



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CECA
CURSO DE AGRONOMIA



JOÃO PAULO SIQUEIRA LAMENHA GOMES

**UTILIZAÇÃO DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS (ARP) NA
AGRICULTURA BRASILEIRA: UMA REVISÃO**

Rio Largo – AL
2024

JOÃO PAULO SIQUEIRA LAMENHA GOMES

**UTILIZAÇÃO DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS (ARP) NA
AGRICULTURA BRASILEIRA: UMA REVISÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à coordenação do curso de agronomia do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador:

Prof. Dr. Guilherme Bastos Lyra

Rio Largo – AL
2024

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

G633u Gomes, João Paulo Siqueira Lamenha.

Utilização de aeronaves remotamente pilotadas (arp) na agricultura brasileira: uma revisão. / João Paulo Siqueira Lamenha Gomes. – 2025.

26 f.: il.

Orientador: Guilherme Bastos Lyra.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Graduação em Agronomia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2025.

Inclui bibliografia

1. Agricultura de Precisão. 2. Tecnologia. 3. Agronegócio. I. Título.

CDU: 631.1: 629.1

JOÃO PAULO SIQUEIRA LAMENHA GOMES

**UTILIZAÇÃO DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS (ARP) NA
AGRICULTURA BRASILEIRA: UMA REVISÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à coordenação do curso de agronomia do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 04/03/2024



Documento assinado digitalmente
GUILHERME BASTOS LYRA
Data: 03/06/2025 10:01:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador: _____

Prof. Dr. Guilherme Bastos Lyra

Banca examinadora:



Documento assinado digitalmente
JESSICA MOTA PIMENTA
Data: 29/05/2025 18:06:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ma. Jéssica Mota Pimenta



Documento assinado digitalmente
JOSE WANDERSON SILVA DOS SANTOS
Data: 29/05/2025 15:44:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

MsC. José Wanderson Silva do Santos



Documento assinado digitalmente
TIAGO AMARAL
Data: 30/05/2025 08:48:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

MsC. Tiago Amaral

AGRADECIMENTOS

Gratidão primeiramente a Deus, por ter me proporcionar muitas bênçãos durante a minha trajetória acadêmica e por sempre me guiar no melhor caminho. Aos meus pais Cristiane Siqueira Lamenha Gomes e Paulo Gomes da Silva e minha irmã Mariana Siqueira Lamenha Gomes por me ajudarem e apoiar em todas as minhas decisões durante o curso, desde do início até a reta final.

Ao meu querido avó, Manuel Lamenha Neto, o qual é produtor de cana de açúcar e que desde quando eu era criança sempre me incentivou na área da agronomia por meio do seu trabalho árduo e que era realizado com muito amor e dedicação. Em memória aos meus avós José Gomes da Silva, Marina Rufino da Silva e Euridice de Siqueira Lamenha que mesmo não tendo acompanhado a minha trajetória durante esses cinco anos de graduação estão vivos em minhas memórias.

Agradeço imensamente a minha namorada Anália Caroline Monteiro por todo apoio, incentivo e dedicação a mim no decorrer dos anos em especial durante a minha graduação, e também a todos os outros familiares pertencentes família Lamenha e Gomes meu muito obrigado.

E por último, quero agradecer a todos os meus amigos, companheiros de jornada Ayrton Lima, Cleiton Andrade, Jair Quintela, Victor Almeida e Robson Ventura que estiveram ao meu lado desde do início e que no futuro possamos continuar nossa amizade tanto na vida pessoal quanto na profissional, da mesma maneira aos meus amigos grandes de profissão Túlio Almeida, Dermeval Menezes, Jonathan Amorim, Max Henrique, Diogo Bastos, Sara Camile, Bartolomeu Oliveira, Cláudio Sales, Fernandes Andrade, Maurino Ribeiro e a todos da equipe empresarial SOAR, SEMEAR, RURAL e AGROMAPE.

Gratidão!

RESUMO

No Brasil, o termo Agricultura de Precisão (AP) integra um sistema de gerenciamento baseado na variação espacial e temporal da unidade produtiva o qual busca realizar a aplicação de insumos agrícolas de maneira específica reduzindo impactos ambientais. Esse termo abrange tecnologias atuais usadas no manejo do solo, insumos e da cultura. Desta forma, dentro desse modelo de produção, métodos modernos de precisão vêm sendo utilizados cada vez mais na agricultura, como os drones ou VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados), que se expandiram por meio das recentes melhorias na tecnologia da computação e desenvolvimento de sistemas globais de navegação e de geoprocessamento. Existe diversas ferramentas a qual o produtor pode aplicar a sua cultura para aumentar a sua produtividade, como os VANT's, também conhecidos como drone e que está presente no mercado, facilitando o desenvolvimento da gestão dos cultivos na agricultura. Além disso, essa tecnologia torna o cultivo mais eficiente e sustentável e vem ganhando cada vez mais espaço, tendo o produtor uma ferramenta de aquisição de dados para uma eficiente e rápida tomada de decisão.

Palavras-chave: Agricultura de Precisão. Tecnologia. Agronegócio.

ABSTRACT

In Brazil, the term Precision Agriculture (AP) integrates a management system based on the spatial and temporal variation of the production unit which seeks to apply agricultural inputs in a specific way, reducing environmental impacts. This term covers current technologies used in soil, input and crop management. Thus, within this production model, modern precision methods have been increasingly used in agriculture, such as drones or UAVs (Unmanned Aerial Vehicles), which have expanded through recent improvements in computing technology and systems development. global navigation and geoprocessing. There are several tools that producers can apply to their crops to increase their productivity, such as UAVs, also known as drones, which are present on the market, facilitating the development of crop management in agriculture. Furthermore, this technology makes cultivation more efficient and sustainable and is gaining more and more space, providing producers with a data acquisition tool for efficient and quick decision-making.

Kay word: Precision Agriculture. Tecnology. Agrobusiness.

