

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**MATEUS ANTONIO ANTUNES DE OLIVEIRA**

**VIABILIDADE DO USO DE IMAGENS DE DRONE PARA O MONITORAMENTO DE  
FALHAS EM CANA-DE-AÇÚCAR**

**Rio Largo - AL**

**2024**

MATEUS ANTONIO ANTUNES DE OLIVEIRA

**VIABILIDADE DO USO DE IMAGENS DE DRONE PARA O MONITORAMENTO  
DE FALHAS EM CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
à Universidade Federal de Alagoas - UFAL,  
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias –  
CECA, como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Rafael da Silva  
Pereira

**Rio Largo - AL**  
**2024**

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

O48v Oliveira, Mateus Antonio Antunes de.

Viabilidade do uso de imagens de drone para o monitoramento de falhas em cana-de-açúcar. / Mateus Antonio Antunes de Oliveira. – 2024.

25 f.: il.

Orientador(a): Francisco Rafael da Silva Pereira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Graduação em Agronomia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2024.

Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Monitoramento. 3. Tomada de decisão. 4. Agricultura de precisão. I. Título.

CDU: 633.61

## FOLHA DE APROVAÇÃO

MATEUS ANTONIO ANTUNES DE OLIVEIRA

### VIABILIDADE DO USO DE IMAGENS DE DRONE PARA O MONITORAMENTO DE FALHAS EM CANA-DE-AÇÚCAR

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Campus de Engenharia e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: **04/11/2024**.

**Banca examinadora:**

Documento assinado digitalmente  
 FRANCISCO RAFAEL DA SILVA PEREIRA

Data: 26/11/2024 09:02:39-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Francisco Rafael da Silva Pereira  
Instituto Federal de Alagoas, IFAL Orientador

Documento assinado digitalmente  
 REINALDO DE ALENCAR PAES

Data: 11/11/2024 17:28:56-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Reinaldo de Alencar Paes Universidade  
Federal de Alagoas, CECA/UFAL 2º Examinador

Documento assinado digitalmente  
 PAULO DE ALBUQUERQUE SILVA

Data: 26/11/2024 10:04:09-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Pesquisador Dr. Paulo de Albuquerque Silva  
Embrapa Tabuleiros Costeiros  
3º Examinado

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por sempre me guiar para a realização dos meus sonhos.

Aos meus pais e irmãos em especial, e a todos da minha família que de alguma forma contribuíram para os meus estudos.

Agradeço também os meus orientadores Dr. Francisco Rafael da Silva Pereira e Dra. Walane Maria Pereira de Mello Ivo, pela paciência e todos seus ensinamentos.

Aos meus amigos e colegas que fiz no decorrer do curso, que me ajudaram durante todo o processo de realização desta pesquisa.

Agradeço a todos que se fazem responsáveis pelo Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA-UFAL), pela estrutura e ensino proporcionado ao decorrer desses 5 anos.

Agradeço também ao grande professor Alexandre, por sempre me lembrar que eu posso.

## RESUMO

Diante da baixa efetividade destes levantamentos manuais, o uso de imagens captadas por drones, pode ser uma alternativa mais precisa, trazendo informações mais robustas para a tomada de decisão do produtor. Neste trabalho foram utilizados dois métodos de levantamento de falhas em cana-de-açúcar onde coletamos os dados de maneira manual por meio de amostragem, método esse desenvolvido por Stolf e também via drone captando imagens e monitorando as áreas em seu tamanho total, que posteriormente foram processadas pelo software semi-automático InfoRow que nos disponibilizam relatórios de falhas e atuação de acordo com o programado melhorando a tomada de decisão. Ao fim do experimento, constatamos que a agricultura de precisão, ao utilizar drones, constatou maior eficiência quando comparado com o manual, desde de que os lotes sejam bem manejados propiciando assim a utilização do mesmo.

