

**IMPLEMENTAÇÃO DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS NA
AGRICULTURA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA****Thiago Rodrigues Gasparetto¹**
Salmen Chaquip Bukzem²**RESUMO**

Atualmente, as aeronaves remotamente pilotadas (RPA) estão ganhando popularidade como parte integrante da agricultura de precisão e garantindo a sustentabilidade agrícola. O setor agrícola é demandado por estratégias que atendam a alta demanda de produção. Diante da importância do acompanhamento da evolução da agricultura, torna-se importante discutir estratégias inovadoras que atendam as atuais demandas dessa área. Portanto, o objetivo geral do presente trabalho foi demonstrar os benefícios da inserção de RPA nos diversos setores da agricultura, e comparar a eficácia dessas aeronaves com as utilizadas tradicionalmente. Observou-se que o uso de RPAs em diversos setores agrícolas trazem benefícios que vão além da produção, como a diminuição do impacto ambiental e redução do risco de saúde, evitando contato físico com o agrotóxico. Porém, diversos são os fatores que impedem a utilização desse equipamento em grande escala, uma vez que se tem um limite de carga, altura e baixo tempo de voo, o que não seria interessante para grandes áreas agrícolas. O aspecto financeiro também deve ser considerado, visto que essa nova tecnologia demanda grandes investimentos. Portanto, ainda existem fatores que levam a acreditar que as aeronaves agrícolas tradicionais podem atender com melhor precisão a demanda de pulverização de áreas de maior abrangência. Nesse sentido, a substituição de dessas aeronaves por RPAs ainda não é uma realidade para todos os campos e critérios.

Palavras-chave: Agricultura de Precisão; Aeronaves Remotamente Pilotadas; Aviação agrícola tradicional; Pulverização.

¹ Graduando em Ciências Aeronáuticas. PUC-GO. E-mail: thiagogasparetto10@hotmail.com

² Graduado em Desenvolvimento de Sistemas de Informação, Especialista em Docência do Ensino Superior e em Gestão de Segurança da Informação e Comunicações pela Universidade de Brasília. Coordenador do Curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. PUC-GO. E-mail: salmen@pucgoias.edu.br

IMPLEMENTATION OF REMOTELY PILOTED AIRCRAFT IN AGRICULTURE: A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT

Currently, remotely piloted aircraft (RPA) are gaining popularity as an integral part of precision agriculture and ensuring agricultural sustainability. The agricultural sector is demanded by strategies that meet the high production demand. Given the importance of monitoring the evolution of agriculture, it is important to discuss innovative strategies that meet the current demands of this area. Therefore, the general objective of the present work was to demonstrate the benefits of inserting RPA in the various sectors of agriculture, and to compare the effectiveness of these aircraft with those traditionally used. It was observed that the use of RPAs in various agricultural sectors brings benefits that go beyond production, such as reducing the environmental impact and reducing the health risk, avoiding physical contact with the pesticide. However, there are several factors that prevent the use of this equipment on a large scale, since it has a load limit, height and low flight time, which would not be interesting for large agricultural areas. The financial aspect must also be considered, since this new technology demands large investments. Therefore, there are still factors that lead to believe that traditional agricultural aircraft can better meet the demand for spraying larger areas. In this sense, the replacement of these aircraft by RPAs is not yet a reality for all fields and criteria.

Keywords: Precision Agriculture; Remotely Piloted Aircraft; Traditional agricultural aviation; Pulverization.

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho trata-se sobre a inovação tecnológica na área da agricultura, destacando um equipamento atualmente criado e utilizado para diversos fins e em setores agrícolas, conhecido popularmente como drone, e teoricamente definido como uma aeronave remotamente pilotada (RPA), que entra

na classificação de Veículos Aéreos Não tripulados (VANT). Os VANTs estão se tornando uma nova força no campo da aviação agrícola de precisão no mundo. Nas áreas de agricultura, onde as máquinas terrestres têm dificuldades em executar operações agrícolas, os VANTs agrícolas apresentam vantagens significativas.

As RPA também estão ganhando popularidade como parte integrante da agricultura de precisão e garantindo a sustentabilidade agrícola. O setor agrícola é demandado por RPAs com características diversas para garantir melhor rendimento das lavouras e superar diversos desafios dos agricultores.

O objetivo geral do presente trabalho é demonstrar os benefícios da inserção das RPA nos diversos setores da agricultura. Como objetivos específicos, teve-se: apresentar a importância da agricultura na economia e na alimentação das sociedades de diversos países; compreender a importância da aviação agrícola nesse setor e suas respectivas limitações; verificar os benefícios da inserção das RPAs na atual agricultura, como substituição da aviação agrícola tradicional.

A problemática a ser discutida é baseada na constante evolução da prática agrícola, associada ao aumento da demanda e da produção por causa do crescimento populacional. O crescimento da área agrícola veio acompanhado de uma maior necessidade de terras, água e energia, o que impacta diretamente no meio ambiente. Por isso, mais uma vez tornou-se necessário o desenvolvimento de estratégias globais para a utilização do meio ambiente de forma eficiente, a fim de alcançar a produção de alimentos necessária para evitar a fome, mas também de forma sustentável.

Diante disso, a tecnologia se tornou uma importante aliada no processo de produção alimentar agrícola e diminuição dos impactos ambientais. A agricultura digital desenvolveu-se a partir de tecnologias para a modernização, automatização e melhora da produção agrícola, gerando eficiência e produtividade. Dentre as principais inovações da área agrícola, destaca-se a integração das RPAs como um novo método de aumento da produtividade agrícola.

A hipótese levantada é a seguinte: as RPAs poderiam atuar nos diversos setores agrícolas? Diante desta hipótese o trabalho apresenta a seguinte questão a ser respondida: as RPAs poderão substituir a aviação agrícola tradicional?

A pesquisa foi estruturada a partir de uma revisão bibliográfica e documental. Enquanto bibliográfica buscou informações em bases de dados científicos e documental nos arquivos das agências reguladoras governamentais, dentre eles a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), e o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA).

No presente trabalho será abordado o surgimento e a evolução das RPA. Em seguida seu emprego na área agrícola, discutindo os seguimentos de cada uma, com ênfase na introdução da agricultura de precisão e suas possibilidades de uso e a as respectivas regras de emprego. Por fim, a comparação de pontos positivos e negativos do uso das RPAs na agricultura em comparação com a aviação agrícola tradicional, a fim de responder se a substituição desta última seria uma realidade próxima no mundo atual.

2 AGRICULTURA E MODERNIZAÇÃO

A agricultura é uma prática milenar que se estabeleceu no período neolítico como forma de sobrevivência para a sociedade, que vivia de plantio e criação de animais para consumo (FULLER *et al.*, 2015). Esse método de produção e sobrevivência vem sendo utilizado até hoje, alcançando ainda mais espaços na sociedade, que além de se beneficiarem pela produção de alimentos para consumo, também podem lucrar com essa atividade (CORSELIUS; WISNIEWSKI; RITCHIE, 2001).

