

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE SÃO JOÃO DA BOA VISTA

ISADORA PICONI DE ANDRADE

Mapeamento do Uso de Drones de Pulverização:

São João da Boa Vista

2024

Isadora Piconi de Andrade

Mapeamento do Uso de Drones de Pulverização:

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Aeronáutica do Campus de São João da Boa Vista, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Aeronáutica .

Orientador: Prof^o Dr. Carlos do Carmo Pagani Junior

Coorientador: Prof^o Dr. José Augusto de Oliveira

São João da Boa Vista

2024

A553m

Andrade, Isadora Piconi

Mapeamento do Uso de Drones de Pulverização / Isadora Piconi

Andrade. -- São João da Boa Vista, 2024

44 p. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia
Aeronáutica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade
de Engenharia, São João da Boa Vista

Orientador: Carlos do Carmo Pagani Junior

Coorientador: José Augusto Oliveira

1. Agricultura de precisão. 2. Levantamentos de mercado. 3.
Legislação. 4. Pulverização e polvilhação na agricultura. 5.

Questionários. I. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE SÃO JOÃO DA BOA VISTA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AERONÁUTICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MAPEAMENTO DO USO DE DRONES DE PULVERIZAÇÃO

Aluno: Isadora Piconi de Andrade
Orientador: Prof. Dr. Carlos do Carmo Pagani Júnior

Banca Examinadora:

- Carlos do Carmo Pagani Júnior (Orientador)
- Geovana Estevan de Sousa Olim (Examinadora)
- Juliana Lopes de Oliveira (Examinadora)

Os formulários de avaliação e a ata da defesa, na qual consta a aprovação do trabalho, devidamente assinados pela banca encontram-se no prontuário eletrônico do aluno.

São João da Boa Vista, 06 de dezembro de 2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a todos os professores que contribuíram para a minha formação ao longo dessa jornada acadêmica, ajudando a construir cada parte do profissional que sou hoje. Em especial, meu sincero agradecimento aos professores Carlos Pagani e José Augusto, pelo suporte e orientação durante esses últimos anos de projeto.

Expresso também minha gratidão aos amigos e familiares, que foram meu alicerce em todos os momentos, compartilhando tanto os desafios quanto as conquistas. De forma especial, agradeço aos meus pais, pelo amor e apoio incondicional; ao meu marido, por estar ao meu lado em cada etapa; e à república Ohana, com todos os seus agregados, por se tornarem parte essencial dessa caminhada.

“Cada um de nós
Compõe a sua história
Cada ser em si
Carrega o dom de ser capaz
E ser feliz“

(Renato Teixeira De Oliveira e Almir Eduardo Melke Sater)

RESUMO

Este trabalho analisou as práticas e percepções de operadores de drones de pulverização agrícola no Brasil, com base em 81 respostas a um questionário. Os aspectos abordados incluem tecnologia de aplicação, segurança, precificação, legislação e desafios operacionais. A maioria dos operadores utiliza drones DJI e atua principalmente nos estados de São Paulo, Santa Catarina e Paraná, priorizando o uso de peças originais, checklists rigorosos e conformidade com as regulamentações. A análise de correlação e clusters evidenciou a relevância de segurança e eficiência nas operações. Desafios como falhas técnicas, condições climáticas adversas e dificuldades de acesso foram destacados, assim como a necessidade de aprimoramentos tecnológicos e suporte aos operadores. O estudo oferece contribuições valiosas para o desenvolvimento de práticas mais seguras e eficientes na pulverização agrícola com drones.

PALAVRAS-CHAVE: drones agrícolas; pulverização; segurança operacional; tecnologia; legislação; precificação; manutenção; análise estatística; pilotos; agricultura digital; agricultura de precisão; survey.

ABSTRACT

This study analyzed the practices and perceptions of agricultural spray drone operators in Brazil, based on 81 responses to a questionnaire. The aspects addressed include application technology, safety, pricing, legislation, and operational challenges. Most operators use DJI drones and primarily operate in the states of São Paulo, Santa Catarina, and Paraná, prioritizing the use of original parts, rigorous checklists, and compliance with regulations. Correlation and cluster analysis highlighted the importance of safety and efficiency in operations. Challenges such as technical failures, adverse weather conditions, and access difficulties were noted, as well as the need for technological improvements and operator support. The study provides valuable contributions to the development of safer and more efficient practices for agricultural spraying using drones.

KEYWORDS: agricultural drones; spraying; operational safety; technology; legislation; pricing; maintenance; statistical analysis; pilots; digital agriculture; precision agriculture; survey.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Fluxograma Survey.	17
Figura 2	Fluxograma do conteúdo do questionário.	19
Figura 3	Divulgação do questionário.	26
Figura 4	Fabricante dos drones utilizados pelos respondentes.	27
Figura 5	Quantidade de drone por respondente.	28
Figura 6	Densidade de respondentes por estado.	28
Figura 7	Fluxograma dos gráficos para cada tópico.	29
Figura 8	Matriz Correlação de Spearman.	30
Figura 9	Questões 2 e 8.	30
Figura 10	Questões 6 e 9.	31
Figura 11	Questão 10.	32
Figura 12	Questões 15 e 21.	33
Figura 13	Número ótimo de clusters e suas divisões.	34
Figura 14	Dendograma de cluster.	35
Figura 15	Afirmações e a moda das respostas.	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
DCEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
UNESP	Universidade Estadual Paulista
EPI	Equipamento de Proteção Individual
CAAR	Curso para Operação Agrícola Remota
CPF	Cadastro de Pessoas Físicas
SISANT	Sistema de Aeronaves não Tripuladas
SARPAS	Sistema de Solicitação de Acesso ao Espaço Aéreo
AGL	Above Ground Level
VLOS	Visual Line of Sight
EVLOS	Extended Visual Line of Sight
FRZ	Flight Restriction Zone
RTK	Real-Time Kinematic
GPS	Sistema de Posicionamento Global
DMV	Diâmetro Médio Volumétrico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	MOTIVAÇÃO	11
1.2	OBJETIVOS	12
2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	13
2.1	MÉTODO <i>SURVEY</i>	13
2.1.1	Espaço amostral	13
2.1.2	Construção do questionário	13
2.1.3	Comunicação com os respondentes	14
2.1.4	Formato do questionário e confiabilidade das respostas	14
3	METODOLOGIA	16
3.1	DEFINIÇÕES PARA A <i>SURVEY</i>	16
3.2	QUESTIONÁRIO	17
3.2.1	Texto informativo e dados cadastrais	17
3.2.2	Formulário (Escala Likert)	18
3.2.2.1	<i>Precificação</i>	19
3.2.2.2	<i>Legislação</i>	20
3.2.2.3	<i>Tecnologia de Aplicação</i>	22
3.2.2.4	<i>Segurança</i>	24
3.2.3	Terceira seção - Aberta	25
3.2.4	Divulgação	25
4	RESULTADOS	27
4.1	PRIMEIRA SEÇÃO - CADASTRO	27
4.2	SEGUNDA SEÇÃO - ESCALA <i>LIKERT</i>	28
4.2.1	Correlação de Spearman	29
4.2.2	Análise de Cluster	34
4.2.2.1	<i>Tecnologia de aplicação</i>	36
4.2.2.2	<i>Segurança</i>	36
4.2.2.3	<i>Precificação</i>	37
4.2.2.4	<i>Legislação</i>	37
4.3	TERCEIRA SEÇÃO - ABERTA	39
5	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

O drone é um veículo aéreo não tripulado com pilotagem remota, capaz de realizar pousos e decolagens verticais, destacando-se pela boa dirigibilidade em espaços restritos e terrenos variados. Inicialmente concebidos para aplicações militares, os drones têm sido amplamente adotados em diversas áreas, como entregas urbanas, filmagem e fotografia aérea, inspeção de infraestruturas e serviços de emergência. Com o avanço da agricultura digital, a utilização dos drones se estende a tarefas como monitoramento de culturas, mapeamento de terrenos, dispersão de sementes e aplicação de fertilizantes, produtos biológicos e pesticidas (SILVA; ALMEIDA; COSTA, 2018).

O uso de drones na agricultura já se consolidou como uma realidade no país. No entanto, no início de sua introdução ao mercado, houve uma resistência significativa, especialmente por parte da aviação agrícola, que percebia os drones como possíveis concorrentes. Em qualquer empreendimento, as decisões e escolhas de equipamento são fundamentadas no lucro líquido; no caso da agricultura, isso significa a relação entre produtividade e custo (MENDONÇA; SANTOS, 2019). Com isso em mente, podemos comparar os drones com outros métodos existentes de pulverização.

A agricultura brasileira apresenta uma diversidade muito grande de realidades, devido à vasta extensão territorial que permite diferentes biodiversidades e relevos. Além disso, a distribuição desigual da terra resulta em classificações como pequenos, médios e grandes produtores. Quando combinamos o tamanho da área com seu respectivo relevo, fica evidente que determinados equipamentos de pulverização se adequam melhor a certas situações (CARVALHO; RIBEIRO, 2020).

Em pequenas propriedades ou terrenos mais íngremes, é mais comum o uso de bombas costeais e tratores. Já em médias e grandes propriedades, o uso de tratores e aeronaves é mais frequente. Cada escolha é realizada com base na viabilidade técnica e econômica de cada método. Por exemplo, embora aviões sejam equipamentos de alto custo e exijam mão de obra altamente especializada, apresentam um rendimento elevado em termos de hectares pulverizados por dia. Portanto, quando o custo é diluído em uma área maior, este torna-se viável (OLIVEIRA; SOUZA, 2021a).

É importante ressaltar que existem diversos outros fatores que influenciam nessas escolhas, como a manobrabilidade do equipamento em relação ao relevo, a compactação do solo e outras variáveis. A decisão final deve levar em conta todas essas considerações para garantir a eficiência e a qualidade da operação agrícola.

Em um cenário em que cada escolha é realizada de acordo com sua viabilidade, o drone tem se apresentado como uma tecnologia versátil e complementar às demais. De maneira geral, observa-se que o uso do drone é mais vantajoso em condições específicas, como em regiões montanhosas, devido à sua alta capacidade de manobra. Ele também é ideal para áreas menores ou para aplicações localizadas em pontos específicos de talhões em áreas maiores, práticas conhecidas como "catação" em grandes extensões (FERREIRA; GOMES, 2022).

Embora seja uma tecnologia versátil e relativamente simples de operar, o uso de drones requer uma ampla gama de conhecimentos para garantir uma operação segura, eficiente e de alta qualidade. Para

tal, é necessário um conhecimento multidisciplinar que combine a expertise do mercado aeronáutico com o conhecimento técnico do setor agrícola. Tratando-se de um veículo aéreo, ainda que menos complexo que uma aeronave tripulada, é imprescindível possuir um conhecimento básico sobre operações aeronáuticas. Isso inclui a realização de inspeções pré-voo, a contabilização do tempo de voo e do número de ciclos, além do entendimento das regulamentações impostas pelos órgãos competentes, como Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DCEA) e Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) (GOMES; ALMEIDA, 2023).

Focando na aplicação no setor agrícola, é essencial que o operador compreenda a cultura alvo, o tipo de severidade a ser tratada, a química resultante da mistura de produtos na calda e as regulamentações estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

1.2 OBJETIVOS

Considerando que a utilização de drones na agricultura é um setor relativamente novo e que desperta grande interesse, além de demandar uma vasta gama de conhecimentos para a sua operação, este projeto de pesquisa tem por objetivo a realização de análise estatística multivariada - via método Survey - de dados qualitativos e quantitativos.

O instrumento de coleta de dados se deu na forma de questionário. Primeiramente, definiu-se o espaço amostral composto de pessoas e empresas com conhecimento e experiência na utilização de drones para pulverização. Posteriormente, a escala Likert de respostas, com alternativas que variam de concordo totalmente à discordo totalmente, os respondentes indicaram seu grau de concordância com as afirmações. Então, a análise estatística das respostas, por tópico, dar-se-á pela Correlação de Spearman e Análise de Cluster.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 MÉTODO *SURVEY*

2.1.1 Espaço amostral

A amostra ideal é aquela que representa a população estudada como um todo (FREITAS et al., 2000). No entanto, como não é possível abranger sua totalidade, admite-se a estimativa de valores verdadeiros. A definição de uma amostra mais adequada depende, primeiramente, da delimitação dos objetivos da pesquisa do tipo survey, permitindo restringir quais indivíduos podem ou não participar do estudo. Nesta pesquisa, cujo objetivo é coletar dados sobre a aplicação de drones para pulverização, definiu-se, como primeiro parâmetro, a população-alvo é composta por operadores de drones agrícolas, sejam eles proprietários do equipamento ou usuários de dispositivos de terceiros.

