

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Revisão bibliográfica: Uso de drones no controle químico e
biológico de pragas agrícolas**

Lucas Silva Dos Santos

Trabalho de conclusão de curso apresentado como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo

**Piracicaba
Ano 2024**

Lucas Silva Dos Santos

Revisão bibliográfica: Uso de drones no controle químico e biológico de pragas agrícolas

Orientador(a):
Prof. Dr. JOSÉ MAURÍCIO SIMÕES BENTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo

**Piracicaba
2024**

DEDICATÓRIA

Crê-se que em todas as etapas da vida, o início deve ser comemorado e o encerramento enaltecido, portanto, não é possível a realização deste trabalho sem dedicá-lo as pessoas presentes que foram extremamente importantes nessa trajetória acadêmica e pessoal.

Primeiramente, dedico a Deus, por cada oração ouvida, cada graça atendida e por cada pessoa colocada nessa trajetória, pois sem Ele, nada disso seria possível.

Em segundo ponto, dedico a minha família que sempre me apoiou nas minhas escolhas e que sempre estiveram presentes em cada etapa da minha vida, sendo fundamentais, já que são minha base.

Em terceiro ponto, dedico imensamente ao Dr. Luiz Vicente de Souza Queiroz e sua esposa Dra. Ermelinda Ottoni de Souza Queiroz, dos quais realizaram seu sonho construindo a gloriosa, e através deste sonho, puderam formar, ano após ano, uma legião denodada de pessoas que aspiram vencer.

Em quarto ponto, porém, não menos importante, dedico ao meu orientador Prof. Dr. José Maurício Simões Bento, por aceitar entrar nessa jornada e me orientar nessa revisão, sendo importante para a conclusão dessa fundamental peça.

AGRADECIMENTOS

Acredito que tudo na vida é marcado por pessoas que compartilham os momentos ao seu lado, independente se são tristes ou felizes, simples ou complexos, pequenos ou grandiosos, marcantes ou facilmente esquecidos, e, em meio a isso, a essas pessoas, o agradecimento é a mais sutil forma de dizer que foram fundamentais para quem você é neste momento.

Ao meu pai, agradeço por sempre me mostrar o caminho certo a seguir e me mostrar diariamente o que de fato é ser um homem.

A minha mãe, agradeço por sempre me mostrar que com carinho, bondade e educação se conquista o mundo sem precisar pisar em ninguém.

Aos meus avós, que sempre foram segundos pais, e que sempre me inclinaram a fazer o certo, independentemente do quão difícil isso possa ser.

A minha noiva, Barbara, que salvou a minha vida em diversos aspectos, e que nos maiores momentos de dificuldade, sempre esteve do meu lado e nunca desistiu de mim.

Aos meus sogros que me acolheram como família.

E a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para este momento, amigos, profissionais e professores.

A todos vocês saibam que tenho a maior gratidão do mundo, que levarei vocês aonde forem no meu coração, e que sem vocês nada disso seria possível. Dito isso, obrigado por tanto.

EPÍGRAFE

"E, se bem que seja obscuro
Tudo pela estrada fora,
E falso, ele vem seguro,
E, vencendo estrada e muro,
Chega aonde em sono ela mora.
E, inda tonto do que houvera,
A cabeça, em maresia,
Ergue a mão, e encontra hera,
E vê que ele mesmo era A Princesa que dormia."

Fernando Pessoa

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| RESUMO..... | 6 |
| ABSTRACT..... | 7 |
| LISTA DE FIGURAS..... | 8 |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS..... | 9 |
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 Objetivos Gerais | 12 |
| 1.2 Objetivos Específicos | 12 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 14 |
| 2.1 Panorama brasileiro | 14 |
| 2.2 Tipos de drones | 15 |
| 2.3 Legislação regulamentadoras para uso de drones..... | 16 |
| 2.3.1 Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC..... | 16 |
| 2.3.2 Departamento de Controle de Espaço Aéreo – DECEA..... | 18 |
| 2.4 Drones na agricultura..... | 19 |
| 2.4.1 Drones na pulverização..... | 19 |
| 2.4.1.1 <i>Controle biológico: Vírus</i> | 20 |
| 2.4.1.2 <i>Controle biológico: Fungos</i> | 21 |
| 2.4.1.3 <i>Controle biológico: actérias</i> | 23 |
| 2.5 Drones na liberação de agentes biológicos..... | 25 |
| 2.5.1 Drones utilizados no controle biológico..... | 27 |
| 3 METODOLOGIA | 29 |
| 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 31 |
| REFERÊNCIAS..... | 33 |

RESUMO

Revisão bibliográfica: Uso de drones no controle químico e biológico de pragas agrícolas

Atualmente, quando se fala de agricultura, alguns aspectos e fatores são levados em consideração, principalmente aqueles relacionados ao aumento de produção de alimentos tanto em escala local, nacional e mundial, de maneira sustentável. A partir disso, o setor agrícola, nas últimas décadas vem utilizando tecnologias cada vez mais inovadoras e eficientes com a finalidade de atingir maiores patamares produtivos, como, por exemplo, o uso de veículos aéreos não tripulados (VANTS). Os drones por serem ferramentas que apresentam alta versatilidade, alta possibilidade de associação com outras tecnologias, oferecem soluções para diversos empecilhos na agricultura atual, sendo fundamentais para um setor que almeja aumento de produtividade e redução de recursos empregados. Ou seja, este trabalho, teve como base uma revisão bibliográfica sistemática descritiva com o objetivo de compreender o uso de drones em uma das áreas da agricultura que mais necessita de atenção, o controle de pragas em culturas plantadas em território brasileiro. A revisão bibliográfica sistemática descritiva foi realizada sobre a literatura disponível, em bancos de dados da universidade, revistas científicas, artigos acadêmicos, consultas com empresas especializadas nesse setor e com usuários dessa tecnologia afim de revisar a bibliografia e atualizá-la com quesitos práticos de empresas e produtores. Portanto, galgados destas considerações, o trabalho teve como conclusão a avaliação das informações em busca dos manejos utilizados a partir de drones.

Palavras-chave: Agricultura, VANT, Drones, Pragas, Produtividade

ABSTRACT

Literature review: Use of drones in the chemical and biological control of agricultural pests

Nowadays, when it comes to agriculture, certain aspects and factors are taken into consideration, especially those related to increasing food production on a local, national and global scale, in a sustainable manner. In recent decades, the agricultural sector has been using increasingly innovative and efficient technologies in order to achieve higher levels of production, such as the use of unmanned aerial vehicles (UAVs). Since drones are highly versatile tools that can be combined with other technologies, they offer solutions to a number of current agricultural problems and are essential for a sector that aims to increase productivity and reduce the amount of resources used. In other words, this work was based on a descriptive systematic literature review with the aim of understanding the use of drones in one of the areas of agriculture that needs the most attention: pest control in crops planted in Brazil. The descriptive systematic bibliographic review was carried out on the available literature, consultations with companies specializing in this sector and with users of this technology in order to review the bibliography and update it with the practical requirements of companies and producers. Therefore, based on these considerations, the work concluded with an evaluation of the information in search of the management used with drones.

Keywords: Agriculture, UAV, Pest, Productivity

LISTA DE FIGURAS

| | |
|------------------------------------|----|
| Figura 1 – DJI T20..... | 26 |
| Figura 2 – DJI T40..... | 26 |
| Figura 3 – DJI Phantom 4 Pro | 27 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| QUADRO 1 – Regulamentação quanto aos tipos de operação com drones..... | 15 |
| QUADRO 2 – Resumo da regulamentação ANAC..... | 16 |
| QUADRO 3 – Alturas e solicitações de voo para regulamentação pelo CEPEA..... | 17 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---------------|---|
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| CONAB | Companhia Nacional de Abastecimento |
| OMC | Organização Mundial do Comercio |
| VANT | Veículos não tripulados |
| MAPA | Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento |
| ANAC | Agência Nacional de Aviação Civil |
| BVLOS | <i>Beyond Vision Line of Sight</i> (Além do Campo de Visão) |
| VLOS | <i>Vision Line of Sight</i> (Campo de Visão) |
| EVLOS | <i>Extended Vision Line of Sight</i> (Campo de Visão Estendida) |
| DECEA | Departamento de Controle de Espaço Aéreo |
| ARARA | Aeronave de Reconhecimento Assistida por Rádio e Autônoma |
| CTA | Centro Tecnológico Aeroespacial |
| SINDAG | Sindicato Nacional das Empresas de Aviação Agrícola |
| UBV | Ultrabaixo volume |
| UNESP | Universidade Estadual Paulista |

1 INTRODUÇÃO

Segundo a ONU (Organização das Nações Unidas), cerca de 840 milhões de pessoas, em 2022, se encontram famintas ou subnutridas no mundo. Essa informação, embora alarmante, ressalta a importância do setor que produz alimentos, e a necessidade, desse mesmo setor, em produzir cada vez mais para cada vez mais pessoas no globo, pois segundo a teoria de Malthus, a população cresce em progressão geométrica, enquanto a produção de alimentos não a acompanha, crescendo em produção aritmética. Essa teoria, embora conhecida desde os tempos antigos, é atual, sendo observada, com cada vez mais preocupação, por diversas organizações e pesquisadores.

