisa, nota-se um aumento no interesse tanto por parte da academia, quanto dos produtores e agentes envolvidos com a atividade agropecuária no Brasil. Apesar do cenário ser de crescimento em relação ao uso de drones, nota-se que em muitos casos os produtores não tem a ciência das vantagens que a utilização de drones pode trazer à produção, meio ambiente, sustentabilidade econômica do empreendimento rural, economia na aquisição de fertilizantes e agrotóxicos, dentre outros. Recomenda-se a todos os agentes da cadeia, desde fabricantes a distribuidores e vendedores, que contribuam para um conhecimento maior por parte dos produtores a respeito de tais vantagens.

Além disso, a academia tem importante função de ensinar, orientar e divulgar resultados de estudos relacionados a drones na agricultura que envolvem a parte econômica, ambiental, de rastreabilidade, dentre outros, de forma a contribuir com informações para todos os agentes da cadeia. As associações e cooperativas tem papel fundamental na divulgação das informações envolvendo as vantagens do uso de drones, por meio de palestras, cursos técnicos, informativos e parcerias com fornecedores.

Os pontos de convergência entre os artigos selecionados para a pesquisa evidenciam as diversas vantagens na utilização de drones na agricultura, com destaque para a atuação no controle de pragas, doenças, exploração de áreas de difícil acesso, verificação de possíveis pontos de desmatamento e focos de incêndio, mapeamento e georreferenciamento, demarcação e limitação de áreas, economia na utilização de fertilizantes e agrotóxicos, contribuição na sustentabilidade ambiental e econômica da propriedade, rastreabilidade de rebanhos, dentre outros.

Entretanto, apesar de todas as vantagens relacionadas ao uso de drones destacadas no presente trabalho, é importante ressaltar que para que os drones sejam utilizados, o operador deve ser registrado junto ao MAPA. Durante a aplicação, regras de segurança devem ser

seguidas de forma a garantir a segurança do processo, a fim de evitar contaminações no meio ambiente. Ainda a respeito de fatores ligados à segurança, é de suma importância a colocação de avisos no local onde está sendo feita a pulverização, evitando assim a contaminação de pessoas que passem perto do local em que o drone está operando (IDARON, 2023).

Sendo assim, para que as vantagens relacionadas ao uso de drones sejam efetivadas na prática, deve-se tomar todos os cuidados possíveis com a segurança e cumprimento de regras acerca de todo os processos de utilização dos drones.

Indica-se como pesquisa futura um estudo que segue na linha de comparação de custos e eficiência de pulverização entre a utilização de drones, tratores, aviões e helicópteros agrícolas, visando apresentar de forma clara e prática, as possíveis economias de pulverização por hectare com a utilização de drones. Pode-se indicar também a realização de estudo de caso em propriedades rurais a respeito do conhecimento dos produtores a respeito da utilização de drones na agricultura e de suas vantagens, além da possível abertura a investimentos nessa área. Outra pesquisa que tem potencial para ser realizada se refere à utilização dos drones na rastreabilidade de rebanhos, já que se percebe um *gap* na literatura acerca de tal assunto.

Em suma, percebe-se de maneira clara o potencial da utilização de drones na agricultura em todos os campos possíveis, desde a produção acadêmica até a utilização e entendimento dos produtores a respeito da potencialidade de tal ferramenta para o seu negócio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBADE, E.B. O papel do agronegócio brasileiro no seu desenvolvimento econômico. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 9, n. 3, p. 149-158, 2014.
- ANDRADE, J.M.A. et al. Avaliação de RPAs para pulverização em diferentes culturas. **Ingeniería y Región**, v. 20, p. 81-87, 2018.
- ARTIOLI, F.; BELONI, T. Diagnóstico do perfil do usuário de drones no agronegócio brasileiro. **Revista iPecege**, v. 2, n.3, p. 40-56, 2016.
- ASSAD, E. D. Sustentabilidade no Agronegócio Brasileiro. p. 52, 2012.
- ASSAIANTE, B.A.S.; CAVICHIOLI, F.A. A utilização de veículos aéreos não tripulados (VANT) na cultura da cana-de-açúcar. **Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 444-455, 2020.
- AZEVEDO, F. R. DE; FREIRE, F. DAS C. O. Tecnologia de aplicação de defensivos. **Embrapa Agroindústria Tropical**, p. 48, 2006.
- BARBIZAN, R.Z.; CAVICHIOLI, F.A. Uso de drones na pulverização da agricultura 4.0. **Interface Tecnológica**, v. 19, n. 2, p. 584-596, 2022.
- 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.
- BOLFE, E. L. et al. Desafios, tendências e oportunidades em agricultura digital no Brasil. In: **Agricultura Digital: Pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas**. p. 380-406, 2020.
- CALLADO, A. A. C.; CALLADO, A. L. C. Custos : Um Desafio Para a Gestão No Agronegócio. **VI Congresso Brasileiro de Custos**, p. 12, 1999.
- CARVALHO, B.R. et al. Drone para pulverização agrícola e de inseticidas. In: **III Encontro de Desenvolvimento de Processos Agroindustriais**, Uberaba, 29 e 30 nov., 2019.
- CAVALCANTE, W.S.S. et al. Tecnologias e inovações no uso de drones na agricultura. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 7108-7117, 2022.
- CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**, v. 22, n. 1, p. 115-127, 2013.
- COELHO, A. M. Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. **Documentos / Embrapa Milho e Sorgo**, v. 3, p. 60, 2005.
- CONFORTO, E. C.; AMARAL, D.C.; SILVA, S.L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, 8, 2011. Anais... Porto Alegre, 2011. p. 1-12.