A amostra pode ser classificada como probabilística ou não probabilística. Martins e Ferreira explicam que uma amostra é considerada probabilística quando todos os membros da população possuem a mesma oportunidade de serem selecionados para participar do estudo (MARTINS; FERREIRA, 2011).

O alcance da amostra dos respondentes ficou restrito aos indivíduos acessados por meio dos canais de divulgação, como LinkedIn, Instagram, Facebook, e-mail e grupos de WhatsApp do setor.

Para o planejamento de um estudo estatístico, seria ideal que a amostra representasse a população-alvo, ou seja, os operadores de drones. No entanto, embora a disseminação de informações na internet ocorre de forma rápida e espontânea, também apresenta limitações. Por meio de vídeos de divulgação, procurou-se estimular os participantes a compartilhar a pesquisa com outros possíveis respondentes, utilizando o método de *amostragem em bola de neve* (GOODMAN, 1961).

Apesar desse esforço, é importante reconhecer o *erro de cobertura* associado à coleta de dados pela internet. Não existe uma lista oficial que identifique todos os operadores de drones no país, incluindo aqueles que atuam de forma irregular, o que dificulta significativamente o uso de métodos probabilísticos tradicionais, como os empregados em entrevistas telefônicas ou domiciliares (GROVES; JR; COUPER, 2009).

As redes sociais, embora ofereçam alcance significativo, são limitadas aos seus próprios usuários e dependem tanto de correlações entre eles quanto dos algoritmos de cada plataforma (BOYD; ELLISON, 2010). Além disso, não se pode garantir que todos os operadores de drones utilizem essas redes, uma vez que o acesso pode ser influenciado por fatores como faixa etária e distribuição geográfica (SOCIAL; HOOTSUITE, 2021). Esses aspectos podem impactar a representatividade da amostra e a confiabilidade dos resultados obtidos por meio desses canais (COUPER, 2000).

Dessa forma, nem todos os integrantes da população-alvo tiveram as mesmas chances de participar, caracterizando a pesquisa como baseada em uma *amostra não probabilística* (BAKER et al., 2013).

2.1.2 Construção do questionário

É imprescindível que a formulação do questionário considere fatores como detalhamento e da precisão do tema abordado, pois a confiabilidade dos resultados obtidos depende da clareza para os

respondentes.

Segundo LOPES et al (2000), algumas diretrizes importantes devem ser levadas em consideração na elaboração do questionário, sendo elas:

- As questões objetivas devem abranger todas as possibilidades de resposta na escala Likert;
- As perguntas devem estar estritamente relacionadas ao tema da pesquisa;
- A linguagem utilizada deve ser compatível com o perfil do público-alvo;
- Deve-se evitar ambiguidades, a fim de minimizar erros nas respostas;
- O questionário deve ser breve, para evitar que os respondentes percam o foco ou desistam de completá-lo;
- Recomenda-se iniciar o questionário com perguntas mais simples, aumentando gradualmente a especificidade e a complexidade;
- As questões devem ser redigidas de forma imparcial.(FREITAS et al., 2000)

2.1.3 Comunicação com os respondentes

Antes de aplicar o questionário, é fundamental estabelecer uma relação com os respondentes. Nesse primeiro contato, deve-se incluir um convite para responder ao questionário, acompanhado de uma apresentação do projeto. Essa apresentação deve explicar a metodologia utilizada e enfatizar a importância da participação dos respondentes para o sucesso da pesquisa. Além disso, é válido informar que, em caso de dúvidas, os respondentes podem entrar em contato pelo e-mail disponibilizado.(CENDÓN; RIBEIRO; CHAVES, 2014)

O primeiro contato com a empresa também desempenha um papel crucial para o sucesso da pesquisa. A carta-convite deve explicar o propósito do questionário, a relevância da participação dos respondentes, os benefícios potenciais que a pesquisa pode trazer para as empresas e como os dados coletados serão utilizados. É igualmente importante reforçar que todas as respostas serão tratadas de forma confidencial, garantindo o sigilo das informações fornecidas.

2.1.4 Formato do questionário e confiabilidade das respostas

O questionário do tipo **Survey** pode ser aplicado presencialmente, por telefone ou pela internet. As vantagens da aplicação online incluem o alcance em larga escala, independente da localização geográfica, de maneira rápida, a eliminação de erros de transcrição e a redução de custos com equipamentos, viagens e materiais (WALTER, 2013). Além disso, uma das grandes vantagens do questionário online é que os respondentes podem escolher o horário e o local mais conveniente para respondê-lo, sentindo-se mais à vontade para expressar suas opiniões devido à ausência de contato presencial, o que contribui para maior qualidade dos dados coletados.

Apesar dessas facilidades, a aplicação da **Survey** online apresenta algumas desvantagens que precisam ser consideradas para minimizar possíveis impactos negativos (CENDÓN; RIBEIRO; CHAVES,

2014). Por exemplo, o envio do link do questionário por e-mail pode ser classificado como spam ou lixo eletrônico. Para evitar isso, recomenda-se o envio prévio de um e-mail de apresentação, estabelecendo o primeiro contato com a empresa. Esse e-mail inicial deve confirmar o interesse em participar da pesquisa e informar a data de envio do questionário. Além disso, deve-se levar em conta que nem todos os respondentes estão familiarizados com questionários online (ANDRIETTA; MIGUEL, 2007). Assim, é essencial incluir instruções claras e objetivas na Survey e limitar o número de perguntas ao mínimo necessário para alcançar os objetivos da pesquisa, evitando a perda de interesse por parte dos respondentes.

Por fim, como a Survey será realizada em uma plataforma online, é importante reforçar aos participantes que a plataforma utilizada é segura e que todas as respostas serão tratadas de forma confidencial, garantindo o sigilo dos dados.

A confiabilidade das respostas depende de uma construção cuidadosa da Survey, seguindo as diretrizes mencionadas. Contudo, dado que a amostra não abrange a totalidade da população, existe um grau de erro de incerteza na análise dos resultados inerente ao processo. Além disso, web surveys frequentemente apresentam taxas significativas de não respondentes ou respondentes parciais, o que pode invalidar algumas respostas (CENDÓN; RIBEIRO; CHAVES, 2014).

3 METODOLOGIA

3.1 DEFINIÇÕES PARA A *SURVEY*

O instrumento de coleta de dados desenvolvido para esta pesquisa foi um questionário. Primeiramente, definiu-se o espaço amostral de acordo com o objetivo do estudo, que busca identificar problemas recorrentes e avaliar a opinião dos participantes sobre determinadas afirmações relacionadas ao setor. Para isso, os respondentes são restritos a pilotos e prestadores de serviço com conhecimento e experiência no uso de drones para pulverização na agricultura.

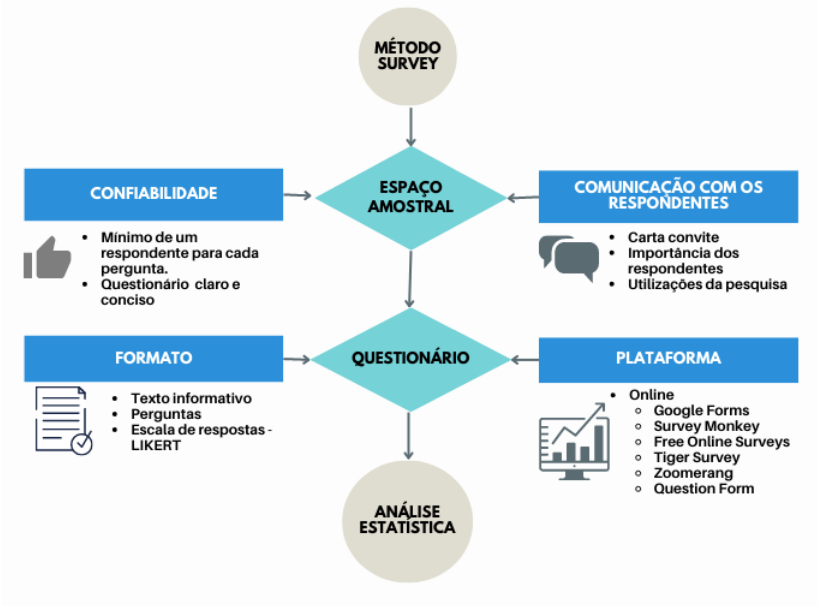
Optou-se por utilizar a escala *Likert* para as respostas, uma escala qualitativa ordinal e não paramétrica, na qual os participantes indicam o seu grau de concordância com as afirmações apresentadas. A escala, composta por cinco níveis, varia de 1 a 5, conforme descrito abaixo:

- 1: “Concordo totalmente”;
- 2: “Concordo”;
- 3: “Neutro ou indiferente”;
- 4: “Discordo”;
- 5: “Discordo totalmente”.

A análise estatística será conduzida com base na distribuição das respostas em cada tópico.

O formato escolhido para o questionário foi o **online**. Para sua aplicação, foram avaliadas diversas plataformas, incluindo Google Forms, SurveyMonkey, Free Online Survey, Tiger Survey, Typeform e Question Form. A plataforma Google Forms foi selecionada devido à sua disponibilidade gratuita para alunos da Universidade Estadual Paulista (UNESP), à facilidade de uso em dispositivos móveis e computadores, e à sua ampla popularidade, o que favorece o acesso dos usuários.

Figura 1 – Fluxograma Survey.



Fonte: elaborada pela autora.

3.2 QUESTIONÁRIO

A elaboração do questionário abrange questões referentes à qualidade, regulamentação, uso adequado do equipamento, precificação, segurança e tendências de mercado. As questões foram formuladas com base em referências do setor, permitindo que, por meio do nível de concordância dos respondentes, seja possível classificar e relacionar as questões. Com o objetivo de garantir uma maior adesão ao questionário, ele foi elaborado de modo que o usuário leve aproximadamente cinco minutos para completá-lo.

3.2.1 Texto informativo e dados cadastrais

Para estruturar o formulário, ele foi dividido em três seções. A primeira seção apresenta um texto informativo que explica ao respondente o propósito da pesquisa, destaca a importância das respostas para o projeto e garante o sigilo das informações coletadas. Também é informado que os resultados serão apresentados por meio de análises subsequentes. Nesta etapa inicial, são incluídas questões dissertativas para que o respondente informe o nome da empresa, o modelo de drone utilizado, a quantidade de equipamentos e a região geográfica de atuação.

Abaixo, encontra-se o texto informativo incluído no início do formulário.

Os drones de pulverização são uma tecnologia em crescimento na agricultura de precisão. Estas aeronaves, oferecem economia de defensivos e aumento de produtividade por meio de aplicações uniformes e de catação. No entanto, identificamos que ainda há melhorias para otimizar sua eficiência e ampliar sua utilização na agricultura.

Por isso, esta pesquisa de trabalho de conclusão de curso em Engenharia Aeronáutica foi proposta, visando contribuir para a melhoria do uso desta tecnologia para o avanço do agronegócio em nosso país.

Esse questionário foi elaborado para criar um texto informativo que aborde a dinâmica da aplicação de drones, suas vantagens e desvantagens, as tendências de mercado e a identificação de lacunas no desenvolvimento tecnológico, visando oportunidades de melhoria.

Para garantir a qualidade desse trabalho buscamos pessoas e empresas que possuam o conhecimento e a vivência com a utilização do drone de pulverização, por isso, pedimos encarecidamente que respondam esse formulário.

Nos comprometemos a manter o sigilo sobre as informações pessoais e particulares dos respondentes e ressaltamos que o nosso objetivo é identificar as variáveis com potencial para melhorar o serviço em análise.

