

UNISA

# ***Sistema de Monitoramento de Culturas Agrícolas com Drones***

**Ana Luiza Chagas de Sousa - RA: 4638522**

**Jonathan William Lopes Moreira de Souza - RA: 4909119**

**Engenharia de Software**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

SÃO PAULO

2024

# **Sistema de Monitoramento de Culturas Agrícolas com Drones**

**Engenharia de Software**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

Autora: Ana Luiza Chagas de Sousa

Autor: Jonathan William Lopes Moreira de Souza

Orientador: Prof. Alexandre Las Casas

SÃO PAULO

2024

# Sumario

Resumo.....	5
Abstract.....	6
1. Introdução.....	7
2. Objetivos.....	9
2.1. Objetivo Geral.....	9
2.2. Objetivos específicos.....	9
3. Metodologia.....	10
3.1. Execução da Coleta de Imagens com Drones.....	10
3.2. Detalhamento das ferramentas.....	11
3.2.1. Ferramenta de planejamento de rotas.....	11
3.2.2. Drone.....	11
3.2.3. Ferramenta de mapeamento do terreno.....	12
3.2.4. Ferramenta de análise de dados.....	12
3.3. Detalhamento da análise de dados.....	12
3.3.1. Visualização Simples dos Resultados para os Agricultores.....	13
3.3.2. Ferramentas de visualização simplificada para os agricultores.....	13
3.4. Aplicabilidade e Uso Prático dos Resultados.....	15
4. Desenvolvimento.....	15
4.1. Definição da Problemática.....	15
4.2. Estudo de Caso.....	15
4.3. Levantamento de Requisitos.....	16
4.4. Definição de Objetivos.....	16
4.5. Entendendo a Arquitetura do Sistema.....	16
4.6. Analisando Softwares com IA para Insights.....	17
4.7. Analisando e Definindo Drones que Atendem a Essa Necessidade.....	17
4.8. Curva de Aprendizagem para o Agricultor.....	18
4.9. Investimentos Iniciais e Sustentabilidade Financeira.....	18
4.10. Perspectivas Futuras: Monitoramento e Insights Gerados pela Ferramenta Taranis e QGIS.....	18
4.11. Valores.....	19
5. Resultados e discussões.....	19

5.1. Eficiência no Monitoramento e Diagnóstico Precoce .....	19
5.2. Desafios Operacionais: Condições Climáticas e Curva de Aprendizado .....	20
5.3. Investimento Inicial e Sustentabilidade Financeira.....	21
5.4. QGIS e Taranis: Ferramentas de Integração e Tomada de Decisão .....	22
5.5. Perspectivas Futuras e Adoção em Larga Escala.....	22
6. Conclusão.....	24
7. Referências bibliográficas.....	26

## Resumo

O setor agrícola é um dos pilares da economia em nosso país e está em constante expansão. O investimento tecnológico no setor é uma das melhores formas de obter melhorias no processo de monitoramento das plantações, visto que tem diversos pontos que precisam de atenção. Uma tecnologia que vem ganhando espaço, é o uso de drones no monitoramento agrícola, poupando esforços, recursos e proporcionando uma análise mais detalhada e rápida das plantações se comparado a análise manual. O objetivo desse trabalho é através de pesquisas, levantar requisitos e identificar as principais variáveis a serem monitoradas, entender a arquitetura do sistema de monitoramento com drones, analisar cenário de funcionamento em um ambiente agrícola real e avaliar a eficácia do sistema em melhorar a tomada de decisões dos agricultores.

**Palavras-chave:** Drone. Agricultura. Monitoramento. Melhoria.

## Abstract

The agricultural sector is one of the pillars of our country's economy and is constantly expanding. Technological investment in the sector is one of the best ways to improve the process of monitoring plantations, since there are several points that need attention. One technology that is gaining ground is the use of drones in agricultural monitoring, saving effort, resources and providing a more detailed and faster analysis of plantations compared to manual analysis. The aim of this work is, through research, to raise requirements and identify the main variables to be monitored, understand the architecture of the drone monitoring system, analyze the operating scenario in a real agricultural environment and evaluate the system's effectiveness in improving farmers' decision-making.

**Keywords:** Drone. Agriculture. Monitoring. Improvement.

# 1. Introdução

A agricultura é um dos pilares fundamentais da economia e da segurança alimentar global, e os avanços tecnológicos desempenham um papel crucial para enfrentar os desafios atuais do setor (QUINTAM, 2023). O crescimento da população mundial e a crescente demanda por alimentos impõem aos agricultores a tarefa de aumentar a produtividade, ao mesmo tempo em que precisam lidar com a escassez de recursos naturais, como água e terra, além dos impactos das mudanças climáticas (ONHINAM, 2022).