O crescimento considerável e contínuo da população mundial fez com que a agricultura tivesse ainda mais espaço na sociedade, uma vez que toda a população necessita da ingestão de alimentos advindos dessa prática para sobrevivência (CLEAVER; OKIDEGBE; DE NYS, 2006). Estima-se que o aumento populacional levará a uma demanda global por alimentos por mais 40 anos, o que

leva os pesquisadores a desenvolverem estratégias inteligentes para um maior e mais rápido consumo de alimentos pela agricultura (CARVALHO; CASTRO, 2022).

Apesar disso, é importante destacar que a prática agrícola leva a uma necessidade elevada de terras, água e energia, que conseqüentemente impacta diretamente no meio ambiente e todo o seu sistema (TEIXEIRA *et al.*, 2005). Por isso, mais uma vez torna-se necessário o desenvolvimento de estratégias globais para a utilização do meio ambiente de forma eficiente e equitativa, a fim de alcançar a produção de alimentos necessária para evitar a fome de forma sustentável (ARTUZO; SOARES; WEISS, 2017).

Diante disso, a tecnologia se torna uma importante aliada no processo de produção alimentar agrícola e diminuição dos impactos ambientais. A agricultura digital é um conceito criado nesse contexto, que envolve o uso de tecnologias para a modernização, automatização e melhora da produção agrícola, gerando eficiência e produtividade (DE SOUZA, 2020).

Outro conceito muito discutido é o da agricultura de precisão, composta por técnicas de sensoriamento próximo e remoto usando sensores, que ajudam a monitorar os estados das culturas em vários níveis de crescimento. A agricultura de precisão permite que um agricultor saiba com precisão quais parâmetros são necessários para uma cultura saudável, onde esses parâmetros são necessários e em que quantidade em um determinado momento (SHAFI *et al.*, 2019). Nesse sentido, equipamentos de alta precisão começaram a ser desenvolvidos para que a implementação da agricultura de precisão fosse eficaz e pudesse atender todas as necessidades do agricultor de forma precisa (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

3 AERONAVES NA AGRICULTURA MODERNA

Os principais aliados para o desenvolvimento e aumento da eficácia de produção na agricultura são os equipamentos utilizados nesse processo. Inicialmente, no período da Segunda Revolução Agrícola, no século XVII, o uso de cavalos no processo de produção aumentou a produtividade e ainda trouxe diversos benefícios como a substituição da força humana (VALÉRIO, 2021).

Com o passar dos tempos, o desenvolvimento de máquinas agrícolas para a substituição da força humana e animal foi crescendo, ao ponto de introduzir máquinas inteligentes e veículos autônomos nas operações agrícolas, com o intuito de aumentar a eficiência e diminuir os impactos ambientais (BOCHTIS.; SØRENSEN; BUSATO, 2014). Um exemplo de veículo introduzido na agricultura para melhores resultados produtivos é a aeronave agrícola (ANAC, 2015).

O uso de aeronaves na agricultura teve seu início há mais de cinquenta anos. As aeronaves expandiram gradualmente sua utilidade em muitas fases da produção agrícola, particularmente nas áreas de proteção de plantas e controle de pragas (FURTADO; HOFF, 2017). As vantagens mundiais das aeronaves são a velocidade de operação, quantidade de produto que pode ser dispensado e a capacidade de aplicar material quando e onde os meios terrestres são impraticáveis (AKESSON; YATES, 1974).

As aeronaves agrícolas são consideradas de grande importância a produção agrícola e são de interesse para o engenheiro agrônomo, o agrônomo, o cientista vegetal, o entomologista, o agricultor e aviador (BRASIL, 2016). Assim como a agricultura sofreu ação da tecnologia, os equipamentos, em especial as aeronaves, também foram impactados. Diante disso, nas seções seguintes serão discutidos aspectos primordiais do uso de aeronaves agrícolas e de sua informatização.

ISSN 2763-7697

3.1 AERONAVES AGRÍCOLAS

A aviação agrícola teve início na Alemanha, em 1911, com o objetivo de controle de pragas em áreas florestais e passou a ser utilizada nos EUA, a partir de 1921, especificamente para plantações de algodão. Já no Brasil, o uso de aeronaves agrícolas foi estreado em 1947, para o controle de gafanhotos em plantações na região Sul do país (SINDAG, 2009).

Contudo, as funções da aviação agrícola cresceram durante os anos e tornou-se meio para diversas atividades relacionadas a produção agrícola, como uso de fertilizantes, semeaduras, combate a pragas, combate a vetores

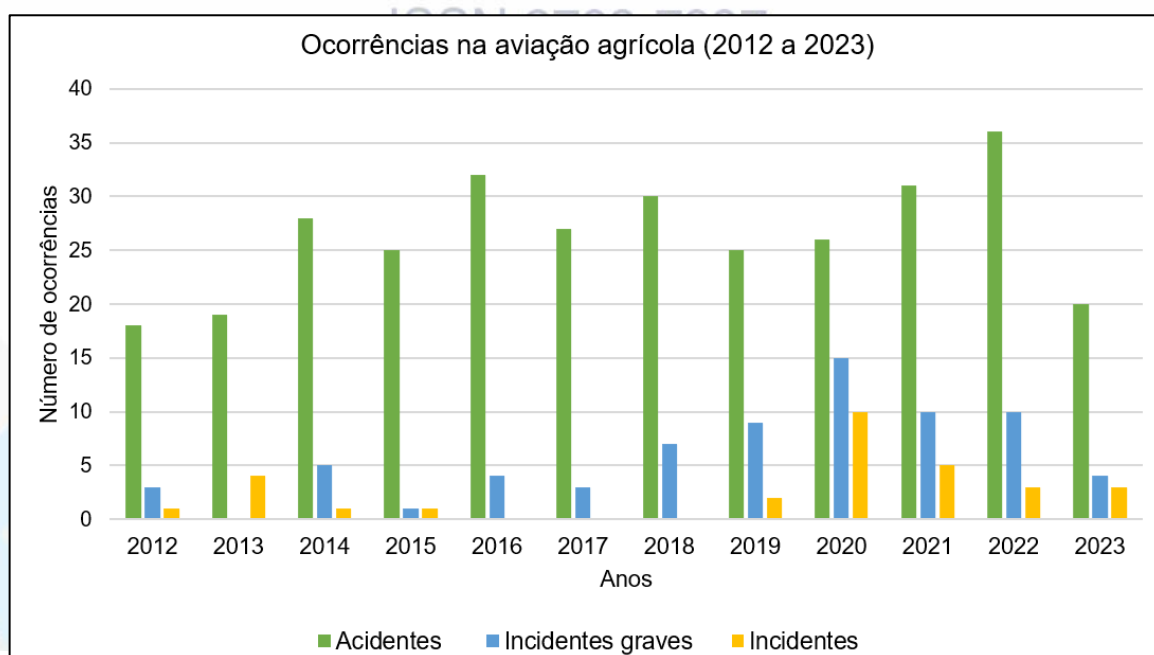
propagadores de doenças, aplicação de herbicidas e desfolhadores, povoamento de águas e aplicações técnicas e científicas devidamente aprovadas (DAC, 2009).