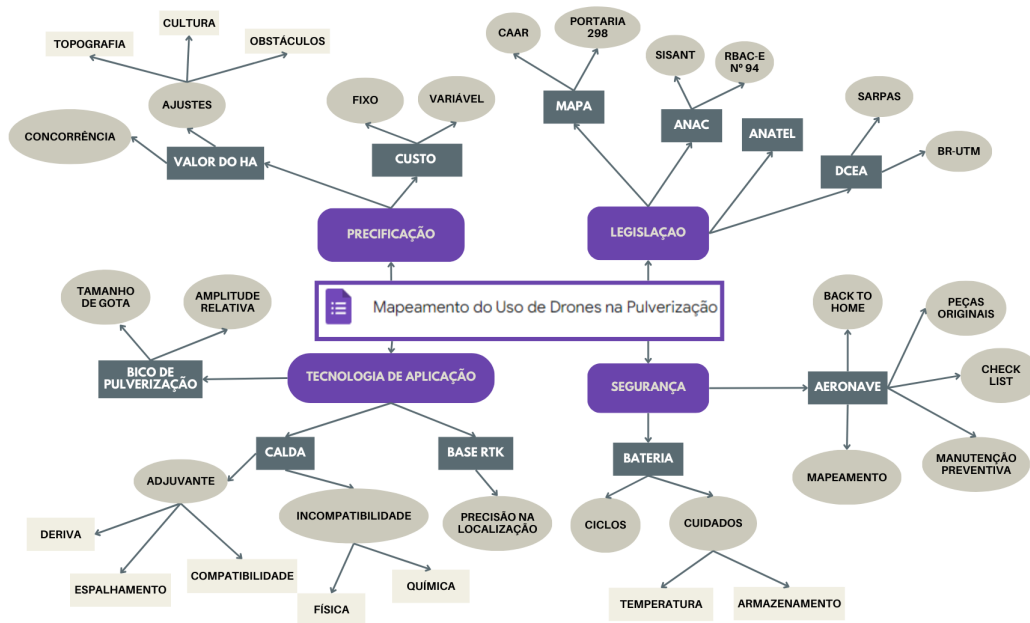
^a

^a Texto informativo

3.2.2 Formulário (Escala Likert)

A segunda seção do questionário consiste em 21 perguntas obrigatórias em formato de múltipla escolha, utilizando a escala Likert. Essas perguntas são essenciais para a análise estatística da metodologia Survey e estão distribuídas da seguinte forma: 3 perguntas sobre precificação, 5 sobre legislação, 5 relacionadas à tecnologia de aplicação e 8 voltadas para segurança e boas práticas no uso da bateria e da aeronave.

Figura 2 – Fluxograma do conteúdo do questionário.



Fonte: elaborada pela autora.

3.2.2.1 Precificação

Para estruturar a precificação de serviços de aplicação com drones, é fundamental adotar uma abordagem estratégica e orientada por dados. Esse processo pode ser dividido em quatro etapas fundamentais:

1. **Benchmarking do Setor:** Inicie pela análise dos preços praticados por empresas concorrentes, buscando aquelas com perfis e serviços semelhantes. O benchmarking ajuda a entender a média de preços, as práticas de valor agregado e os diferenciais oferecidos. Ao final da análise, a meta é manter uma faixa de preço competitiva, que atraia os clientes sem comprometer a margem de lucro (SMITH; TAYLOR, 2020).
2. **Análise de Custos e Identificação dos Custos Fixos e Variáveis:** Diferenciar e mapear custos diretos, indiretos, fixos e variáveis é essencial para calcular o custo real da operação e definir um preço que cubra investimentos e proporcione uma margem de lucro saudável (JOHNSON, 2018).
 - Custos Diretos: São aqueles diretamente relacionados à operação, como: Salário do piloto e custos de operação; Ciclos de recarga e tempo de vida útil da bateria; Combustível e deslocamento; Custos adicionais com hospedagem e alimentação, quando o deslocamento é necessário.
 - Custos Indiretos: Representam despesas que mantêm o negócio sustentável, mas não estão diretamente ligadas a uma operação específica. Incluem: Manutenção e limpeza de equipamentos; Depreciação de drones, veículos e geradores; Equipamento de Proteção Individual (EPI), equipamentos, treinamentos e capacitações; Despesas administrativas,

como impostos, contabilidade, marketing e aluguel de espaço (MARTINS; FERREIRA, 2019).

3. **Cálculo por Hectare:** A cobrança por hectare é uma prática comum e, para ajustá-la, é necessário considerar fatores como:
 - Topografia e tipo de cultura (que impactam a facilidade e o tempo de aplicação);
 - Presença de obstáculos e distância entre áreas (influenciando o consumo de recursos);
 - Taxa de aplicação e velocidade de cruzeiro (CARVALHO; SOUZA, 2020).
4. **Margem de Lucro e Estratégia de Descontos:** Defina uma margem de lucro que assegure a viabilidade financeira e permita flexibilidade para descontos estratégicos sem comprometer a rentabilidade. Como a demanda por pulverização é sazonal, alinhada ao ciclo de plantio, em períodos de baixa demanda será essencial contar com os rendimentos de épocas de alta demanda para cobrir custos fixos, como aluguel de veículo. Revise estratégias e explore oportunidades sazonais de mercado para manter a operação lucrativa (OLIVEIRA; SOUZA, 2021b).

Dessa forma, uma empresa de serviços de drones bem planejada consegue alinhar seus preços ao mercado, oferecer qualidade no serviço e garantir sua sustentabilidade financeira ao longo do ano. Com base na diversidade de itens para a definição da precificação resumidas anteriormente foram formuladas três questões apresentadas a seguir:

- O valor do hectare que você cobra foi baseado no valor cobrado por outros prestadores da sua região.
- Você realiza ajustes no valor do seu trabalho de acordo com a topografia, cultura, quantidade de obstáculos e a dificuldade de acesso a área a ser realizada a aplicação.
- Você consegue encontrar facilmente peças originais para reposição, além de possuir um serviço de manutenção próximo a sua região.

^a

^a Questões relacionadas a precificação

3.2.2.2 *Legislação*

A operação de drones para pulverização agrícola no Brasil exige a regulamentação de quatro órgãos: o MAPA, que define normas específicas para atividades agrícolas; a ANAC, que regulamenta o uso de drones no espaço aéreo; a ANATEL, que controla as frequências de rádio; e o DCEA, responsável pela segurança e controle do tráfego aéreo.

A recente Portaria SDA/MAPA nº 1.187, de 10 de outubro de 2024, estabeleceu requisitos e procedimentos para aeronaves pilotadas remotamente e tripuladas. Esse documento define normas para o registro e credenciamento de operadores, coordenadores e entidades de ensino, diretrizes para cursos de formação, além de regulamentar as fases da operação aeroagrícola — que incluem o planejamento, a execução e a documentação posterior (Ministério da Agricultura e Pecuária, 2024).

Para operadores de drones de asas rotativas, a Portaria exige a Certificação de Aplicação Aérea Remotamente Pilotada (CAAR) e o uso de colete ou faixa de sinalização durante a operação. O processo de aplicação é dividido em três fases:

1. Planejamento (antes da aplicação): O operador registra dados, no papel, como data, hora, tipo de cultura, nome comercial e dosagem do produto, receituário agrônômico (se aplicável), coordenadas e mapa da área de aplicação, incluindo restrições como áreas de preservação permanente, cidades, rios e apiários, observando uma distância mínima de 20 metros em casos de agrotóxicos.
2. Durante a aplicação: É necessário manter contatos de emergência, disponibilizar extintor de incêndio, sabão, água, caixa de primeiros socorros, EPI e placa informativa sobre a aplicação em andamento.
3. Pós-aplicação: São registrados o nome e o número do Cadastro de Pessoas Físicas (CPF) do operador e do contratante, o número Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT) e dados meteorológicos (temperatura, umidade, velocidade e direção do vento). Esses dados, juntamente com o arquivo de voo e o planejamento da aplicação, devem ser mantidos por no mínimo cinco anos. Além disso, um resumo mensal com dados localização, número de registro do equipamento, área aplicada e informações sobre insumos deve ser enviado ao MAPA.

A ANAC exige o registro dos drones no SISANT e que o manual de voo acompanhe o equipamento. Drones para pulverização são classificados como Classe 3 e devem operar até 400 pés AGL (Above Ground Level) em condições VLOS (Visual Line of Sight) ou EVLOS (Extended Visual Line of Sight), exceto para operações de segurança pública, quando é necessária uma avaliação de risco (Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DCEA), 2021).

Para o controle do espaço aéreo brasileiro, o ICA 100-40 estabelece que operações VLOS ou EVLOS, voltadas à aplicação de insumos sobre áreas desabitadas, requerem uma autorização prévia de no mínimo de 30 minutos via Sistema de Solicitação de Acesso ao Espaço Aéreo (SARPAS), desde que não incluam uma FRZ (Flight Restriction Zone). As FRZs exigem autorização prévia de pelo menos quatro dias de antecedência, devido a restrições de altura ou proximidade com aeródromos e segurança, por exemplo (Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DCEA), 2021).

A comunicação entre o drone e o controle ocorre por radiofrequência, exigindo homologação pela ANATEL para evitar interferências com outros serviços. Drones comprados em lojas autorizadas já são homologados, mas aqueles adquiridos no exterior necessitam homologação junto à ANATEL para operar legalmente (Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), 2024).

Com base nas regras estabelecidas pela legislação resumidas anteriormente foram formuladas cinco questões apresentadas a seguir:

- Você foi orientado, quando adquiriu o Drone, sobre a legislação para o uso seguro do aparelho segundo o MAPA, a ANAC, a ANATEL e o DCEA.
- O curso para operação agrícola remota (CAAR) foi suficiente para atuar como piloto de drone agrícola.
- Antes do voo, você sempre confere a velocidade e direção do vento, além de verificar a umidade e a temperatura.
- Para cada aplicação você pede autorização de voo no SARPAS.
- Para cada aplicação você gera um relatório de pós voo contendo os dados: I - data e hora; II - coordenadas geográficas; III - cultura; IV - área (ha); V - tipo de produto; VI - marca comercial, volume e dosagem aplicada; VII - altura do voo; VIII - dados meteorológicos (temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento durante a aplicação); IX - aeronave utilizada (identificação ANAC); X - modelo de ponta de pulverização utilizada.

^a

^a Questões relacionadas a legislação

3.2.2.3 *Tecnologia de Aplicação*

A tecnologia de aplicação em pulverização agrícola abrange processos agrônômicos fundamentais para a qualidade da aplicação (CUNHA; TEIXEIRA, 2017). Esse processo começa com a identificação da necessidade de aplicação e a escolha dos produtos a serem aplicados. Com frequência, diferentes produtos são combinados em uma única aplicação para economizar recursos, formando a calda no tanque de pulverização. As interações entre os produtos na calda podem ser aditivas, quando ambos mantêm a ação esperada; sinérgicas, quando o efeito dos produtos é intensificado; ou antagônicas, quando a eficácia dos produtos é reduzida (MATTHEWS; BATEMAN; MILLER, 2014).

Ainda, pode ocorrer a incompatibilidade física ou química dos produtos. A incompatibilidade física causa problemas visíveis, como separação, precipitação ou floculação da calda, o que pode resultar em entupimento e danos ao equipamento. Já a incompatibilidade química ocorre devido a reações entre os produtos, que liberam gases, calor, ou alteram o pH da mistura, o que compromete sua eficácia (YATES, 2019). Para evitar esses problemas, recomenda-se realizar um teste na garrafa antes de misturar todos os produtos no tanque, observando a estabilidade da mistura por 5 a 10 minutos.

Os adjuvantes são recursos valiosos que auxiliam na melhoria de certas características da calda, embora não exista um único adjuvante capaz de solucionar todos os problemas. Ao avaliar as condições específicas da aplicação, é possível escolher o adjuvante mais adequado. Os adjuvantes potencializadores melhoram o desempenho do produto no alvo, proporcionando propriedades como espalhabilidade, aderência, penetração e umidade. Já os adjuvantes utilitários facilitam o processo de pulverização, modificando o pH, reduzindo a deriva ou a formação de espuma, e ajudando na compatibilidade dos produtos na calda (CUNHA; BUENO, 2010).