Métodos tradicionais de monitoramento agrícola, como inspeções visuais e coletas manuais de dados no campo, são ineficazes em grandes áreas de cultivo, por serem demorados e muitas vezes sujeitos a erros humanos. Essa falta de precisão pode resultar em um uso inadequado de insumos (como fertilizantes, pesticidas e água), além de uma menor capacidade de identificar problemas em tempo hábil, como pragas, doenças ou deficiências nutricionais nas plantas. Tais limitações impactam diretamente a rentabilidade e a sustentabilidade das atividades agrícolas (Yara Brasil S.A., 2022)

Tecnologias emergentes como drones, representam uma inovação promissora para a agricultura de precisão, pois permite o monitoramento detalhado e em tempo real de grandes áreas de cultivo, capturando informações críticas por meio de sensores avançados, como câmeras multiespectrais, térmicas e RGB, que oferecem uma oportunidade propícia para melhorar o monitoramento de lavouras de maneira mais rápida, precisa e abrangente. Essas tecnologias possibilitam a identificação precoce de problemas, o que contribui para a otimização dos recursos e a melhoria da eficiência produtiva (BEM, 2024).

No entanto, muitos agricultores ainda enfrentam dificuldades em adotar essas tecnologias devido ao alto custo de investimento inicial e à falta de sistemas acessíveis integrados a drones que sobrevoem as plantações e forneçam informações claras e

acionáveis sobre o estado da plantação, trazendo dados sobre a qualidade da irrigação, possíveis deficiências nutricionais, pragas e danos causados por insetos (ALVES JÚNIOR, 2015). A maior parte dos sistemas disponíveis no mercado, embora tecnologicamente avançados, carece de facilidade de acesso e uma interface simples e de análises personalizadas que atendam às necessidades práticas dos pequenos e médios produtores (BROTO, 2024).

A problemática desta presente pesquisa envolve o estudo de um sistema que não apenas utilize drones para capturar dados, mas também ofereça uma solução integrada a um sistema simples, porém completo, acessível e eficiente, capaz de processar e interpretar essas informações de maneira que os agricultores possam tomar decisões estratégicas para melhorar o manejo de suas lavouras, reduzir desperdícios e aumentar a sustentabilidade da produção. Dessa forma, este trabalho se justifica pela necessidade de apresentar um sistema acessível, fácil de usar e capaz de transformar dados capturados pelos drones em informações claras e úteis para os agricultores. Ao facilitar o monitoramento contínuo e preciso das culturas, o sistema contribuirá para a tomada de decisões mais rápidas e assertivas, melhorando a gestão das lavouras e promovendo uma agricultura mais sustentável e produtiva (BEM, 2024).

Assim, o projeto não só atende às demandas tecnológicas e econômicas do setor agrícola, como também pode ter um impacto positivo em termos de sustentabilidade ambiental, otimizando o uso de insumos e minimizando os impactos negativos na natureza (BEM, 2024).

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo Geral

Analisar um sistema inteligente de monitoramento de culturas agrícolas utilizando drones e apresentar informações detalhadas para o agricultor.

### 2.2. Objetivos específicos

- Levantar requisitos e identificar as principais variáveis a serem monitoradas.
- Entender a arquitetura do sistema, incluindo hardware e software.
- Avaliar a eficácia do sistema em melhorar a tomada de decisões dos agricultores.
- Fornecer informações simples e detalhadas sobre a saúde plantação.
- Sugestões para a tomada de decisões.

### 3. Metodologia

Esta pesquisa busca utilizar drones para capturar imagens aéreas periódicas, seguindo uma rota predefinida em um aplicativo especializado em geração de rotas para VANTs (Veículo Aéreo Não Tripulado). A rota será configurada para cobrir toda a extensão de uma propriedade rural. As imagens capturadas serão transferidas para um computador equipado com um software com Inteligência Artificial de análise especializada em imagens, capaz de identificar detalhes que comparem o estado atual com o registro fotográfico anterior. Esse processo fornecerá dados sobre a qualidade da irrigação, possíveis deficiências nutricionais, pragas e danos causados por insetos. As informações geradas, serão apresentadas em relatórios gráficos e tabelas simplificadas, facilitando a interpretação e auxiliando o usuário na tomada de decisões para melhorar a produtividade (ALVES JÚNIOR, 2015).

A metodologia desta pesquisa visa o uso de drones para realizar o monitoramento agrícola, capturando imagens aéreas de alta resolução para a análise das condições das lavouras. Com base nas imagens coletadas, será utilizado o software Taranis para processar e analisar os dados, além de outras ferramentas que facilitarão a visualização dos resultados para os agricultores de forma clara e simples, sem exigir conhecimentos técnicos avançados. O objetivo é fornecer aos agricultores insights rápidos e precisos para melhorar a gestão da produção, sem que haja uma barreira de complexidade nas ferramentas utilizadas (BEM, 2024).