Em um planeta totalmente conectado através dos avanços tecnológicos diários, informações de demorariam meses para serem transmitidas, até anos, nos dias de hoje chegam em segundos em qualquer lugar do planeta, isso reforça a importância das pessoas se solidarizarem sobre a fome uma das outras, de eventos climáticos destrutivos que são observados com cada vez mais frequência, tudo isso relacionado ao descuido com o meio ambiente, e ao desperdício constante de alimento. Isso reforça a prerrogativa que polos de produção de alimentos tem a necessidade e o dever de se atualizarem cada vez mais para produzir mais de forma sustentável para suprir e nutrir a humanidade como um todo.

O Brasil, constantemente demonstra sua importância, em termos de produção de alimento, em âmbito mundial. Segundo a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), na safra 22/23, o Brasil é líder de produção de soja do mundo, com cerca de 151,4 milhões de toneladas produzidas, além de ser o terceiro maior produtor de milho, e maior exportador de carne bovina do mundo; o que reforça a fala da diretora da OMC (Organização Mundial do Comercio), Okonjo-Iweala apud Piva (2022) “O mundo não sobrevive sem a agricultura brasileira. Precisamos pensar nos desafios futuros, não só do Brasil, mas do mundo todo”.

Diante dessa responsabilidade, a agricultura brasileira, durante as últimas décadas vem aderindo a uma série de tecnologias, onde o termo tecnologia é utilizado para englobar uma série de mudanças técnicas e nos modelos de produção culminando em aumento de produtividade e redução do custo médio dessa produção (Vasconcelos e Garcia, 2005 *apud* Gelinski, 2012).

Portanto, através do uso dessas tecnologias por parte de produtores rurais brasileiros, pode-se ver que nos últimos 20 anos o rendimento dos grãos do Brasil dobrou (Rodrigues, 2013, p. 24 *apud* Ramin; Lima; Barbosa, 2021), representando o poder do setor agrícola brasileiro mediante a adaptação e ao uso constante de ferramentas inovadoras.

Segundo o Professor Sentelhas, (2016) importante pesquisador e especialista na área de Agrometeorologia, o conceito agrícola *Yield Gap*¹ é um indicador de quanto se está deixando de produzir por conta de práticas de manejo que não são ótimas. Corroborando com este conceito, e com o aumento constante da necessidade de se produzir mais, as pragas e doenças agrícolas são um importantíssimo fator que aumentam esse *gap*, representando sérios problemas, entre eles, danos socioeconômicos intensos ao produtor e ao sistema produtivo. Mediante a isso, uma série de medidas vem sendo observadas nos últimos anos, tanto no Brasil quanto em âmbito mundial, e o uso de mecanizações cada vez mais modernas é uma delas (Campanhola; Bettiol; s/d, p.1 *apud* Ramin; Lima; Barbosa, 2021).

Em uma sociedade moderna, onde constantemente há acesso a novas tecnológicas, a agricultura de precisão, que segundo Lamparelli (2016) *apud* Oliveira *et al.*, (2020) é definida por um conjunto de técnicas que permitem fazer um cultivo localizado, prevendo otimização de insumos, associada a agricultura 4.0, obteve um grande avanço, já que sistemas de sensoriamento são cada vez mais precisos, sistemas de georreferenciamento são cada vez mais adaptados ao campo, conciliando conectividade e automação (Esperidião *et al.* 2019 *apud* Oliveira *et al.*, (2020) e, a partir disso, houve uma grande possibilidade de associação dessas tecnológicas com a utilização de veículos não tripulados (VANT), sendo utilizados desde a análise visual de áreas, a, atualmente, aplicações aéreas de defensivos e biológicos para o controle de pragas e doenças (Hott; *et. al.*, 2018, p. 1, 2 e 3).

Ao que diz respeito aos veículos aéreos não tripuláveis, ou drones, apresentam um menor custo para sua aquisição, uma maior facilidade para seu uso,

¹ *Yield Gap*, é definida como a diferença entre distintos tipos de produtividade para uma condição específica de cultivo, e serve para identificar as possíveis causas da redução da produtividade. SENTELHAS, Paulo Cesar *et al.* **Yield gap: conceitos, definições e exemplos**. Informações Agronômicas, n. 155, p. 9-12, 2016. Disponível em: <http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/9C05063FB033C24A83258042004C8594/>. Acesso em: 11 dez. 2023.

e apresentando, em determinadas situações, uma eficiência operacional e de controle de pragas alta (Andrade, p.1, 2016 *apud* Ramin; Lima; Barbosa, 2021).

Porém, vale ressaltar que para determinados usos, e determinados tipos de drones, uma certificação é exigida, atendendo toda instrução normativa do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), além de uma série de recomendações da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

Devido a necessidade de aumentar a produtividade brasileira, por ser, segundo levantamento da Conab, um dos países de maior impacto mundial nesse contexto, o manejo eficiente, principalmente de pragas, deixa de ser uma opção e passa a ser uma obrigação de setor produtivo. Mediante a isso, uma série de medidas vem sendo observadas nos últimos anos, tanto no Brasil quanto em âmbito mundial, e o uso de mecanizações cada vez mais modernas é uma delas (Campanhola; Bettiol; 2003).

Ao que diz respeito ao controle biológico de pragas, esse manejo está associado, em algumas culturas como o principal mecanismo de controle, já que o uso de químicos se torna inviável por não atingir algumas fases do inseto-praga potencialmente danosas ou pelo uso de inseticidas sistêmicos inviabilizar a venda do produto agrícola, como é o caso da Broca na cultura da cana de açúcar. Ou seja, sob algumas nuances, o controle biológico é a única opção de controle, e nesse aspecto, o uso conciliado com drones para dispersão e aplicação a torna extremamente versátil e eficiente.

1.1 Objetivos gerais

O objetivo do presente trabalho é analisar os principais tipos de manejo em aplicações por drones visando controle de pragas agrícolas, sendo manejo químico e biológico.

1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Revisar a literatura e os conceitos referente a história e implementação do uso de drones na agricultura.

- Analisar as principais pragas controladas pela aplicação com drones em território nacional, seja pela aplicação de químicos e/ou biológicos.
- Caracterizar os principais tipos de drones utilizados em território nacional para controle de pragas.
- Realizar considerações finais pareadas em todo contexto do trabalho para justificar o uso e eficiência dos drones em determinadas situações.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Panorama brasileiro

Em território nacional, os primeiros relatos de drones foram datadas da década de 80, por meio do Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA) que lançou o projeto Acauã com fins militares. Contudo, na mesma época, os drones surgiram aplicados na área agrícola no projeto ARARA (Aeronave de Reconhecimento Assistida por Rádio e Autônoma) com a finalidade de substituição de aeronaves tradicionais que monitoravam áreas sujeitas a problemas ambientais (Jorge, 2001; Medeiros, 2007 *apud* Pertille, 2019).

Atualmente, cerca das 80 mil aeronaves não tripuladas cadastradas em 2021 pela Agência Nacional de Aviação Civil (Anac), 1,87% eram destinadas para a agricultura em solo brasileiro (Casagrande, 2022). Segundo uma projeção do Sindicato Nacional das Empresas de Aviação Agrícola (SINDAG) para 2026, o número de Vants cadastrados deve aumentar para 93 mil (AgroAdvance, 2022). A partir desses dados, o pesquisador Vicente Conargo, da UNESP, em entrevista menciona que o crescimento tem sido muito grande no setor de drones no Brasil, entre 2021 e 2022, o número de registros na agência aumentou cerca de 76%. (Mello, 2023)

Isso demonstra que diversas empresas estão prestando atenção nessa evolução, em entrevista ao Jornal *AgFeed*, Gabriel Colle, diretor executivo do SINDAG, afirma que empresas especializadas em aviação agrícola estão incorporando drones em seu portfólio para atender esse mercado em total ascensão.