Para a qualidade da aplicação, após a preparação da calda, a definição da faixa de aplicação é crucial para assegurar que o produto seja depositado corretamente no solo ou na vegetação. A faixa de aplicação depende do volume da calda, taxa de aplicação, distância entre os bicos, condições ambientais, como velocidade e direção do vento, temperatura e umidade, além da altura e velocidade da aeronave (MATTHEWS; BATEMAN; MILLER, 2014). Para garantir uniformidade, todos os bicos devem possuir uma vazão semelhante, e a altura de voo precisa ser ajustada com cuidado: voos baixos podem estreitar a faixa de aplicação, enquanto voos altos aumentam a deriva do produto. A precisão na aplicação também é otimizada com o uso de sistemas de correção como o *Real-Time Kinematic* (RTK). Embora o Sistema de Posicionamento Global (GPS) permita a obtenção de coordenadas em tempo real, ele pode apresentar erros devido à triangulação via satélite, mas, com o RTK, é possível reduzir significativamente esses erros, aprimorando o posicionamento e a distribuição do produto (YATES, 2019).

O tamanho das gotas é outro aspecto decisivo, já que a escolha depende se o produto é de contato ou sistêmico. Gotas menores, com menor Diâmetro Médio Volumétrico (DMV), facilitam a distribuição uniforme nas folhas e na planta. Contudo, gotas menores não são sempre a melhor escolha, pois condições ambientais, como temperatura e vento, podem causar sua evaporação ou deslocamento, gerando deriva (CUNHA; TEIXEIRA, 2017).

Outro fator importante é a amplitude relativa, que se refere à variação no tamanho das gotas. Em condições reais de aplicação, é ideal que essa variação seja mínima, para evitar que gotas menores sofram deriva e garantir uma pulverização homogênea. Estudos indicam que bicos centrífugos proporcionam uma amplitude relativa menor e permitem ajuste do tamanho das gotas sem a necessidade de troca de bicos. Em contrapartida, bicos hidráulicos, por terem uma abertura menor, são mais propensos a entupimentos e apresentam uma amplitude relativa mais elevada, o que pode comprometer a uniformidade da aplicação (CUNHA; BUENO, 2010; YATES, 2019).

Com o uso adequado dessas tecnologias e a compreensão detalhada dos fatores de aplicação, é possível garantir uma pulverização agrícola mais precisa e eficiente. Pensando nisso foram elaboradas as seguintes questões:

- Bico rotativo fornece maior uniformidade e qualidade comparado ao bico hidráulico.
- Você utiliza adjuvante em todas as aplicações.
- Você faz teste de mistura de calda em um recipiente para verificar se existe incompatibilidade física ou química entre os produtos a serem aplicados aguardando entre 5 a 10 minutos para conferir a estabilidade da calda.
- Você utiliza uma base RTK.
- A tendência é que a maioria dos agricultores que utilizam o serviço de pulverização com drone comprem o seu próprio.

^a

^a Questões relacionadas a tecnologia de aplicação

3.2.2.4 *Segurança*

No setor aeronáutico, segurança é fundamental. Em operações com drones, embora o risco à vida humana seja mínimo, medidas preventivas são indispensáveis para evitar falhas e custos desnecessários. O manual de voo fornece diretrizes para o uso seguro do equipamento e inclui um check-list pré-voo para garantir condições adequadas de decolagem e operação (ROSENFELD; LAMBERT, 2017; (FAA), 2021).

O check-list envolve verificar o carregamento completo das baterias, a integridade das peças, substituindo componentes danificados, e a firmeza do trem de pouso e do tanque de pulverização. É essencial confirmar que hélices e braços estão desdobrados, travados e livres de obstruções. A limpeza da câmera e do sistema de visão binocular, a desobstrução do sistema de pulverização, a calibração da bússola e a atualização do firmware são igualmente importantes. Além disso, é necessário verificar a ausência de obstruções nos módulos de radar e a segurança das conexões (ZHANG; LI, 2020).

Antes do voo, também é crucial avaliar as condições ambientais, como ventos abaixo de 6 m/s, chuvas leves (máx. 2 mm/h), altitude de voo inferior a 100 m e temperatura entre 0°C e 45°C. Durante o planejamento, identificar obstáculos ajuda a evitar colisões, especialmente com objetos finos, como cabos de energia, que podem interferir na bússola devido à interferência eletromagnética (CUSTERS, 2016).

Para prolongar a vida útil do drone, recomenda-se limpeza regular após o uso e inspeções frequentes dos componentes eletrônicos. A manutenção pode ser corretiva, substituindo peças danificadas, ou preventiva, considerando a fadiga dos componentes. O registro do tempo de voo e do número de ciclos (decolagens e pousos) é essencial para acompanhar a vida útil do equipamento, conforme especificado no manual do fabricante (ROSENFELD; LAMBERT, 2017).

Outro componente essencial para a operação é a bateria, que funciona como a principal fonte de energia do drone e impacta diretamente nos custos operacionais. O valor da bateria é determinado por fatores como número de ciclos, custo de aquisição e autonomia de voo. Cuidados adequados podem prolongar sua vida útil, reduzindo os custos operacionais. Entre as práticas recomendadas estão armazenar a bateria em temperaturas amenas, evitar quedas e amassados, e respeitar as orientações do fabricante sobre a porcentagem ideal de carga para armazenamento (ZHANG; LI, 2020).

Os drones geralmente são vendidos com três baterias, permitindo que uma esteja em uso, outra carregando e uma terceira resfriando. Isso evita o superaquecimento, que pode comprometer a capacidade de recarga da bateria e reduzir o número de ciclos disponíveis devido ao envelhecimento químico acelerado. Portanto, é fundamental não carregar baterias aquecidas e monitorar os avisos de segurança exibidos no rádio controle, como alertas de bateria fraca ou erros de leitura do equipamento ((FAA), 2021).

Com os cuidados adequados, é possível garantir maior segurança e eficiência nas operações, além de reduzir os custos relacionados à manutenção e substituição de componentes. Pensando nesses parâmetros, foram elaboradas as seguintes questões:

- Você realiza o mapeamento da área antes do voo.
- A troca de peças é sempre feita por originais do fabricante.
- O processo de inspeção, também chamado de checklist é realizado SEMPRE antes e depois de cada voo.
- Você registra o número de voos e a quantidade de horas voadas para realizar o ciclo de manutenção recomendado segundo o manual do fabricante. (Considere: 1 voo = decolagem+pouso)
- Você possui três baterias ou mais. (Para cada modelo de drone).
- A única certeza que temos é que o Drone vai cair.
- Você respeita e pouso o drone perante o aviso de segurança de bateria baixa. (Geralmente ocorre entre 30% e 20%).
- Existe uma porcentagem de bateria correta para armazená-la por mais de uma semana sem uso. (Caso seja necessário você carrega ou descarrega a bateria até atingir o valor ideal).

^a

^a Questões relacionadas a segurança do equipamento

3.2.3 Terceira seção - Aberta

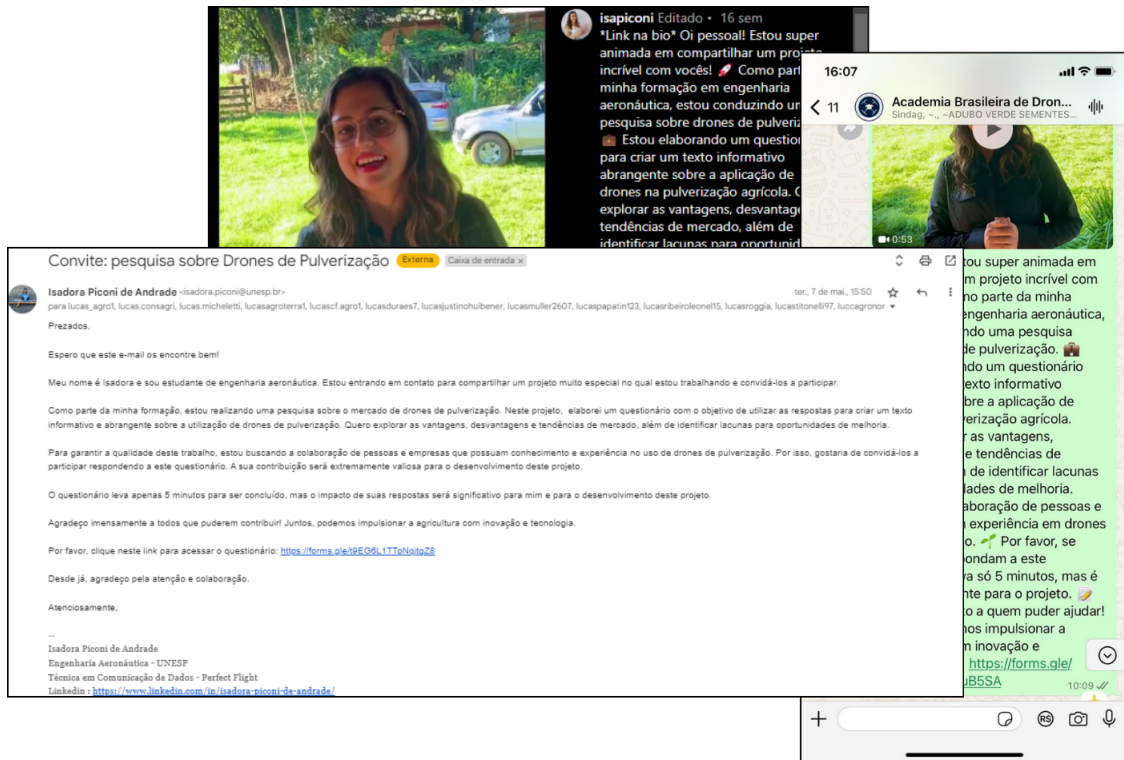
A terceira seção do questionário é composta por perguntas opcionais que têm como objetivo identificar problemas que dificultam o uso de drones e coletar sugestões de melhorias a partir das experiências diretas dos respondentes com o equipamento. Essa seção conta com quatro perguntas.

A primeira pergunta busca descobrir a frequência com que ocorrem quedas de drones de pulverização, questionando se o respondente já presenciou tal situação. Em seguida, são apresentadas três questões dissertativas. A primeira explora problemas que possam ter impossibilitado o uso do drone, enquanto a segunda solicita sugestões dos operadores sobre melhorias que poderiam aumentar a eficiência ou otimizar o uso do equipamento. Por fim, a última pergunta é aberta, permitindo aos participantes compartilhar sugestões adicionais que considerem relevantes.

3.2.4 Divulgação

Com o questionário online devidamente preparado, iniciou-se a fase de divulgação para captar respondentes qualificados. Para este fim, foram desenvolvidos materiais de apoio, incluindo um vídeo informativo e textos explicativos em linguagem coloquial. Esses materiais foram amplamente disseminados por meio dos canais de comunicação contemporâneos, como grupos de WhatsApp de prestadores de serviço do setor, Instagram, Facebook e LinkedIn.

Figura 3 – Divulgação do questionário.



Fonte: elaborada pela autora.

Adicionalmente, foi enviado um e-mail formal direcionado a todos os pilotos de drones cadastrados no MAPA, visando assegurar a participação do máximo de profissionais atuantes no mercado. Esse esforço de divulgação resultou na obtenção de 81 respondentes, garantindo uma amostra suficiente para a análise estatística.

4 RESULTADOS

Foram obtidos 81 questionários respondidos. Para as perguntas de múltipla escolha, o Google Forms gerou automaticamente gráficos de pizza, facilitando uma análise visual inicial. Os dados das demais perguntas foram exportados para uma planilha Excel, possibilitando a elaboração de gráficos personalizados e análises estatísticas mais detalhadas.

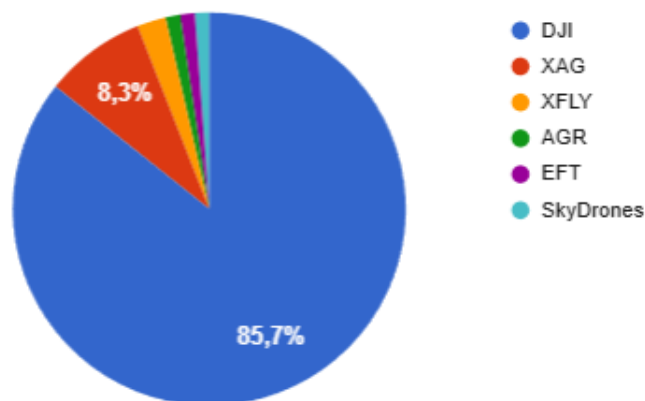
As análises estatísticas foram realizadas no software Jamovi, destacando-se a construção da Matriz de Correlação de Spearman e a análise de Cluster. A matriz de correlação foi empregada para identificar relações significativas entre variáveis, enquanto o dendograma da análise de Cluster organizou as respostas em grupos com características semelhantes. Essas ferramentas proporcionaram uma compreensão mais profunda dos dados, revelando padrões e correlações importantes entre os respondentes.