**Palavras chave:** cana-de-açúcar, monitoramento, tomada de decisão, agricultura de precisão.

## ABSTRACT

Given the low effectiveness of these manual surveys, the use of images captured by drones can be a more accurate alternative, providing more robust information for the producer's decision-making. In this work, two methods of surveying flaws in sugarcane were used, where we collected data manually through sampling, a method developed by Stolf, and also via drone, capturing images and monitoring the areas in their total size, which were later processed by the semi-automatic software InfoRow, which provides us with failure reports and actions according to the program, improving decision making. At the end of the experiment, we found that precision agriculture, when using drones, was more efficient when compared to manual farming, as long as the lots are well managed, thus enabling its use.

**Keywords:** sugarcane, monitoring, decision making, precision agriculture.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Mapa das mesorregiões do estado de Alagoas com as cidades onde foram coletados os dados da pesquisa.....	13
<b>Figura 2 e 3</b> - Amostragem manual realizada no campo.....	15
<b>Figuras 4 e 5</b> - Drones utilizados no mapeamento das unidades de produção. ....	16
<b>Figura 6</b> - Demonstração de mapa de atuação.....	17
<b>Figura 7</b> - Medição da altura de plantas no lote TAB 17 - L01. ....	19
<b>Figura 8</b> - Demonstração da identificação de vegetação pelo software InfoRow..	19
<b>Figuras 9 e 10</b> - Identificação e medição de falhas no lote PAN 11 L0. ....	20
<b>Figura 11</b> - Reboleira de plantas daninhas no lote CAC - L09. ....	20
<b>Figura 12</b> - Demonstração do erro causado no processamento do lote CAC - L09 pela presença de plantas daninhas. ....	21
<b>Figuras 13 e 14</b> - Demonstração de amostragem feita de forma aleatória. ....	21
<b>Figura 15</b> - Relatório de falhas criado a partir do software InfoRow.....	22
<b>Figura 16</b> – Demonstração de linhas com concentração 49,23% de falhas. ....	23

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1</b> - Unidades de produção utilizadas para coleta de dados da pesquisa...	14
<b>Tabela 2</b> - Estimativa de falhas pelo método convencional e tecnológico.....	18

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>10</b>
2.1 Cana-de-açúcar.....	10
2.2 Falhas de plantio em cana-de-açúcar.....	10
2.3 Sensoriamento remoto .....	11
2.4 Drones na Agricultura.....	12
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
3.1 Área de estudo.....	13
3.2 Coletas e processamento dos dados .....	15
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>25</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, mas essa grandeza não nos deixa livre de problemas como a incidência de falhas no canavial, que interfere diretamente em sua produtividade e longevidade da lavoura. Outro problema encontrado é o próprio método convencional de levantamento desses dados, que é demorado, trabalhoso e pouco preciso, pois é feito por meio de amostragem. Novas alternativas vêm sendo estudadas nos últimos anos, principalmente aquelas ligadas a tecnologias digitais.

A utilização do drone nos dá informações relevantes sobre o estande da lavoura, identificando e georreferenciando falhas. A partir destes dados, pode-se estimar a produtividade e percentual de falhas dum canavial, possibilitando uma tomada de decisão de forma precisa, sobre replantio ou reforma total da área.

Para Barros e Milan (2010), o plantio é um trato cultural que necessita do conhecimento do solo, planta e atmosfera, para que a lavoura possa se estabelecer de maneira uniforme, pois a cultura da cana-de-açúcar é semi-perene e é importante que haja sucesso em seu estabelecimento. Para que o processo aconteça de maneira correta é preciso que as falhas sejam identificadas de forma precisa, afinal de contas o replantio é uma das etapas mais caras de todo o processo de produção.

O uso do sensoriamento remoto vem crescendo cada vez mais, pois sua eficácia é superior em relação às tecnologias tradicionalmente utilizadas, além de apresentar um baixo custo de aplicação. De acordo com Alves et al (2015), o drone utilizado na agricultura ou “drone agrícola” também denominado de (VANT) veículo aéreo não tripulado, tem sua vantagem em relação aos modelos tradicionais já utilizados.