Uma das justificativas para esse aumento constante da utilização de drones no âmbito brasileiro e mundial, segundo Vicente Conargo, é o custo operacional desses equipamentos 60% mais barato que os aviões agrícolas tradicionais, cerca de R\$250,00 a hora. Sendo que as principais funções observadas para uso de drones no agronegócio são o monitoramento de lavouras, promoção de sustentabilidade e aplicação de insumos, que por sua vez, há uma tendência exponencial nessa categoria para aplicação de produtos biológicos nas lavouras, seja para controle de pragas ou doenças. (Mello, 2023).

Segundo Artioli; Beloni (2016), o perfil dos usuários de VANT no agronegócio brasileiro, como alternativa tecnológica na agricultura de precisão (Zarco, 2012 *apud*

Artioli; Beloni, 2016), apesar de uma carência de informação, é definido por um mercado, que é caracterizado por pessoas ou organizações com necessidade, recursos e disposição para comprar o equipamento (Armstrong, 2007 *apud* Artioli; Beloni, 2016), cujas principais características socioeconômicas são faixa salarial acima de 10 salários, e proprietários de terra.

2.2 Tipos de drones

A classificação dos drones é realizada a partir de uma série de fatores, sendo eles sua categoria funcional como: alvos, sistemas de reconhecimento ou monitoramento, combate, logística ou de pesquisa, além do seu alcance e altitude. A partir disso, temos os VANTs classificados como:

- De mão (alcance de um raio de 2 km e 600 m de altitude);
- Curto alcance (alcance de um raio de 10 km e 1500 m de altitude);
- OTAN (alcance de 50 km e 3000 m de altitude);
- Tático (alcance de 160 km e 5500 m de altitude);
- MALE (altitude média, alcance longo), até 9000 m de altitude e alcance de 200 km;
- HALE (altitude alta, alcance longo), acima de 9100 m e altitude e alcance indefinidos;
- HIPERSÔNICO, 15200 m de altitude e alcance acima de 200 km;
- ORBITAL em baixa órbita;
- CIS, transporte lua-terra.

Porém, outra classificação pode ser feita, de acordo com a necessidade. Ou seja, são classificados de acordo com sua aplicação, seu peso, suas dimensões e quantidade de motores (Da Silva *et al*, 2014 *apud* Cardoso, 2023). E são:

- Asa fixa:

Sua aparência é semelhante à de grandes aeronaves, possuindo asa rígida, fuselagem e caldas (Lopes, 2018 *apud* Cardoso, 2023). Sendo aconselhável seu uso em situações de voos ao ar livre, demandando menor quantidade de energia e por consequência maior autonomia de voo, possibilitando cobrir uma área maior. Quanto a sua velocidade, por não atingir valores altos, é ideal para se obter imagens de qualidade superior, portanto, sendo utilizadas para georreferenciamentos, e funções

que necessitem de monitoramento amplos. (Da Silva *et al.*, 2014 *apud* Cardoso, 2023; Figueiredo; Saotome, 2012 *apud* Cardoso, 2023).

- Asa rotativa:

São aqueles que possuem multirotores em sua estrutura, sendo semelhantes a helicópteros, sendo sustentados pela rotação de pás. É aconselhável sua utilização para áreas de difícil acesso, e ambientes mais apertados, já que sua estrutura possibilita uma alta capacidade de realizar manobras e por atingirem velocidades mais baixas (Lopes, 2018 *apud* Cardoso, 2023).

2.3 Legislação regulamentadoras para uso de drones

2.3.1 Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC

A ANAC estabelece o uso de drones para usos recreativos e profissionais, podendo ser controladas por pessoas físicas e jurídicas. Para isso, a agência regulamentou essa utilização por meio da divisão de categorias de drones, sendo o fator de caracterização o peso do equipamento:

- Classe 1: drones acima de 150 kg
- Classe 2: drones entre 25 kg e 150 kg
- Classe 3: drones entre 250 g e 25 kg

A ANAC possui uma regulamentação específica para as diferentes operações com drones, onde a forma de voo do drone é o principal fator para a definição das regras. Segundo a agência, existem duas formas de voo de drones, a forma autônoma ou automatizada; e a forma não autônoma.

As siglas das operações vêm do inglês:

- BVLOS: *Beyond Vision Line of Sight* (Além do Campo de Visão)
- VLOS: *Vision Line of Sight* (Campo de Visão)
- EVLOS: *Extended Vision Line of Sight* (Campo de Visão Estendida)

São regulamentadas as operações com drones (Quadro 1 e 2):

QUADRO 1 - Regulamentação quanto aos tipos de operação com drones.

| | |
|-----------------------|---|
| OBSERVADOR | Pessoa que, sem o auxílio de equipamentos, auxilia o piloto remoto na condução segura do voo mantendo contato visual direto com o drone |
| OPERAÇÃO BVLOS | Operação na qual o piloto mantém o drone dentro de seu alcance visual, mesmo com a ajuda de um observador |
| OPERAÇÃO VLOS | Operação na qual o piloto mantém contato visual direto com o drone |
| OPERAÇÃO EVLOS | Operação na qual o piloto e um observador mantem contato visual direto com o drone |

Fonte: CGU (2019)

QUADRO 2 – Resumo da regulamentação ANAC

| RESUMO DA REGULAMENTAÇÃO ANAC | | | |
|-------------------------------|---|----------|---|
| REGRAS | CLASSE 1 | CLASSE 2 | CLASSE 3 |
| Registro de aeronave | SIM | SIM | <ul style="list-style-type: none"> BVLOS: SIM VLOS: SIM |
| Aprovação do Projeto | SIM | SIM | BVLOS Acima de 120 m (400ft) |
| Idade mínima (18 anos) | SIM | SIM | SIM |
| Certificado médico | SIM | SIM | NÃO |
| Licença e Habilitação | SIM | SIM | Acima de 120 m (400ft) |
| Seguro contra Terceiros | SIM | SIM | SIM |
| Local de Operação | <ul style="list-style-type: none"> DISTÂNCIA DE 30 METROS DE PESSOAS ANUENTES BARREIRA FÍSICA ENTRE DRONE E AS PESSOAS NÃO SENDO APLICÁVEL A ORGÃOS DO GOVERNO, POLÍCIA E FISCALIZAÇÃO | | |

Fonte: CGU (2019)

Destaca-se que algumas atualizações foram realizadas em 2023 afim de adequar o uso crescente de drones no brasil e sua utilização no cenário agrícola brasileiro: Em abril só estavam aptos para voar de forma regular, os drones já registrados na agência e adequados às especificações da classe 3, já a classe 2, frequentemente utilizada em operações de pulverização agrícola, além do registro da ANAC, precisava ter uma pré-autorização a cada voo que fosse ser realizado. A partir dessa atualização, as normas referentes a classe 3 foram ampliadas para a categoria 2, porém somente em caso de operações aero agrícolas (Mello, 2023). Segundo Fábio Kagi (2022) diretor de Assuntos Regulatórios do *Sindiveg*, essa atualização era algo muito exigido pelo meio agrícola e por quem constantemente

utilizava do serviço aéreo para essas atividades, sendo um incentivo às boas práticas.

2.3.2 Departamento de Controle de Espaço Aéreo - DECEA

O DECEA é o órgão brasileiro que controla o espaço aéreo, sendo responsável a ele regulamentar a altura de voo de qualquer aeronave em espaço aéreo brasileiro. Ao que diz respeito aos VANTs, a portaria ICA 100-40/2017, regulamenta as alturas de voo que estes veículos podem operar.

O departamento separou em as alturas de voo em 3, sendo elas as principais, e com isso, para cada grupo de altura o órgão deverá receber uma solicitação de operação, e, a partir de análise, poderá ser autorizado ou não.

