

Centro Paula Souza  
Etec Professor Idio Zucchi  
Técnico em Agronegócio

**Douglas Tambelini, Gustavo Pereira Araújo, Mateus Crisóstomo e  
Mateus Patrick**

**Análise Comparativa de Drones para Pulverização Agrícola:  
Avaliação de Desempenho e Custo-Benefício**

Centro Paula Souza  
Etec Professor Idio Zucchi  
Técnico em Agronegócio

**Douglas Tambelini, Gustavo Pereira Araújo, Mateus Crisóstomo e  
Mateus Patrick**

**Análise Comparativa de Drones para Pulverização Agrícola:  
Avaliação de Desempenho e Custo-Benefício**

Trabalho de Conclusão de  
Curso, apresentado à Etec Prof. Idio Zucchi, no  
2º semestre, do 3º Módulo com Habilitação  
Profissional de Técnico em Agronegócio.  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Letícia Tatiane Ribeiro da Silva

**Resumo:** Com a evolução da tecnologia na agricultura, os drones tiveram um crescimento exponencial e vem demonstrando ótimos resultados em relação a outras tecnologias existentes no mercado. No mapeamento aéreo, por exemplo, a compactação do solo é reduzida e o drone permite maior acesso aos locais mais difíceis da propriedade. Neste estudo, tivemos como principal objetivo avaliar e comparar drones utilizados na pulverização de propriedades agrícolas para recomendação do melhor custo benefício para produtores rurais. Como metodologia, foram realizadas simulações utilizando uma ferramenta on-line chamada Dronedeploy em uma propriedade rural em Pitangueiras/SP. O estudo comparou 4 drones (Mavic 2 Pro, DJI Air 2S, Mavic 3 e Phantom Camera 4), considerando os seguintes indicadores: velocidade, altura, velocidade do vento e o custo-benefício. O drone Mavic 3 é o segundo melhor custo-benefício para o pequeno e médio produtor pois apresentou os melhores resultados dentro da simulação apresentada.

Palavras-chave: Agricultura 4.0, Mapeamento, Pitangueiras-SP, Simulação e Tecnologia

Centro Paula Souza  
Etec Professor Idio Zucchi  
Técnico em Agronegócio

**Abstract:** With the evolution of technology in agriculture, drones have experienced exponential growth and have demonstrated excellent results in relation to other technologies on the market. In aerial mapping, for example, soil compaction is reduced and the drone allows greater access to the most difficult places on the property. In this study, our main objective was to evaluate and compare drones used to spray agricultural properties to recommend the best cost-benefit for rural producers. As a methodology, simulations were carried out using an online tool called Dronedeploy on a rural property in Pitangueiras/SP. The study compared 4 drones (Mavic 2 Pro, DJI Air 2S, Mavic 3 and Phantom Camera 4), considering the following indicators: speed, height, wind speed and cost-benefit. The Mavic 3 drone is the second best cost-benefit for small and medium producers as it presented the best results within the simulation presented.

Key words: Agriculture 4.0, Mapping, Pitangueiras-SP, Simulation and Technology

## Sumário

<b>1.Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Detalhamento da produção, importância dos defensivos agrícolas e uso de drones	1
1.2 A relação dos drones agrícolas com outras tecnologias	2
1.2.1 Trator	3
1.2.2 Avião	3
1.2.3 Uniport	3
<b>2. Objetivo</b>	<b>4</b>
<b>3. Metodologia</b>	<b>4</b>
<b>4.Resultados e Discussões</b>	<b>6</b>
<b>3.2.</b>	<b>8</b>
4.3 Custo-Benefício	8
<b>5.Legislação</b>	<b>8</b>
<b>6.Conclusão</b>	<b>9</b>
<b>Referências</b>	<b>9</b>

## 1. Introdução

### 1.1 Detalhamento da produção, importância dos defensivos agrícolas e uso de drones

De acordo com Embrapa em 2022, a cana-de-açúcar é uma cultura importante para a produção de açúcar e etanol no Brasil e em outros países. No entanto, a cultura está sujeita a diversos desafios que podem afetar sua produtividade e qualidade, como o ataque de pragas e doenças. Nesse contexto, o uso de defensivos agrícolas tem sido uma estratégia importante para a proteção da cana-de-açúcar e, conseqüentemente, para garantir a segurança alimentar e energética.