Com o auxílio de drones, é possível identificar com precisão o índice de falhas nos canaviais, podendo assim melhorar a tomada de decisão do produtor potencializando sua produtividade e rentabilidade. Além de obter relatórios e mapas de atuação das áreas mapeadas, e comparação dos métodos manual e tecnológico via drone utilizados para identificação e quantificação das falhas. A apresentação do presente trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade do uso de imagens de drone para o monitoramento de falhas em canaviais.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cana-de-açúcar

No Brasil a cana-de-açúcar foi introduzida logo após seu descobrimento, cultivada desde 1530 e trazida por Martin Afonso de Souza. As primeiras lavouras foram implementadas na região sudeste, posteriormente sua produção se difundiu para o nordeste, lugar onde a produção da cultura teve grande expressão sendo exportada para Europa nos séculos posteriores (CARVALHO, 2013). Atualmente a cana-de-açúcar ocupa cerca de 8,33 milhões de hectares no âmbito nacional, que movimentam a economia do país.

Na década de 1970, durante a crise do petróleo, o governo do Brasil incentivou os produtores do setor canavieiro na produção de álcool como fonte de combustível através do programa nacional do álcool – PROALCOOL. Tudo isso ocorreu devido à alta nos preços dos combustíveis fósseis e a necessidade de fontes renováveis para suprir a demanda neste período (CARVALHO, 2013).

A cana-de-açúcar por ser instalada na maioria dos casos em sistemas de monocultivo e por muitos anos na mesma área necessitam por sua vez serem substituídas por novas variedades de tempos em tempos. Visando a uma melhor produção em relação ao genótipo anterior. Pesquisas são realizadas constantemente englobando várias áreas do conhecimento, como fisiologia, entomologia, fitopatologia, entre outras no campo como na indústria a fim de maximizar os produtos oriundos da cultura da cana-de-açúcar (CESNIK, 2007).

### 2.2 Falhas de plantio em cana-de-açúcar

As falhas de plantio são consideradas pela ausência de plantas, onde são quantificadas quando medem acima de 0,5 m na linha de plantio. Stolf et al (1991) apud Barbosa Júnior (2021) diz que mesmo que as falhas do canavial sejam consideradas um problema, os produtores em geral não utilizam métodos de quantificação das mesmas, sendo muitas das vezes apenas feitas inspeções visuais que nos dão a classificação muito ou pouco falhada. Com o avanço de novas tecnologias, tornou-se necessário um meio de identificação técnico dessas falhas a fim de saber o momento da renovação ou replantio da área.

A observação das falhas do canavial é um processo importante para manutenção de produtividade e longevidade da cultura. Nesse contexto, segundo Alvares et al (2008), a utilização de novas tecnologias no complexo de produção de cana-de-açúcar tem aumentado gradualmente, melhorando assim o acompanhamento e desenvolvimento da cultura no campo por meio da agricultura de precisão.

As falhas são produto de vários fatores, os tratos culturais acabam influenciando o aumento delas. A mecanização e pisoteio são os principais causadores da perda de plantas. A infestação de plantas daninhas também é responsável por uma grande quantidade das falhas encontradas nos canaviais, isso acontece devido a competição por nutrientes e espaço na entre linha e linha de plantio. Outros fatores reportados são infestação de pragas e doenças e déficit hídrico, que influenciam diretamente no desenvolvimento da cultura, causando mortalidade de plantas e consequentemente falhas.

### **2.3 Sensoriamento remoto**

Historicamente o termo sensoriamento remoto é utilizado para descrever o uso de equipamentos capazes de obter imagens da superfície terrestre de maneira remota (MENESES, 2012). Por meio de satélites e drones, é possível coletar informações sobre um objeto ou área. Essa tecnologia é amplamente utilizada em diversas áreas, como na agricultura, estudos ambientais, planejamento urbano dentre outras especialidades.

Esse processo de coleta acontece por meio de algumas etapas, desde a captura de dados da superfície terrestre, até seu processamento, análise de dados e aplicação. Geralmente na agricultura o equipamento mais utilizado para mapeamento de unidades de produção é o drone, que possuem novos fabricantes e modelos. Os dois tipos mais utilizados para esse processo e que são comumente encontrados, são de asa fixa e multirotores. Ambos são utilizados para levantamento de dados geoespaciais, cada um com sua característica e aplicação (DE SOUSA, 2017).