O quadro 3 a seguir, configura as solicitações necessárias para regulamentação de voo pelo DECEA:

QUADRO 3 – Alturas e solicitações de voo para regulamentação pelo CEPEA.

| TÓPICO | PROPOSTA ICA 100-40/2017 | OBSERVAÇÃO |
|------------------------------|--|--|
| VOO NOTURNO | LIBERADO | DRONE COM LED |
| VOO SOBRE PESSOAS | LIBERADO | CERTIFICAÇÃO ANAC |
| VOO ATÉ 30 METROS | ABAIXO DE 25kg 30m de distância 90 km/h | AUTORIZAÇÃO NO SISTEMA EM ATÉ 45 MINUTOS |
| VOO ENTRE 30 E 120 METROS | ABAIXO DE 25kg 50m de distância 90 km/h | AUTORIZAÇÃO NO SISTEMA EM ATÉ 2 DIAS |
| VOO ACIMA DE 120 METROS | EMIÇÃO DO EAC NOTAM | AUTORIZAÇÃO NO SISTEMA EM ATÉ 18 DIAS |
| ÁREAS FECHADAS | LOCAL FECHADO OU ABERTO NO LIMITE DE 30 METROS DE RAIO DO OBSTACULO | AUTORIZAÇÃO DO PROPRIETÁRIO |
| PRÓXIMO A PATRIMÔNIOS | AUTORIZADO SE APROXIMAR | AUTORIZAÇÃO DO PROPRIETÁRIO |
| CADASTRO NA WEB | NECESSÁRIO CADASTRO NO SISTEMA SARPAS | SISTEMA SARPAS |
| SOLICITAÇÃO DE VOO | NECESSÁRIO SOLICITAR AUTORIZAÇÃO DE VOO | SISTEMA SARPAS |

Fonte: CGU (2019)

2.4 Drones na agricultura

Bastos (2015 *apud* Luchetti, 2019) listou algumas funções de drones na agricultura, dos quais tem um papel fundamental na agricultura 4.0:

- Análise da plantação:

Análise da plantação, detecção de doenças e pragas, falhas no plantio. Por meio de um software, é possível fazer análise das imagens capturadas.

- Pulverização:

A pulverização de agroquímicos é um dos principais fatores para utilização de quem busca altos patamares produtivos e um bom retorno socioeconômico, sendo a aplicação mais eficiente, mais localizada, economizando recursos. Nessa conformação há a possibilidade da utilização de produtos e agentes biológicos, tornando essa função ainda mais inovadora e importante no agronegócio atual.

Em uma agricultura que exige cada vez mais tecnologia no campo para buscar inovação, conectividade e a partir disso um aumento de produtividade conciliada a tecnificação, as vantagens da utilização dos drones vem a calhar de maneira precisa, como:

- Menor custo,
- Rapidez,
- Eficiência,
- Qualidade de aplicações,
- Possibilidade de aplicações localizadas.

2.4.1 Drones na pulverização

Segundo (Agropós, 2021 *apud* Alarcão Júnior; Nuñez, 2023), a pulverização utilizando drones são semelhantes aos pulverizadores tradicionais utilizados na agricultura, como autopropelidos e pulverizadores montados. Porém, os que o diferenciam, são a eficiência e a economia observadas no processo. Já que drones conseguem utilizar caldas mais concentradas (devido a uma menor utilização de água), e aplicação em áreas localizadas (Alarcão Júnior; Nuñez, 2023), além da possibilidade de entrada na lavoura em condições de solo na capacidade de campo e nos diferentes estádios de desenvolvimentos das culturas sem causar amassamento (Carlesso; Bariviera, 2022 *apud* Alarcão Júnior; Nuñez, 2023).

Os VANTs e drones, possuem grande vantagem em comparação às aplicações terrestres, já que aqueles que possuem sua movimentação realizada por hélices, causam um vórtex, auxiliando na uniformidade de aplicação, largura da faixa de aplicação, e penetração das gotas no dossel da planta, aumentando sua eficiência (Carvalho, 2020 *apud* Carlesso; Bariviera, 2022).

De acordo com a Embrapa Soja – PR, 2018 *apud* Alarcão Júnior; Nuñez, 2023), a pulverização de drones agrícolas possuem desempenho bom no controle de duas pragas importantes na cultura, sendo elas o percevejo-marrom e a lagarta falsa medideira (*Rachiplusia nu.*). No caso do percevejo, os estudos mostram que a pulverização de drones possibilitou atingir a praga no interior do dossel da planta, onde pulverizações tradicionais não conseguiriam. Segundo Roggia (2021) *apud* Langraf (2023), a combinação de gotas pulverizadas e do efetivo movimento das hélices do drone (*downwash*) proporcionou maior penetração do inseticida. A lagarta falsa-medideira (*Rachiplusia nu.*), não vem sendo controlada pela soja Bt, devido à resistência do inseto. Com isso, Roggia (2021) *apud* Langraf, (2023) também avaliou a eficácia da aplicação do inseticida biológico *baculovirus* por drones na cultura da soja, aprovando seu uso pela vantagem operacional, permitindo aplicar o biológico em condições ambientais favoráveis ao seu sucesso (condições de umidade elevadas), que em alguns casos, a aplicação tratorizada apresentaria limitações.

2.4.1.1 Controle biológico: Vírus

Como dito nos parágrafos anteriores, a pulverização realizada por drones é semelhante àquelas realizadas por autopropelidos e pulverizadores montados, isso demonstra que as aplicações desses equipamentos, com as devidas adaptações, como horário de aplicação, também são encontradas nesses novos sistemas. Ou seja, vírus, fungos e bactérias usadas nas pulverizações tradicionais também podem ser encontradas naquelas realizadas por drones que realizam pulverização, e com a vantagem de serem mais precisos e eficientes. (Carvalho, 2020 *apud* Carlesso; Bariviera, 2022).

Ao que se refere a utilização de vírus no controle biológico de pragas, os *baculovirus* ganham destaque, por serem organismos altamente seletivos, onde cada tipo de vírus controlam uma determinada espécie-praga Oliveira *et al.*, 2003 *apud* Alarcão Júnior; Nuñez, 2023). Como, por exemplo, o *baculovirus AgMNPV*,

que controla a lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatilis*), onde o sucesso é dado pelo alto potencial de infecção do vírus e pela ausência de genes *quitinase* e *cathepsina* (Oliveira *et al.*, 2003 *apud* Alarcão Júnior; Nuñez, 2023). Porém, não há sinais de infecção no complexo da *Spodoptera* (*S. frugiperda*, *S. cosmioides* e *S. albula*).

As inovações nesse segmento são constantes e numerosas, onde em 2021, houve o lançamento da Embrapa em conjunto com a empresa suíça *Andermatt Biocontrol*, de um produto biológico capaz de provocar a morte de 100% da população da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), com nome comercial *Spodovir*, que utiliza a composição a base de um *baculovírus*. O *spodovir* foi registrado no MAPA para controle específico dessa praga, que atinge culturas como Milho, soja, sorgo, algodão, arroz, pastagens e hortaliças.

Fernando Hercos Valicente, (2021) *apud* Viana (2021, online) pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, desenvolvedor e responsável pela tecnologia na Empresa ressaltam que a grande vantagem desse produto biológico, também chamado de biodefensivo, é que ele não afeta o meio ambiente, não intoxica aplicadores, não mata os inimigos naturais das pragas (insetos benéficos), não polui rios e nascentes e não deixa resíduos nos alimentos a serem vendidos nos supermercados, contribuindo para uma melhor sustentabilidade e melhor qualidade do produto disponibilizado para os consumidores.

O único entrave na utilização do *baculovírus*, é a sua melhor ação em lagartas pequenas, de até 1cm, recém-nascidas, necessitando de um posicionamento e utilização correta do produto, já que sua ação depende da ingestão do inseto da folhagem com o insumo, ou seja, não possui ação de contato. (Valicente, 2021 *apud* Viana, 2021, online). Sua utilização aplicada por drones, em aplicações UBV (ultrabaixo volume), foram testadas em soja e algodão.

Segundo dados disponibilizados pela Embrapa, e pela engenheira agrônoma Viviane Dutra, 2021 *apud* Viana, (2021, online) responsável pela gerência da Andermatt Brasil, o custo de aplicação do produto, em 2021, seria de R\$ 72,42 por hectare para soja e milho.

2.4.1.2 Controle biológico: Fungos

A utilização de fungos no controle biológico de pragas é uma das ferramentas mais utilizadas e conhecidas nesse cenário, já que é de conhecimento geral que um dos principais inimigos naturais de lagartas são fungos presentes naturalmente nas lavouras. Ou seja, um dos principais *biocontroladores* da população de lagartas, em diversas culturas em que esta praga causa sérios danos econômicos, são fungos *entomopatogênicos*.