No ano de 2019, observou-se um crescimento significativo de empresas aeroagrícolas, as quais são produtoras de aeronaves utilizadas na área da agricultura. Nesse mesmo ano, segundo o Sindicato Nacional das Empresas de Aviação Agrícola (SINDAG), a aviação agrícola brasileira contava com 2.194 aeronaves agrícolas, destacando o modelo Ipanema. No entanto, entre os diversos modelos que compõem a aviação agrícola nacional, destaca-se os aviões turboélices, principalmente de fabricação norte-americana. Os aviões turboélices na área agrícola apresentam maior potência e maior capacidade de carga (SINDAG, 2019).

Apesar das diversas funções da aviação agrícola, é importante destacar alguns aspectos que poderiam impactar tanto na produção agrícola quanto na questão de segurança humana. O Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, publicou recentemente o sumário estatístico de ocorrências na aviação agrícola, com enfoque nos acidentes e tipos de ocorrência (Figura 1) (CENIPA, 2019).

Revista Brasileira de Aviação Civil

Figura 1 – Acidentes, incidentes e incidentes graves na aviação agrícola no Brasil, entre os anos de 2012 e 2023



Fonte: CENIPA (2023).

Diante dos dados apresentados, observa-se um número razoável de acidentes envolvendo aeronaves agrícolas. Além de acidentes mecânicos, estudos demonstram que a presença física do piloto em aeronaves com agrotóxicos pode aumentar as chances de desenvolvimento de doenças no futuro, como por exemplo o câncer, visto que a composição química desses pesticidas é perigosa à saúde humana (CANTOR; SILBERMAN, 1999; SUTTON *et al.*, 2007).

Além dos impactos na saúde humana, muito se discute sobre os efeitos da aviação agrícola no meio ambiente. O setor de aviação é responsável por aproximadamente 2% de todo o CO₂ liberado na atmosfera, subindo para 3,5% quando outros métodos de quantificação em altitude são considerados (LEE *et al.*, 2009). Por isso, estratégias que diminuam o impacto ambiental e aumentem a produtividade agrícola estão cada vez mais sendo estudadas.

Apesar dos riscos apresentados, a aviação agrícola tradicional ainda é utilizada a partir de diversos métodos para pulverização, que são cada vez mais estudados para um aproveitamento total das aplicações, para evitar desperdícios. Destaca-se que a partir das inovações, tem-se um alto rendimento nas operações aero agrícolas, que são realizadas em condições atmosféricas propícias. Evita-se a aplicação em condições de inversão térmica, em que a temperatura tem alta variação (MHEREB; NORDER, 2018).

O principal modelo de avião agrícola brasileiro é o Ipanema, um avião de motor a pistão, fabricado desde os anos 70 e que desde 2014 é movido a etanol (Figura 2). Enquanto isso, observa-se um avanço dos aviões turboélices, de fabricação norte-americana, que são maiores, de maior potência e com maior rendimento nas lavouras. Em relação aos combustíveis utilizados pela aviação agrícola no Brasil, quase 50% dos aviões e helicópteros são movidos a gasolina de aviação. Enquanto outros 35% são movidos a etanol e 24,27% que utilizam querosene de aviação (SINGAG, 2020).

Figura 2 – Tipos de aviões agrícolas

			
Cessna A188 B AgTruck	Air-Tractor AT-502	Air-Tractor AT-802	Air-Tractor AT-401
			
Piper PA-36 300	Cessna A188 AgWagon	Embraer EMB-200	Embraer EMB-201 A
			
Embraer EMB-202A	Piper PA-25 235	PZL 106 BT 601"Kruk"	Thrush Commander S2-1

Fonte: SINDAG (2020).

Em relação aos parâmetros climáticos, é importante que se considere os seguintes aspectos para a pulverização em aviões agrícolas: umidade relativa do ar mínima de 50%, ventos com velocidade máxima de 3 a 10km/h e temperatura máxima de 30°C; obediência ao limite de distância de 500 metros de povoações, cidades, vilas, bairros e também áreas de mananciais de captação de água para abastecimento; realização de um relatório operacional e embasamento em um receituário agrônomo (BRASIL, 2008).

A capacidade operacional de aviões agrícolas é destaque em relação a sua possibilidade de pulverização de grandes áreas em um curto período de tempo. Ademais, esses equipamentos evitam a compactação do solo, o que leva à proteção das plantações contra qualquer impacto e permite a pulverização em áreas úmidas, ou até mesmo encharcadas (MACHADO; QUEIROZ; REYNALDO, 2015). Os aviões agrícolas operam em velocidade de 60 a 100 milhas por hora ou mais. De acordo com o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), em operação de pulverização, o avião agrícola pode voar em média entre 3 e 4 metros de altura.

Já em um voo de aplicação de sólidos (semeadura ou aplicação de fertilizantes) a altura pode passar de 10 metros. De acordo com o modelo do avião (desde os pequenos, com capacidade de 700 litros até os grandes, com capacidade de 3 mil litros), o rendimento, ou seja, a aplicação em hectares de acordo com o tempo em horas, é de 50 e 400 hectares por hora (BRASIL, 2020).

No Brasil, segundo estimativas do Sindag, a aviação agrícola é responsável por cerca de 20% das pulverizações feitas em lavouras no país. Considerando que a área de lavouras no Brasil ocupa cerca de 64 milhões de hectares, esses dados seriam relativos a 12 - 16 milhões de hectares tratados com aviação agrícola (SCHASTAI *et al.*, 2000).

Os aviões agrícolas modernos possuem tecnologia embarcada que confere vantagem pela sua velocidade e precisão. Esses dois fatores associados auxiliam no controle e na minimização do fenômeno denominado deriva, que consiste na perda do produto a ser aplicado por deslocação da faixa de aplicação (MARTINI *et al.*, 2016).

O uso de GPS pode impedir o acontecimento desse fenômeno, em especial o DGPS, considerado um equipamento mais preciso e com maior velocidade do que os outros equipamentos de GPS convencionais (MOLIN, 1998). Outra ferramenta importante nesse processo é o fluxômetro, que habilita o avião a ter uma precisão de centímetros em sua faixa de aplicação e na hora de abrir ou fechar o sistema de pulverização, bem como na quantidade de produto aplicado (BRASIL, 2020).

Em relação ao custo, aviões agrícolas se encontram atualmente na faixa de R\$ 1,599 milhão para o nacional agrícola Ipanema (Embraer) a R\$ 9 milhões, para os turboélices mais recentes brasileiros (*Air-tractor* ou *Thrush*). Apesar do alto investimento com o avião, se a manutenção for realizada periodicamente, este terá viabilidade de uso por muitas décadas. Ainda, destaca-se os diversos planos de financiamento de aeronaves disponíveis para o setor (LACERDA, 2017).

4 AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS

A ANAC estabeleceu os requisitos específicos para as operações civis de aeronaves não tripuladas, também conhecidas como drones. O Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94/2017 (RBAC-E nº 94/2017) da ANAC complementa as normas de operação de drones estabelecidas pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).