Os softwares utilizados no processamento dos dados coletados são de suma importância para interpretação dos dados, entre eles alguns mais populares são o ArcGIS, QGIS e no caso deste trabalho o InfoRow. Essas ferramentas são necessárias para análise e processamentos das imagens coletadas em campo, a fim

de gerar informações relevantes para sua área de aplicação. Os produtos do sensoriamento remoto podem ter diversos usos, sendo amplamente utilizados em estudos de uso de cobertura de terras e de características da vegetação (SHIRATSUCHI, 2014).

O sensoriamento remoto é uma tecnologia versátil com infinitas aplicações, que variam da agricultura até a gestão de recursos ambientais. A medida que esta tecnologia avança esperasse o desenvolvimento de novas metodologias de análise de dados, a fim de melhor gerir estas áreas mapeadas.

## **2.4 Drones na Agricultura**

Os VANTS ou drones vem sendo bastante utilizados no meio agrícola em uma infinidade de aplicações. Suas utilidades podem variar desde a aplicação de insumos como herbicidas para controle de plantas daninhas, até o monitoramento do desenvolvimento de determinada lavoura, propriedades entre outros (GONÇALVES,2021).

Na AP o sensoriamento remoto é uma ferramenta indispensável quando pensamos em eficiência, e acurácia. Pois usando esta tecnologia permite traçar mapas georreferenciados que nos dão precisão de milímetros que influenciam diretamente na sustentabilidade do processo produtivo, reduzindo a quantidade de insumos utilizados e potencializando seus efeitos sobre a cultura. Desse modo o uso de drones no meio rural tem aumentado, sendo utilizados como ferramentas de coleta de dados cruciais para tomada de decisões no manejo da agricultura.

O desenvolvimento dos drones na agricultura surgiu como uma ótima opção no meio da AP, facilitando muitas tarefas antes demoradas e cansativas, tudo isso por meio do estágio atual de desenvolvimento tecnológico que vem crescendo em nossa sociedade (DE OLIVEIRA et al, 2020). Com o crescimento da mão de obra especializada neste tipo de tecnologia a AP vai aumentando a cada dia sua área de atuação na agricultura, melhorando não só a produtividade dos sistemas de produção, mas também a qualidade de vida das pessoas que trabalham na área.

O uso de drones para mapeamento de falhas de plantio podem ser uma boa alternativa em relação a tecnologias já utilizadas, segundo Silva (2017) a utilização de veículos aéreos remotamente pilotados são eficientes para identificação da mortalidade de plantas, auxiliando na gestão de propriedades.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

Neste trabalho foram avaliadas unidades de produção de cana-de-açúcar em diferentes áreas no estado de Alagoas, localizadas nos municípios de São Miguel dos Campos, Campo Alegre e Coruripe (figura 1). Os dados foram coletados em parceria com a empresa iField Inteligência Agrícola.

**Figura 1** - Mapa das mesorregiões do estado de Alagoas com as cidades onde foram coletados os dados da pesquisa.



Fonte: Seades, adaptado.

Na tabela 1 estão descritas 22 unidades de produção que foram mapeadas nos 3 municípios, totalizando uma área de 550,36 ha. Em 137,24 ha foram realizadas amostragens pelo método manual desenvolvido por Stolf (1986), sendo 72,09 ha no município de São Miguel dos Campos, 41,48 ha no município de Campo Alegre e 23,67 ha no município de Coruripe. As coletas de dados foram feitas com o intuito de comparar a precisão entre os métodos de identificação de falhas, e identificar dificuldades presentes no campo que interfiriam na amostragem e em sua qualidade.