Segundo artigo publicado pela Syngenta, (Vallin, 2022) a crescente demanda por defensivos agrícolas, fez com que houvesse uma série de casos de resistência registrados em moléculas de produtos químicos, e, com isso, a utilização dos fungos e outros produtos biológicos são uma ferramenta importantíssima, com um menor impacto ambiental e eficaz. Alguns fungos ganham destaque nesse cenário biológico, como a *Entomophthora muscae*; *Zoophthora radicans*; *Beauveria bassiana*; *Metarhizium anisopliae*; *Nomuraea rileyi*.

O *Entomophthora muscae*, é um fungo que causa infecção em moscas, possuindo a capacidade de se multiplicar dentro do corpo da mosca adulta, ocasionando a sua morte (Vallin, 2022). Seu principal alvo são as moscas das frutas, transformando-as em zumbis, já que são capazes de liberar neurotransmissores no corpo das moscas, dando a elas somente algumas horas de vida (“Fungos *entomopatogênicos* | Controle biológico de pragas - *Thermomatic*”, 2023).

O *Zoophthora radicans*, é um fungo *entomopatogênico* capaz de afetar grande número de pragas, ganhando destaque pelo seu elevado potencial *epizoótico*, em especial sua eficácia contra lagartas, traças da ovelha, pulgões e outros (Vallin, 2022). As lagartas infectadas são a *P. includens* e a *Rachiplusia* nu. um importante cenário visto a resistência dessa lagarta as tecnologias bt. (

O *Beauveria bassiana*, naturalmente encontrado em algumas plantas e no solo, possui alta capacidade de controlar diversas pragas, cerca de 700 pragas (Imoulán *et al.*, 2017 *apud* Alliat, 2021), algumas com elevada importância agrícola, como cigarrinha do milho, mosca branca, percevejo, ácaros, broca do café (Vallin, 2022). Caracterizado por ser cosmopolita, ou seja, capaz de explorar uma vasta gama de ambientes (Imoulán *et al.*, 2017 *apud* Alliat, 2021).

O *Metarhizium anisopliae*, naturalmente encontrado nos solos, portanto sua ação é comumente observada na ação contra larvas de raízes, como a vaquinha do milho e o besouro de raízes dos cítricos, causando a doença chamada muscardina verde. Sua aplicação em território nacional, é amplamente utilizada em pastagens e

em canaviais, já que sua eficiência é alta e seu controle em questão de dias. (Vallin, 2022). Uma das vantagens de adotar esse fungo no controle biológico é sua capacidade de agir em qualquer fase de desenvolvimento dos insetos (larvas, ninfas, pupas, adultos), já que é facilmente dispersado (Paiva, 2022).

O *Nomuraea rileyi*, segundo Sosa Gomez (2021) um dos fungos mais conhecidos pelo seu ataque a duas lagartas importantes na cultura da soja, lagarta-da-soja e a falsa medideira, e sua eficiência contra elas, tendo eficiência ao ponto de ser desnecessária a aplicação de medidas de controle, caso haja condições favoráveis ao seu desenvolvimento, umidade relativa elevada (75% - 80%), isso conciliado a aplicações adequadas.

Vale a pena ressaltar que o cuidado para aplicação de fungos deve ser considerado, já que alguns fatores podem intervir na sua eficácia e sobrevivência, e uma delas é a compatibilidade das moléculas com agentes (Sosa Gomez (2021).

2.4.1.3 Controle biológico: Bactérias

A necessidade constante de novos recursos para a agricultura atinge ano após ano novos patamares, em 2009 a Embrapa apresentava um *bioinseticida* capaz de controlar diversas lagartas, um insumo a base de um isolado de bactéria que controla os insetos-alvo sem afetar o meio ambiente e a saúde humana (Praça; Castro; Pontes de, 2009). De acordo com a pesquisadora Rose Monnerat, essas bactérias estão naturalmente no solo e produzem uma proteína que mata as lagartas, agindo no intestino desses insetos, desde que comam folhagens com o *bioinseticida*, onde os esporos penetram no corpo, germinam e matam a larva por infecção generalizada (O Popular, 2009).

Das bactérias, as do gênero *Bacillus* ganham destaque pelo controle de diversas espécies, controlando de forma eficiente e satisfatória, além de apresentar outras vantagens, como não poluentes ao meio ambiente, ausência de toxicidade às plantas e especificidade ao inseto-alvo (Rohrig, 2021).

Outro fator satisfatório no uso de bactérias no controle biológico, é que esse organismo contra também doenças, sendo ainda mais efetivo para o aumento da produtividade necessária (Agrofit, 2021 *apud* Rohrig, 2021).

Segundo a tabela 1 feita pelo Agrofit, em 2021, há um posicionamento de bactérias da espécie *Bacillus*, cultura que pode ser utilizada e os alvos de controle (doenças e pragas):

QUADRO 4: Espécies de *Bacillus* disponíveis para o controle de pragas e doenças de plantas

| Espécie | Indicação de culturas para aplicação | Indicação de controle |
|--|--------------------------------------|---|
| 1. <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> | Indicado para todas as culturas | Antracnose (<i>Colletotrichum truncatum</i>) Mancha-de- <i>Phaeosphaeria</i> (<i>Phaeosphaeria maydis</i>) Antracnose (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>) Antracnose (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>) Mancha alvo (<i>Corynespora cassiicola</i>) Mofo-cinza (<i>Botrytis cinerea</i>) Oídio (<i>Sphaerotheca fuliginea</i>) Damping-off (<i>Rhizoctonia solani</i>) Mofo branco (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) Tombamento (<i>Pythium ultimum</i>) Queima-das-pontas (<i>Botrytis squamosa</i>) Podridão-negra (<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>) Pinta-preta (<i>Phyllosticta citricarpa</i>) Podridão-olho-de-boi (<i>Cryptosporiopsis perennans</i>) |
| 2. <i>Bacillus subtilis</i> | Todas as culturas | Antracnose (<i>Colletotrichum truncatum</i>) Antracnose (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>) Mancha de fusarium (<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>vasinfectum</i>) Mancha de fusarium (<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>phaseoli</i>) Damping off (<i>Rhizoctonia solani</i>) Podridão do colo (<i>Pythium aphanidermatum</i>) Tombamento (<i>Pythium ultimum</i>) Podridão-vermelha-da-raiz (<i>Fusarium solani</i> f.sp. <i>glycines</i>) Nematoide das galhas (<i>Meloidogyne javanica</i>) Nematoide-do-cisto-da-soja (<i>Heterodera glycines</i>) Nematoide-das-galhas (<i>Meloidogyne incognita</i>) Nematoide das lesões (<i>Pratylenchus brachyurus</i>) |
| 3. <i>Bacillus velezensis</i> , isolado CNPSo 3602 | Indicado para todas as culturas | Nematoide-das-galhas (<i>Meloidogyne incognita</i>) Podridão-vermelha-da-raiz (<i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>glycines</i>) |
| 4. <i>Bacillus pumilus</i> | Todas as culturas | Mancha púrpura da semente (<i>Cercospora kikuchii</i>) Mancha-parda (<i>Septoria glycines</i>) Mancha alvo (<i>Corynespora cassiicola</i>) |

| | | |
|----------------------------------|---------------------------------|--|
| 5. <i>Bacillus thuringiensis</i> | Indicado para todas as culturas | Lagarta-helicoverpa (<i>Helicoverpa</i> sp.) Traça-do-tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>) Lagarta-das-palmeiras (<i>Brassolis sophorae</i>) Broca-das-cucurbitáceas (<i>Diaphania nitidalis</i>) Lagarta-do-algodão (<i>Lagarta-do-algodão</i>) Bicho-furão (<i>Ecdytolopha aurantiana</i>) Lagarta da soja (<i>Anticarsia gemmatalis</i>) Lagarta-da-couve (<i>Ascia monuste orseis</i>) Lagarta-militar (<i>Spodoptera frugiperda</i>) Traça-das-crucíferas (<i>Plutella xylostella</i>) Lagarta-falsa-medideira (<i>Chrysodeixis includens</i>) |
|----------------------------------|---------------------------------|--|

Fonte: AGROFIT, 2021 *apud* Rohrig, 2021

2.5 Drones na liberação de agentes biológicos

Segundo Dr. José Roberto Postali Parra, professor da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, *apud* Veloso (2022) os drones são um dos principais responsáveis pelo crescimento expressivo da adoção do controle biológico, onde, segundo a Embrapa, o Brasil é considerado o líder mundial em tecnologias de controle biológico com drones, atendendo mais de 23 milhões de hectares somente no país.