SUMÁRIO

1 Introdução	9
2 Agricultura de precisão	10
2.1 História do drone e a sua difusão no Brasil	11
2.2 O uso de drones na prática agrícola brasileira.....	12
2.3 Regulamentação brasileira para drones.....	13
2.4 Modelos de plataformas.....	14
2.4.1 Modelo de asa fixa.....	15
2.4.2 Modelo de rotor único.....	16
2.4.3 Modelo de multirrotor.....	16
2.4.4 Modelo híbrido.....	18
2.5 Emprego na agricultura de precisão.....	19
2.5.1 Prevenção de danos no cultivo.....	20
2.5.2 Pulverização.....	22
3 Considerações finais	23
Referências.....	25

1 INTRODUÇÃO

O padrão agrícola vem vivenciando, ao longo dos anos, grandes mudanças. Ocorreram várias transformações no processo de produção na agropecuária através do desenvolvimento e modernização no campo (LOBÃO; STADUTO, 2020). Diante essa modernização, os drones, também conhecidos como VANT's (Veículos Aéreos Não Tripulados) surgiram como novo método de precisão empregado no agronegócio brasileiro (JUNTA; CAVICHIOLI, 2018).

O uso desse equipamento inovador ganhou espaço por intervenção dos recorrentes progressos tecnológicos e também do desenvolvimento de sistemas globais de navegação e de geoprocessamento (JUNTA; CAVICHIOLI, 2018). Esse dispositivo aéreo é capaz de acessar diversas áreas onde os demais equipamentos e pessoas não conseguem ter acesso e dessa maneira faz com que ocorra um grande aumento no mercado tecnológico (PERES; LOPES, RODRIGUES, 2019).

O mesmo é um equipamento designado por diversos setores, como o de segurança, construção civil, área da saúde e para cobertura de eventos (PERES; LOPES; RODRIGUES, 2019), oferecendo mais agilidade, diminuição de custos e capacidade de acesso. Os drones também são utilizados na agricultura, através de atividades como a pulverização em grandes plantações (CARVALHO et al., 2019).

As tecnologias aéreas possuem o propósito de aperfeiçoar a atividade do agricultor, devido a sua facilidade de cumprir várias ações, reduzindo o tempo dedicado a essa atividade, ampliando a precisão e diminuindo despesas, agregando para o crescimento da produção, assim como aumentando os lucros (CASTRO; BIAZOTTO; ROMÃO, 2019).

Dessa maneira, faz-se necessário o estudo das aplicações e o uso do drone como ferramenta para agilidade no uso agrícola, visto que há uma crescente utilização dessa tecnologia na agricultura brasileira. Com isso, objetivou-se com essa pesquisa, realizar uma revisão literária a respeito do uso de drones na rotina da agricultura brasileira, além de descrever a sua utilidade nos processos agrícolas e determinar os aspectos positivos do uso de drones; demonstrando a viabilidade econômica no uso de drones para o produtor.

2 REVISÃO DE LITERATURA

No Brasil, o termo Agricultura de Precisão (AP) ou em outras línguas Precision Agriculture, Precision Farming ou Site Farming Crop Management, integra um sistema de produção o qual busca realizar a aplicação de insumos agrícolas de maneira específica (JUNTA; CAVICHIOLI, 2018). Esse termo abrange tecnologias atuais usadas no manejo do solo, insumos e culturas, de maneira apropriada às variações espaciais e temporais em fatores que atrapalham a produtividade das mesmas (RAMIN; DE LIMA; BARBOSA, 2021).

AP é estabelecida como práticas agrícolas baseadas nas tecnologias de informação e ferramentas da mecanização e automação, motivando a variabilidade do espaço e do tempo sobre a produtividade das culturas (BASSOI et al., 2019). A mesma ainda pode ser dita como um ciclo que se tem início na coleta dos dados, análises e interpretação dessas informações, geração das recomendações, aplicação no campo e avaliação dos resultados (BOSSAI et al., 2019).

A AP foi introduzida ao Brasil na década de 1990, porém, o seu crescimento só se deu a partir dos anos 2000, através da difusão do uso do GPS (Sistema de Posicionamento Global) (SENAR, 2019). Dessa maneira, contribuindo com o avanço e a gestão de processos, por meio de informações em tempo real por telemetria das operações, relatórios detalhados e incorporação das tecnologias (SENAR, 2019).

Com esse modelo de produção (AP), ocorre a diminuição de custos no processo, redução do grave problema do risco da atividade agrícola, controle do risco da situação pelo uso da informação, maior produtividade no campo, mais tempo livre, bem como o beneficiamento ao meio ambiente pelo menor uso de defensivos (RAMIN; DE LIMA; BARBOSA, 2021).

Desta forma, dentro desse modelo de produção, métodos modernos de precisão vêm sendo utilizados cada vez mais na agricultura, como os ARP'S que se expandiram por meio das recentes melhorias na tecnologia da computação e desenvolvimento de sistemas globais de navegação e de geoprocessamento (JUNTA; CAVICHIOLI, 2018).

Os drones permitem o levantamento de dados, gerando informações estratégicas aos agricultores. (SENAR, 2018). Seu uso na área agrícola vem sendo favorecida pelo desenvolvimento tecnológico, pela diluição dos custos de equipamentos e softwares e, principalmente por conta da crescente necessidade de otimização dos recursos de produção (SENAR, 2018).

2.1 História das ARP'S e sua difusão no Brasil

Conhecidos por popularmente por drone, as ARP's, são um veículo aéreo não tripulado (VANT) que possui um controle de voo, o qual pode obter comandos por meio de radiofrequência, infravermelho ou por missões definidas previamente por coordenadas GNSS (Global Navigation Satellite System) (NASCIMENTO; DENADAI, 2021). Inicialmente, foi criado em meados dos anos 1960, onde funcionavam para missões militares para reconhecimento de terrenos por meio da visão aérea ou como meios de ataques ou espionagem (ALMEIDA, 2023).