Pelo regulamento da ANAC, aeromodelos são as aeronaves não tripuladas remotamente pilotadas usadas para recreação e lazer e as aeronaves remotamente pilotadas (RPA) são as aeronaves não tripuladas utilizadas para outros fins como experimentais, comerciais ou institucionais. Ainda, a ANAC destaca que os dois tipos só podem ser operados em áreas com no mínimo 30 metros horizontais de distância das pessoas não anuentes ou não envolvidas com a operação e cada piloto remoto só poderá operar um equipamento por vez (ANAC, 2017).

Para operar um aeromodelo, deve-se respeitar a distância limite de terceiros e observar as regras do DECEA e da ANATEL. Aeromodelos com peso máximo de decolagem (incluindo-se o peso do equipamento, de sua bateria e de eventual carga) de até 250 gramas não precisam ser cadastrados junto à ANAC. Os aeromodelos operados em linha de até 400 pés acima do nível do solo devem ser cadastrados e, nesses casos, o piloto remoto do aeromodelo deverá possuir licença e habilitação (ANAC, 2017).

Aeronaves Pilotadas Remotamente (RPA) ou Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) referem-se a aeronaves multiuso pilotadas remotamente. De acordo com a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), as RPA podem ser divididas em três classes, que são estratificadas a partir do peso máximo de decolagem, considerando os pesos da bateria ou combustível do equipamento e de carga eventualmente transportada. Para cada classe das RPA há requisitos específicos a serem descritos a seguir (ANAC, 2019).

- Classe 1: Peso máximo de decolagem maior que 150 kg;

- Classe 2: Peso máximo de decolagem maior que 25 kg e até 150 kg;
- Classe 3: Peso máximo de decolagem de até 25 kg;

Na classe 3, há uma subdivisão em relação ao peso do equipamento, sendo eles:

- Aeromodelos ou RPA com peso máximo de decolagem de até 250g;
- RPA com peso máximo de decolagem maior que 250g e até 25 kg.

De acordo com a ANAC, cada classe apresenta requisitos específicos a serem atendidos de acordo com a lei. Para o uso da classe 1, os requisitos mínimos são: ter no mínimo 18 anos de idade, possuir seguro com cobertura de danos a terceiros, operar apenas em áreas distantes de terceiros (no mínimo 30 m horizontais), fazer avaliação de risco operacional - IS nº E94-003 (ANAC, 2017), operar apenas um único sistema de RPA por vez, possuir e portar licença e habilitação emitidos pela ANAC, bem como Certificado Médico Aeronáutico (CMA) de 1ª, 2ª ou 5ª classe concedidos pela ANAC ou de 3ª classe expedido pelo Comando da Aeronáutica, obter registro junto à ANAC e portar um Certificado de Aeronavegabilidade padrão ou restrito e executar uma Inspeção Anual de Manutenção (IAM) no sistema de RPA a cada 12 meses.

Para a classe 2, os requisitos são compatíveis com a classe 1, porém alguns são específicos a classe 2, como a necessidade de realizar todos os procedimentos específicos recomendados pelo fabricante no manual de manutenção e registrá-los em cadernetas apropriadas.

Já para a classe 3, os requisitos são específicos para cada subclasse. Para os aeromodelos ou RPAs com peso máximo de decolagem de até 250g destaca-se que os equipamentos não precisam ser cadastrados na ANAC; está dispensada a avaliação de risco da operação, mas deve-se verificar as condições da aeronave quanto à segurança de voo; não há restrição quanto à idade mínima para operar Aeromodelos, já para RPA a idade mínima é 18 anos; pilotos não precisam de documento emitido pela ANAC e são considerados devidamente licenciados; só é permitido operar um único sistema de RPA por vez; não é obrigatório possuir seguro com cobertura de danos a terceiros; e não é necessário registrar os voos.

Para RPA com peso máximo de decolagem maior que 250g e até 25 kg, a ANAC solicita os seguintes critérios: ter no mínimo 18 anos de idade para pilotar

ou para auxiliar a operação como observador; fazer uma avaliação de risco operacional (IS-ANAC nº E94-003); fixar a identificação do equipamento em local visível na aeronave e com material não inflamável; operar apenas um único sistema por vez ; é possível trocar o piloto remoto em comando durante a operação; operar apenas em áreas distantes de terceiros: restrição está dispensada caso haja anuência das pessoas próximas à operação ou exista uma barreira mecânica; as operações só poderão ser iniciadas se houver autonomia suficiente da aeronave para realizar o voo e para pousar em segurança; e cadastrar cada equipamento no Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT).

De acordo com o Certificado de Aeronavegabilidade Especial de RPA – CAER, para pilotar RPA é necessário ser apto pela ANAC a realizar voos recreativos e não recreativos no Brasil, com aeronave não tripulada cujo projeto está aprovado, em conformidade com os regulamentos aplicáveis da ANAC. É responsabilidade do operador tomar as providências necessárias para a operação segura da aeronave, assim como conhecer e cumprir os regulamentos do DECEA, da Anatel, e de outras autoridades competentes. Pilotos remotos de aeronaves remotamente pilotadas classes 1 ou 2, ou que pretendam voar acima de 400 pés acima do nível do solo, precisam possuir licença e habilitação válida emitida pela ANAC (ANAC, 2017).

O termo RPA é usado de forma aceitável na Europa, contudo, outras terminologias frequentemente usadas para se referir a drones incluem: Equipamento de Navegação Operado Remotamente (DRONE), Veículos Pilotados Remotamente (RPV), Sistemas de Aeronaves Pilotadas Remotamente (RPAS), Aeronaves Operadas Remotamente (ROA) e Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas (UAS) (SANTOS *et al.*, 2019).

4.1 CLASSIFICAÇÃO E ESTRUTURA DE RPAS

Diversos são os tipos de RPAs no mercado comercial. Na área agrícola, há RPAs específicas para pulverização e para mapeamento de áreas, que estão destacadas na Figura 3. Os drones para mapeamento de áreas apresentam asas fixas, enquanto os para pulverização podem apresentar diversas hélices (MOGILL;

DEEPAK, 2018). Os valores de cada tipo de RPA podem variar de acordo com o modelo, marca e função. Atualmente, no mercado, os valores médios de RPAs pulverizadores se encontra na faixa de R\$188.000 a R\$ 325.000, enquanto aqueles topográficos, para mapeamento podem ser encontrados no valor de R\$ 64.000 (NW DRONES, 2022).

Figura 3 – Principais tipos de RPA na área agrícola



Fonte: Organizado pelo próprio autor, 2023; NW® Drones, 2022.

O modelo DJI AGRAS T40 é um drone de pulverização com tecnologia avançada, da marca NW Drones. O modelo tem um tanque de 40 litros e uma autonomia de voo de até 28 minutos. Possui um sistema de controle de quantidade de líquido preciso e uma bomba de alta pressão, garantindo a aplicação uniforme de agrotóxicos. Também contém recursos de segurança, como uma câmera de visão traseira e uma luz de advertência de colisão. Já o modelo AGRAS T30 se diferencia por 10 litros a menos de capacidade de tanque, por isso o valor mais baixo (NW DRONES, 2022).