Essa liderança é associada a uma série de fatores vantajosos que essa tecnologia traz ao setor agrícola, como substituição de trabalhos manuais, monitoramento de aplicações, acesso a áreas com restrições, melhor qualidade e eficiência de no controle, e alto rendimento, possibilitando a redução da utilização de insumos. Segundo Gustavo Scarpari, *apud* Veloso (2022) a pulverização com drones de agentes biológicos tem um enorme potencial devido a possibilidade de distribuição de maneira mais homogênea, respeitando os melhores horários e condições para o biológico fazer efeito, evitando perdas por morte do agente.

Diferente de bactérias, fungos, e vírus, há outros tipos de agentes biológicos que necessitam de adaptações para serem dispersados por drones, ou seja, a pulverização não é uma opção, já que tais biológicos são de níveis macroscópicos, como é o caso de vespas da *Cotesia flavipes*.

Em geral, vespas desempenham funções, e uma delas é atuar como inimigo natural, onde vespas predadoras contribuem para a regulação das populações de

insetos-praga, colaborando para o manejo desses insetos, reduzindo o uso de inseticidas (Gallo *et al.*, 2002 *apud* Gomes; Krug, 2017).

Como exemplo, na cultura da Cana de açúcar, o rendimento de aplicação por drone de *Cotesia flavipes*, utilizado no controle da broca da cana, fica em torno de 200-300 ha/dia (Scarpari, *apud* Veloso (2022)).

Atualmente, este serviço é utilizado para aplicação em culturas de cana-de-açúcar, milho, soja e sorgo, minimizando impactos ambientais negativos que os produtos químicos causam, possibilitando uma maior interação entre inimigos naturais e predadores com as pragas de interesse agrícola, além de possibilitar operações mais precisas e com menor custo (“Biológicos - Arpac Drones”, 2022).

Uma das principais formas de liberação de biológicos na lavoura é através de ovos ou por capsulas, garantindo, se bem planejada e executada, uma maior precisão de controle.

A liberação de *Trichogramma* por drone é feita pela liberação de ovos, que na lavoura irão eclodir e parasitar ovos das pragas alvos. A literatura indica que existam mais de 230 espécies do gênero *Trichogramma*, possuindo capacidade de parasitar cerca de 200 diferentes espécies de insetos (Dalla Nora, 2022). Atualmente, em uso no Brasil, existem agentes registrados para controle biológico com *Trichogramma*, sendo o *Trichogramma galloi* e o *Trichogramma pretiosum*. O *T. galloi* é responsável por parasitar os ovos da *Diatraea saccharalis*, principal praga na cana-de-açúcar; já o *T. pretiosum* é responsável pelo controle de ovos de lagartas, como a *Spodoptera frugiperda* (Dalla, 2022).

Segundo a Arpac drones (2022), a liberação na cultura da cana-de-açúcar é feita através da liberação de ovos de *Trichogramma galloi* através de tubetes, com altura de voo variando de 12 a 30m e com velocidade de cerca de 30 km/h. O modelo do drone utilizado pela empresa, é o Phantom 4 Pro escolhido pela sua facilidade de acoplação e liberação dos tubetes contendo o biológico.

A liberação da *Cotesia flavipes*, utilizada na cana-de-açúcar, tem a função de controlar a broca da cana, onde a vespa parasita a praga. Sua liberação é feita por drones através de capsulas, que é uma inovação para o setor, já que a maioria das usinas ainda faz a liberação do das vespas de forma manual no copinho, exigindo mão de obra. O grande diferencial da aplicação de drones, é o horário certo da aplicação da vespa, possibilitando o sucesso e saúde do agente biológico. (“Liberação de Cotesia - Arpac Drones”, 2022)

2.5.1 Drones utilizados no controle biológico

Pelas inúmeras vantagens da utilização de drones no território brasileiro, é comum observarmos várias lojas se envolvendo e entrando neste mercado, principalmente no cenário de venda e prestação de serviços.

Em conversa com a empresa *XMobots*, uma das maiores empresas de drones da América Latina, trabalhando com drones para mapeamento, pulverização agrícola, vigilância e defesa, definiram que os melhores equipamentos, em seu portfólio, são: DJI Agras T20P; DJI AGRAS T40.

a) DJI Agras T20P:

Segundo a empresa *XMobots*, esse equipamento é destinado a pulverizações agrícolas, contendo capacidade 20 litros de calda ou 25kg, e o kit apresentando o drone, 3 baterias, carregador e com a opção de um gerador. A duração da bateria, segundo o consultor da empresa, gira em torno de 10 minutos, sendo recarregadas no mesmo período.

De acordo com Victor Uema, consultor, o drone DJI Agras T20 pode ser utilizado em qualquer cultura com alvo para qualquer praga, sem restrição para uso de biológicos, podendo cobrir uma área de 12 hectares por hora.

FIGURA 1: DJI T20P



Fonte: XMobots – DJI T20P (2023)

b) DJI Agras T40:

Segundo a empresa *XMobots*, esse equipamento é destinado a pulverizações agrícolas, contendo capacidade 40 litros de calda ou 50kg, e o kit apresentando o drone, 3 baterias, carregador e com a opção de um gerador. A duração da bateria, segundo o consultor da empresa, gira em torno de 10 minutos, sendo recarregadas no mesmo período. (Medeiros, 2023).

De acordo com Victor Uema, consultor, o drone DJI Agras T20 pode ser utilizado em qualquer cultura com alvo para qualquer praga, sem restrição para uso de biológicos, podendo cobrir uma área de 21,3 hectares por hora. (Medeiros, 2023).

FIGURA 2: DJI Agras T40



Fonte: XMobots – DJI Agras T40 (2023)

c) DJI Phantom 4 Pro:

Segundo a Arpac drones, (2023) o drone utilizado para liberação de agentes biológicos é o Phantom 4 Pro, para entender melhor sua escolha, o site da empresa que o manufatura, o classifica como um drone especializado em imagens, onde a resolução e a transmissão de imagens são seu ponto diferencial, isso conciliado a uma alta estabilização de voo e alta eficiência. Portanto, entendendo a necessidade da aplicação de agentes biológicos e as adaptações necessárias para isso, essas características potencializam a liberação desses agentes em locais adequados e assertivos.

FIGURA 3: DJI Phantom 4 Pro



Fonte: DJI Phantom 4 Pro (2023)

3 METODOLOGIA

Neste trabalho, foram realizadas pesquisas acerca do tema abordado. A pesquisa exploratória sistemática contou com dados públicos de aeronaves não tripuladas e dados da agricultura brasileira, cujo objetivo foi analisar as pragas controladas pela aplicação química e biológica de drones, e os principais modelos de drones do mercado para essas duas formas de manejo.

Para isto, foram buscados (pesquisados) na literatura, trabalhos acadêmicos, artigos, revistas, estudos de caso, periódicos, de domínio público e privado, devidamente descritos. Esta pesquisa é representada também pelo formato descritivo, já que contará com a descrição das pragas controladas por este sistema de manejo, além dos possíveis drones utilizados nesse processo, contando com suas respectivas regularizações.

Por meio deste método, pesquisou-se em bancos de dados da universidade de São Paulo, arquivos acadêmicos de diversos âmbitos e foram encontrados em teses, outras revisões bibliográficas, conteúdos comerciais de empresas que tratam da utilização de drones no Brasil relacionados ao aumento de produtividade, aumento da tecnologia presente no campo e ao produtor, tudo isso sendo aplicados filtros de delimitação temporal inicialmente utilizada a partir de 2019, porém com o avanço da pesquisa poucos dados foram encontrados, não sendo suficiente para englobar o mínimo necessário para a revisão, com isso, a busca foi estendida a anos anteriores.

A partir da coleta dos dados, uma análise cuidadosa foi realizada afim de entender pontos básicos, como: evolução da utilização de drones, principais tecnologias empregadas nesse cenário, empresas pioneiras, associação de drones com inovações biológicas, e quais as vantagens desse uso.

A análise culminou em convergências de informação, como a clara evolução do cenário de drones e uso de biológicos, há uma tendência evidente do uso associado dessas duas vertentes, que corrobora a importância dessa revisão bibliográfica.