Foram inseridos no Brasil no ano de 1980, a qual os primeiros VANT's foram submetidos a fins militares, com o projeto Acauã no Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA). Mais tarde, em 1998, a Embrapa Instrumentação torna-se pioneira no emprego de veículos aéreos não tripulados, propondo inicialmente a substituição das aeronaves convencionais, utilizadas para fotografias aéreas e monitoramento de áreas agrícolas e sujeitas a problemas ambientais por VANT's de pequeno porte (NASCIMENTO; DENADAI, 2021).

No Brasil, as aeronaves não tripuladas ainda são bastante conhecidas como drones, termo muito utilizado pelos órgãos de imprensa e pelos usuários. Apesar de ser aceito, não tem amparo técnico ou definição na legislação existente. A sigla RPA (Aeronave Remotamente Pilotada), atualmente, tem sido a preferida pela comunidade, sobretudo pelos órgãos reguladores (SENAR, 2018). Oficialmente, a terminologia utilizada no Brasil é RPA ou VANT, onde o piloto não está a bordo, mas controla remotamente o equipamento por uma interface externa (controle remoto, computador, simulador, dispositivo digital, entre outros). É utilizada de modo não recreativo: pesquisa, militar e comercial (SENAR, 2018).

2.2 O uso de ARP's na prática agrícola brasileira

O agronegócio brasileiro no ano de 2020 alimentou cerca de 800 mil pessoas, incluindo a própria população brasileira e a de outros países (TEXEIRA NETO; MIRANDA, 2022). Deste modo, pelo fato da gigantesca demanda por produtos agrícolas e agropecuários, os produtores brasileiros buscam possíveis soluções alternativa que sejam capazes de tornar seus processos mais produtivos. Sendo assim, a tecnologia está cada vez mais aliada no campo através de máquinas, equipamentos, técnicas e mercado (TEXEIRA NETO; MIRANDA, 2022).

De acordo com Genilhu (2021), existe diversas ferramentas a qual o produtor pode aplicar a sua cultura para aumentar a sua produtividade, como os ARP's (Figura 1), está presente no mercado, facilitando o desenvolvimento da gestão dos cultivos na agricultura. Além disso,

essa tecnologia torna o cultivo mais eficiente e sustentável e vem ganhando cada vez mais espaço, tendo o produtor uma ferramenta de aquisição de dados para uma eficiente e rápida tomada de decisão (ALMEIDA, 2023).

Figura 1: Utilização de ARP para pulverização de defensivos na cultura de milho.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2019.

Muitos setores do agronegócio estão inovando através desses equipamentos, e com isso otimizam as etapas produtivas com redução do custo operacional, como também, o retorno sobre o investimento (ROI) decorrente da utilização desses aparelhos, em vários casos, alcança números positivos em apenas uma colheita (OLIVEIRA; FURLANETO; FURLANETO NETO, 2022). Destaca-se que o ARP agrícola está na lista de elementos tecnológicos mais desejado pelos adeptos da agricultura de precisão. (OLIVEIRA; FURLANETO; FURLANETO NETO, 2022).

Conforme Gonçalves e Denadai (2019), no Brasil, usa-se para o monitoramento de áreas praticamente em tempo real onde imagens captadas fazem a identificação de pragas, doenças nas culturas, falhas de plantio, mapeamento de espécies invasoras, planejamento de uso e cobertura do solo, no monitoramento da variação da estrutura da floresta e na análise de padrões de índices de vegetação, minimizando e até evitando o desperdício dentro de uma área agrícola e melhor gestão de lavoura.

Os ARP's possuem recursos como os sensores, que possibilitam obter imagens detalhadas e em menor custo em relação ao uso de imagens de satélites (GONÇALVES; DENADAI, 2019). Além disso, o baixo custo, a alta eficiência, flexibilidade operacional e

resolução espacial centimétrica facilitam no tratamento e computação dos dados coletados e está relacionada com a interface e fluxo de trabalho de cada software disponível no mercado.

O uso de ARP no país está crescendo a cada ano, e principalmente no segmento do agronegócio através da Agricultura de Precisão. Essa ferramenta disposta ao mercado do e possui vantagens devido aos diversos benefícios para o setor agrícola (GONÇALVES; DENADAI, 2019). Em pouco tempo, e com a modernização em toda a sua composição passaram a aperfeiçoar o setor da agricultura e no momento são mais acessíveis aos produtores, podendo obtê-los ou alugá-los, promovendo o aumento da sua produtividade (GONÇALVES; CAVICHIOLI, 2021).

2.3 Regulamentação brasileira para drones

O Brasil é um dos países pioneiros no uso de drones na agricultura e no que concerne às leis que os regem (SOUZA et al.; 2022). Com regras de uso definidas há pouco tempo no Brasil, essa tecnologia iniciou a assumir protagonismo no diagnóstico de lavouras de grãos e na pulverização precisa de agroquímicos (TSUKADA, 2022).

No ano de 2019 foram cadastradas 73 mil aeronaves remotamente pilotadas registradas na Agência Nacional de Aviação Civil (Anac), onde 35% destas são utilizadas no agronegócio no país (TSUKADA, 2022). O sindicato Nacional de Aviação Agrícola (SINDAG) estima que há pelo menos 10 mil drones sendo utilizados na agricultura de precisão no Brasil até o final do ano de 2023 (MELLO, 2023).

O Brasil possui 3 órgãos reguladores:

- ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações);
- ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil);
- DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo da Aeronáutica).

De acordo com Azevedo e Silva (2019) a ANATEL é voltada para questões de telecomunicações, atestando a regularidade das frequências utilizadas na comunicação do rádio controle com o drone. É essencial que aparelho receba a homologação da Anatel, para gerar uma documentação que deverá ser portado nas operações de voo com o drone homologado.