O PHANTOM 4 Multispectral coleta imagens agrícolas capturando informações sobre a saúde das culturas e auxiliando nos cuidados com a vegetação. As informações são coletadas por uma câmera RGB¹ e uma câmera

¹ Câmera com sistema de cores RGB (*Red, Green and Blue*) capturam imagens como as vemos, com as cores reais – reproduzindo o que vemos a olho nu. São comumente usadas na agricultura, topografia, monitoramento de terrenos, captação de imagens, na engenharia, medição de áreas e distâncias, identificação de falhas de plantio, contagem de indivíduos e muito mais.

multiespectral² com um arranjo de 5 câmeras, incluindo as faixas de cores azul, verde, vermelho, borda vermelha e infravermelho próximo, através de imagens em 2 MP obtidas por um obturador global em um estabilizador triaxial. Por isso, é uma RPA muito utilizada para mapeamento de áreas agrícolas (NW DRONES, 2022).

As RPA também podem ser classificados pelo tipo de controle estabelecido, ou seja, monitorados, supervisionados, pré-programados e controlados remotamente (PINO *et al.*, 2019). As RPAs autônomos não necessitam de um piloto para o controle no solo e pode ser guiado por seus sensores e outros sistemas integrados. Já os monitorados precisam de interação humana com o piloto, o qual irá controlar a máquina, realizar plano de voo e decidir ações necessárias. As RPAs monitorados são comuns nas áreas de precisão e fotogrametria na agricultura. E as RPAs supervisionados apresentam um piloto operador, mas podem realizar tarefas específicas de forma autônoma (VROEGINDEWEIJ; VAN WIJK; VAN HENTEN, 2014). Os tipos pré-programados seguem um plano de voo previamente elaborado, sem opções para modificação, enquanto os controlados remotamente são pilotados diretamente por um técnico através de um controle remoto (BOLOGNEZ *et al.*, 2021).

Além disso, a comunicação é uma parte integral das RPAs controlados remotamente. Muitos pesquisadores já desenvolveram diversas arquiteturas de rede, projetos de antenas e métodos de comunicação desses equipamentos. Existem três métodos básicos para comunicação das RPAs em diferentes altitudes (ULLAH *et al.*, 2019). As RPAS de alta altitude, ou seja, aqueles que alcançam voos de até 120 m, podem ser comunicados ou controlados usando rede celular e rede de satélite, enquanto as RPAs de baixa altitude podem ser comunicados ou controlados usando rede celular, rede de satélite, Wi-Fi e sinais de rádio (LUO *et al.*, 2019).

4.2 AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS NOS DIVERSOS SETORES DA AGRICULTURA

² Uma câmera multiespectral captura informações imperceptíveis a olho nu. Elas contam com diversos sensores e filtros de alta qualidade que interagem com a luminosidade gerada pelas plantas para captar diferentes bandas infravermelhas com largura estreita.

Atualmente, as RPAs estão ganhando popularidade como parte integrante da agricultura tecnológica e garantindo a sustentabilidade agrícola. O setor agrícola é demandado por RPAs com características diversas para garantir melhor rendimento das lavouras e superar diversos desafios dos agricultores (RANI *et al.*, 2019). Diversas áreas agrícolas podem se beneficiar do uso das RPA (Quadro 1), dentre elas destaca-se a aplicação de agrotóxicos para controle de pragas (LI *et al.*, 2021).

Quadro 1 – Estudos que utilizam RPA na agricultura e seus principais resultados

Autor e ano	País	Setor agrícola	Tipo de RPA	Principais benefícios
Li et al. (2021)	EUA	Aplicação de agrotóxico em produção de alfafa	RPA multirotor	A qualidade da aplicação do VANT e o desempenho da proteção de cultivos foram comparáveis aos da aplicação convencional de um avião de asa fixa
Gallmann et al. (2022)	Suíça	Mapeamento de flores em pastagens	RPA (usando a abordagem de detecção de objetos)	O uso da RPA foi capaz de fornecer estimativas precisas da abundância de muitas espécies de plantas com flores
Gómez-Candón et al. (2016)	França	Precisão geométrica de pomar de macieiras	PRA multicóptero de oito motores	O uso da RPA foi capaz de medir a temperatura da superfície da copa das árvores em um campo inteiro e a resolução espacial obtida permitiu realizar a avaliação do estresse hídrico no nível individual das árvores
Gómez-Candón; Castro; López-Granados (2014)	Espanha	Precisão geométrica de culturas de trigo infestadas por ervas daninhas	RPA quadrotor	O uso da RPA permitiu uma grande extensão de detalhes nas informações extraídas das imagens para detecção de manchas de ervas daninhas
Richardson et al. (2019)	Nova Zelândia	Deposição de spray de água em área de pastagem	RPA octocóptero equipado com oito motores	O potencial de pulverização de precisão de plataformas RPA ainda não foi alcançado com melhorias necessárias em hardware e software
Koganti et al. (2021)	EUA	Mapeamento de sistemas agrícolas de drenagem subsuperficial	RPA de asa fixa	Embora as imagens de RPA pareçam ser uma solução atraente para mapear sistemas agrícolas de drenagem subsuperficial, pois são econômicas e podem cobrir grandes áreas de campo, os resultados sugerem a utilidade dos radares de penetração no solo para complementar o primeiro como técnica de mapeamento e validação.

EUA: Estados Unidos da América; VANT: Veículo aéreo não tripulado.

Fonte: Dos autores, 2023.

O mapeamento e identificação de flores em áreas de pastagem (GALLMANN *et al.*, 2022), precisões geométricas para identificação de áreas e até mesmo avaliação de aporte hídrico (GÓMEZ-CANDÓN; CASTRO; LÓPEZ-GRANADOS, 2014; GÓMEZ-CANDÓN *et al.*, 2016). Ainda em relação a parte hídrica, as RPAs estão sendo utilizadas para o mapeamento de sistemas agrícolas de drenagem subsuperficial, segundo Koganti *et al.*, (2021) e para deposição de spray de água em área de pastagem (RICHARDSON *et al.*, 2019).

Um estudo realizado em 2012 foi relatado o uso de RPA para monitoramento de áreas experimentais para controle remoto e sua vantagem adicional de menores custos de manutenção, operação e aquisição de imagens aéreas (PUDELKO *et al.*, 2012). Da mesma forma, os cientistas também relataram uma plataforma de sensoriamento remoto que funciona totalmente de forma autônoma (STEFANAKIS *et al.*, 2013). Este estudo abriu novas portas para pesquisas e aplicações práticas de RPAs na agricultura, pois avaliou a irrigação e fertilização de plantas em tempo real usando rotinas computacionais (STEFANAKIS *et al.*, 2013).