CONTIERO, R. L.; BIFFE, D. F.; CATAPAN, V. **Tecnologia de Aplicação**. [s.l: s.n.].

CUNHA, J. P. A. R. DA et al. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 2, p. 343–351, abr. 2011.

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.

DORNELLES, M. E. et al. Inspeção Técnica De Tratores E Pulverizadores Utilizados Em Pulverização Agrícola. **Revista Engenharia Na Agricultura - Reveng**, v. 19, n. 1, p. 36–43, 2011.

DUTRA, R.M.S.; SOUZA, M.M.O. Impactos negativos do uso de agrotóxicos à saúde humana. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 13, n. 24, p. 127-140, 2017.

ESPIRIDIANO, T.L.; SANTOS, T.C.; AMARANTE, M.S. Agricultura 4.0: software de gerenciamento de produção. **Pesquisa e Ação**, v. 5, n. 4, p. 122-131, 2019.

FAGGION, F.; OLIVEIRA, C.A.S.; CHRISTOFIDIS, D. Uso eficiente da água: uma contribuição para o desenvolvimento sustentável da agropecuária. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 2, n. 1, p. 187-190, 2009.

FERNANDES, D.A. et al. Uso da água e sustentabilidade na agricultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.8, n. 5, p. 101-107, 2013.

FERRARI, F.; ROGGIA, S.; FELIX, F. L. Efeito do volume de calda, adjuvante e horário de aplicação sobre a eficiência de controle de percevejos em soja. v. d, p. 111- 118., 2014.

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. O agronegócio no Brasil: uma breve revisão histórica e conceitual. **Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios**, n. 50, p. 67-91, 2019.

FERREIRA et al. A contribuição e relevância do Agronegócio para o Brasil. **Revista CEDS**, v. 2, n. 10, p. 1-21, 2022.

FUNDO, U. D. E. P. Programa De Pós-Graduação Em Computação Aplicada Crop Drone : Uma Solução Para Coleta , Armazenamento E Disponibilização De Dados. 2016.

FURTADO, R. D.; HOFF, R. B. Pátio de descontaminação de aeronaves agrícolas Evolução técnica e legal 1. p. 74–85, 2017.

GANDOLFO, M.; SAUER, A.; JESUS, F. Demanda de água atual e futura nas aplicações de agroquímicos. v. d, n. February, 2008.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GODOY, A.S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995.

GOMES, C.S. Impactos da expansão do agronegócio brasileiro na conservação dos recursos naturais. **Cadernos do Leste**, v. 19, n. 19, 2019.

GOMES, E. G. Uso De Modelos Dea Em Agricultura: Revisão Da Literatura. **Engevista**, v. 10, n. 1, 2010.

GOMES, E. G.; MANGABEIRA, J. A. DE C. Uso De Análise De Envoltória De Dados Em Agricultura: O Caso De Holambra. **Engevista**, v. 6, n. 1, p. 19–27, 2010.

GERHARDT, T.E.; SILVEIRA, D.T. Métodos de pesquisa. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil–UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica–Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, v. 2, 2009.

GUIMARÃES, V. F. et al. **Uso de bactérias diazotróficas no Oeste do Paraná: eficiência agrônômica de bactérias promotoras de crescimento de plantas dos gêneros *Azospirillum* e *Herbaspirillum* em gramíneas**. [s.l.: s.n.].

GONÇALVES, V.P.; CAVICHIOLI, F.A. Estudo das funcionalidades dos drones na agricultura. **Interface Tecnológica**, v. 18, n. 1, p. 321-331, 2021.