Prontamente, a ANAC, ainda conforme Azevedo e Silva (2019) ela regulamenta a utilização de veículos aéreos. Esses drones estão regulamentados para uso recreativo e profissional, por pessoas físicas e jurídicas. A ANAC (2022) através da, resolução nº 649, de 30 de novembro de 2021 e da regulamentação brasileira da aviação civil especial RBAC-E nº

94 [Emenda nº 02] fala que os RPA (drones) são classificados de acordo com o peso máximo de decolagem (PMD) da RPA da seguinte maneira:

- Classe 1: RPA com peso máximo de decolagem maior que 150 kg;
- Classe 2: RPA com peso máximo de decolagem maior que 25 kg e menor ou igual a 150 kg; e
- Classe 3: RPA com peso máximo de decolagem menor ou igual a 25 kg.

De acordo com Adelino (2022), a licença para operadores de aeronaves RPA de até 250g são classificados como licenciados, não precisando possuir o documento emitido pela ANAC, desde que não se objetive o uso para voos acima de 400 pés. A licença e habilitação emitidas pela ANAC são apenas para pilotos de aeronaves não tripuladas RPA que utilizem modelos da classe 1 (peso máximo de decolagem de mais de 150 kg), classe 2 (mais de 25 kg e até 150 kg) ou da classe 3 (até 25 Kg) que pretendam voar acima de 400 pés (ADELINO, 2022).

O DECEA é o departamento responsável pelo controle do espaço aéreo brasileiro, e tem a finalidade de regulamentar a altura de voo que as aeronaves poderão operar no espaço aéreo nacional. O mesmo criou o Sistema WEB SARPAS, que tem a função de solicitar acesso ao espaço aéreo nacional, para o uso de drones, sendo válida para 3 dias de operação (AZEVEDO; SLVA, 2019).

2.4 Modelos de plataformas

Os drones dispõem de vários modelos, desde os mais simples aos mais complexos, daqueles que realizam diversas funções até aqueles que são utilizados para lazer. Esses drones, possuem quatro tipos de categorias, encontrando-se como: drones de asa fixa, drones de rotor único, drones multirrotores e o híbrido (GONÇALVES; CAVICHIOLI, 2021). Com vários exemplares e propostas diferentes, esse equipamento pode variar os tamanhos e seu alcance que é à distância em que o mesmo pode ir até perder o sinal (SILVEIRA et al., 2022).

Modelos atuais e disponíveis no mercado provem normalmente de motor; giroscópio; placa distribuidora de energia; bateria; hélice (rotor), sistema FPV (visão em primeira pessoa) e câmera para a captação da filmagem a qual remete os dados ao vivo para o operador através de imagem e some por último uma (FAXINA, 2021).

O produtor agrícola precisa selecionar o modelo correto de drone agrícola para aproveitar todos os benefícios que são ofertados por esse equipamento. Dessa maneira, determina-se conhecer os diferentes tipos de drone que podem ser operados na agricultura e quais são suas indicações (FIELDVIEW, 2022).

2.4.1 Modelo de asa fixa

Nesse modelo, como na figura 2, são utilizadas asas como um avião tradicional para dá mais sustentação (BARSANTE, 2020). Dispõem de um motor tipo hélice na parte de trás, o que faz impulsionar esse modelo para a frente. Devido a essas características eles acabam realizando voos em linha reta e com maior período de tempo, já que possui sistema de bateria integrado. Geralmente, eles tendem a ter 80 minutos de autonomia de voo (BITTENCUORT, 2022).

Figura 2: Modelo de drone com asa fixa.



Fonte: Fidelis; Al-khoury; Rosa, 2023.

Uma das vantagens desse tipo de equipamento é uma maior área mapeada em uma única carga de bateria, promovendo o registro de grandes áreas lineares. Também possui uma maior estabilidade em locais com ventos fortes em relação às aeronaves de asa rotativa (OLIVEIRA; FURLANETO; FURLANETO NETO, 2022). Apesar dessas garantias, apresentam um custo maior de aquisição em comparação com os modelos multirotores e difícil de operação. Além disso, possuem uma maior área de superfície e envergadura, sendo mais complicado para transportar e exige um maior tempo de montagem (OLIVEIRA; FURLANETO; FURLANETO NETO, 2022).

Os drones de asa fixa, que são usados na agricultura de precisão são coerentes para o mapeamento de grandes áreas em linha reta e coleta de dados, podendo realizar os seguintes serviços: obtenção de dados sobre o índice de vegetação da lavoura e a coleta dados sobre o estado nutricional do solo (BITTENCUORT, 2022).

Destaca-se também outras funções aplicadas ao uso de drones de asa fixa e que dependem da tecnologia a qual foi embarcada ao equipamento, sendo elas, a captura informações sobre a umidade do solo; detecção de falhas de plantio nas linhas; apontar falhas da irrigação; contagem de plantas e animais; estimar a produtividade; monitorar plantas daninhas (BITTENCUORT, 2022).

2.4.2 Modelo de rotor único

O rotor único (Figura 3) é descrito por Faxina (2021) como um modelo que possui apenas uma única hélice. Esse tipo de drone é muito preconizado para efetivar voos onde é preciso planar com o aparelho e assegurando uma maior durabilidade de voo.

São semelhantes a um helicóptero, porém, uma versão muito pequena e sem tripulação. Estando entre os mais comuns do mercado, esse modelo dispõe de um rotor no interior e uma hélice para estabilização, tendo uma ótima eficácia em voos prolongados e em voos pairados (BITTENCUORT, 2022).

Figura 3: Modelo de drone com rotor único.



Fonte: Fidelis; Al-khoury; Rosa, 2023.

2.4.3 Modelo multirotores

Os tipos multirotores (Figura 4 e 5) são qualquer aeronave de asa rotativa que contenha mais de um rotor, e que a sustentação para o voo se origine destes rotores, usando o princípio de um helicóptero. As aeronaves multirotores atuais possuem uma classificação quanto ao seu número de rotores e a disposição dos motores em sua estrutura principal como pode ser observado na figura 6.