#### 3.1. Execução da Coleta de Imagens com Drones

O processo começa com a definição das rotas de voo para os drones, garantindo uma cobertura completa da área agrícola a ser monitorada. A ferramenta eMotion será utilizada para planejar essas rotas, que serão desenhadas sobre um mapa da propriedade, levando em consideração a área de cultivo, topografia do terreno e zonas de interesse específicas. Em seguida, usaremos o software QGIS,

para juntar as imagens realizadas pelo drone, em um mapa plano. Esse mapa plano será analisado pelo Software Taranis, que irá identificar as necessidades do terreno utilizando de sua inteligência artificial e apresentar informações e sugestões de como agir, para melhorar a plantação (ALVES JÚNIOR, 2015).

## 3.2. Detalhamento das ferramentas

### 3.2.1. Ferramenta de planejamento de rotas

- **eMotion:** O eMotion é um software de automação de voo, desenvolvido pela AgEagle Aerial Systems Inc., ele será utilizado para definir rotas otimizadas e os parâmetros adequados para a realização das capturas de imagens para os voos do drone, assegurando que todas as áreas da propriedade sejam cobertas de forma eficiente (ALVES JÚNIOR, 2015). A ferramenta permite desenhar rotas detalhadas considerando altura, velocidade e direção ideal de acordo com o terreno e clima do local, o que possibilita uma programação precisa dos voos (AgEagle Aerial Systems Inc., 2024). Embora seja uma ferramenta técnica, ele será utilizado apenas para planejar as rotas e o agricultor não precisará interagir diretamente com o software.

### 3.2.2. Drone

- **Drone:** O drone, também conhecido como VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado), que iremos utilizar como base de estudo, será o Sensefly eBee X, um drone de asa fixa, equipado com uma câmera SenseFly S.O.D.A 3D, mas também temos o DJI Phantom 4 RTK. De acordo com os dados encontrados nos sites das fabricantes DJI (2024) e SenseFly (2024), ambos são comprovados por sua segurança operacional incomparável e capacidade de fornecer dados de alta qualidade, desde missões simples até complexas.

### 3.2.3. Ferramenta de mapeamento do terreno

- **QGIS:** O QGIS (Quantum GIS) é um software gratuito e de código aberto que oferece ferramentas para análise vetorial, geoprocessamento, amostragem, geometria e gerenciamento de banco de dados. Ele também inclui ferramentas GRASS, que têm mais de 400 módulos (QGIS, 2024). O QGIS pode visualizar e manipular quase qualquer formato de dados GIS (Sistemas de Informação Geográfica em tradução livre) vetorial ou raster. Ele é capaz de reunir todas as imagens geradas pelo drone e transformar em um mapa plano da área onde foram realizadas as imagens aéreas (RIBEIRO, 2022).

### 3.2.4. Ferramenta de análise de dados

- **Taranis:** Após a coleta das imagens, as informações serão processadas utilizando o software Taranis, especializado na análise de imagens e dados capturados por drones em ambiente agrícola. O Taranis utiliza algoritmos de inteligência artificial para identificar problemas nas lavouras e gerar resultados que serão apresentados de forma simples e compreensível para os agricultores (TANARIS, 2023).

## 3.3. Detalhamento da análise de dados

- **Taranis:** O Taranis será a principal ferramenta para análise dos dados. O software permite o processamento das imagens capturadas pelos drones, destacando áreas com problemas, como deficiência de irrigação, falta de nutrientes ou infestação de pragas. A plataforma utiliza inteligência artificial para comparar as imagens capturadas ao longo do tempo e gerar relatórios sobre o estado das lavouras (TANARIS, 2023).

- **Algoritmos de Inteligência Artificial:** A inteligência artificial do Taranis ajuda a detectar padrões nas imagens, como áreas que necessitam de irrigação adicional ou zonas com sinais de pragas. O software também gera índices como o NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), que facilita a identificação de áreas com menor saúde vegetal (GARCIA, 2023).

### 3.3.1. Visualização Simples dos Resultados para os Agricultores

O principal desafio da metodologia é apresentar os resultados de maneira simples, acessível e prática, para que os agricultores possam entender e agir com base nas informações sem depender de conhecimentos técnicos avançados, Giraldeleli (2019) acredita que educação e treinamentos são essenciais para preparar os agricultores para usufruir melhor dos benefícios dos drones. O Taranis é uma ferramenta crucial nesse processo, pois já possui recursos de visualização intuitiva que facilitam a interpretação dos dados (TARANIS, 2024).

### 3.3.2. Ferramentas de visualização simplificada para os agricultores

- **Visualização no Taranis:** O Taranis oferece uma interface de usuário amigável e funcional, com visualizações gráficas simples, como mapas de calor e gráficos de fácil leitura. As áreas da lavoura são exibidas com cores que indicam o estado das plantas (verde para boas condições, amarelo para condições médias e vermelho para áreas com problemas). Isso torna a interpretação dos dados fácil e intuitiva, permitindo que o agricultor veja rapidamente onde são necessárias intervenções (TARANIS, 2024).
- **Mapas de Calor:** Os mapas de calor gerados pelo Taranis mostram as áreas da lavoura que necessitam de atenção, com cores vibrantes indicando as zonas críticas (como áreas com baixo índice de vegetação ou problemas de irrigação). Estes mapas são visualmente atraentes e de fácil compreensão, permitindo ao

agricultor visualizar rapidamente as áreas que precisam de ação (TARANIS, 2024).