**Tabela 1** - Unidades de produção utilizadas para coleta de dados da pesquisa.

<b>Unidades de Produção</b>	<b>Município</b>	<b>Área em ha</b>
VIN	Coruripe	26,25
TAB 17 - L01	São Miguel dos Campos	36,78
PAN 11 - L01	São Miguel dos Campos	35,31
CAC - L09	Campo Alegre	41,48
TAU - 3	São Miguel dos Campos	25,72
TAU - 1-2	São Miguel dos Campos	39,16
MUR - 12	Coruripe	10,62
MUR - 24	Coruripe	9,86
MUR - 26	Coruripe	11,71
MUR - 29	Coruripe	12,22
CTS	São Miguel dos Campos	110,59
GRA - 06	São Miguel dos Campos	9,88
BON - 02	São Miguel dos Campos	9,26
TBO - 2	São Miguel dos Campos	21,59
TBO - 1	São Miguel dos Campos	17,14
PDA	São Miguel dos Campos	17,77
MAR - 02	São Miguel dos Campos	22,24
ESC	São Miguel dos Campos	20,99
CUM - 08	São Miguel dos Campos	18,78
CUM - 09	São Miguel dos Campos	29,34
MAL	Coruripe	6,03
AHE	Coruripe	17,64
<b>TOTAL</b>		<b>550,36</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

### 3.2 Coletas e processamento dos dados

Os dados foram coletados conforme a metodologia proposta por Stolf (1986), utilizando medições terrestres e manuais de falhas, que consiste em utilizar um bastão de 50 cm para validar as falhas que devem ser medidas e uma trena para acumular as medições. As medições são feitas por duas pessoas em segmentos de 10 metros de linha de forma amostral no canavial, gerando uma estatística que é extrapolada para o restante da área. Para encontrar a porcentagem de falha basta somar o comprimento total de falhas maiores que 0,5 m de cada ponto, e aplicar na seguinte equação:

$$\% \text{Falhas} = \frac{\text{Comprimento total de falhas maiores que } 0,5 \text{ m em cada ponto} \times 100}{\text{Comprimento total do ponto}}$$

Outros índices que devem ser levados em consideração para interpretação dos dados são, o tamanho médio das falhas, número de falhas por 100 m de sulco e a frequência para encontrar uma falha. Conforme as equações a seguir:

$$\text{Tamanho médio das falhas} = \text{Comprimento total das falhas} / \text{número de falhas}$$

$$\text{Número de falhas por 100 m de sulco} = \frac{\text{Número de falhas} \times 100}{\text{Comp. do ponto}}$$

$$\text{Frequência para encontrar uma falha} = \frac{100 \text{ m de sulco} - \% \text{ de falhas}}{\text{Nº de falhas em } 100 \text{ m}}$$

**Figura 2 e 3** - Amostragem manual realizada no campo.



Fonte: Dados da pesquisa.

No mesmo período e nas mesmas áreas foram realizadas as tomadas das imagens com auxílio do drone para identificar e contabilizar as falhas de plantio. Os modelos dos drones utilizados foram DJI PHANTON 4 PRO e DJI MAVIC 3 ENTERPRISE (figuras 2 e 3). A altura dos voos variou entre 80 e 120 m com sobreposição lateral de 75% e frontal de 70%, o objetivo era obter uma imagem com Ground Sample Distance (GSD) de até 3 cm no máximo.

**Figuras 4 e 5** - Drones utilizados no mapeamento das unidades de produção.



Fonte: Dados da pesquisa.