Figura 4: Drone de multirotores.



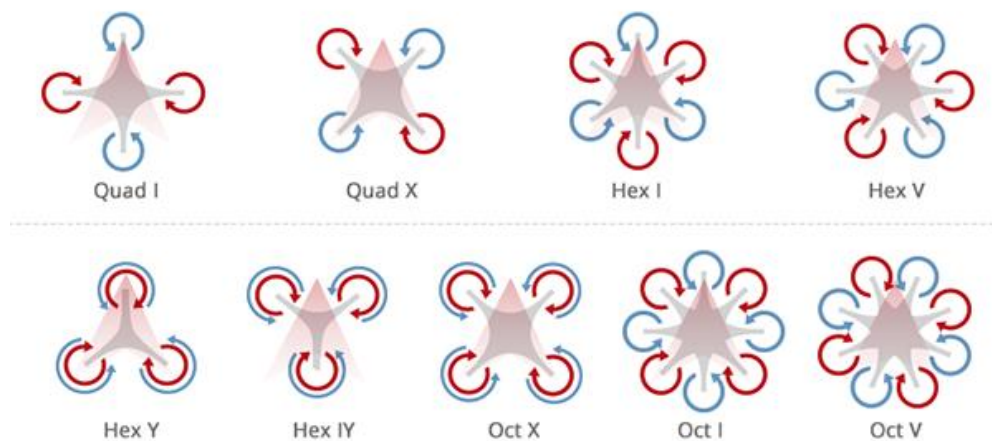
Fonte: Fidelis; Al-khoury; Rosa, 2023.

Figura 5: Plataforma multirotora, modelo DJI-T10.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2019.

Figura 6: Classificação quanto a quantidade de rotores (hélices).



Fonte: Barsante, 2020.

Baseando-se no número de hélices, Barsante (2020) classifica-os os drones multirotores em:

- **Tricópteros (três rotores):** dispõem de três controladores, quatro giroscópios e um servo. Cada rotor normalmente está posto nas extremidades dos braços do drone, juntamente com um sensor de localização.
- **Quadrópteros (quatro rotores):** esse disponibiliza de quatro pás, onde dois motores habitualmente se movem no sentido horário e os outros dois no sentido anti-horário, sempre em pontas opostas transversalmente, auxiliando a manter a estabilidade no equipamento.

- **Hexacópteros (seis rotores):** com esse tipo de drone ocorre o mesmo, porém, três dos motores trabalham no sentido horário e os outros 3 no sentido anti-horário. Dessa forma, conseguem apresentar maior força na subida, sendo as aeronaves com maior estabilidade na hora do pouso.
- **Octocópteros (oito rotores):** esse drone possui uma maior estabilidade e conta com uma alta capacidade de voo, proporcionando filmagens regulares em altitudes superiores.

Esses podem operar com baixa velocidade, podendo ficar estáticos no ar ou então rotacionando em seu ponto fixo, controlando a sua direção e o sentido do voo, além da regulação da velocidade de rotação de cada um dos rotores automaticamente (MELO et al., 2019; ADELINO, 2022).

Segundo Adelino (2022) a maior vantagem do uso de um multirotor é que ele permanece com a sua capacidade de decolagem na vertical e de voo pairado (estacionário/hover) de um helicóptero, mas com a facilidade mecânica de um avião. As desvantagens dos multirotores está relacionada a sua limitação de área mapeada, porque geralmente possui apenas uma bateria, além da vulnerabilidade a ventos fortes. Salienta-se que, em diversas condições de voo, é preciso escolher por drones com asas rotativas de maior porte ou com asa fixa (OLIVEIRA; FURLANETO; FURLANETO NETO, 2022).

2.4.3 Modelo híbrido

Com os devidos avanços e pesquisas recentes na área relacionada, Dias (2017) fala que uma terceira categoria drones está disposta no mercado, classificada como híbridos. Esse modelo combina o melhor das duas aeronaves anteriores. O modelo híbrido (Figura 7) é uma aeronave habilitada para decolagem na vertical, logo após isso é capaz de realizar um voo como aviões, por meio da inclinação dos motores ou da fuselagem (LUCHETTI, 2019).

Figura 7: Drone de modelo híbrido.



Fonte: Barros, 2022.

Esse modelo de veículo aéreo não tripulado pode atingir velocidades superiores e uma melhor autonomia em comparação aos multirotores, em virtude da sua vantagem aerodinâmica de avião (DIAS, 2017). Ainda existindo a possibilidade de usar um motor a combustão, o drone híbrido pode aumentar de forma expressiva a sua autonomia, possibilitando assim fazer planos de voos distantes e longos. Outra vantagem dessa aeronave é de manter-se estática durante o seu voo e não necessita de pista para pousos e decolagens (DIAS, 2017).

De maneira geral, tendem a possuir 4 rotores, gerando uma sustentação no decorrer do pouso, decolagem e baixas velocidade. Como também uma propulsão horizontal para a movimentação (BARROS, 2022). Quando em movimento, as asas fixas do drone estabelecem sustentação, variando com a velocidade e o funcionamento dos rotores torna-se cada vez menor, uma vez que sua demanda diminui conforme o aumento da velocidade (BARROS, 2022).

Apesar de apresentar um desempenho intermediário entre os modelos anteriores, Barros (2022) afirma que os drones híbridos acabam contemplando parte do melhor das duas configurações posteriores, mas, não são muito utilizados por conta dos requerimentos das missões dadas a estes, que acabam por dar grande prioridade a determinado aspecto em detrimento dos demais.

2.5 Emprego de drones na agricultura de precisão

Entre os progressos inseridos no conceito de agricultura de precisão, está o alto controle da produção, desde o pré plantio até a colheita e de acordo com Fonseca, Maya e Sarmiento (2022) os veículos aéreos não tripulados são ferramentas que possibilita a prevenção de danos no cultivo, operando com sensoriamento sub orbital, sendo eficaz no reconhecimento de pragas e monitoramento a saúde da plantação através de câmeras multiespectrais.