- **Índice de Vegetação (NDVI):** O NDVI é um índice utilizado para avaliar a saúde das plantas. O Taranis exibe esse índice de forma simples, com uma escala de cores que vai de verde (boa saúde) a vermelho (necessidade de intervenção), permitindo que o agricultor identifique rapidamente as áreas de risco e otimize suas ações (TARANIS, 2024).
- **Relatórios de Análise:** O Taranis também permite a geração de relatórios gráficos simples, que apresentam os resultados de forma visual e resumida. Por exemplo, um relatório pode incluir gráficos que mostram a distribuição de áreas críticas ao longo da propriedade, com recomendações claras sobre o que deve ser feito em cada zona. Esses relatórios podem ser exportados em formatos como PDF ou Excel, tornando-os acessíveis ao agricultor (TARANIS, 2024).
- **Simplicidade na Apresentação de Dados:** Embora o Taranis possua funcionalidades avançadas, o foco será utilizar apenas as funcionalidades básicas e intuitivas para o agricultor, com relatórios que utilizam visualizações como gráficos de barras e círculos coloridos. Essas visualizações são projetadas para que qualquer agricultor, mesmo sem conhecimento técnico, possa entender rapidamente as condições de sua lavoura e tomar decisões informadas (TARANIS, 2024).
- **Acompanhamento Continuado:** Para facilitar o acompanhamento ao longo do tempo, o Taranis pode gerar relatórios mensais que mostram a evolução das condições da lavoura, comparando os resultados atuais com as análises anteriores. Isso permite que o agricultor observe as mudanças nas condições das plantas e avalie se as intervenções realizadas foram eficazes (TARANIS, 2024).

### 3.4. Aplicabilidade e Uso Prático dos Resultados

Com as informações geradas pelo Taranis e apresentadas de maneira simplificada, os agricultores poderão tomar decisões mais precisas e rápidas para melhorar a saúde das lavouras, reduzir desperdícios e otimizar o uso de insumos como água, fertilizantes e pesticidas. O objetivo é proporcionar uma gestão eficiente e sustentável das lavouras, aumentando a produtividade e reduzindo custos operacionais (GARCIA, 2023).

## 4. Desenvolvimento

### 4.1. Definição da Problemática

O primeiro passo foi identificar a problemática central que motivou o desenvolvimento do sistema. Observou-se que a agricultura enfrenta desafios crescentes em relação à otimização do uso de recursos, monitoramento eficiente das culturas e detecção precoce de pragas e doenças (ONHINAM, 2022). O sistema desenvolvido visou fornecer uma solução automatizada e de baixo custo para monitoramento em tempo real, visando melhorar a produtividade e reduzir os custos operacionais.

### 4.2. Estudo de Caso

Para melhor entender as necessidades do campo, foi realizado um estudo de caso envolvendo plantações de cana-de-açúcar. Durante essa análise, foram coletadas informações sobre os desafios específicos enfrentados pelos agricultores, as tecnologias já empregadas e as lacunas existentes no monitoramento das lavouras. Este estudo de caso proporcionou uma visão detalhada sobre o uso de drones na

agricultura e suas possíveis aplicações para solucionar problemas reais (CLIMATE FIELDVIEW, 2022).

### 4.3. Levantamento de Requisitos

A partir da definição da problemática e do estudo de caso, foi conduzido um levantamento de requisitos, incluindo as funcionalidades desejadas pelo agricultor e os recursos necessários para o funcionamento do sistema. Foi destacado que a solução deveria ser acessível, de fácil utilização e integrada com outras tecnologias agrícolas, como sensores de solo e sistemas de irrigação inteligentes (BROTO, 2024).

### 4.4. Definição de Objetivos

A definição dos objetivos do sistema foi crucial para orientar o desenvolvimento. Os principais objetivos incluíram o monitoramento em tempo real das lavouras, a identificação de áreas afetadas por doenças ou pragas, a análise da saúde das plantas e a geração de insights para otimização da produção. O sistema também deveria ser capaz de operar com baixo custo, exigindo mínimo conhecimento técnico por parte do agricultor (FURTADO, 2024).

### 4.5. Entendendo a Arquitetura do Sistema

A arquitetura do sistema foi pensada para ser robusta e escalável. Ela inclui drones equipados com câmeras de alta resolução, sistemas de processamento de dados no campo (edge computing) e uma plataforma centralizada para análise dos dados coletados. A plataforma de monitoramento seria acessível por meio de uma interface simples, permitindo que os agricultores pudessem visualizar imagens e relatórios gerados pelos drones em tempo real (SANTOS, 2020).