As RPAs já foram utilizadas para contagem de plantas, monitoramento de crescimento, fenologia e medição de clorofila (PINO *et al.*, 2019). As RPAs também são fontes altamente eficientes de monitoramento de culturas, especialmente em áreas montanhosas que, de outra forma, são desafiadoras para a exploração convencional com equipamentos terrestres (RANI *et al.*, 2019). Ainda, mapas gerados pelas RPAs são úteis para aplicações de fertilizantes na estação do milho e outras culturas, aumentando o rendimento da produção desses alimentos (NATU; KULKARNI, 2016).

Possíveis patógenos que destroem plantações agrícolas escapam à detecção humana devido à falta de inspeção cuidadosa. Por isso, podemos facilmente distinguir cores diferentes, como as plantas amareladas das verdes (REN *et al.*, 2020). Em um estudo em que a RPA foi usada para monitorar a cultura da canola, foi relatado que a região mapeada exibiu reduções no índice de área foliar, sugerindo sua inspeção quanto à deficiência de nutrientes, para que as pragas e doenças subsequentes possam ser detectadas com antecedência (SANTOS *et al.*, 2019).

Outro possível uso de RPA na agricultura é a partir do seu potencial em estratégias de controle de aves, que é um problema significativo na comunidade agrícola. Esses equipamentos demonstraram ser eficaz para combater as pragas de pássaros nos vinhedos, uma vez que o ruído da RPA pode manter animais prejudiciais às plantações afastados (WANG *et al.*, 2019).

As RPAs também podem prever e indicar o tempo ideal de colheita de um produto, analisando os dados obtidos pelo monitoramento da cultura. Alguns estudos demonstraram a sua aplicação para colheita de frutas e transporte aéreo, porém, ainda precisam de mais pesquisas neste campo (VROEGINDEWEIJ; VAN WIJK; VAN HENTEN, 2014). Um exemplo desta aplicação é a previsão da produção de milho usando uma câmera específica acoplada a RPA. O estudo ainda destaca que a previsão de rendimento é um fator indispensável tanto para o agricultor quanto para as seguradoras (HERRMANN *et al.*, 2020).

De maneira geral, é observado que as RPAs podem atender as demandas agrícolas, principalmente de pulverização de pesticidas, em áreas montanhosas, onde um avião agrícola tradicional seria incapaz de sobrevoar (RANI *et al.*, 2019). Alguns tipos de plantações, como uva e café, são cultivados em declives ou encostas de morros, o que prejudica a pulverização por aviões ou tratores. Levando em consideração também que com o auxílio de mapeamento e softwares como o IVDN (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) onde é possível a realização da aplicação do fluido apenas nas áreas onde há realmente demanda, seu operador pode programar a utilização somente nestas zonas. Isto ocasiona também um menor gasto de produto, maior economia de combustível e evitando a entrada de maquinaria na lavoura diminuindo também a compactação do solo (HERRMANN *et al.*, 2020).

4.2.1 Aspectos de vulnerabilidade na utilização das RPAs na agricultura

O uso das RPAs nesses diversos setores agrícolas traz benefícios que vão além da produção, como a diminuição do impacto ambiental e também a diminuição de custos de manutenção, quando comparados com a aviação agrícola

tradicional. Entretanto, embora algumas RPAs sejam cada vez mais usadas para aplicações aéreas de pesticidas, é importante destacar que seu uso é em pequena escala, uma vez que a capacidade de carga desses equipamentos é bem menor comparada a um avião agrícola tradicional (LI *et al.*, 2021; RICHARDSON *et al.*, 2019).

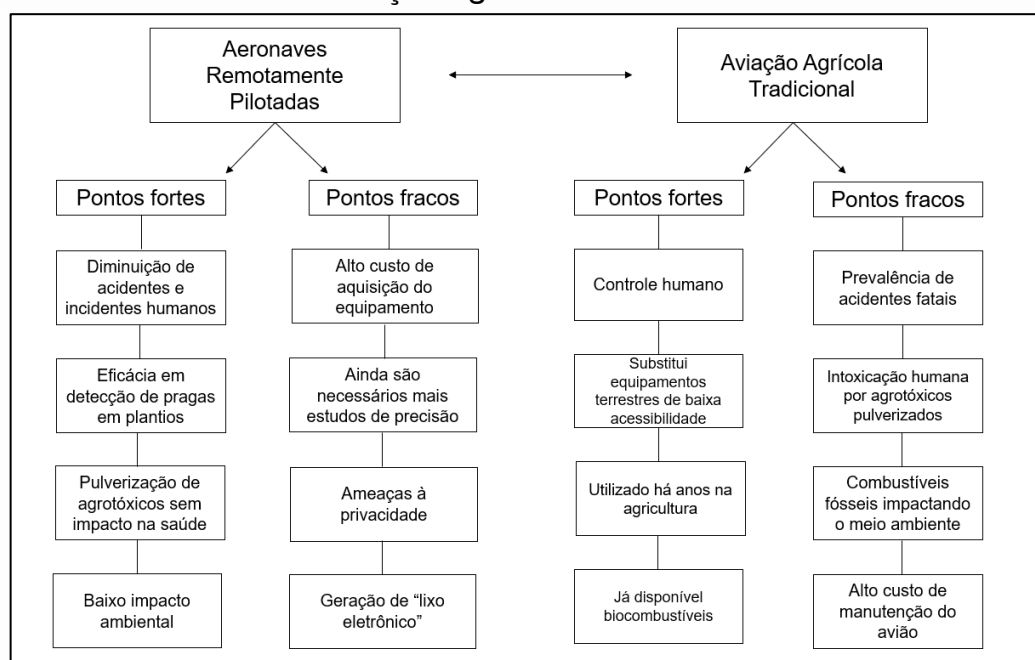
O fator custo também deve ser considerado, uma vez que essa tecnologia tem um custo de implantação alto. Diferentemente da aviação agrícola, ainda são escassos os planos de financiamento específicos para a aquisição dessas RPAs para uso agrícola. O investimento também vai além da compra do equipamento, uma vez que é necessária a qualificação de um profissional especializado para manusear a RPA (RIBEIRO; MARINHO; ESPINOSA, 2018).

Outras desvantagens a serem citadas são restrições para o voo com limite de altura, documentação necessária para pilotagem dos drones e em alguns drones multirotores, baixo tempo de operação no ar, baixa capacidade de carga, não atendendo a demandas muito altas de trabalho, como por exemplo, irrigação ou grandes quantidades de produtos químicos (RIBEIRO; MARINHO; ESPINOSA, 2018).

Diante das informações apresentadas relacionadas ao uso das RPAs na agricultura e a história do uso da aviação agrícola, ainda presente em diversos setores, é importante evidenciar os benefícios e possíveis malefícios de cada equipamento dentro da produção agrícola (Figura 4). Considerando o fato de que o manipulador contratado pode ser terceirizado, é importante que haja um método de autenticação para RPAs para evitar acessos e controles de sistemas não autorizados e até mesmo acesso às informações particulares da empresa agrícola (SMITH, 2015; MANSFIELD *et al.*, 2013).



Figura 4 – Comparação entre a inserção das RPAs na atual agricultura, com a aviação agrícola tradicional



Fonte: Figura organizada pelo autor (2023); Li et al. (2021).