Silveira et al (2022) ainda fala que os drones usados na agricultura de precisão são empregados principalmente no tratamento e armazenamento dos dados referentes às plantações, realizando aplicação e pulverização de pesticidas, acompanhamento do sistema de irrigação e a detecção de focos de incêndio. Dessa maneira, o emprego de drones na agricultura é viabilizado devido sua versatilidade, visto que ele efetua e realiza tantas funções no campo, restringindo relativamente seu custo inicial (LUCHETTI, 2019).

Embora essa ferramenta seja mais vista no dia a dia na agricultura, existe ainda o emprego do drone voltado a pecuária. Conhecida por pecuária 4.0, é uma atividade de revolução tecnológica focada na otimização e melhoria na cadeia produtiva da criação de animais, como na figura 8, seja ela na produção de alimentos ou matéria prima (BARROS, 2022). Além disso,

utilizam drones em atribuições pecuárias para controle da pastagem, monitoramento dos animais, pulverização de carrapaticidas, entre outros (BARROS, 2022).

Figura 8: Levantamento aéreo da população de gado por ARP.



Fonte: Embrapa Informática Agropecuária, 2019.

Além do mais, a aplicabilidade desses equipamentos no campo, de acordo com Faxina (2021) também é vantajosa. Por ser uma aeronave muito menor do que a habitual acaba poupando combustível durante o uso. Da mesma maneira com o custo de aquisição ou de montagem, economizando assim no mantimento e na operação desta aeronave. Mediante aos fatos relacionados anteriormente, a mesma não carece do preparo de terrenos específicos ou infraestrutura como pista de pouso, ou de métodos que pode resultar em acontecimentos críticos de emergências ou riscos de desastres (FAXINA, 2021).

2.5.1 Prevenção de danos no cultivo

Uma das funções dos drones na agricultura de precisão seria de mapeamento e captura de dados. Por meio da exploração feita com esse objeto, o produtor será capaz de saber mais a respeito da saúde da colheita, conseguindo atuar de forma preventiva, evitando perdas e prejuízos (SOUZA et al., 2022). Esse acompanhamento é fundamental, visto que é possível identificar pragas habituais que acometem aquela produção, eliminando-as antes que se espalhem, realizando o controle apenas nas regiões afetadas. Outro ponto é que essa ação reduz o impacto ambiental, proporcionando uma redução na utilização dos defensivos, uma vez que ele só é aplicado nos locais requeridos (SOUZA et al., 2022).

Durante a fase de implantação da cultura no campo, esse equipamento também irá contribuir no monitoramento de identificação de falhas naquele plantio. O mesmo, aliado a um tipo de software direcionará ao produtor imagens detalhadas sobre toda a lavoura (FIDELIS; AL-KHOURY; ROSA, 2023). Permitindo de maneira mais fácil de observar as falhas nas linhas de plantio, uniformidade das germinações, a qualidade da operação, quantidade e o percentual de falhas (FIDELIS; AL-KHOURY; ROSA, 2023).

O alto rendimento e precisão espacial na aferição destas características por meio de imagens aéreas coletadas por esses drones pode beneficiar durante a avaliação do comportamento de genótipos, práticas de manejo e impactos de estresses bióticos e abióticos, colaborando na ação dos produtores (CASTRO, 2022). Por meio do sensoriamento remoto com a RPA, tem-se captação e registro da energia refletida ou emitida daquele local, gerando informações a respeito da superfície mapeada, obtenção de dados a distância, através do drone (REIPS; GUBERT, 2019). Com os sensores multiespectrais que estão fixos a RPA é possível, por meio da constatação, quantificação e do reconhecimento a energia eletromagnética refletida, absorvida e transmitida, comparando com dados radiométricos existentes nas imagens com os parâmetros biofísicos da vegetação. Com isso, as imagens capturadas podem ser usadas para reproduzir informações relevantes referentes à cultura da planta, monitorando a deficiência nutricional, hídrica ou ataque de pragas e patologias (REIPS; GUBERT, 2019).

Outro ponto relevante seria o monitoramento da lavoura para identificação de pragas. Freitas e Alvarenga (2019) fala que as pragas podem atacar toda a lavoura, sejam elas, foliares, colmo, frutos, inflorescências, raízes, sendo as foliares mais fáceis de serem identificadas. Os drones através de sua tecnologia e adepto a softwares de qualidade podem analisar e apresentar em tempo real ao produtor pragas e doenças que estão ocorrendo sua lavoura, além de mostrar também a quantidade e qual planta daninha se faz presente naquele momento (FREITAS; ALVARENGA, 2019).

Aeronaves remotamente pilotadas (RPAs ou drones) equipados com um sistema de percepção para o mapeamento de plantas daninhas ou identificação, podem operar em altitudes baixas, mesmo em dias nublados, e podem fornecer uma resolução espacial ultra-alta de todo o campo de colheita (CASTRO, 2022). Os drones vem sendo utilizados para aprimorar o método de manejo a ser adotado, definindo a forma de controle, seja ele cultural, mecânico, físico, biológico, químico ou integrado. Permitindo-se o uso das imagens obtidas através dos drones para avaliar eficiência do manejo químico feito, direcionando-os para os locais de aplicação (CASTRO, 2022).

2.5.2 Pulverização

A pulverização agrícola (Figura 9) com o emprego de drones é uma tecnologia em crescimento, visto que ela pode ser integrada a demais métodos de aplicação de produtos fitossanitários (BASSETTO FILHO et al., 2021). Essa atividade exibe características próprias, como: baixo volume de calda, bicos de baixa vazão, gotas mais finas, maior altura da barra e efeito do giro das hélices. Tornando uma pulverização mais específica em relação ao obtido com a pulverização tradicional (BASSETTO FILHO et al., 2021).