Centro Paula Souza  
Etec Professor Idio Zucchi  
Técnico em Agronegócio

Os defensivos agrícolas são produtos químicos utilizados para proteger as plantas contra pragas, doenças e ervas daninhas. Eles podem ser aplicados de diversas formas, como pulverização, aplicação no solo, injeção no tronco, entre outras. Os defensivos podem ser classificados em diversos tipos, como inseticidas, fungicidas, herbicidas, entre outros.

Segundo a MAPA em 2022, o drone tem algumas vantagens na agricultura entre elas esta: monitoramento, economia de tempo, vantagem econômica e produtiva.

Na cultura da cana-de-açúcar, o uso de drones pode ser especialmente importante para a detecção de falhas no plantio, o monitoramento do desenvolvimento da cultura e a identificação de pragas e doenças. Além disso, o uso de drones pode permitir a realização de análises de solo e umidade, auxiliando na tomada de decisões relacionadas à irrigação e à fertilização.

Segundo a Horus na AgriNews em 2017, com drones na agricultura, é possível obter economia de até 50% na aplicação de insumos. Esse resultado está relacionado à geração de mapas com diversos índices de vegetação. Com essas informações, são feitos mapas de aplicação em taxa variável, que indicam ao maquinário onde aplicar e fazendo com que a agricultura de precisão seja efetiva na propriedade.

Um dos grandes benefícios do uso de drone para pulverização de defensivos é a substituição de trabalhadores. Isso elimina risco de exposição, uma vez que também não há piloto embarcado.

O uso de drones na agricultura foi regulamentado pelo Ministério da Agricultura (Mapa) apenas em 2021, mas os chamados veículos aéreos não tripulados vêm sendo utilizados no campo há mais tempo. As principais funções são: mapeamento de áreas, controle de falhas de plantio, identificação de plantas daninhas e pragas e mais recentemente aplicação de defensivos.

O investimento é alto, pode superar R\$ 500 mil, por isso o produtor precisa analisar o custo-benefício antes de comprar o equipamento. Os chamados veículos

aéreos não tripulados são indicados também para fazer a aplicação em terrenos irregulares ou de encostas, como é o caso do café e da banana.

Apesar de cobrir áreas muito menores, em comparação aos aviões, os drones conseguem atingir a chamada pulverização de precisão.

Alguns problemas são as baterias que podem durar menos de 10 minutos, em altas temperaturas o drone não funciona direito, nuvens de intoxicação, falta de profissionais capacitados a operar adequadamente.

## 1.2 A relação dos drones agrícolas com outras tecnologias

A tecnologia do drone não tem o intuito de substituir ou deixar outra obsoleto, tampouco substituir o trabalho do homem no campo, dito isso nós temos o intuito de acrescentar as mesmas com o objetivo de aumentar a produtividade assim aumentando o lucro dos produtores, também tirando a maior parte do contato do trabalhador com o produto químico assim preservando a vida do mesmo.

### 1.2.1 Trator

De acordo com CGFSEGUROS em 2020, o trator surgiu em 1850 e é o veículo mais utilizado até os dias de hoje, com o avanço da tecnologia, os tratores foram ficando cada vez mais pesados e mais robusto, isso causa uma perda de 5% de hectares por conta da compactação do solo devido ao tráfego de veículos, por conta disso, os produtores vem utilizando o vant como meio de reduzir os danos na lavoura e aumentar a produtividade com menos danos.

### 1.2.2 Avião

Segundo Syngenta em 2020, a aviação é considerada uma forma eficiente, precisa e segura de pulverização. Infelizmente, alguns acidentes já aconteceram por mau uso

e desrespeito às normas de aplicação, o que comprometeu a reputação dessa prática. Um exemplo foi o acidente que aconteceu em Rio Verde (GO), no ano de 2013, após um avião agrícola sobrevoar próximo a uma escola pública na cidade, intoxicando os alunos. Justamente por isso, é muito importante seguir as normas estabelecidas por lei e as condições ideais de aplicação.