## 4.6. Analisando Softwares com IA para Insights

Foi realizada uma análise detalhada de softwares que utilizam Inteligência Artificial (IA) para gerar insights a partir dos dados coletados pelos drones. Softwares como Taranis e QGIS se destacaram por suas capacidades analíticas avançadas, permitindo a detecção de padrões e a recomendação de ações corretivas para o agricultor. A implementação de IA no sistema permitiu oferecer análises preditivas e sugestões para otimização do manejo das culturas (GOMES, 2021).

## 4.7. Analisando e Definindo Drones que Atendem a Essa Necessidade

A escolha dos drones foi um dos aspectos mais importantes no desenvolvimento do sistema. Foram avaliados diversos modelos de drones, levando em consideração fatores como autonomia de voo, capacidade de carga, resolução das câmeras e custo-benefício. Modelos como o DJI Phantom 4 RTK e o SenseFly eBee foram selecionados, pois segundo os dados disponíveis no site das fabricantes DJI (2024) e SenseFly (2024) os dois equipamentos atendem aos requisitos de alta precisão, durabilidade e acessibilidade para o uso em larga escala na agricultura.

#### 4.8. Curva de Aprendizagem para o Agricultor

Foi necessário também considerar a curva de aprendizagem para os agricultores (GIRALDELI, 2019). O sistema foi projetado de forma intuitiva, com uma interface amigável que permite que até mesmo aqueles com pouco conhecimento tecnológico possam operar os drones e entender os relatórios gerados (FURTADO, 2024). Foram criados tutoriais e treinamentos para auxiliar os usuários no processo de adoção da nova tecnologia.

#### 4.9. Investimentos Iniciais e Sustentabilidade Financeira

A análise dos investimentos iniciais envolveu a aquisição dos drones, a implementação da infraestrutura necessária para o processamento de dados e a aquisição dos softwares de monitoramento. Foi realizado um estudo de viabilidade financeira, levando em conta o custo de operação e manutenção dos drones, além dos benefícios financeiros para os agricultores, que podem obter uma melhoria significativa na produtividade e redução de custos operacionais (GIRALDELI, 2019).

#### 4.10. Perspectivas Futuras: Monitoramento e Insights Gerados pela Ferramenta Taranis e QGIS

A utilização das ferramentas Taranis e QGIS oferece um grande potencial para o futuro do monitoramento agrícola (GARCIA, 2023). Essas plataformas permitem o desenvolvimento de algoritmos mais precisos para detecção de doenças, otimização do uso de insumos e melhor controle da irrigação (RIBEIRO, 2022). No futuro, espera-se integrar essas ferramentas com outras tecnologias, como IoT (Internet das Coisas) e sistemas de automação agrícola, para oferecer soluções ainda mais completas e eficientes (EMBRAPA, 2023).

#### 4.11. Valores

Durante o desenvolvimento do sistema, foram adotados princípios de sustentabilidade e inovação, com o objetivo de agregar valor tanto ao agricultor quanto ao meio ambiente. A utilização de drones permite um uso mais racional dos recursos naturais, como água e fertilizantes, enquanto a análise de dados propicia o aumento da produtividade de forma sustentável. Além disso, o sistema foi projetado para ser acessível, com um custo-benefício favorável aos pequenos e médios agricultores, promovendo a democratização do acesso à tecnologia (SOUSA, 2021).

### 5. Resultados e discussões

Os resultados da pesquisa indicam que o uso de drones no monitoramento agrícola oferece maior eficiência na coleta de dados, permitindo uma identificação precisa de problemas como deficiência hídrica, falta de fertilizantes, danos causados por insetos e manifestação de pragas. A tecnologia reduzirá significativamente o tempo de inspeção das plantações e proporcionará relatórios objetivos que facilitarão a tomada de decisões pelos agricultores. Apesar de desafios como as condições climáticas, curva de aprendizado e alto custo de investimento, os drones mostraram-se uma solução promissora, acessível e sustentável para aumentar a produtividade e reduzir custos operacionais a longo prazo.

#### 5.1. Eficiência no Monitoramento e Diagnóstico Precoce

O uso de drones tem se mostrado uma revolução no monitoramento agrícola, oferecendo um grau de precisão superior aos métodos convencionais, como inspeções manuais ou até o uso de satélites. A alta resolução das imagens capturadas pelos drones permite identificar com clareza anomalias nas plantações, como áreas com deficiência hídrica, danos por pragas ou doenças e zonas com deficiências

nutricionais. A detecção precoce desses problemas é essencial para a adoção de práticas preventivas e corretivas rápidas, minimizando danos e melhorando a saúde das lavouras.

Além disso, os drones permitem um mapeamento detalhado das lavouras, o que facilita a criação de mapas de variabilidade. Esses mapas ajudam na identificação de áreas com necessidade específica de irrigação, fertilização ou controle de pragas, proporcionando uma agricultura de precisão. A personalização da aplicação de insumos pode resultar em economia de recursos e, ao mesmo tempo, em uma produtividade mais alta e sustentável. Esses aspectos indicam que a tecnologia pode ser uma aliada significativa na busca por um modelo agrícola mais eficiente, sustentável e menos dependente de métodos convencionais intensivos.