Figura 9: Pulverização de adubo foliar e fungicida na lavoura de milho.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2019.

A pulverização com drones é equivalente ao uso de pulverizadores autopropelido ou de arrasto, podendo ser executadas com ou sem o auxílio de um controlador (BERNADO; CORNAGO JÚNIOR; DENADAI, 2019). Inicialmente é feita a análise do alvo e o estágio da cultura, em seguida, define-se qual o bico será utilizado, qual a forma do jato e a vazão apropriada. Logo após, a calda é preparada (Figura 10) da mesma forma, seguindo a ordem de adição dos produtos no tanque de acordo com suas formulações e concentrações (BERNADO; CORNAGO JÚNIOR; DENADAI, 2019).

Figura 10: Abastecimento de calda no modelo DJI-T10 com tanque de 10L.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2019.

Os drones de pulverização ocasionaram grandes inovações, com maior destaque no meio agrícola. Pode ser aplicado em conjunto com os que são usados na análise e mapeamento, viabilizando uma aplicação de forma precisa, poupando-se de perdas (SOUZA et al., 2022). Além do mais, esses drones operam em áreas de difícil acesso, evitando assim pisoteio e compactação do solo, efeito através das rodas do trator (SOUZA et al., 2022).

Eles são muito efetivos na aplicação de agrotóxicos, adjuvantes, fertilizantes, inoculantes, corretivos, sementes e introdução de agentes biológicos na lavoura (BITTENCOURT, 2022). Outras vantagens são que eles podem realizar voos entre 3 e 5 metros de altura; economizando de água e defensivos; tendo uma aplicação mais eficiente, com bicos abaixo das hélices. Diminui a deriva de defensivos, com aplicação com ventos de até 30 km/h; baixo custo e eficiência operacional, sendo de 20 até 100 vezes mais ágil que o trabalho manual (BITTENCOURT, 2022).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante ao exposto, o drone é uma tecnologia que está presente em todas as etapas da agricultura de precisão no Brasil e no mundo. Nota-se que, com as constantes atualizações dessa tecnologia concede melhorias e aprimoramento das limitações no dia-a-dia do campo, otimizando o sistema de cultura daquela determinada fazenda.

Dessa forma, acaba provendo mais espaço no meio rural devido a sua praticidade, agilidade na entrega de resultados, o custo benefício, facilidade de manutenção e sobre tudo a

sustentabilidade. Mediante do monitoramento e mapeamento daquela cultura, esquematizando irrigações, analisando prováveis áreas degradadas e pragas. Além de pulverizar regiões mais específicas, diminuindo assim a utilização de insumos sem necessidade, reduzindo o agravo ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ADELINO, J. **Noções básicas sobre a utilização de drones multirotores**. 2022. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2022/03/SIG-Apresenta%C3%A7%C3%A3o-Jo%C3%A3o-Adelino.pdf>. Acesso em: 28 de jan de 2023.
- ALMEIDA, E. C. **Potencialidades da utilização dos drones na agricultura de precisão**. 16f. Trabalho de conclusão de curso (graduação). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS, Naviraí, 2023.
- ANAC. Agência Nacional Aviação Civil. nº 02 ao RBAC – E nº 94. Resolução 649, de 30 de novembro de 2021. **Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil**. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/resolucoes/2021/resolucao-no-649-30-11-2021#:~:text=Resolu%C3%A7%C3%A3o%20n%C2%BA%20649%2C%20DE%2030,vista%20o%20disposto%20no%20arts>. Acesso em: 08 de mai de 2023.
- AZEVEDO, H. P.; SILVA, J. W. G.; Manual operacional de drones. **Controladoria-geral da união (CGU)**. 2019. Disponível em: https://repositorio.cgu.gov.br/bitstream/1/44980/5/Manual_Operacional_de_Drones_CGU. Acesso em 01 fev 2023.
- BARROS, R. F. **Veículos aéreos não tripulados (VANTs): Análise Comparativa e Perspectivas**. 106f. Trabalho de conclusão de curso (graduação). Universidade Estadual Paulista, São João da Boa Vista, 2022.
- BARSANTE, C. **TIPOS DE DRONES NO MERCADO E SUAS APLICAÇÕES**. 2020. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/tipos-de-drones-mercado-e-suas-aplica%C3%A7%C3%B5es-christiano-barsante>. Acesso em: 01 de fev de 2023.
- BASSETTO FILHO, J. J. et al. Controle do percevejo *Euschistus heros* em soja com inseticidas químicos pulverizados com drone. **XVI Jornada Acadêmica da Embrapa Soja**. Londrina: Embrapa Soja. Ed. 21, n. 440, p. 1-10, 2021.
- BASSOI, L. H. et al. Agricultura de precisão e agricultura digital. **Revista Digital de Tecnologia Cognitivas**. n. 20, p. 17-30, jul/dez 2019.
- BERNADO, R.; CORNAGO JÚNIOR, V. M.; DENADAI, M. S. Uso de drones para aplicações de defensivos agrícolas. In: Jornada Científica e Tecnológica da Fatec de Botucatu. Botucatu, 2019. **VIII Anais Jornada Científica e Tecnológica da Fatec de Botucatu**. São Paulo, 2019.

BITTENCUORT, M. **Drones agrícolas: veja como melhor utilizá-los na fazenda**. Jul 2022. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/drones-agricolas/>. Acesso em: 28 de jan de 2023.

CARVALHO, B. R. et al. Drone para Pulverização Agrícola e Inseticida. In: III Encontro de Desenvolvimento de Processos Agroindustriais, 2019, Uberaba. **Anais: III Encontro de Desenvolvimento de Processos Agroindustriais**. Uberaba: Uniube, UFTM e IFTM, p. 1-11. 2019.

CASTRO, A. C. O. **Mapeamento Digital de Plantas Daninhas em Áreas de Produção de Soja Utilizando Aeronaves Remotamente Pilotadas**. 67F. Trabalho de conclusão de curso (tese doutorado). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campo Verde, 2022.