Para entender melhor essa evolução e associação de tecnologias e manejos, foi proposto também entrevistas com potenciais usuários, como produtores rurais, empresários que comercializam drones, objetivando coletar maiores informações das funcionalidades, vantagens e mercado do produto, além de empresas

especialistas na parte de produtos biológicos. Das empresas especialistas em drones contatadas por meio de e-mails, mensagens, ligações e cotações, somente uma respondeu e se dispôs a debater sobre o tema, portanto, no tópico a seguir serão apresentados e discutidos os dados coletados da entrevista como também dos resultados dos trabalhos publicados pesquisados nos bancos de dados disponíveis na Internet. Já as empresas de biológicos, por sua vez, foram bem abertos em debater tendências, utilização de produtos, modo de aplicação em associação com drones, que contribuíram significativamente com a revisão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude dos dados coletados da revisão bibliográfica sobre a utilização de drones no controle químico e biológico de pragas, entende-se que há uma lacuna enorme a ser explorada e preenchida na literatura, principalmente àqueles referentes aos drones utilizados nesses processos, já que os principais fornecedores desse tipo de material são empresas privadas, das quais contribuíram irrisoriamente a essa pesquisa. Das empresas contatadas por meio de e-mails, mensagens, ligações e cotações, somente uma respondeu e se dispôs a debater sobre o tema, contribuir com informações pertinentes e comprovadas pela literatura, e sanar dúvidas, a XMobots. Contudo, ao que se refere ao tema, há um enorme campo para utilização de drones no Brasil, tanto para aplicações de químicos, quanto biológicos, e um mercado em ascensão constante, necessitando de profissionais qualificados e competentes tanto para a prática quanto para a pesquisa.

A utilização de drones no cenário de controle de pragas agrícolas é uma inovação e apresenta uma série de vantagens, principalmente no âmbito de possibilidade de aplicação no momento certo e na hora certa quando a aplicação ou liberação é exigida, independente das condições do solo e sem a perda da cultura por amassamento. Outro ponto que a literatura ressaltou, com o avanço da conectividade do campo e das tecnologias empregadas, é a integração entre aplicação, sensoriamento, e sustentabilidade, que promove uma maior eficiência e assertividade no posicionamento de produtos, e agentes biológicos.

A partir da possibilidade de utilização de drones na agricultura, e do avanço da tecnologia empregada neles, outros insumos ganharam destaque, como a utilização de produtos biológicos, e, com isso, outras pragas, em outras situações, puderam ser mais controladas, favorecendo um manejo assertivo e auxiliando a minimizar perdas produtivas em uma série de culturas, como soja, milho, sorgo, algodão e, uma das principais, cana de açúcar. Geralmente, implementos tecnológicos e inovadores, custam muito ao produtor, para aquisição e utilização, porém, nesse implemento e nessa estratégia de manejo, pode-se configurar, um método mais barato daqueles já utilizados, como autopropelidos, pulverizadores tracionados e tratores, indicando mais uma vantagem na utilização de drones, o custo menor consorciado a uma maior eficiência.

Analisando o perfil de usuários que utilizam, atualmente, drones para aplicação de insumos, destaca-se proprietários de terras, com renda maior que 10

salários mínimos, corrobora com algumas teorias que pessoas com maior estabilidade financeira optam por esses implementos que exigem maior tecnificação, tanto em mão de obra, por exigir pilotos registrados e certificações em órgãos responsáveis por controlar o espaço aéreo, quanto em conhecimento técnico para fugir dos padrões da agricultura brasileira, que durante décadas se acostumou a utilizar os mesmos insumos e os mesmos maquinários. Portanto, observa-se que quem investiu nesse cenário, foi premiado com vantagens e inovação no campo, algo que, pelos avanços constantes, todos os produtores que almejam altos patamares produtivos e um maior rendimento sobre isso, deverão investir.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regras sobre drones**. 2017

AGROADVANCE. **Drones**: 5 aplicações que mostram porque eles são fortes aliados da agricultura. 2022. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/drones-na-agricultura/> Acesso em: 24 set, 2023.

AGRO, C. **5 funções do drone na agricultura** - Canal Agro Estadão. Disponível em: <https://summitagro.estadao.com.br/tendencias-e-tecnologia/5-funcoes-do-drone-na-agricultura/#:~:text=O%20uso%20de%20drones%20agr%C3%ADcolas,dos%20animais%20e%20dos%20vegetais.>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

ALARCÃO JÚNIOR, José Carlos de; NUÑEZ, Daniel Noe Coaguila. O uso de drones na agricultura 4.0. **Brazilian Journal of Science**, 3 (1), 1-13, 2024. ISSN: 2764-3417. Disponível em: <https://www.brazilianjournalofscience.com.br> Acesso em: 05 ago. 2023.

ALLIATI, Marco Luis. **Influência do uso de controle biológico na cultura da soja de segunda safra em sistema de plantio direto no sul do Brasil**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) Campus Frederico Westphalen. Frederico Westphalen, RS 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/23641/TCC%20-%20Marco%20Luis%20Alliati%20-%20VERS%C3%83O%20FINAL%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 21 jun. 2023.

ALMEIDA, Gabriel Aparecido. **A importância do controle biológico no cultivo da cana de açúcar para o combate da *diatraea saccharalis***. Assis – SP: FEMA – Fundação Educacional do Município de Assis, 2020. 31p. Disponível em: <https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/1711480323.pdf> Acesso em: 20 jun. 2023.

ARPAC DRONES. **Liberação de biológicos em cápsulas e ovo solto**. 2022. Disponível em: <https://arpacdrones.com.br/biologicos/>. Acesso em: 19 jun. 2023.

ARPAC DRONES. **Liberação de Trichogramma**. Disponível em: <https://arpacdrones.com.br/biologicos/liberacao-de-trichogramma/>. Acesso em: 20 jun. 2023.

ARTIOLI, F.; BELONI, T. Diagnóstico do perfil do usuário de Drones no Agronegócio Brasileiro. **Revista IPecege**, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 40–56, 2016. DOI: 10.22167 /r.ipecege.2016.3.40. Disponível em: <https://ipecege.emnuvens.com.br/Revista/article /view/73>. Acesso em: 19 jun. 2023.

BARBIZAN, R. Z.; CAVICHIOLI, F. A. Uso de drones na pulverização da agricultura 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 584–596, 2022. DOI: 10.31510/infa.v19i2.1454. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacete cnologica/article/view/1454>. Acesso em: 19 jun. 2023.

CARDOSO, Gabriel Freire. **Análise da implementação de veículos aéreos não tripulados na indústria agrícola**. 2022. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2022

CARLESSO, Josiel Augusto; BARIVIERA, R. **Avaliação da qualidade de pulverização com drones, utilizando diferentes vazões, velocidades e faixa de aplicação**. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/2575> Acesso em: 24 jun. 2023.

CARDOSO, Gabriel Freire. **Análise da implementação de veículos aéreos não tripulados na indústria agrícola**. 2023. Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia. Departamento de Engenharia de Produção. Graduação em Engenharia de Produção. Niterói, 2023. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/27582/UFF%20-%20Universidade%20Federal%20Fluminense%20-%20TCC%20GABRIEL%20FREIRE%20CARDOSO.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 24 jun. 2023.

CASAGRANDE, A. Aplicações com drones podem cobrir até 12 hectares por hora de operação - **A Lavoura**. Disponível em: <https://alavoura.com.br/agricultura/tecnicas-agricolas/aplicacoes-com-drones-podem-cobrir-ate-12-hectares-por-hora-de-operacao/#:~:text=A%20abrang%C3%Aancia%20do%20uso%20da%20agricultura%20em%20solo%20brasileiro>. Acesso em: 20 jun. 2023.

CAMPANHOLA, Clayton; BETTIOL, Wagner. **Panorama sobre o uso de agrotóxicos no Brasil: métodos alternativos de controle fitossanitário**. Jaguariúna – SP: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 40p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1076531/panorama-sobre-o-uso-de-agrotoxicos-no-brasil>. Acesso em: 17 jun. 2023.

DALLA NORA, Daiane. **Beauveria bassiana no controle biológico de pragas**. 2022. Disponível em: <https://elevagro.com/materiais-didaticos/beauveria-bassiana-no-controle-biologico-de-pragas/>. Acesso em: 16 nov. 2023.

DJI Agrícola. **Drone melhor crescimento, melhor vida**. Disponível em: <https://ag.dji.com/pt-br?site=brandsite&from=nav>. Acesso em: 20 nov. 2023.