Apesar de oferecerem inúmeros benefícios que continuam aumentando com o progresso tecnológico, as RPA podem criar diversas preocupações de privacidade e segurança. Licenciamento, regularização e várias medidas (fiscalização) devem ser adotadas para limitar ações ilegais. Autoridades em todo o mundo devem garantir que a adoção de medidas e regulamentos de vigilância sejam uma prioridade (MUGHERI; SIDDIQUI; KHOSO, 2018). Na área agrícola, todo esse controle de segurança é importante, principalmente para evitar ameaças à privacidade das áreas de plantação devido à facilidade de acessibilidade (MANSFIELD et al., 2013).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como foco a discussão sobre a viabilidade do uso de RPA no setor agrícola e como possível substituição das aeronaves agrícolas tradicionais. Levando em consideração a Agricultura de Precisão no Brasil e as diversas características de cada tipo de aeronave discutidas neste trabalho, pode-

se alegar que esforços estão sendo observados na ciência para a implementação de RPAs em diversas áreas agrícolas, que vão de pulverização até mapeamento de áreas.

Diante dos pontos fortes de cada aeronave, destaca-se que as RPAs atendem à demanda atual em relação a diminuição dos impactos ambientais e melhora das condições de trabalho (associada ao controlador da aeronave). Apesar disso, diversos são os fatores que impedem a utilização desse equipamento em grande escala, uma vez que se tem um limite de carga, altura e baixo tempo de voo, o que não seria interessante para grandes áreas agrícolas. O aspecto financeiro também deve ser considerado, visto que essa nova tecnologia demanda grandes investimentos, que envolvem tanto a aquisição quanto a manutenção e capacitação dos controladores.

Portanto, ainda existem fatores que levam a acreditar que as aeronaves agrícolas tradicionais podem atender com melhor precisão a demanda de pulverização de áreas de maior abrangência. Nesse sentido, a substituição dessas aeronaves por RPAs ainda não é uma realidade para todos os campos e critérios.

As RPAs poderiam ser adotadas na agricultura para casos específicos, nos quais as plantações estão em locais montanhosos ou de difícil acesso, tanto para aviões quanto para equipamentos terrestres. No entanto, espera-se que as pesquisas estão cada vez mais próximas de encontrar RPAs com características semelhantes aos pontos fortes da aviação agrícola tradicional.

Em suma, o presente trabalho apresentou o cenário atual da Agricultura de Precisão em relação ao uso de RPAs, expondo os pontos fortes e os pontos que devem ser aprimorados. Diante disso, conclui-se que o uso de RPAs na agricultura vem rompendo barreiras a fim de torna-se cada vez mais acessível e adaptável ao meio agrícola, para melhor rendimento e produção. Novos estudos precisam ser realizados para que seja possível fazer comparações mais precisas sobre o uso de tal tecnologia. Estudos futuros que mostram com mais precisão tais benefícios, contribuirão para uma melhor consolidação no mercado.

É importante realizar pesquisas demonstrando de forma estatística e comparativa, entre os custos e perdas de uma máquina que já é de uso comum na agricultura e um drone que é capaz de realizar a mesma função, também se

demonstra como um campo de pesquisa de grande importância. Enquanto não se tem esses resultados e informações, o uso da aviação agrícola tradicional continua sendo a melhor estratégia para pulverização de agrotóxicos em grandes áreas que necessitam de um grande volume de produto.

No atual momento, destaca-se que a aviação agrícola ainda é bem mais sustentável e produz resultados mais rápidos, principalmente para pulverização. Contudo, as RPA podem complementar com sucesso a operação dos aviões, cobrindo falhas e operando em pequenas áreas, ou áreas limítrofes ou delimitadas.

REFERÊNCIAS

AHMAD, A. et al. Remotely piloted aircraft (RPA) in agriculture: A pursuit of sustainability. **Agronomy**, v. 11, n. 1, p. 7, 2020.

AKESSON, N.B.; YATES, W.E. **The use of aircraft in agriculture**. Food & Agriculture Org., 1974.

ANAC, AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Agência Nacional de Aviação Agrícola**. 2015. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-137/@@display-file/arquivo_norma/RBAC137EMD04.pdf. Acesso em: 28 mar 2023.

ANAC, AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Procedimentos para elaboração e utilização de avaliação de risco operacional para operadores de aeronaves não tripuladas – IS Nº E94-003**. 10 p., 2017.

ARTUZO, F.D.; SOARES, C.; WEISS, C.R. Inovação de processo: O impacto ambiental e econômico da adoção da agricultura de precisão. **Espacios**, v. 38, n. 2, p. 1-6, 2017.

BOCHTIS, D.D.; SØRENSEN, C.G.C.; BUSATO, P. Advances in agricultural machinery management: A review. **Biosystems engineering**, v. 126, p. 69-81, 2014.

BOLOGNEZ, Anny Keli Aparecida Alves Cândido et al. Aeronaves Remotamente Pilotadas–RPA. **PARANHOS FILHO, et al. Geotecnologias para Aplicações Ambientais**. Maringá, PR: Uniedusul, p. 351-372, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Insumos Agropecuários e Aviação Agrícola**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt->

br/assuntos/insumos-agropecuarios/aviacao-agricola/faq/perguntas-e-respostas-sobre-a-aviacao-agricola. Acesso em 18 abr 2023.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº2, de 3 de janeiro de 2008**. Normas de trabalho da aviação agrícola em conformidade com os padrões técnicos operacionais e de segurança para aeronaves agrícolas. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, p. 19, 2008. Legislação Federal.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Aviação Agrícola**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/aviacao-agricola>. Acesso em: 28 mar 2023.

CANTOR, K.P.; SILBERMAN, W. Mortality among aerial pesticide applicators and flight instructors: Follow-up from 1965–1988. **American journal of industrial medicine**, v. 36, n. 2, p. 239-247, 1999.

CARVALHO, A.C.; CARVALHO, D.F.; CASTRO, A.C. Análise sobre crescimento populacional e transição demográfica: limites e divergências. **Conjecturas**, v. 22, n. 2, p. 845-859, 2022.

CLEAVER, K; OKIDEGBE, N.; DE NYS, E. Agriculture and rural development: Hunger and malnutrition. In: **World Bank Seminar Series: Global Issues Facing Humanity**. Washington, DC: The World Bank. 2006. p. 1-18.

CORSELIUS, K.; WISNIEWSKI, S.; RITCHIE, M. Sustainable agriculture: making money, making sense. **Washington DC: The Institute for Agriculture and Trade Policy**, 2001.

DE SOUZA, K.X.S. et al. Agricultura digital: definições e tecnologias. 2020.
FULLER, D.Q. et al. Comparing pathways to agriculture. **Archaeology International**, v. 18, p. 61-61, 2015.

FURTADO, R.D.; HOFF, R.B. Pátio de descontaminação de aeronaves agrícolas: Evolução técnica e legal. **Revista de Política Agrícola**, v. 26, n. 2, p. 74-85, 2017.