IDARON. **Idaron alerta para os riscos da utilização irregular de drones na aplicação de agrotóxicos**. Disponível em: <[INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C. Agricultura de precisão. In: **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 21-33.](http://www.idaron.ro.gov.br/index.php/2023/03/13/idaron-alerta-para-os-riscos-da-utilizacao-irregular-de-drones-na-aplicacao-de-agrotoxicos/#:~:text=mar%C3%A7o%2013%2C%202023-,Idaron%20alerta%20para%20os%20riscos%20da%20utiliza%C3%A7%C3%A3o,drones%20na%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20de%20agrot%C3%B3xicos&text=Aplica%C3%A7%C3%B5es%20irregulares%20podem%20comprometer%20nascentes,sa%C3%BAde%20de%20animais%20e%20pessoas.>. Acesso em: 17 jun. 2023.</p>
</div>
<div data-bbox=)

JANK, M. S.; NASSAR, A. M.; TACHINARDI, M. H. Agronegócio e comércio exterior brasileiro. **Revista USP**, v. 0, n. 64, p. 14, 2005.

JOBIM, L.S. **Avaliação de diferentes técnicas de pulverização com base em agricultura de precisão**. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação Profissional em Agricultura de Precisão. 65f. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

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.

LIMA, T.C.S.; MIOTO, R.C.T. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Rev. Katál. Florianópolis**, v. 10, n. esp, p. 37-45, 2007.

- 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.
- MARTINS, H.H.T.S. Metodologia qualitativa de pesquisa. **Educação e Pesquisa**, v. 30, n. 2, p. 289-300, 2004.
- MENTEN, J.O.M. et al. Legislação ambiental e uso de defensivos agrícolas. **Citrus Research & Technology**, v. 32, n. 9, p. 109-120, 2011.
- MESQUITA, A. et al. O avanço dos drones. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, p. 20-25, 2019.
- MERLADETE, A. **Novas regras da ANAC devem impactar pulverização por drones?** Disponível em: < https://www.agrolink.com.br/noticias/novas-regras-da-anac-devem-impactar-pulverizacao-por-drones-_478018.html>. Acesso em: 05 abr. 2023.
- MONTOYA, M.A.; FINAMORE, E.B. Os recursos hídricos no agronegócio brasileiro: uma análise insumo-produto do uso, consumo, eficiência e intensidade. **Revista Brasileira de Economia**, v. 74, n. 4, p. 441-464, 2020.
- MOURA, A.P. **Manejo integrado de pragas: estratégias e táticas de manejo para o controle de insetos e ácaros-praga em hortaliças.** EMPRAPA, Brasília, 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1021780/manejo-integrado-de-pragas-estrategias-e-taticas-de-manejo-para-o-controle-de-insetos-e-acaros-praga-em-hortalicas>>. Acesso em: 14 jan. 2023.
- NASCIMENTO, R. **Aplicações de pulverização na agricultura com drone rendem até 12 hectares por hora.** Disponível em: <<https://mundoconectado.com.br/noticias/v/27596/aplicacoes-de-pulverizacao-na-agricultura-com-drone-rendem-ate-12-hectares-por-hora>>. Acesso em: 25 fev. 2023.
- NETO, J.O.S.; SASAKI, R.S.; ALVARENGA, C.B. Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) para aplicação de agrotóxico. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. 1-9, 2021.
- NETO, M.F.; FURLANETO, F.P.B. Estudo sobre a responsabilidade decorrente do uso de "veículo aéreo não tripulado" (drone) no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. 1-10, 2022.
- 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, T.E. et al. O agronegócio da água. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 9, n. 4, p. 785-802, 2016.
- OLIVEIRA, V.L.C. et al. Estudo dos agronegócios 4.0 - Tecnologias, desafios e benefícios nos Agronegócios. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, p.1-13, 2022.
- OLIVEIRA, V.R. de et al. Depósito de inseticida em diferentes estratos da planta de soja obtido

na pulverização com drone. In: **XVI Jornada Acadêmica da Embrapa Soja**, p. 157-163, 2021.

OLIVEIRA e SILVA, M.F.; COSTA, L.M. A indústria de defensivos agrícolas. **BNDES Setorial**, n. 35, p. 233-276, 2012.

PAMPLONA, J.B.; SILVA, M.A.R. Adoção da agricultura de precisão na América do Sul: o estado da arte em Argentina, Brasil e Colômbia. **Gestão & Regionalidade**, v. 35, n. 105, p. 218-244, 2019.