EQUIPE MAIS SOJA. **Baculovírus e sua eficácia de controle sobre insetos-praga** | MAIS SOJA - Pensou Soja, Pensou Mais Soja. Disponível em: [https://maissoja.com.br/baculovirus-e-sua-eficacia-de-controle-sobre-insetos-praga/#:~:text=Os%20baculov%C3%ADrus%20s%C3%A3o%20v%C3%ADrus%20encontrados,milho\)%20quanto%20em%20esp%C3%A9cies%20florestais](https://maissoja.com.br/baculovirus-e-sua-eficacia-de-controle-sobre-insetos-praga/#:~:text=Os%20baculov%C3%ADrus%20s%C3%A3o%20v%C3%ADrus%20encontrados,milho)%20quanto%20em%20esp%C3%A9cies%20florestais). Acesso em: 16 nov. 2023.

GELINSKI NETO, Francisco. **Tecnologia na agricultura: produtividade e renda** Setembro de 2012. Disponível em: <https://fgelneto.paginas.ufsc.br/files/2011/08/TEC-NA-AGRICULTURA-VERS%C3%83O-FINAL-CORRIGIDA.pdf> Acesso em: 18 jun. 2023.

GOMES, F. B.; KRUG, C. **Como as vespas podem ser úteis em sistemas agrícolas? Polistes canadensis um importante inimigo natural na Amazônia**

Ocidental. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2017. 7 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Circular técnica, 66). Circular Técnica

HOTT, Guilherme Mendes Cicarini *et. al.* Monitoramento da cobertura verde e degradação de pastagens por meio de aplicativo Mobile. Curitiba – PR: **Brazilian Journal Of Animal And Environmental Research**, 2018. 10 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1119495/monitoramento-da-cobertura-verde-e-degradacao-de-pastagens-por-meio-de-aplicativo-mobile>. Acesso em: 17 jun. 2023.

JORGE, L. A. de C.; INAMASU, R. Y. **Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT)** em Agricultura de Precisão. Agricultura de Precisão. Resultados de um Novo Olhar., Embrapa, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1003485/uso-de-veiculos-aereos-nao-tripulados-vant-em-agricultura-de-precisao>. Acesso em: 18 jun. 2023.

KAGI, Fábio. Processo de registro de defensivos agrícolas do Brasil tende a ser cada vez mais caótico. **O Global Crop Protection**. 2022. Disponível em: <https://globalcropprotection.com/colunistas/processo-de-registro-de-defensivos-agricola-s-do-brasil-tende-a-ser-cada-vez-mais-caotico/> Acesso em: 20 nov. 2023.

LANDGRAF, Lebna. **Drones são capazes de melhorar pulverização para controle de pragas da soja.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/69239452/drones-sao-capazes-de-melhorar-pulverizacao-para-controle-de-pragas-da-soja>. Acesso em: 19 jun. 2023.

LUCHETTI, Alexandre. **Utilização de drones na agricultura: impactos no setor sucroalcooleiro.** Monografia. Ciências Aeronáuticas. Universidade do Sul de Santa Catarina. Palhoça, 2019. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br> Acesso em: 20 out. 2023.

MEDEIROS, Lucas Empresário de Rio Verde investe na melhor tecnologia de drone da região para aluguel em pulverização agrícola. **Rio Verde Rural**, 2023. Disponível em: <https://rioverde rural.com.br/empresario-de-rio-verde-investe-na-melhor-tecnologia-de-drone-da-regiao-para-aluguel-em-pulverizacao-agricola/> Acesso em: 02 nov. 2023.

MELLO, Alessandra. Agro brasileiro tem quase 10 mil drones em operação. Mas com alguma incerteza no ar. **AgFeed**. 17 maio, 2023. Disponível em: <https://agfeed.com.br/negocios/agro-brasileiro-tem-quase-10-mil-drones-em-operacao-mas-com-alguma-incerteza-no-ar/#>. Acesso em: 24 out. 2023.

NUNES, Marcelo de Sousa; GEDANKEN, Valéria. **Agricultura de precisão: drones.** Senar – Brasília, 2018. 88p. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/249-DRONES.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2023.

OLIVEIRA, Harley Nonato de. **Cotesia no controle da broca-da-cana.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1143897/1/p.-44-45.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2023.

OLIVEIRA, A. J. de; SILVA, G. F. da; SILVA, G. R. da; SANTOS, A. A. C. dos; CALDEIRA, D. S. A.; VILARINHO, M. K. C.; BARELLI, M. A. A.; OLIVEIRA, T. C. de. **Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão**. Drones potentiality use in precision agriculture. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 9, p. 64140–64149, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n9-010. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/15976>. Acesso em: 19 jun. 2023.

OLIVEIRA, J. V de C., *et al.* **Genome of the most widely used viral biopesticide: Anticarsia gemmatalis multiple nucleopolyhedrovirus**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2006.

OLIVEIRA. **Tecnologia dos drones na agricultura**. Sp.gov.br, 2022

O POPULAR. **Bactéria a serviço do controle biológico de pragas**. 2009. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/agronegocio/45066-bacteria-a-servico-do-controle-biologico-de-ragas.html#:~:text=A%20Embrapa%20Recursos%20Gen%C3%A9ticos%20e,controla%20apenas%20o%20inseto%20Dalvo>. Acesso em: 17 nov. 2023.

PAIVA, A. **Metarhizium anisopliae no controle biológico de pragas**. 2022. Disponível em: <https://elevagro.com/conteudos/materiais-tecnicos/metarhizium-anisopliae-no-controle-biologico-de-pragas>. Acesso em: 16 nov. 2023.

PERTILLE, C. T. **Sensoriamento remoto no diagnóstico da sanidade de povoamentos de Pinus taeda L. atacados por Sapajus nigritus Kerr (1972)**. 2019. 191 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, 2019. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1486/Diserta_o_Carla_P_s_Defesa_Vers_o_Final_Cor_Final_15682078653749_1486.pdf. Acesso em: 17 nov. 2023.

PIVA, Artur. Agronegócio. **Revista Oeste**. Abr. 2022. Disponível em: <https://revistaoeste.com/agronegocio/mundo-nao-sobrevive-sem-agricultura-brasileira-diz-diretora-geral-da-omc/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

PRACA, L. B.; CASTRO, E. A.; PONTES, R. G. M. S. de. **A coleção de bactérias para o controle biológico de invertebrados: uma das quatro coleções da Rede Global de Recursos Biológicos: desafios e perspectivas**. 2009. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/748186>. Acesso em: 02 set. 2023.

RAMIN, Arthur Calleb; LIMA, Emmily Carvalho de; BARBOSA, Kamilly Vitória Freire da Silveira. **Agricultura de precisão: uso de drones**. TCC - Técnico em Agropecuária. Etec Frei Arnaldo Maria de Itaporanga - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza". Itaporanga, SP, 2021. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/7790/3/Agricultura%20de%20precis%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2023.

ROHRIG, Bruna. Controle Biológico com Bacillus: veja como funciona. **Booseragro**. Dez. 23, 2021. Disponível em: <https://booseragro.com/blog-po/como-funciona-o-controle-biologico-com-bacillus/> Acesso em: 12 out. 2023.

SCHLEMER, G. D. **Deposição de defensivos agrícolas na cultura da soja**: influência do volume de calda e modelos de ponta para aplicação com drone. Ufsm.br, 2022.

SENTELHAS, Paulo Cesar et al. **Yield gap: conceitos, definições e exemplos**. Informações Agronômicas, n. 155, p. 9-12, 2016. Disponível em: <http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/9C05063FB033C24A83258042004C8594/>. Acesso em: 11 dez. 2023.

SOSA GOMEZ, Daniel Ricardo. **Fungos**. Embrapa Soja. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/producao/manejo-integrado-de-pragas/inimigos-naturais-das-pragas-de-soja/entomopatogenos/fungos> Acesso em: 23 ago. 2023.

VALLIN, Giovanna. **Fungos entomopatogênicos**: saiba mais sobre o agente biológico de combate às pragas. Syngenta. 04 de maio de 2022. Disponível em: <https://blog.syngentadigital.ag/fungos-entomopatogenicos/> Acesso em: 24 out. 2023.

VELOSO, Cristiano. **O uso de drones como aliado no controle biológico nas lavouras**. Disponível em: <https://blog.verde.ag/encontro-com-gigantes/drones-no-controle-biologico-nas-lavouras/>. Acesso em: 20 jun. 2023.

VIANA, Guilherme. **Novo produto biológico obtém 100% de eficácia no controle da lagarta-do-cartucho**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/63029056/novo-produto-biologico-obtem-100-de-eficacia-no-controle-da-lagarta-do-cartucho>. Acesso em: 16 nov. 2023