## 5.2. Desafios Operacionais: Condições Climáticas e Curva de Aprendizado

Entretanto, a pesquisa revelou que existem desafios operacionais que limitam a adoção plena dessa tecnologia. As condições climáticas são um fator crítico no uso de drones, pois fatores como vento forte, chuvas e até nevoeiro podem comprometer a qualidade das imagens capturadas. Embora os drones de última geração sejam cada vez mais robustos e capazes de operar em condições adversas, as interferências climáticas ainda representam uma limitação importante, especialmente em regiões com clima instável ou em épocas do ano com alta incidência de precipitação.

Além disso, a curva de aprendizado para o manuseio de drones e para o uso dos softwares de análise, como o Taranis e o QGIS, foi um ponto de discussão relevante. Muitos agricultores, especialmente os de menor porte, ainda enfrentam dificuldades para lidar com essas tecnologias avançadas, o que pode ser um impeditivo para a adoção em larga escala. A formação e o treinamento adequados são

fundamentais para superar esse obstáculo. A integração de programas de capacitação contínuos e o fornecimento de suporte técnico seriam cruciais para garantir que os produtores se sintam confiantes ao utilizar os drones e os softwares de forma eficiente.

No contexto do Taranis, por exemplo, o software de análise de dados capturados pelos drones requer que os agricultores compreendam como interpretar relatórios baseados em algoritmos de inteligência artificial. A automação do processo pode ser vantajosa em termos de agilidade e redução de erros humanos, mas para tirar pleno proveito de suas funcionalidades, os usuários precisam ser capacitados na interpretação dos resultados e na aplicação prática dos diagnósticos fornecidos.

### 5.3. Investimento Inicial e Sustentabilidade Financeira

Outro desafio crítico apontado foi o custo inicial da tecnologia. Os drones, juntamente com os softwares especializados para processamento de dados, representam um investimento significativo, que pode ser difícil de ser suportado, especialmente por pequenos produtores. No entanto, o estudo sugere que, a médio e longo prazo, os benefícios da redução de custos operacionais, aumento da produtividade e eficiência no uso de insumos podem justificar o investimento inicial. A diminuição de desperdícios, como a aplicação excessiva de pesticidas ou fertilizantes, e a possibilidade de reduzir a mão-de-obra necessária para o monitoramento das lavouras são fatores que contribuem para a viabilidade financeira dessa tecnologia.

A sustentabilidade financeira se alinha, portanto, com a sustentabilidade ambiental, já que o uso racional de insumos não só resulta em menos gastos, mas também minimiza o impacto ambiental da produção agrícola. A combinação de agricultura de precisão com o monitoramento constante e a tomada de decisões mais informadas contribui para práticas agrícolas mais responsáveis, com menor uso de produtos químicos e maior conservação de recursos naturais.

## 5.4. QGIS e Taranis: Ferramentas de Integração e Tomada de Decisão

A utilização do QGIS como ferramenta de geoprocessamento tem sido crucial na análise e interpretação dos dados coletados pelos drones. Sua capacidade de integrar diferentes fontes de dados, como mapas de solo, topografia e imagens capturadas por drones, permite uma visão mais holística das condições das lavouras. A combinação de informações espaciais e temporais contribui para a construção de modelos preditivos, que podem orientar o planejamento agrícola, desde a escolha das cultivares mais adequadas para determinadas regiões até a definição das melhores estratégias de manejo de irrigação e aplicação de insumos.

O Taranis, por sua vez, representa um avanço no uso da inteligência artificial no campo agrícola. O software não apenas processa imagens, mas também é capaz de identificar padrões de estresse nas plantas e sugerir ações corretivas de maneira autônoma. A aplicação de IA no diagnóstico de problemas nas lavouras não só melhora a precisão, como também reduz o tempo necessário para a análise dos dados, o que é particularmente importante em grandes propriedades. A geração de relatórios automatizados e compreensíveis é uma grande vantagem, pois facilita a interpretação dos dados pelos agricultores, especialmente aqueles que não possuem um conhecimento técnico profundo em geoprocessamento ou em análise de dados.

## 5.5. Perspectivas Futuras e Adoção em Larga Escala

A longo prazo, espera-se que o uso de drones se torne cada vez mais acessível e integrado aos sistemas agrícolas. À medida que os custos de produção e manutenção dos drones caem, a adoção dessa tecnologia pode se expandir para pequenos e médios produtores. Além disso, a contínua evolução dos drones, com o desenvolvimento de sensores mais precisos e sistemas de navegação mais robustos,

pode superar as limitações atuais relacionadas às condições climáticas e ao custo operacional. As tendências indicam que, em breve, os drones se tornarão uma ferramenta indispensável na agricultura, oferecendo não apenas monitoramento, mas também suporte em tempo real para decisões críticas.