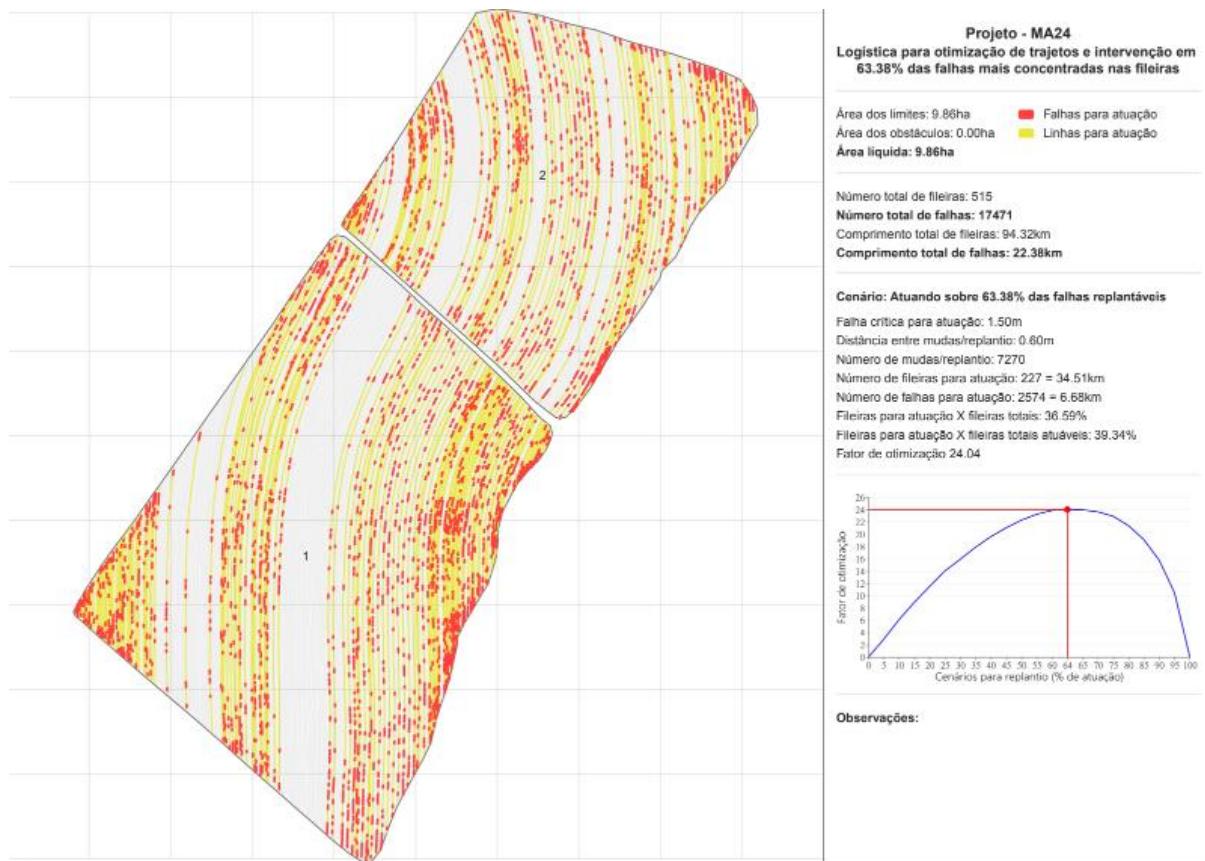
Para quantificar a incidência de falhas de plantio nos lotes mapeados foram gerados mosaicos georreferenciados a partir das imagens coletadas em campo por meio da utilização do drone. O processamento das imagens ocorreu por meio do software OpenDroneMap (ODM), que é uma plataforma de código aberto voltada para a reconstrução geoespacial de dados aéreos.

Inicialmente as fotografias obtidas pelo drone foram organizadas em pastas de acordo com os voos realizados e a área sobrevoada. O processamento foi executado em etapas abrangendo o alinhamento, reconstrução densa, geração de mosaico e exportação dos arquivos raster. O resultado final foi ortomosaicos que foram utilizados para o processamento posterior nos softwares Qgis e InfoRow.

As estimativas em porcentagens de falhas de plantio de algumas áreas sobrevoadas pelos drones, foram comparadas com as porcentagens obtidas pelo levantamento manual por meio de amostragem das mesmas áreas no campo. As unidades de produção escolhidas foram TAB 17 - L01, PAN 11 - L01, CAC - L09, AHE e MAL. Com o intuito de comparar ambos os métodos e identificar deficiências no método convencional que são contempladas via drone.

Por fim, através do software InfoRow foram gerados relatórios e mapas de atuação (figura 6) nas áreas que foram sobrevoadas, que demonstram o índice de falhas de plantio e pisoteio. Dessa maneira é possível orientar a ida no campo para observar os causadores das falhas, além de agir no replantio do canavial de maneira precisa.

**Figura 6** - Demonstração de mapa de atuação.



Fonte: Dados da pesquisa.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos levantamentos da porcentagem de falhas de plantio realizados de maneira convencional e tecnológica estão dispostos na tabela 2.

**Tabela 2** - Estimativa de falhas pelo método convencional e tecnológico.

UNIDADES DE PRODUÇÃO	CONVENCIONAL	TECNOLÓGICO
TAB 17 - L01	6,92%	2,69%
PAN 11 - L01	6,49%	4,45%
CAC - L09	41,96%	45,24%
AHE	30,22%	13,80%
MAL	48,46%	29,43%

Fonte: Dados da pesquisa.