O drone não veio para substituir nem o trator ou avião, ele chegou no mercado para ajudar pequenos produtores a ter mais produtividade em menores áreas, o avião é utilizado em grandes áreas, reduzindo o tempo e sem o amassamento na lavoura, em áreas pequenas o drone é uma ótima opção em áreas de plantações distintas.

### 1.2.3 Uniport

Na maioria das vezes o uniport é usado em todo tipo de área, porém, o nível de compactação é alto por conta de seu peso, em questão de valor, o drone tem “vantagem” pois traz mais produtividade com menos danos.

## 2. Objetivo

O objetivo deste estudo está na comparação de drones utilizados em sistemas de aplicação de defensivos agrícolas, utilizados principalmente na cultura da cana-de-açúcar. Com os dados levantados em nossa pesquisa, buscamos levantar os principais indicadores de comparação e dentre os drones analisados, destacar aquele com melhor custo-benefício para o produtor rural.

## 3. Metodologia

Iremos utilizar uma ferramenta de simulação para auxílio do nosso projeto, o site [dronedeploy.com](http://dronedeploy.com), que nos dá uma ampla liberdade em nossas simulações. O site consegue acessar imagens de satélite de qualquer lugar do mundo, o que nos proporciona diversas oportunidades de criação de planos de voo, com possibilidade

Centro Paula Souza  
Etec Professor Idio Zucchi  
Técnico em Agronegócio

de aplicação de diversos drones, e alteração de parâmetros, como altura, velocidade, baterias utilizadas, etc.

O projeto foi dividido em 3 etapas, sendo elas:

1. Definição do problema analisado: Para definição do problema consideramos os maiores desafios na pulverização os quais são: custo, viabilidade econômica, aceitação e confiança dos agricultores.
2. Definição das ferramentas para testar as hipóteses: Foram realizadas 4 simulações na ferramenta eletrônica Dronedeploy.
3. Definição de quais seriam os drones analisados: Os drones foram escolhidos de forma aleatória, sendo eles: Mavic 2, DJI Air 2S, Mavic 3, Phantom câmera 4; na propriedade Z em Pitangueiras SP.

Pra simulação foram criados 4 cenários, considerando os drones Mavic 2, DJI Air 2, Mavic 3 e Phantom câmera 4 na propriedade Z, em Pitangueiras SP.

- Cenário 1: utilizando o drone Mavic 2 Pro na propriedade Z
- Cenário 2: utilizando o drone DJI Air 2S na propriedade Z
- Cenário 3: utilizando o drone Mavic 3 na propriedade Z
- Cenário 4: utilizando o drone Phantom Camera 4 na Propriedade Z

Imagem 1: Propriedade Z localizada em Pitangueiras/SP

Centro Paula Souza  
Etec Professor Idio Zucchi  
Técnico em Agronegócio



Fonte: Dronedeploy, 2023.

## 4. Resultados e Discussões

### 4.1 Simulações

Os dados levantados nas simulações e cenários foram: tempo de processamento, minutos, hectares, imagens e baterias que podem ser observados na Tabela 1.

No cenário 1, observamos que o drone concluiu em um tempo de 20 minutos e 3 segundos, gerando 357 imagens com tempo de processamento de 0.9 horas a 3.3 horas, utilizando 2 baterias.

No cenário 2, observamos que o drone concluiu em um tempo de 17 minutos e 27 segundos, gerando 259 imagens e segundo com tempo de processamento de 0.7 a 2.5 horas, utilizando 2 baterias.

No cenário 3, observamos que o drone concluiu em um tempo de 7 minutos e 17 segundos, gerando 259 imagens com um tempo de processamento de 0.7 a 2.6 horas, utilizando 1 bateria.

No cenário 4, observamos que o drone concluiu em um tempo de 12 minutos e 51 segundos, gerando 211 imagens com um tempo de 0.6 a 2.2 horas, utilizando 1 bateria.