GÓMEZ-CANDÓN, D. et al. Field phenotyping of water stress at tree scale by UAV-sensed imagery: new insights for thermal acquisition and calibration. **Precision agriculture**, v. 17, p. 786-800, 2016.

GÓMEZ-CANDÓN, David; DE CASTRO, A. I.; LÓPEZ-GRANADOS, Francisca. Assessing the accuracy of mosaics from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery for precision agriculture purposes in wheat. **Precision Agriculture**, v. 15, p. 44-56, 2014.

HERRMANN, Ittai et al. Assessment of maize yield and phenology by drone-mounted hyperspectral camera. **Precision Agriculture**, v. 21, p. 51-76, 2020.

KOGANTI, Triven et al. Mapping of agricultural subsurface drainage systems using unmanned aerial vehicle imagery and ground penetrating radar. *Sensors*, v. 21, n. 8, p. 2800, 2021.

LACERDA, M. Mitos e burocracia detêm avanço da aviação agrícola no Brasil. **Canal Rural**, 03 de julho de 2017. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/noticias/mitos-burocracia-detem-avanco-aviacaoagricola-brasil-67960/>. Acesso em: 10 mai 2023.

LEE, D.S. et al. Aviation and global climate change in the 21st century. **Atmospheric environment**, v. 43, n. 22-23, p. 3520-3537, 2009.

LI, X. et al. Comparison of UAV and fixed-wing aerial application for alfalfa insect pest control: evaluating efficacy, residues, and spray quality. **Pest Management Science**, v. 77, n. 11, p. 4980-4992, 2021.

LUO, C. et al. Unmanned aerial vehicles for disaster management. **Geological disaster monitoring based on sensor networks**, p. 83-107, 2019.

MACHADO, T.; QUEIROZ, D.; REYNALDO, E.F. Desempenho operacional de pulverizador autopropelido de barras no município de Sinop-MT. **Enciclopedia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 875-887, 2015.

MANSFIELD, Katrina et al. Unmanned aerial vehicle smart device ground control station cyber security threat model. In: **2013 IEEE International Conference on Technologies for Homeland Security (HST)**. IEEE, 2013. p. 722-728.

MARTINI, A.T. et al. Deriva de agrotóxicos aplicados via aérea com sistema eletrostático e bicos hidráulicos com pontas cônicas. **Ciência Rural**, v. 46, p. 1678-1682, 2016.

MHEREB, G.A.; NORDER, L.A.C. Aviação Agrícola no Brasil: contexto e caracterização. *Confins*. **Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, v. 23, n. 36, p. 1-24, 2018.

MOGILI, U.R.; DEEPAK, B.B.V.L. Review on application of drone systems in precision agriculture. **Procedia computer science**, v. 133, p. 502-509, 2018.

MUGHERI, Abdul Aziz; SIDDIQUI, Murtaza Ahmed; KHOSO, Mohammad. Analysis on security methods of wireless sensor network (WSN). **Sukkur IBA Journal of Computing and Mathematical Sciences**, v. 2, n. 1, p. 52-60, 2018.

NATU, Aditya S.; KULKARNI, S. C. Adoption and utilization of drones for advanced precision farming: A review. **Int. J. Recent Innov. Trends Comput. Commun**, v. 4, n. 5, p. 563-565, 2016.

NW® Drones. **Linha agrícola da DJI**. Disponível em: <https://www.nwdrones.com.br/drone-pulverizador-dji-agras-t40>. Acesso em: 10 mai 2023.

OLIVEIRA, A.J. et al. Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64140-64149, 2020.

PINO, Edwin. Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología. **Idesia (Arica)**, v. 37, n. 1, p. 75-84, 2019.

PUDELKO, Rafal et al. The suitability of an unmanned aerial vehicle (UAV) for the evaluation of experimental fields and crops. **Agriculture**, v. 99, n. 4, p. 431-436, 2012.

PURI, V.; NAYYAR, A.; RAJA, L. Agriculture drones: A modern breakthrough in precision agriculture. **Journal of Statistics and Management Systems**, v. 20, n. 4, p. 507-518, 2017.

RANI, A. L. K. A. et al. Drone: The green technology for future agriculture. **Harit Dhara**, v. 2, n. 1, p. 3-6, 2019.

REN, Q. et al. Application and development of new drones in agriculture. In: **IOP conference series: earth and environmental science**. IOP Publishing, 2020. p. 052041.

RIBEIRO, J.G.; MARINHO, D.Y.; ESPINOSA, J.W.M. Agricultura 4.0: desafios à produção de alimentos e inovações tecnológicas. In: **Simpósio de Engenharia De Produção**, p. 1-7, 2018.

RICHARDSON, B. et al. Swath pattern analysis from a multi-rotor unmanned aerial vehicle configured for pesticide application. **Pest Management Science**, v. 76, n. 4, p. 1282-1290, 2020.

SANTOS, L.M. et al. Use of remotely piloted aircraft in precision agriculture: A review. *Dyna*, v. 86, n. 210, p. 284-291, 2019.

SCHASTAI, V.; DOLL, L.M.; VAZ, M.S.M.G.E.; CANTERI, M.G. **SINDAG e Banco de Dados Não Convencional. IX Encontro Anual de Iniciação Científica**, Londrina, 2000.

SHAFI, U. et al. Precision agriculture techniques and practices: From considerations to applications. **Sensors**, v. 19, n. 17, p. 3796, 2019.

SINDAG. Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola. **Dados de Mercado**, 2009.

SINDAG. **Frota brasileira de aeronaves agrícolas – 2020**. Elaboração: Eng. Eng.Agr. Eduardo C. De Araújo, 2020.

SMITH, Kurt W. Drone technology: Benefits, risks, and legal considerations. **Seattle J. Env'tl. L.**, v. 5, p. 291, 2015.

STEFANAKIS, Dimitrios et al. Creation of a remote sensing unmanned aerial system (UAS) for precision agriculture and related mapping applications. In: **Proceedings of 2013 ASPRS Annual Conference, Baltimore, MD, USA**. 2013. p. 13.59.

SUTTON, P.M. et al. Pesticide illness among flight attendants due to aircraft disinsection. **American journal of industrial medicine**, v. 50, n. 5, p. 345-356, 2007.

TEIXEIRA, J.C. Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas-(ISSN 1808-2653)**, p. 21-42, 2005.

ULLAH, H. et al. 5G communication: An overview of vehicle-to-everything, drones, and healthcare use-cases. **IEEE Access**, v. 7, p. 37251-37268, 2019.

VALÉRIO, V.J.O. Produção do espaço, agricultura e alimentação: da revolução agrícola aos impérios alimentares. **Formação (Online)**, v. 28, n. 53, 2021.

VROEGINDEWEIJ, B.A.; VAN WIJK, S.W.; VAN HENTEN, E. Autonomous unmanned aerial vehicles for agricultural applications. **ATV Farm Technology**, v. 7, n. 10, p. 1-6, 2014.

WANG, W. et al. Polyamine catabolism in plants: a universal process with diverse functions. **Frontiers in plant science**, v. 10, n. 5, p. 1-13, 2019.