4.1 PRIMEIRA SEÇÃO - CADASTRO

A primeira seção do questionário foi dedicada ao cadastro dos respondentes, coletando informações como nome, modelos de drones utilizados, região de atuação e quantidade de drones operados. Com base nos dados extraídos do Google Forms para o Excel, foi elaborado um gráfico que mostra a distribuição dos modelos de drones utilizados pelos participantes da pesquisa.

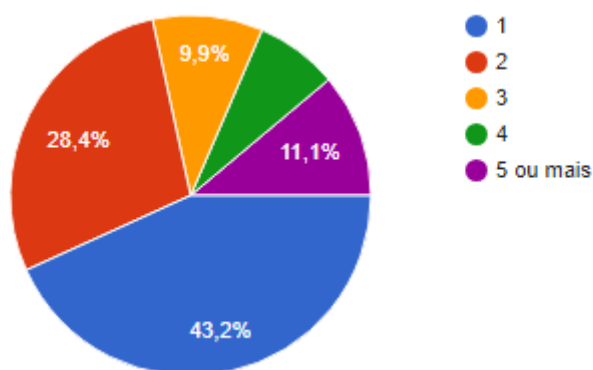
Os resultados indicam que cerca de 86% dos respondentes operam drones da DJI, consolidando a marca como líder de mercado no setor. Em seguida, 8% utilizam drones da fabricante XAG, enquanto os 6% restantes operam drones de outras marcas. Em relação à quantidade de drones operados, a maioria (42%) possui apenas um drone, enquanto 28% têm dois, e os 30% restantes operam três ou mais drones.

Figura 4 – Fabricante dos drones utilizados pelos respondentes.



Fonte: elaborada pela autora.

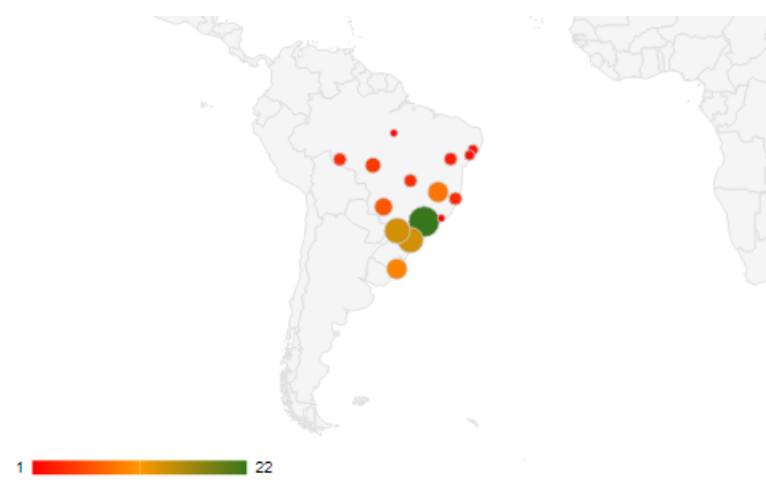
Figura 5 – Quantidade de drone por respondente.



Fonte: elaborada pela autora.

Além disso, foi elaborado um gráfico representativo das regiões onde os operadores mais atuam, destacando as diferenças na quantidade de respondentes por estado. No mapa, as regiões com maior número de respondentes são representadas em verde com circunferências maiores. À medida que a quantidade diminui, o tamanho das circunferências se reduz e a coloração varia do verde ao vermelho, permitindo uma visualização clara da distribuição geográfica.

Figura 6 – Densidade de respondentes por estado.



Fonte: elaborada pela autora.

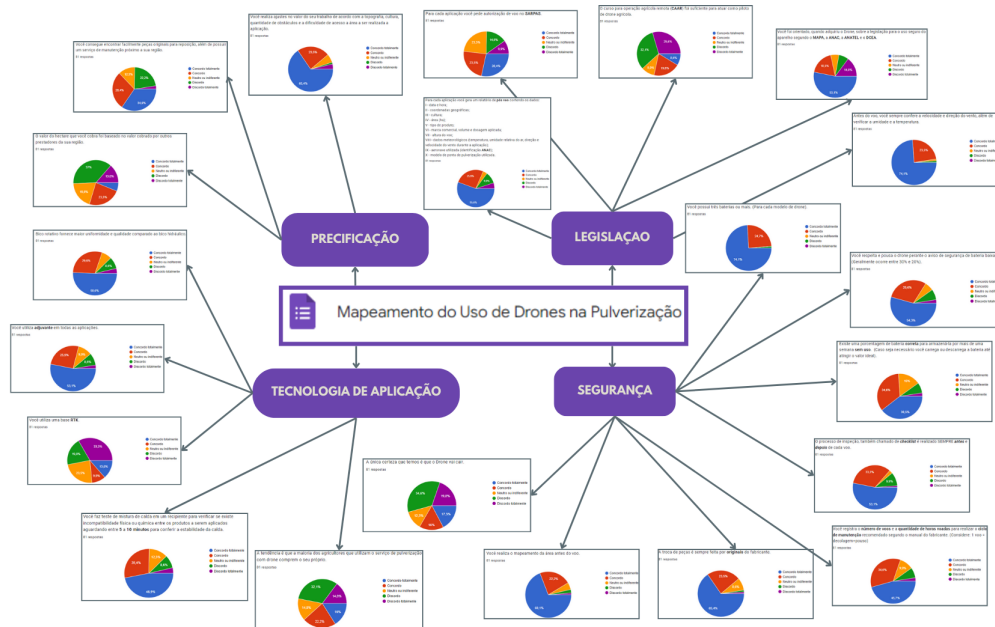
A análise do gráfico mostra que a maior concentração de respondentes está no estado de São Paulo, seguido por Santa Catarina, Paraná, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Esses estados representam a maior parte dos operadores participantes, mas, de forma geral, a pesquisa conseguiu alcançar quase todos os estados brasileiros, garantindo uma ampla diversidade geográfica entre os participantes.

4.2 SEGUNDA SEÇÃO - ESCALA *LIKERT*

A segunda seção do questionário consistiu em 21 perguntas de múltipla escolha, abordando temas como precificação, legislação, tecnologia de aplicação e segurança no uso do equipamento. Os gráficos de pizza gerados automaticamente pelo Google Forms para cada resposta, apresentados na Figura

7, forneceram uma análise visual inicial. Contudo, devido à grande quantidade de informações, foi realizada uma análise estatística detalhada para identificar relações entre as respostas e explorar possíveis correlações.

Figura 7 – Fluxograma dos gráficos para cada tópico.



Fonte: elaborada pela autora.

4.2.1 Correlação de Spearman

O software utilizado para essas análises foi o Jamovi, software que apresenta diferentes métodos estatísticos para análise. A Correlação de Pearson é empregada para variáveis quantitativas contínuas, que representam valores numéricos mensuráveis, como altura ou peso. Já a Correlação de Spearman é mais adequada para variáveis qualitativas ou ordinais, que representam atributos ou categorias, podendo ou não ter uma ordem, como níveis de satisfação ou classificações. No caso deste questionário, as respostas foram estruturadas em uma escala Likert, variando de "Concordo totalmente" à "Discordo totalmente", com valores numéricos atribuídos de 1 a 5 para fins de análise.

Por ser uma escala qualitativa ordinal, foi aplicada a Correlação de Spearman para gerar uma matriz de correlações. Essa matriz permite observar a força e a direção das relações entre as variáveis, além de sua significância estatística. O nível de significância foi avaliado pelo valor p , categorizado da seguinte forma:

- $p < 0,001$: correlações altamente significativas, indicadas com três asteriscos (***)
- $p < 0,01$: correlações significativas, marcadas com dois asteriscos (**)
- $p < 0,05$: correlações moderadamente significativas, sinalizadas com um asterisco (*).

A análise da matriz de correlação permitiu identificar relações estatisticamente significativas entre as questões, destacadas por asteriscos. Para essas correlações, mensuramos a força e o sentido da

relação, cujos valores variam de -1 a 1. Quanto mais próximos dos extremos, mais forte é a correlação. Valores positivos indicam uma relação diretamente proporcional, ou seja, conforme uma variável aumenta, a outra também tende a aumentar. Por outro lado, valores negativos indicam uma relação inversamente proporcional, onde o aumento de uma variável está associado à diminuição da outra.

Figura 8 – Matriz Correlação de Spearman.

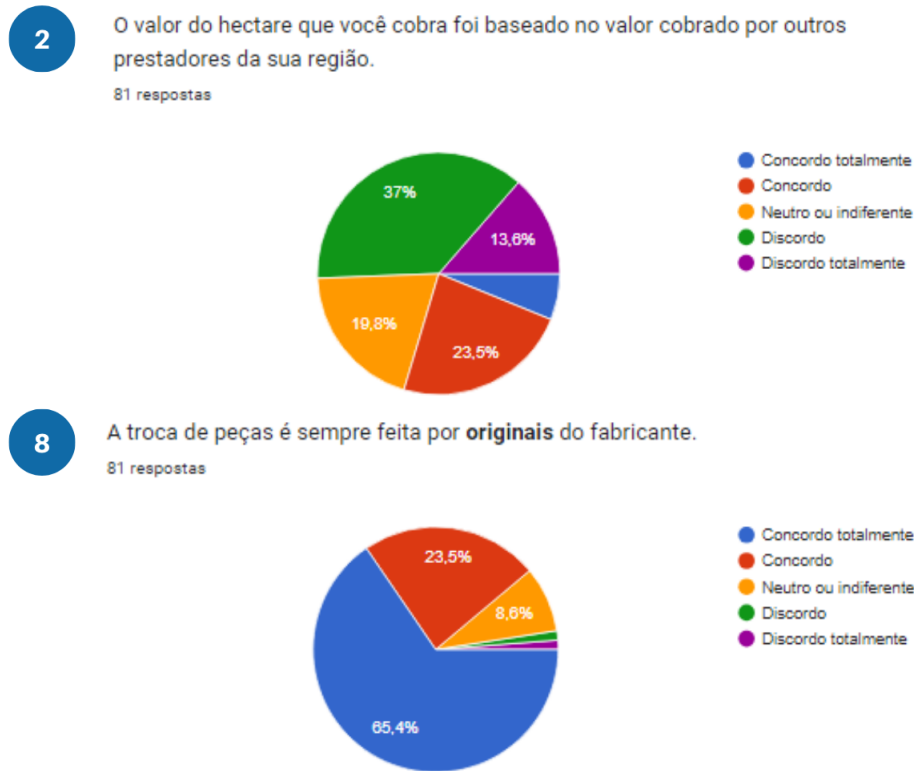
Matriz de Correlações																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	---																				
2	0,087	---																			
3	0,178	0,018	---																		
4	-0,156	0,192	-0,104	---																	
5	0,014	-0,112	0,013	-0,074	---																
6	0,213	-0,080	0,018	-0,131	0,043	---															
7	0,201	-0,034	0,181	0,055	0,071	0,040	---														
8	0,087	-0,365***	0,227*	-0,082	0,228*	0,235*	0,303**	---													
9	0,028	-0,195	0,196	-0,116	0,066	0,457***	0,220*	0,377***	---												
10	0,214	-0,097	0,273*	-0,081	0,018	0,173	0,361***	0,376***	0,478***	---											
11	0,098	0,188	-0,150	-0,123	0,129	0,211	-0,027	0,080	0,215	0,114	---										
12	0,169	0,201	-0,140	0,250**	0,088	0,152	0,155	-0,006	0,042	0,029	-0,013	---									
13	0,193	0,047	0,155	0,059	-0,103	0,198	0,148	0,065	0,179	0,040	-0,099	0,085	---								
14	0,027	0,065	0,172	0,035	-0,181	0,131	0,207	0,050	0,257*	0,262*	0,235*	0,057	0,100	---							
15	0,076	-0,122	0,224*	0,051	0,166	0,153	0,215	0,150	0,337**	0,239*	-0,057	0,005	0,214	0,141	---						
16	0,025	-0,145	0,012	0,027	0,078	0,078	0,276*	0,359***	0,143	0,372***	0,018	-0,043	0,213	0,113	0,301**	---					
17	0,100	-0,062	0,268*	0,028	0,189	0,293**	0,302**	0,310**	0,282*	0,376***	0,047	0,019	0,117	0,250*	0,218	0,213	---				
18	-0,062	-0,082	0,199	0,024	0,152	0,017	0,147	0,206	0,203	0,185	0,071	0,040	0,074	0,192	0,112	0,268*	0,284*	---			
19	0,151	-0,131	-0,029	-0,100	0,205	0,177	0,023	0,181	0,126	0,266*	0,164	-0,025	-0,205	0,157	0,103	-0,047	0,304**	0,162	---		
20	-0,018	0,008	0,255**	0,171	-0,097	-0,049	0,219*	0,087	0,149	0,129	-0,194	-0,196	0,054	0,135	0,206	0,147	0,031	0,169	-0,075	---	
21	-0,062	-0,209	0,262*	0,026	0,129	-0,001	0,146	0,192	0,293**	0,394***	-0,031	-0,142	0,015	0,327**	0,437***	0,218	0,388***	0,190	0,303**	0,112	---

Nota: * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Fonte: Dados processados utilizando *jamovi* (The jamovi project, 2024) e *R* (R Core Team, 2024)

Na análise, a primeira correlação significativa inversamente proporcional foi destacada em vermelho. Essa relação foi observada entre as questões 2 e 8, apresentadas nas figuras abaixo:

Figura 9 – Questões 2 e 8.