Com o final das simulações nós julgamos que a melhor simulação foi realizado no Cenário 3 do drone Mavic 3 devido a seus resultados.

Tabela 1. Resultado das Simulações

Cenários	Drones	Tempo de Processamento	Minutos	Hectares	Imagens	Baterias
1	Mavic 2 Pro	0.9 – 3.3 Horas	20:03	21	357	2

Centro Paula Souza  
Etec Professor Idio Zucchi  
Técnico em Agronegócio

2	DJI Air 2S	0.7 – 2.5 Horas	17:27	21	259	2
3	Mavic 3	0.7 – 2.6 Horas	07:17	21	259	1
4	Phantom Camera 4	0.6 – 2.2 Horas	12:51	21	211	1

---

Fonte: Próprios autores, 2023 – com base nas informações disponibilizadas pelo software DroneDeploy.

Após o termino das simulações, observamos que o drone Mavic 3 obteve melhores resultados em comparação com os demais drones nos indicadores de tempo de processamento e baterias utilizadas para o voo.

De acordo com o trabalho Estudos e comparação de tipos de robôs na agricultura para a pulverização de pesticidas feito por Victor Bell de Oliveira o drone é uma tecnologia nova na agricultura mais ele é recomendado para territórios latifúndios, pois o drone cobre uma área maior com boa velocidade e autonomia

No trabalho Uso de drones na agricultura: uma revisão feito por Ívens Hungria da Conceição fica evidente que os drones tem grande potencial na agricultura por causa de suas utilidades que vão de mapeamento e monitoramento de culturas até a pulverização precisa de insumos, além disso os drones reduzem o custo operacional ao utilizar os insumos de forma precisa diminuindo o desperdício.

## 5.Custos

Agora com esses dados coletados, podemos começar a considerar outro ponto importante que é o preço que acaba acarretando na decisão final do produtor que deseja adquirir tal tecnologia.

Tabela 2. Custo dos Drones

Drones	Preços	
	Fornecedor 1	Fornecedor 2
Mavic 2 Pro	R\$25.500,00	R\$16.500,00
DJI Air 2S	R\$11.000,00	R\$12.000,00
Mavic 3	R\$ 21.400,00	R\$22.300,00
Phantom Camera 4	R\$26.000,00	R\$31.000,00

Posteriormente aos testes nós levantamos dados a respeito dos custos dos drones utilizados no teste, nós levamos em conta dois fornecedores sendo eles: superimportadora(Forne1) e Centraldrone(Forne2), discutimos que o drone Mavic 3 foi a melhor escolha devido os resultados do testes e também por ele possuir o segundo melhor custo entre os outros.

### 5.1 Custo-Benefício

O Melhor drone de acordo com os testes é o Mavic 3 entre as outras opções dos testes, pois ele é o que possui o segundo melhor custo e de acordo com a CMN que aprovou uma elevação dos limites da receita anual o pequeno produtor passa a receber de R\$ 415 mil até R\$ 500 mil tornando o preço do drone acessível ao pequeno produtor.

## 6.Legislação

Os drones são tecnologias novas, que a pouco tempo foram agregando na agricultura. Entretanto, com a finalidade de uso correto e com segurança, os órgãos regulares do governo do Brasil e do mundo agiram rápido para estruturar legislações sobre o tema.

O principal intuito das legislações é autorizar o uso dos drone de forma adequada e eficiente. No Brasil, temos 4 órgãos do Governo que regulam diferentes aspectos da sua utilização, como: ANAC, DESCEA, ANATEL e MAPA.

Legislação da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil):

A ANAC é encarregada de regular aeronaves, pilotos, operadores de aeronaves e manutenção de aeronaves. Todos os deveres e limitações aplicáveis à aviação também se aplicam aos drones.

## **7. Conclusão**

Durante o desenvolvimento do projeto, foi possível observar que o drone é uma tecnologia que desempenha um papel significativo no setor agrônomo, não apenas substituindo as tecnologias já existentes, mas complementando as opções disponíveis também.