CASTRO, J. R.; BIAZOTTO, K. F.; ROMÃO, M. P. Tecnologias aplicadas à agricultura: utilização de drones para atividades agrícolas. In: X FATECLOG, 2019, Guarulhos. **X FATECLOG - LOGÍSTICA 4.0 & A SOCIEDADE DO CONHECIMENTO**, Guarulhos: Fatec, p.1-10. 2019.

DIAS, G. O. **Projeto de um drone híbrido**. Trabalho de conclusão de curso (graduação). Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, 2017.

EMBRAPA INFORMÁTICA AGROPECUÁRIA. **Pesquisadores vão usar drones para detecção e contagem de gado**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/41831223/pesquisadores-vaao-usar-drones-para-deteccao-e-contagem-de-gado>. Acesso em: 06 de mar 2024.

FAXINA, L. **PROJETO DE DRONE DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO EM ÁREAS AGRÍCOLAS**. 53F. Trabalho de conclusão de curso (graduação). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Avaré, 2021.

FIDELIS, B. O.; AL-KHOURY, S. C. S.; ROSA, F. L. O uso de drones como tecnologia aplicável na agricultura de precisão. **RevistaFT**, Rio de Janeiro, ed. 122. mai, 2023.

FIELDVIEW. **Conheça as 12 funções dos drones na agricultura**. 2022. Disponível em: <https://blog.climatefieldview.com.br/drones-agricultura>. Acesso em: 24 de jan 2023.

FONSECA, F. P.O.; MAYA, D. M. Y.; SARMIENTO, A. L. E. Proyecto preliminar de pulverizador híbrido multirrotor. In: Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, Madrid, 2022. **XV Anais do Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica**, Madrid: Universidad politécnica de Madrid, 2022.

FREITAS, C. E. C.; ALVARENGA, H. B. **O USO DE DRONES NA AGRICULTURA DE PRECISÃO**. Trabalho de conclusão de curso (técnico). Fundação Roge – Centro Educacional LIMASSIS, Delfim Moreira, 2019.

GENILHO, M. R. J. **USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) NA AGRICULTURA: revisão de literatura**. Trabalho de conclusão de curso (graduação). Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA. Ariquemes, 2021.

GONÇALVES, A. K.; DENADAI, M. S. Uso do sensoriamento remoto por VANT'S para o agronegócio. In: Jornada Científica e Tecnológica da Fatec de Botucatu. Botucatu, 2019. **VIII Anais Jornada Científica e Tecnológica da Fatec de Botucatu**. São Paulo, 2019.

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

JUNTA, R.; CAVICHIOLI, F. A. Revolução dos drones na agricultura. **Mobilizar o Conhecimento para Alimentar o Brasil**. 1 ed. Jul, 2018.

LOBÃO, M. S. P.; STADUTO, J. A. R. Modernização agrícola na Amazônia brasileira. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. v. 58; n. 2; p. 1-18, 2020.

LUCHETTI, A. **Utilização de drones na agricultura: impactos no setor sucroalcooleiro**. 37f. Trabalho de conclusão de curso (graduação). Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2019.

MELLO, A. Agro brasileiro tem quase 10 mil drones em operação. Mas com alguma incerteza no ar. **AGFeed**. 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: 09 de jul de 2023.

MELO, G. M. et al. Montagem de protótipo drone multirrotor. In: Curso de Engenharia Elétrica da UniEVANGÉLICA, Goiás, 2019. **II Anais do Curso de Engenharia Elétrica da UniEVANGÉLICA**, Goiás: Unievangélica, 2019.

NASCIMENTO, A. J. S.; DENADAI, M. S. Drone, a história desta tecnologia. **Tekhne e Logos**. Botucatu, v.12, n.2, setembro, 2021.

OLIVEIRA, M. D. M.; FURLANETO, F. de P. B.; FURLANETO NETO, M. Características Técnicas e Econômicas do Veículo Aéreo Não Tripulado (*Drone*). **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 17, n. 5, p. 1-7, maio 2022.

PERES, A. C. S.; LOPES, H. A. S.; RODRIGUES, F. S. REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA NA AGRICULTURA: Desafios e Oportunidades do Uso de Drones. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 3, n. 1, 1 set. 2019.

RAMIN, A. C.; DE LIMA, E. C.; BARBOSA, K. V. F. S. **AGRICULTURA DE PRECISÃO: uso de drones**. 36f. Trabalho de conclusão de curso (técnico). Centro estadual de educação tecnológica Paula Souza, Votuporanga, 2021.

REIPS, L.; GUBERT, L. C. Drones como ferramenta de apoio para agricultores do Rio Grande do Sul. **Revista UFG**, Goiânia, v. 19, p.1-19, e-58528, 2019.

SENAR. Agricultura de precisão: conceitos. **SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZADO RUAL**. Brasília: Senar, 2019.

SENAR. Agricultura de precisão: operação de drones. **SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZADO RUAL**. Brasília: Senar, 2018.

SIVEIRA, B. et al. **Utilização de IA para controle de pragas na agricultura**. Trabalho de conclusão de curso (graduação). Universidade Evangélica de Goiás (UNIEVAGÉLICA). Anápolis, 2022.

SOUZA, F. R. et al. **DRONES NA AVIAÇÃO AGRÍCOLA: atuação dos RPAS no agronegócio**. 19f. Trabalho de conclusão de curso (graduação). Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2022.

TEXEIRA NETO, A. P.; MIRANDA, R. **O “tech” do agro: uma revisão bibliográfica sobre o impacto da aplicação de tecnologias no agronegócio brasileiro**. 18f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

TSUKADA, J. **Drones agrícolas: conheça a regulamentação brasileira para as ARP**. 2022. Disponível em: <https://agriq.com.br/drones-agricolas>. Acesso em: 22 de jan 2023.