Fonte: elaborada pela autora.

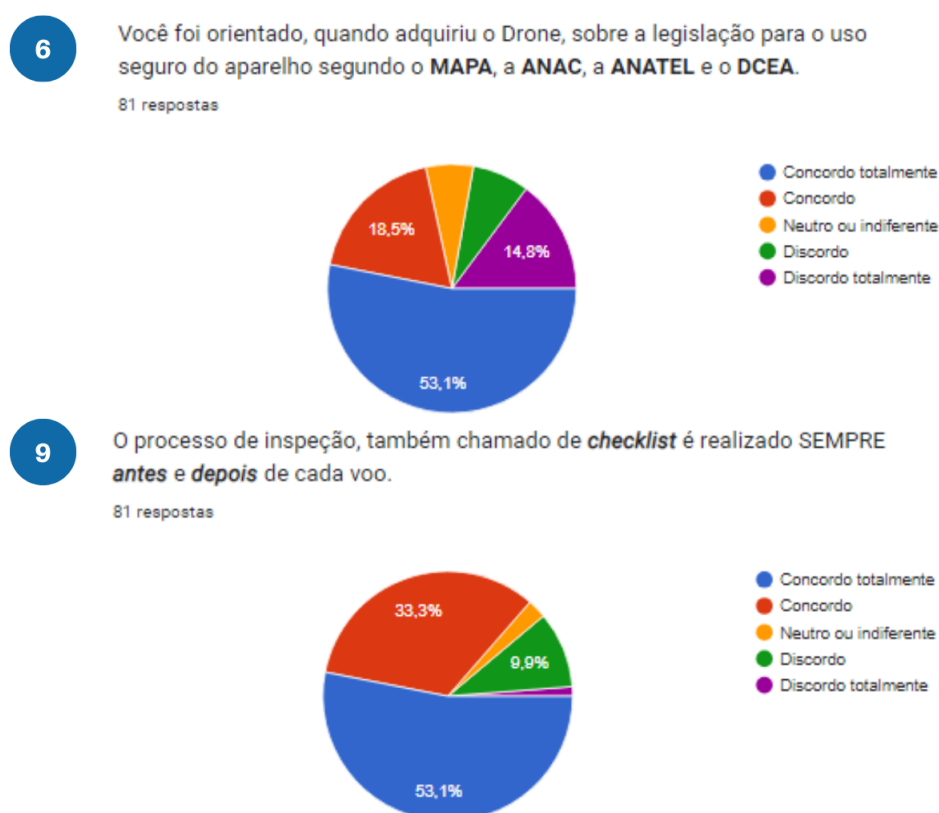
Observa-se que os respondentes discordam da ideia de que o valor cobrado pelo serviço deve ser baseado nos concorrentes e concordam com a importância de utilizar peças originais do fabricante na

manutenção dos drones. Mas como essas duas questões se correlacionam? A preferência pela troca de peças sempre originais reflete a preocupação predominante dos operadores em manter o equipamento funcionando da forma mais adequada e segura.

Essa escolha tem um impacto direto nos custos operacionais, já que o uso de peças paralelas geralmente reduz os custos. Entretanto, os respondentes demonstram priorizar a qualidade e a segurança, mesmo que isso aumente os gastos. Isso também se traduz na forma como precificam seus serviços, buscando valores que cubram esses custos mais elevados e ainda garantam uma margem de lucro sustentável. Esse comportamento revela uma visão estratégica, focada não apenas no curto prazo, mas na longevidade e solidez financeira de suas operações.

Das correlações significativas identificadas, destacamos quatro das mais fortes e diretamente proporcionais, que foram marcadas em verde. A primeira dessas correlações é entre as questões 6 e 9, cujas descrições estão apresentadas na figura abaixo.

Figura 10 – Questões 6 e 9.



Fonte: elaborada pela autora.

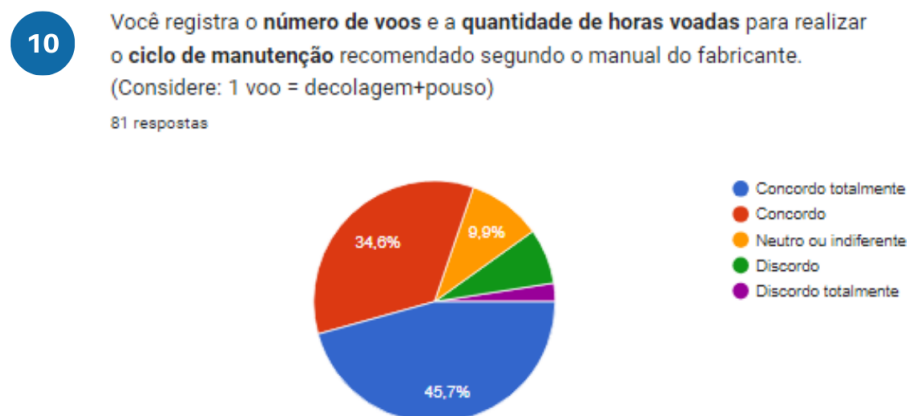
A análise das questões revela que os respondentes concordam, em sua maioria, com a afirmação de que foram informados sobre os órgãos de regulamentação e também sobre importância das inspeções no pré e no pós-voo. Esse alinhamento destaca a relevância de conhecer as legislações e diretrizes que regem a operação de drones, bem como de adotar práticas rigorosas de verificação do equipamento. Ambas as ações são fundamentais para garantir a segurança: a regulamentação protege terceiros e o ambiente de operação, enquanto as inspeções previnem falhas do equipamento.

Entretanto, uma leve discrepância entre as respostas às questões 6 e 9 pode indicar que nem todos os

operadores, no momento da aquisição do drone, tiveram acesso a informações completas ou suficientes sobre os órgãos regulamentadores. Essa lacuna de conhecimento inicial pode impactar a confiança e a adoção de boas práticas relacionadas à operação segura e responsável do equipamento.

A questão 9 também apresenta uma correlação significativa com a questão 10, exibida na figura abaixo.

Figura 11 – Questão 10.



Fonte: elaborada pela autora.

As questões 9 e 10 apresentam a correlação mais forte dentre as demais, evidenciando a relação direta entre práticas de inspeção e manutenção. Embora não representem a manutenção propriamente dita, ambas são componentes essenciais do fluxo que a engloba. O check-list realizado antes e depois do voo está diretamente relacionado à manutenção corretiva, pois possibilita a identificação de peças danificadas que necessitam de reparação imediata. Por outro lado, o registro dos ciclos de voo e a contabilização do total de horas voadas são fundamentais para a manutenção preventiva, uma vez que servem como base para seguir as recomendações de ciclos de manutenção estipuladas nos manuais do fabricante.

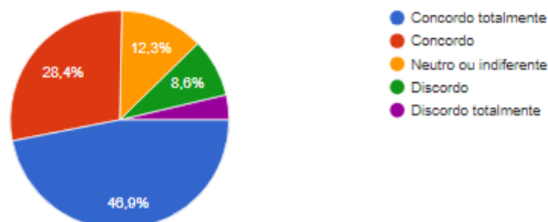
Saindo do foco na área de segurança, destaca-se a correlação entre as questões 15 e 21, que exploram aspectos relacionados à tecnologia de aplicação e à legislação.

Figura 12 – Questões 15 e 21.

15

Você faz teste de mistura de calda em um recipiente para verificar se existe incompatibilidade física ou química entre os produtos a serem aplicados aguardando entre **5 a 10 minutos** para conferir a estabilidade da calda.

81 respostas

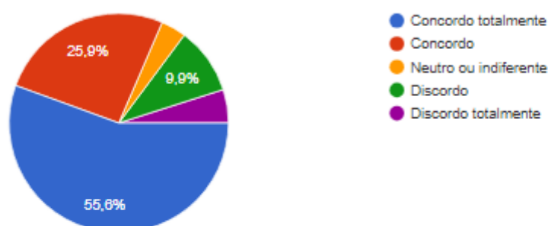


21

Para cada aplicação você gera um relatório de **pós voo** contendo os dados:

- I - data e hora;
- II - coordenadas geográficas;
- III - cultura;
- IV - área (ha);
- V - tipo de produto;
- VI - marca comercial, volume e dosagem aplicada;
- VII - altura do voo;
- VIII - dados meteorológicos (temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento durante a aplicação);
- IX - aeronave utilizada (identificação **ANAC**);
- X - modelo de ponta de pulverização utilizada.

81 respostas



Fonte: elaborada pela autora.

A questão 15, que aborda a tecnologia de aplicação, trata das possíveis complicações decorrentes da combinação inadequada de produtos para pulverização. Misturas podem sofrer reações químicas ou físicas, impactando negativamente na qualidade da aplicação. Por isso, é essencial que o operador realize testes prévios em uma pequena amostra, como em uma garrafa, para verificar se a calda permanece uniforme e estável durante o tempo que ficará no tanque. Além de comprometer a aplicação, reações indesejadas podem danificar os componentes do drone.

Já a questão 21 refere-se aos registros obrigatórios que devem ser realizados pelo operador e enviados ao MAPA. Esses registros incluem informações fundamentais, como o tipo de produto utilizado, condições meteorológicas e o modelo da ponta de pulverização empregada. Embora sejam exigências regulatórias, esses fatores também têm impacto direto na qualidade da aplicação.

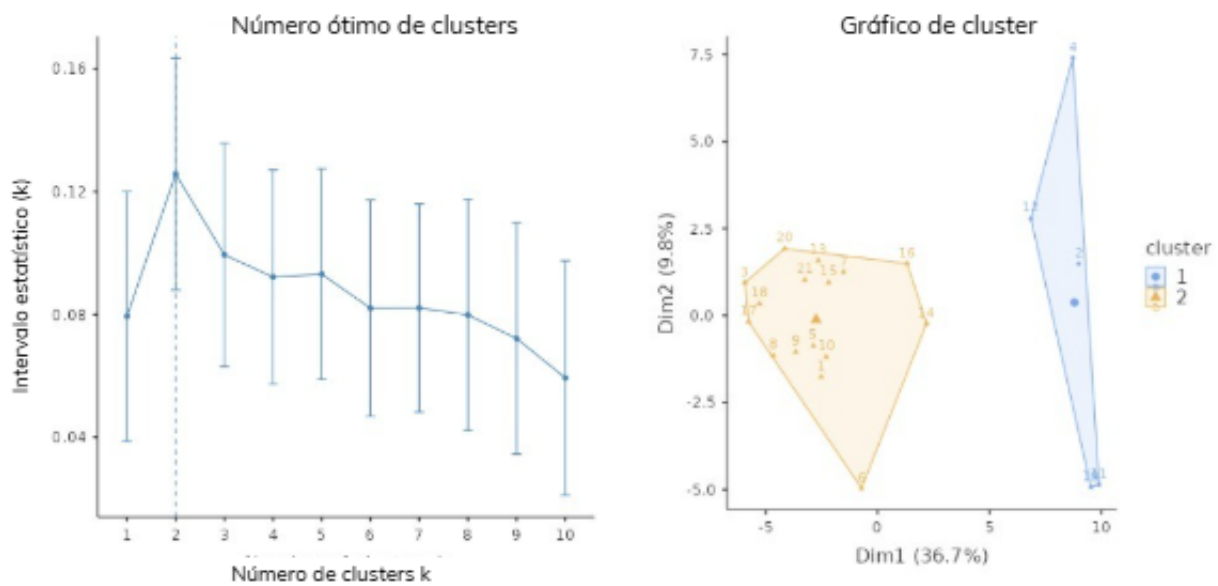
Essas questões estão relacionadas porque ambas envolvem cuidados durante o planejamento da operação, considerando todos os parâmetros que influenciam uma aplicação de qualidade. Seja no teste prévio da mistura ou no registro detalhado das condições de operação, ambos são passos indispensáveis para garantir resultados eficazes e seguros.