Dentre as simulações realizadas, considerando os quatro drones (Mavic 2, DJI Air 2, Mavic 3 e Phantom Camera 4), o Mavic 3 foi o que se destacou por seu tempo e quantidade de baterias utilizadas.

Ao analisar o custo benefício dos drones, o Mavic 2 é o mais acessível, seguido pelo Mavic 3, que apresenta a segunda melhor relação custo-eficácia. Esses resultados consolidam a posição do drone como uma ferramenta valiosa no cenário agrícola, enriquecendo as opções disponíveis e promovendo eficiência operacional.

## Referências

Apostila Campo Digital Coopercitrus: Curso para Aplicação Aeroagrícola Remota

Canal Rural: Disponível em <https://www.canalrural.com.br/agronegocio/drones-ganham-espaco-na-agricultura-com-multiplas-funcoes/#:~:text=O%20uso%20de%20drones%20na,no%20campo%20h%C3%A1%20mais%20tempo>. Acesso em: 17 de abril de 2023

Centraldrone: Disponível em <https://www.centraldrone.com.br/>. Acesso em 18 de Setembro de 2023

CGFSEGUROS: Conheça a história do trator e suas principais aplicações <https://www.cgfseguros.com.br/historia-do-trator-e-suas-principais-aplicacoes>. Acesso em 12 de junho de 2023

CMN: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/cmn-aprova-elevacao-dos-limites-da-receita-anual-para-efeito-da-classificacao-do-produtor-rural>

Dronedeploy: <https://dronedeploy.com> Acesso em 17 de abril de 2023

Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana>. Acesso em: 10 de abril de 2023.

Estudo e comparação de tipos de robôs na agricultura para a pulverização de pesticidas disponível em: [https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as\\_sdt=0%2C5&q=trabalho+estudos+e+compara%C3%A7%C3%A3o+de+tipos+de+rob%C3%B4s+na+agricultura+para+a+pulveriza%C3%A7%C3%A3o+de+pesticidas&btnG=#d=gs\\_qabs&t=1701129746145&u=%23p%3D-2lpL2auVTIJ](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=trabalho+estudos+e+compara%C3%A7%C3%A3o+de+tipos+de+rob%C3%B4s+na+agricultura+para+a+pulveriza%C3%A7%C3%A3o+de+pesticidas&btnG=#d=gs_qabs&t=1701129746145&u=%23p%3D-2lpL2auVTIJ) Acesso em: 24 de novembro de 2023.

HEMMAT, A. et al. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agrofit - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 10 de abril de 2023.

Centro Paula Souza  
Etec Professor Idio Zucchi  
Técnico em Agronegócio

Horus (AgriNews). AgriNews: Benefícios na utilização de drones em propriedades agrícolas. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/petea/beneficios-na-utilizacao-de-drones-em-propriedades-agricolas/#:~:text=Um%20dos%20grandes%20benef%C3%ADcios%20do,precis%C3%A3o%2C%20qualidade%20e%20aplica%C3%A7%C3%B5es%20localizadas>. Acesso em 10 de abril de 2023

MAPPA. Drones na agricultura na pratica: 13 vantagens e uso. Disponível em: <https://mappa.ag/blog/drones-na-agricultura-na-pratica-vantagens-usos>. Acesso em 12 de junho de 2023

Superimportadora: Disponível em <https://superimportadora.com.br/>. Acesso em 18 de Setembro de 2023

SYNGENTA: A pulverização aérea de agrotóxicos é perigosa? Disponível em: <https://www.syngenta.com.br/pulverizacao-aerea-de-agrotoxicos-e-perigosa>. Acesso em 12 de junho de 2023

Uso de drones na agricultura: uma revisão Disponível em:

[https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as\\_sdt=0%2C5&q=uso+de+drones+na+agricultura%3A+uma+revis%C3%A3o+&btnG=#d=gs\\_qabs&t=1701131893973&u=%23p%3D2BowsqOxHSUJ](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=uso+de+drones+na+agricultura%3A+uma+revis%C3%A3o+&btnG=#d=gs_qabs&t=1701131893973&u=%23p%3D2BowsqOxHSUJ) Acesso em:

27 de novembro de 2023