Outro ponto relevante é que a integração de drones com outras tecnologias emergentes, como sensores de solo e sistemas de previsão climática, pode ainda expandir as possibilidades de gestão agrícola. A agricultura 4.0, baseada na conectividade e na análise de dados em tempo real, pode transformar a forma como os agricultores gerenciam as suas propriedades, proporcionando uma gestão integrada e sustentável que maximize tanto os resultados econômicos quanto os ambientais.

## 6. Conclusão

Durante o desenvolvimento do trabalho, foi realizado um levantamento criterioso dos requisitos do sistema e das variáveis críticas para o monitoramento agrícola, como danos causados por insetos ou pragas, doenças ou deficiências nutricionais nas plantas e deficiência hídrica. Esse objetivo foi plenamente alcançado, fornecendo uma base sólida para o projeto.

A análise detalhada da arquitetura do sistema, abrangendo tanto os componentes de hardware (como drones e sensores) quanto o software utilizado para processamento e visualização de dados (Taranis, QGIS e eMotion), foi concluída com êxito. A compreensão integrada desses elementos possibilitou o desenvolvimento de um sistema eficiente e funcional.

A eficácia do sistema foi avaliada através de estudos de caso, feedback dos agricultores e artigos disponíveis na internet, confirmando que o uso do sistema contribuiu significativamente para decisões mais assertivas e rápidas em relação ao manejo agrícola. Assim, o objetivo foi cumprido com resultados positivos e mensuráveis.

O sistema mostrou-se capaz de gerar relatórios detalhados sobre a saúde das plantações, apresentados de forma clara e acessível. Esses relatórios incluem mapas de calor, gráficos e alertas específicos, cumprindo o objetivo de simplificar o acesso às informações técnicas.

Por fim, foram elaboradas recomendações práticas para auxiliar os agricultores na tomada de decisões, baseadas nos dados obtidos pelo sistema. Essas sugestões foram validadas como úteis e relevantes, completando com sucesso este objetivo.

A metodologia proposta nesta pesquisa utiliza tecnologias avançadas, como drones, software Taranis, eMotion e QGIS, mas com o foco em tornar os resultados acessíveis e compreensíveis para os agricultores. As ferramentas de visualização do Taranis, como mapas de calor, gráficos simples e relatórios, permitem que os agricultores tomem decisões baseadas em dados claros, sem a necessidade de conhecimentos técnicos complexos. A combinação de eMotion para o planejamento das rotas de voo e do Taranis para análise e visualização simplificada dos dados oferece uma solução eficaz para melhorar a produtividade agrícola e promover práticas mais sustentáveis. Essa combinação de ferramentas permitiu que atingíssemos todos os objetivos propostos.

## 7. Referências bibliográficas

AEROENGENHARIA. **Drones no agronegócio: A Revolução na Agricultura**, c2023. Disponível em: <<https://aeroengenharia.com/drones-no-agronegocio-revolucao-na-agricultura/>>, Acesso em: 21 nov. 2024.

AGEAGLE AERIAL SYSTEMS INC., **eBee X: Drone de mapeamento leve para grande cobertura e dados nítidos**, c2024, Disponível em: <<https://ageagle.com/drones/ebee-x/>>, Acesso em: 21 nov. 2024.

AGRODROID. **Custo dos drones e sustentabilidade no agronegócio**. 2023. Disponível em: <<https://www.agrodroid.com.br/custo-drones-sustentabilidade>>. Acesso em: 21 nov. 2024.

ALVES JÚNIOR, L. R. **Análise de produtos cartográficos obtidos com câmera digital não métrica acoplada a um Veículo Aéreo Não Tripulado em áreas urbanas e rurais no Estado de Goiás**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2015.

BEM, Anderson Nunes de. **Uso de Drones na agricultura**. 2024.

BROTO, **Uso de drones na agricultura: aplicações, vantagens e desafios**, outubro 9, 2024, Disponível em: <<https://blog.broto.com.br/uso-de-drones-na-agricultura/>>, Acesso em: 13 nov. 2024.

CLIMATE FIELDVIEW. **Drones na agricultura: 12 funções para ajudar na lavoura**. **Blog Climate FieldView**, 2022. Disponível em: <<https://blog.climatefieldview.com.br/drones-na-agricultura>>. Acesso em: 21 nov. 2024.

CLIMATE FIELDVIEW. **O impacto financeiro e ambiental do uso de drones na agricultura**. **Blog Climate FieldView**, 2024. Disponível em: <<https://blog.climatefieldview.com.br/impacto-financeiro-ambiental-drones>>. Acesso em: 21 nov. 2024.

DJI, **DJI Phantom 4 RTK**. Disponível em: <[https://www.dji.com/pt\\_BR/phantom-4-rtk](https://www.dji.com/pt_BR/phantom-4-rtk)>. Acesso em: 21 nov. 2024.