4.2.2 Análise de Cluster

Outra abordagem utilizada para avaliar as respostas obtidas foi a análise de cluster, que tem como objetivo agrupar questões com base em critérios de similaridade. Cada cluster formado representa um grupo de questões que compartilham características ou padrões semelhantes entre si.

Para realizar a análise, foi necessário transpor os dados, pois o método de análise processa as informações por linhas, e não por colunas. Com o auxílio do software Jamovi, foi possível gerar um gráfico que determina o número ideal de clusters. A partir dessa análise, foram identificados dois agrupamentos distintos de questões, evidenciando as relações e agrupamentos mais significativos no conjunto de dados.

Figura 13 – Número ótimo de clusters e suas divisões.

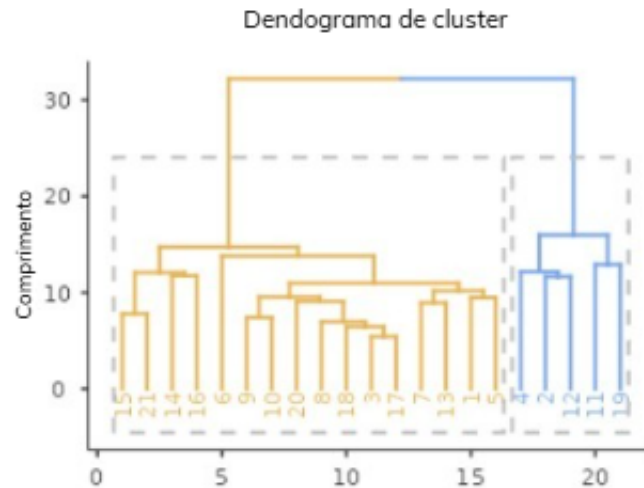


Fonte: dados processados utilizando *jamovi* (The jamovi project, 2024), *R* (R Core Team, 2024), e o módulo *snowCluster* (SEOL, 2024).

Com base no gráfico gerado pelo algoritmo de Hartigan-Wong, foi determinado que o número ótimo de clusters seriam dois. A partir dessa informação, aplicou-se a análise hierárquica utilizando a distância euclidiana como métrica de similaridade.

O resultado dessa análise foi a construção de um dendrograma, um diagrama em forma de árvore que apresenta as fusões sucessivas dos clusters e as distâncias nas quais elas ocorrem. Esse diagrama possibilita uma visualização clara da estrutura hierárquica dos agrupamentos, destacando padrões, relações e similaridades entre as questões. Assim, o dendrograma desempenha um papel fundamental na interpretação das conexões entre as questões, permitindo identificar quais delas compartilham características comuns conforme as respostas dos participantes.

Figura 14 – Dendograma de cluster.



Fonte: dados processados utilizando *jamovi* (The jamovi project, 2024), *R* (R Core Team, 2024), e o módulo *snowCluster* (SEOL, 2024).

Para compreender o significado dos dois grupos identificados na análise de clusters, foi gerada uma tabela contendo a moda para cada questão, isto é, o valor que mais se repete nas respostas.

Figura 15 – Afirmações e a moda das respostas.

Moda		
Estatística Descritiva		
1	1.00	Concordo totalmente
2	4.00	Discordo
3	1.00	Concordo totalmente
4	4.00	Discordo
5	1.00	
6	1.00	
7	1.00	Concordo totalmente
8	1.00	
9	1.00	
10	1.00	
11	4.00	Discordo
12	4.00	
13	1.00	
14	1.00	
15	1.00	Concordo totalmente
16	1.00	
17	1.00	
18	1.00	
19	5.00	Discordo totalmente
20	1.00	Concordo totalmente
21	1.00	

Fonte: elaborada pela autora.

Os resultados mostram que os usuários concordam com as afirmações representadas em azul no dendrograma e discordam daquelas em laranja. As afirmações foram elaboradas com base em conhecimento teórico obtido por meio de cursos e literatura especializada. No entanto, ao confrontá-las com as opiniões e experiências de profissionais que atuam no dia a dia do mercado, foi possível verificar se essas premissas se aplicam na prática. Isso permite confirmar a aderência das afirmações ao contexto real e, mais importante, utilizar essas informações para apresentar a realidade do setor àqueles que ainda não o conhecem, fornecendo uma base sólida para entendimento e possíveis decisões no mercado.

Fragmentando o tema nas quatro partes principais temos:

4.2.2.1 *Tecnologia de aplicação*

Os operadores de drones agrícolas demonstram preferência pelos bicos rotativos, amplamente reconhecidos por sua superioridade em relação aos bicos hidráulicos, especialmente na definição do tamanho de gota e na redução da amplitude relativa. Essa característica contribui para uma aplicação mais homogênea, resultando em menor desperdício de insumos e melhor desempenho no campo. Além disso, o uso de adjuvantes é uma prática consolidada, presente em quase todas as operações de pulverização realizadas com drones. Esses aditivos desempenham um papel crucial na otimização do processo, auxiliando em diversas etapas, como a mistura da calda, a melhoria da aderência e absorção pelas culturas, e a redução da deriva, maximizando a eficácia das aplicações agrícolas de acordo com as necessidades específicas de cada situação.

Uma etapa crucial no processo de pulverização é o teste de mistura da calda, realizado em recipientes específicos antes de cada aplicação. Nesse procedimento, os operadores aguardam de cinco a dez minutos para avaliar a estabilidade física e química da solução, garantindo a qualidade da aplicação e prevenindo eventuais danos ao equipamento. Simultaneamente, a verificação das condições meteorológicas antes do voo é uma prática rotineira, com foco na análise da velocidade e direção do vento, umidade relativa e temperatura. Essa medida assegura que a pulverização ocorra em condições ideais, minimizando os riscos de deriva e maximizando os resultados esperados.

Por outro lado, os operadores não consideram a base RTK uma ferramenta indispensável em suas atividades. Embora reconheçam sua utilidade em contextos específicos, muitos encontram alternativas viáveis ou não identificam uma necessidade significativa dessa tecnologia em suas rotinas diárias. Além disso, prevalece a opinião de que a aquisição de drones por parte dos agricultores não é uma tendência predominante. Isso se deve à exigência de mão de obra especializada para operar os equipamentos, a qual frequentemente é contratada de terceiros, e à necessidade de uso contínuo do drone para justificar o investimento.

4.2.2.2 *Segurança*

Para garantir a continuidade das operações, todos os usuários possuem, no mínimo, três baterias e seguem rigorosamente os avisos de bateria baixa, realizando pousos preventivos quando a carga atinge entre 30% e 20%. O armazenamento das baterias também recebe atenção especial, sendo mantidas em níveis ideais para preservar sua vida útil.

Os operadores dão preferência à substituição de peças por originais do fabricante, assegurando maior qualidade e confiabilidade nos equipamentos. Além disso, a realização de checklists antes e após cada voo é uma prática padronizada, que reforça tanto a manutenção preventiva quanto a corretiva. O registro detalhado do número de voos e das horas acumuladas permite o cumprimento rigoroso do ciclo de manutenção recomendado pelo fabricante, enquanto o mapeamento prévio das áreas de operação contribui para um planejamento operacional mais eficiente e seguro.

Contrariando o senso comum de que "a única certeza é que o drone vai cair", os operadores demonstram que, com boas práticas de manutenção e segurança, é possível mitigar riscos e evitar acidentes, promovendo uma operação confiável e sustentável.

4.2.2.3 *Precificação*

Os operadores relataram facilidade na aquisição de peças originais e no acesso a serviços de manutenção próximos, fator que contribui significativamente para a redução do tempo de inatividade dos equipamentos. Além disso, o valor cobrado pelos serviços de pulverização é ajustado com base em variáveis específicas, como a topografia do terreno, o tipo de cultura, a presença de obstáculos e a dificuldade de acesso à área. Essa flexibilidade na precificação reflete um alinhamento cuidadoso com os custos fixos e variáveis envolvidos no trabalho, garantindo uma abordagem adaptada às características de cada operação.

Os operadores também rejeitam a ideia de que o valor por hectare seja definido exclusivamente a partir dos preços praticados por outros prestadores de serviços na região. Em vez disso, priorizam aspectos como qualidade e segurança, ainda que isso implique custos operacionais mais altos. Essa prioridade é refletida em sua estratégia de precificação, que visa não apenas cobrir os custos associados a práticas de excelência e manutenção preventiva, mas também garantir uma margem de lucro sustentável. Essa abordagem revela uma visão estratégica que privilegia a sustentabilidade e a solidez financeira no longo prazo, assegurando a continuidade e confiabilidade das operações.

4.2.2.4 *Legislação*

Boa parte dos usuários relatou que, no momento da aquisição do drone, recebem orientações sobre as regulamentações estabelecidas por órgãos como o MAPA, a ANAC, a ANATEL e o DCEA. Embora essas orientações sejam consideradas fundamentais para iniciar as operações, os operadores reconhecem que, para garantir a realização de atividades seguras e em conformidade com a legislação, é necessário um conhecimento mais abrangente e profundo das normas aplicáveis ao uso do equipamento.

Os operadores concordam que registram as informações exigidas pelo MAPA para o relatório operacional, incluindo dados como data, hora, coordenadas geográficas, cultura tratada, área aplicada, tipo de produto utilizado, condições meteorológicas e identificação do drone. Esses relatórios são essenciais para garantir a rastreabilidade e a transparência das atividades junto ao MAPA. Além disso, revisar essas informações antes do voo, é de suma importância para a eficácia da aplicação. Ainda em relação ao MAPA, é obrigatório que os operadores concluam o CAAR para atuar no mercado. No entanto, os respondentes afirmam que o curso, embora necessário, não é suficiente para compreender o que é necessário para uma boa atuação no mercado.

No que se refere ao uso do espaço aéreo, o DCEA determina que os operadores solicitem autorizações de voo por meio do sistema SARPAS antes de cada aplicação. Apesar de a maioria dos respondentes concordar com essa prática, quase metade demonstrou discordância ou indiferença em relação à necessidade de seguir essa exigência, evidenciando a existência de divergências quanto à percepção de sua relevância.

4.3 TERCEIRA SEÇÃO - ABERTA

A terceira seção do questionário consiste em perguntas opcionais, cujo objetivo é explorar as dificuldades enfrentadas pelos operadores de drones de pulverização e identificar possíveis soluções para melhorar a eficiência e segurança dos equipamentos. A primeira questão pergunta aos respondentes se já presenciaram a queda de um drone, e os resultados indicaram que cerca de **70% dos respondentes** já testemunharam esse tipo de incidente. Esse percentual elevado é um indicativo de que existem lacunas significativas em termos de otimização e segurança dos drones, o que pode justificar uma análise mais detalhada sobre as causas dessas falhas e as possíveis melhorias a serem implementadas nos dispositivos.

Além dessa primeira pergunta, foram acrescentadas outras três questões dissertativas. Elas visam entender melhor, sob a ótica dos operadores, o que limita a eficiência dos drones de pulverização e que problemas frequentes impedem o uso eficaz do equipamento.