PEDRINI, B. **Área tratada com defensivos agrícolas cresce 12,1% em 2021, informa Sindiveg**. Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/noticias/area-tratada-com-defensivos-agricolas-cresce-121percent-em-2021-informa-sindiveg>> Acesso em: 13 jan. 2023.

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.

PULVERIZAÇÃO NA CULTURA DO CITROS. 2020. que permite estimar custos de produção em nível de empresas e de organizações de produtores agrícolas. Para uma ágil disseminação deste. **Dados**, [s.d.].

REIPS, L.; GUBERT, L.C. Drones como ferramenta de apoio para agricultores do Rio Grande do Sul. **Rev. UFG**, v. 19, p. 1-19, 2019.

REIS, G. N. DOS et al. Manutenção de tratores agrícolas e condição técnica dos operadores. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 282–290, 2005.

RIBEIRO, L.A.O. et al. Panorama sobre o uso de agrotóxicos no Brasil (2009-2019): Riscos, benefícios e alternativas. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 189-203, 2022.

SAMSUDIN, C. M. **Konstruksi Pemberitaan Stigma Anti-China pada Kasus Covid-19 di Kompas.com**, v. 68, n. 1, p. 1–12, 2020.

SANTIAGO, A.D.; ROSSETTO, R. **Manejo integrado de pragas e doenças**, EMBRAPA, 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/manejo/fitossanidade/manejo-integrado-de-pragas-e-doencas>>. Acesso em 13 jan. 2023.

SAUSEN, D. et al. Tecnologias que auxiliam a produção sustentável de alimentos. **RECoDAF**, v. 7, n. 1, p. 16-42, 2021.

SCHMIDT, F. **A aviação agrícola no Brasil: Um modelo para seleção de aviões com uso da programação linear**. Dissertação (mestrado). 105f. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2006.

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, L.O. et al. Agrotóxicos: a importância do manejo adequado para manutenção da saúde. **Nature and Conservation**, v. 12, n. 1, p. 10-20, 2019.
- SILVA, M.C.M.; RODRIGUES, J.M.A.; YAMASHITA, O.M. Impacto da pandemia de COVID-19 no agronegócio brasileiro. **Colloquium Socialis**, v. 5, n. 1, p. 63-70, 2021.
- SILVA, M. F. DE O.; COSTA, L. M. DA. A indústria de defensivos agrícolas. **Produção BNDES - Artigos**, v. 35, n. 1, p. 233-276, 2012.
- 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.
- SIMON, P. C. et al. Meio ambiente e saúde: perspectiva dos produtores rurais frente ao uso de defensivos agrícolas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, p. e49611831394, 2022.
- SOARES, P. L. M. et al. **Controle biológico de fitonematoides com fungos nematófagos**. [s.l: s.n.].
- SOARES, S.V.; PICOLLI, I.R.A.; CASAGRANDE, J.L. Pesquisa bibliográfica, pesquisa bibliométrica, artigo de revisão e ensaio teórico em administração e contabilidade. **Administração: Ensino e Pesquisa**, v. 19, n. 2, p. 308-339, 2018.
- SOSSA, C.O.; DUARTE, L.B. Análise da competitividade internacional do agronegócio brasileiro no período de 2003 a 2013. **Desenvolvimento em Questão**, v. 17, n. 49, p. 59-78, 2019.
- SOUZA, A. DE; LOURENZANI, W. L.; QUEIROZ, T. R. Análise Da Evolução Da Tecnologia De Aplicação De Produtos Fitossanitários. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v. 27, n. October 2010, p. 13, 2010.
- TOLEDO, L.A.; SHIAISHI, G. F. Estudo de caso em pesquisas exploratórias qualitativas: um ensaio para a proposta de protocolo de estudo de caso. **REV. FAE**, v. 12, n. 1, p. 103-119, 2009.
- TRIGO, I.A. et al. Uso de tecnologia na rastreabilidade do rebanho de corte. **Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 381-391, 2018.
- TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M.F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 159-163, 2002.
- VEIGA, M. M. et al. A contaminação por agrotóxicos e os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 32, n. 116, p. 57-68, dez. 2007.
- VELASCO, L.O.M.; CAPANEMA, L.X.L. O setor de agroquímicos. **BNDES Setorial**, n. 24, p. 69-96, 2006.
- 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.

VILLAFUERTE, A. et al. Agricultura 4.0 – Estudo de inovação disruptiva no agronegócio brasileiro. In: *9th International Symposium on Technological Innovation*, v. 9, n. 1, p. 150-162, 19-21 set. 2018.