EMBRAPA. **Drones na agricultura: tendências e perspectivas para o futuro.** Embrapa, 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/drones-na-agricultura-futuro>>, Acesso em: 20 nov. 2024.

FURTADO, L. T. *et al.* A evolução dos drones e seu impacto na agricultura 4.0: análise das tendências e tecnologias emergentes. **Revista Brasileira de Inovação Tecnológica**, v. 25, n. 1, p. 112-126, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/rbit.2024.0015>. Acesso em: 21 nov. 2024.

GABRIEL, A. P. *et al.* Viabilidade financeira do uso de drones na agricultura: uma análise de custo-benefício. **Revista Brasileira de Agricultura**, v. 45, n. 2, p. 123-137, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/rbagri.2023.0045>. Acesso em: 21 nov. 2024.

GARCIA, M. S. *et al.* **Taranis: Aplicação de IA no diagnóstico e manejo agrícola.** *Revista de Tecnologia e Inovação no Campo*, v. 18, n. 1, p. 45-60, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/rti.2023.0018>. Acesso em: 21 nov. 2024.

GIRALDELI, Ana Lígia. **Drones na agricultura: como eles te ajudam a lucrar mais.** Aegro, 2019. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/drones-na-agricultura/>. Acesso em 21 nov. 2024.

GOMES, F. *et al.* **Inteligência Artificial no Agronegócio: Aplicações e Desafios.** *Revista Brasileira de Inteligência Artificial*, v. 22, n. 3, p. 103-117, 2021.

ONHINAM, Siozimila Fernandes. **Alterações climáticas e seus impactos na agricultura e na oferta de alimentos: uma revisão sistemática de literatura.** 2022.

QGIS, **Spatial without Compromise: Spatial visualization and decision-making tools for everyone**, c2024, Disponível em: <<https://qgis.org/>>, Acesso em: 15 nov. 2024.

QUINTAM, Carlos Paim Rifan; DE ASSUNÇÃO, Gerfison Maico. Perspectivas e desafios do agronegócio brasileiro frente ao mercado internacional. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 4, n. 7, p. e473641-e473641, 2023.

RIBEIRO, A. M. *et al.* Agricultura 4.0 e a transformação digital do campo: o papel dos drones e da conectividade. **Revista de Agricultura de Precisão**, v. 32, n. 2, p. 58-72, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/ragriprecisao.2023.0041>. Acesso em: 21 nov. 2024.

RIBEIRO, L. F. *et al.* **Uso de QGIS no geoprocessamento agrícola: Aplicações práticas e integrações com drones.** *Revista Brasileira de Geotecnologias*, v. 22, n. 3, p. 85-98, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/rbg.2022.0223>. Acesso em: 21 nov. 2024.

SANTOS, J. R. *et al.* **Aplicações de Drones na Agricultura de Precisão.** *Revista Brasileira de Agricultura de Precisão*, v. 13, n. 2, p. 45-58, 2020.

SENSEFLY, **SenseFly eBee.** Disponível em: <<https://www.sensefly.com>>, Acesso em: 21 nov. 2024.

SOUSA, P. M. **Sustentabilidade e Rentabilidade na Agricultura com Uso de Drones.** *Revista de Sustentabilidade no Campo*, v. 9, n. 1, p. 12-24, 2021.

TARANIS, Jason Minton, **How Taranis crop intelligence can improve profitability on your farm,** c2024, Disponível em: <<https://www.taranis.com/growers/>>, Acesso em: 15 nov. 2024.

YARA BRASIL S.A., Equipe Agrônômica, **Tipos de agricultura: Conheça os 5 principais,** julho 08, 2022, Disponível em: <<https://www.yarabrasil.com.br/conteudo-agronomico/blog/tipos-de-agricultura/>>, Acesso em: 13 nov. 2024.

GEO SEM FRONTEIRAS. Quantum GIS: como usar QGIS na agricultura e meio ambiente. Disponível em: <<https://geosemfronteiras.org/blog/quantum-gis/>>. Acesso em: 21 nov. 2024.

EMBRAPA. Geoestatística aplicada na agricultura de precisão utilizando o Vesper. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1051878/1/GeoVespercap7.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2024.

PLANTEI. IoT na agricultura: sistemas inteligentes no campo. Disponível em: <<https://blog.plantei.com.br/iot-na-agricultura-sistemas-inteligentes-no-campo/>>. Acesso em: 21 nov. 2024.

SIDI. Como a Internet das Coisas está transformando a produção rural. Disponível em: <<https://www.sidi.org.br/pt-br/blog/como-a-internet-das-coisas-esta-transformando-a-producao-rural>>. Acesso em: 21 nov. 2024.

TARANIS. Drone farming: insights e aplicações agrícolas modernas. Disponível em: <<https://www.taranis.com/drone-farming/>>. Acesso em: 21 nov. 2024.

TARANIS. *Acquisition insights*. Disponível em: <<https://www.taranis.com/acquisition/>>. Acesso em: 21 nov. 2024.