Nessa linha, uma série de problemas foram identificados. Entre os problemas principais, destacam-se:

1. Área de difícil acesso, com obstáculos como redes de energia, que comprometem a operação do drone, principalmente em terrenos irregulares ou em regiões urbanas.
2. Entupimento e falhas no bico rotativo e na bomba, que afetam diretamente a capacidade de pulverização, prejudicando a eficácia da aplicação de produtos.
3. Interferência eletromagnética, que pode afetar a comunicação entre o drone e o operador, gerando falhas de controle e comprometendo a segurança da operação.
4. Perda de sinal, especialmente em áreas com baixa cobertura ou com forte interferência, o que pode resultar em falhas de comunicação e aumentar o risco de acidentes.
5. Umidade nos componentes, que pode danificar os circuitos e outros sistemas eletrônicos do drone, afetando sua performance e tornando-o suscetível a falhas.
6. Proximidade de aeroportos, que, devido à regulamentações específicas, restringe a operação de drones em áreas próximas a zonas de aviação, especialmente em aeroportos ou regiões com tráfego aéreo intenso.

A seção também incluiu questões sobre sugestões de melhorias que poderiam ser implementadas para otimizar a eficiência e a segurança dos drones. As principais sugestões dos operadores incluem:

1. Melhorias no sinal, com o objetivo de garantir uma comunicação mais estável e confiável entre o drone e o operador, especialmente em áreas com cobertura de sinal limitada.
2. Misturador interno de calda, sugerido para melhorar a uniformidade e eficiência da pulverização, facilitando a mistura dos produtos e evitando falhas na aplicação.

3. Sensores de obstáculos e de altura, para aumentar a segurança durante a operação em áreas com obstáculos, permitindo ao drone identificar e desviar de barreiras, além de otimizar a altura de voo.
4. Adequações para transporte, especialmente para drones operando em locais de difícil acesso. Essas melhorias poderiam incluir ajustes no design e na estrutura do equipamento, tornando-o mais versátil e adequado para operações em terrenos irregulares.

Por fim, a seção inclui um campo aberto para sugestões dos operadores sobre pesquisas e palestras que possam auxiliar na melhoria contínua do uso dos drones de pulverização. Algumas das sugestões mais recorrentes envolvem:

1. Conhecimento dos produtores sobre a eficiência dos drones, buscando aprimorar a compreensão sobre as vantagens e limitações da tecnologia no campo.
2. Análise sobre a faixa de aplicação, altura e velocidade, com foco em diferentes relevos, para otimizar a operação dos drones em condições variadas de terreno.
3. Estudo sobre o baixo volume de calda e sua eficiência, visando melhorar o uso de produtos químicos e insumos, garantindo melhor cobertura e menor desperdício.
4. Importância da regulamentação, com ênfase na criação de normas claras para o uso de drones, garantindo maior segurança e padronização nas operações.
5. Adjuvantes e produtos com bula específica para drones, sugerindo a necessidade de regulamentações e orientações técnicas específicas para produtos aplicados com drones, aumentando a eficácia e a segurança no uso desses equipamentos.

Essa seção foi fundamental para coletar dados diretamente dos operadores de drones de pulverização, permitindo a identificação de problemas recorrentes e proporcionando uma visão mais detalhada sobre as necessidades de melhorias tecnológicas. As informações obtidas servem como base para a busca de soluções mais eficazes e para o desenvolvimento contínuo da tecnologia de drones no setor agrícola.

5 CONCLUSÃO

Os resultados apresentados demonstram que a operação de drones de pulverização no setor agrícola exige uma abordagem multifacetada, abrangendo aspectos técnicos, regulatórios e de boas práticas. A pesquisa revelou que os operadores priorizam qualidade e segurança, mesmo que isso implique custos operacionais mais elevados. Essa visão estratégica reflete um foco na sustentabilidade e na solidez financeira das operações, indicando o amadurecimento do setor.

Contudo, é válido ressaltar que a amostra analisada não abrange a totalidade dos operadores. O uso de redes sociais e de metodologias como a amostragem em bola de neve introduz limitações quanto à representatividade dos dados, já que o alcance depende de fatores como a presença dos operadores nas plataformas, as conexões entre os usuários e os algoritmos que determinam a disseminação do conteúdo. Além disso, devem ser considerados os impactos de barreiras demográficas, como a distribuição geográfica e a faixa etária, que podem restringir o acesso à pesquisa e influenciar o perfil dos respondentes. Esses aspectos evidenciam a necessidade de interpretar os resultados com base em uma abordagem não probabilística, reconhecendo os possíveis vieses associados ao método de coleta de dados e apontando para a relevância de estudos complementares no futuro.

A valorização de práticas como o uso de peças originais, a realização de checklists detalhados e a manutenção preventiva demonstra o comprometimento dos operadores com a eficiência e a confiabilidade dos equipamentos. Por outro lado, desafios como interferência eletromagnética, entupimentos em bicos de pulverização e a umidade nos componentes destacam a necessidade de avanços tecnológicos, como sensores de obstáculos e misturadores internos.

A relação entre conhecimento técnico e regulamentação também se mostrou um ponto central. Embora os operadores reconheçam a importância de seguir normas estabelecidas por órgãos como MAPA, ANAC, ANATEL e DCEA, ainda há lacunas no acesso inicial a informações completas, o que pode dificultar a adoção de boas práticas desde o início das operações. A obrigatoriedade do curso CAAR, embora essencial, foi considerada insuficiente para atender às exigências práticas do mercado, reforçando a necessidade de treinamentos mais específicos e abrangentes.

Além disso, a pesquisa identificou uma preferência por bicos rotativos e pelo uso de adjuvantes, tecnologias que melhoram a eficiência da aplicação e reduzem o desperdício de insumos. A flexibilidade na precificação dos serviços, ajustada às características específicas de cada operação, reforça o caráter adaptativo e inovador do mercado.

Por fim, a alta incidência de relatos sobre quedas de drones e os problemas operacionais recorrentes reforçam a importância de investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento. A inclusão dos operadores no processo de melhoria, por meio de feedbacks e sugestões, desponta como um caminho estratégico para a evolução do setor, promovendo maior eficiência, segurança e sustentabilidade no uso de drones agrícolas.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). **Regulamentação de drones e homologação de radiofrequência**. 2024. Acesso em: 21 nov. 2024. Disponível em: <<https://www.anatel.gov.br>>.
- ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. C. Aplicação do programa seis sigma no brasil: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. **Gestão & Produção**, SciELO Brasil, v. 14, p. 203–219, 2007.
- BAKER, R. et al. Report of the aapor task force on non-probability sampling. **Journal of Survey Statistics and Methodology**, Oxford University Press, v. 1, n. 2, p. 90–143, 2013.
- BOYD, D. M.; ELLISON, N. B. Social network sites: Definition, history, and scholarship. **Journal of Computer-Mediated Communication**, Oxford University Press, v. 13, n. 1, p. 210–230, 2010.
- CARVALHO, A.; SOUZA, M. Precision agriculture: a comparative analysis of drone costs. **Precision AgriReview**, v. 8, n. 1, p. 35–48, 2020.
- CARVALHO, L.; RIBEIRO, F. A diversidade de realidades na agricultura brasileira e suas implicações tecnológicas. **Revista de estudos rurais**, v. 15, p. 67–79, 2020.
- CENDÓN, B. V.; RIBEIRO, N. A.; CHAVES, C. J. Pesquisas de survey: análise das reações dos respondentes. **Informação & sociedade: estudos**, v. 24, n. 3, 2014.
- COUPER, M. P. Web surveys: A review of issues and approaches. **Public Opinion Quarterly**, Oxford University Press, v. 64, n. 4, p. 464–494, 2000.
- CUNHA, J. P. A. R. d.; BUENO, M. R. Adjuvantes na tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 2, p. 292–302, 2010.
- CUNHA, J. P. A. R. d.; TEIXEIRA, M. M. **Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. [S.l.]: UFV - Universidade Federal de Viçosa, 2017.
- CUSTERS, B. **The future of drone use: opportunities and threats**. [S.l.]: T.M.C. Asser Press, 2016.
- Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DCEA). **ICA 100-40: requisitos para operações com aeronaves remotamente pilotadas**. Rio de Janeiro, 2021.
- (FAA), F. A. A. **Drone maintenance and safety guidelines**. [S.l.]: FAA Publications, 2021.
- FERREIRA, M.; GOMES, L. Aplicações de drones em regiões montanhosas e pequenas propriedades. **Revista de tecnologia agrícola**, v. 14, p. 89–101, 2022.
- FREITAS, H. et al. O método de pesquisa survey. **Revista de administração da Universidade de São Paulo**, v. 35, n. 3, 2000.
- GOMES, L.; ALMEIDA, B. Operação segura e eficiente de drones na agricultura. **AgroTech**, v. 10, p. 45–56, 2023.
- GOODMAN, L. A. Snowball sampling. **The Annals of Mathematical Statistics**, Institute of Mathematical Statistics, v. 32, n. 1, p. 148–170, 1961.
- GROVES, R. M.; JR, F. J. F.; COUPER, M. P. **Survey Methodology**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2009.

- JOHNSON, M. Cost analysis in drone applications: a framework. **Journal of Agricultural Economics**, v. 45, n. 2, p. 101–120, 2018.
- MARTINS, C.; FERREIRA, M. Operational cost management for small-scale drone operators. **Journal of Precision Agriculture**, v. 32, n. 4, p. 230–245, 2019.
- MARTINS, C. G.; FERREIRA, M. L. R. O survey como tipo de pesquisa aplicado na descrição do conhecimento do processo de gerenciamento de riscos em projetos no segmento da construção. In: **In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 7., 2011, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: [s.n.], 2011.** [S.l.: s.n.], 2011. p. 1–12. Disponível em: <<https://www.excelenciaemgestao.org>>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- MATTHEWS, G. A.; BATEMAN, R.; MILLER, P. **Pesticide application methods**. 4th edition. ed. [S.l.]: Wiley-Blackwell, 2014.
- MENDONÇA, R.; SANTOS, A. Resistência inicial ao uso de drones na agricultura brasileira. **Cadernos de tecnologia agrícola**, v. 7, p. 45–58, 2019.
- Ministério da Agricultura e Pecuária. **Portaria SDA/MAPA nº 1.187, de 10 de outubro de 2024**. 2024. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 out. 2024. Seção 1, p. 34–38. *Dispõe sobre requisitos e procedimentos para a operação de aeronaves remotamente pilotadas em atividades aeroagrícolas*.
- OLIVEIRA, C.; SOUZA, R. Viabilidade econômica de diferentes métodos de pulverização agrícola. **Economia agrícola**, v. 9, p. 22–34, 2021.
- OLIVEIRA, R.; SOUZA, L. Drone technology in agriculture: challenges and opportunities. **TechAgro Journal**, v. 14, n. 3, p. 77–95, 2021.
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. 2024. Retrieved from: <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-08-07). Version 4.4 [Computer software]. Disponível em: <<https://cran.r-project.org>>.
- ROSENFELD, A.; LAMBERT, P. **Drone operations: safety and maintenance**. [S.l.]: Aviation Press, 2017.
- SEOL, H. **snowCluster: Multivariate analysis**. 2024. Retrieved from: <https://github.com/hyunsooseol/snowCluster>. Version 7.4.1 [jamovi module]. Disponível em: <<https://github.com/hyunsooseol/snowCluster>>.
- SILVA, J.; ALMEIDA, P.; COSTA, M. O uso de drones na agricultura digital. **Revista brasileira de agricultura**, v. 12, p. 123–135, 2018.
- SMITH, J.; TAYLOR, A. **Market strategies for drone services**. [S.l.]: AgriTech Publications, 2020.
- SOCIAL, W. A.; HOOTSUITE. **Digital 2021: Global Overview Report**. 2021. Available at: <<https://wearesocial.com/>>.
- The jamovi project. **jamovi**. 2024. Retrieved from: <https://www.jamovi.org>. Version 2.6 [Computer Software]. Disponível em: <<https://www.jamovi.org>>.
- WALTER, O. M. F. C. Análise de ferramentas gratuitas para condução de survey online. **Produto & Produção**, v. 14, n. 2, p. 201–215, 2013.
- YATES, W. E. Advances in agricultural spray technology: a review. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 154, p. 55–67, 2019.
- ZHANG, W.; LI, H. Battery management and maintenance for uav applications. **Journal of Unmanned Systems**, v. 8, n. 3, p. 156–170, 2020.