Analizando-se os dados da tabela 2, podemos observar a diferença obtida entre os diferentes métodos. Essas mudanças nos resultados ocorrem devido a interferências de alguns fatores encontrados em cada área estudada, além de particularidades que ocorreram nos momentos dos voos com drone, as informações vão ser explicadas ao decorrer do trabalho.

Na tabela podemos destacar uma moderada diferença entre os resultados das porcentagens de falhas dos lotes TAB 17 - L01, PAN 11 L01 e CAC - L09. As diferenças podem ser explicadas por características das fases fenológicas da cana-de-açúcar, variedade, altura das plantas, espaçamento, infestação de plantas daninhas, pragas e doenças, entre outros tratos culturais. De acordo com Melo (2022), deve se levar em consideração o aparecimento de falhas em lavouras de cana-de-açúcar onde a colheita é feita de forma mecanizada, pois ocorre aumento de falhas da cana planta para a primeira socaria. Outro fator importante a ser levado em consideração é a baixa representatividade das falhas pelo método convencional, pelo fato de ser feito por amostragem podem ocorrer maiores erros da porcentagem de falha real. Já com a utilização do drone as informações levantadas são muito mais fidedignas ao que acontece na realidade, principalmente por considerar toda extensão da área, porém para que a análise seja melhor executada é necessário seguir alguns critérios que serão descritos a seguir no trabalho.

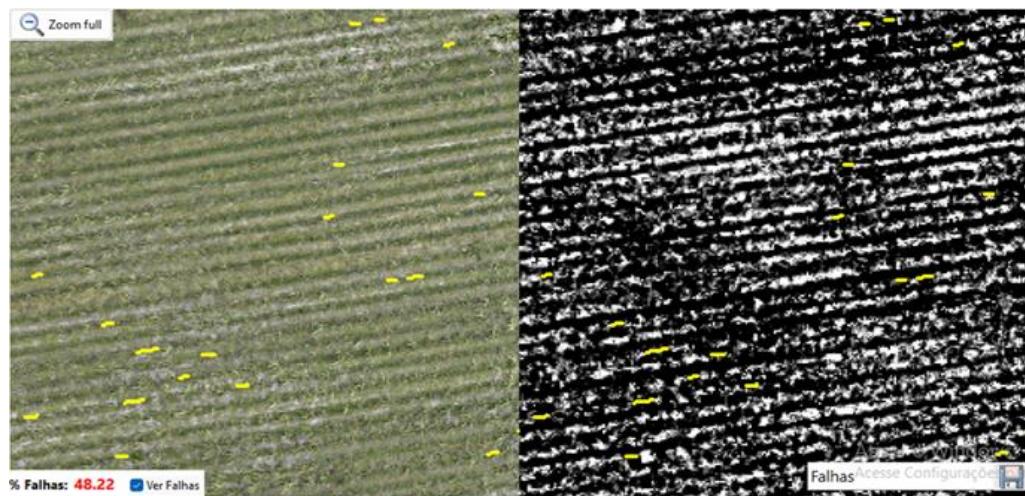
No caso do lote TAB 17 – L01 o fator que influenciou a homogeneidade entre os métodos utilizados para identificação do índice de falhas foi a altura das plantas (figura 7) que interferiu diretamente na identificação de vegetação do software (figura 8).

**Figura 7** - Medição da altura de plantas no lote TAB 17 - L01.



Fonte: Dados da pesquisa.

**Figura 8** - Demonstração da identificação de vegetação pelo software InfoRow.



Fonte: Dados da pesquisa.

Já na área PAN 11 L01 se observou a presença de poucas falhas de plantio porém de um tamanho maior como mostra as (figura 9 e 10), de acordo com o histórico da área podemos imaginar que essas falhas são provenientes da colheita que é feita de maneira mecanizada. Outro fator a ser levado em consideração é o pisoteio causado pelo maquinário descalibrado em operações de colheita (DE MELO, 2022).

**Figuras 9 e 10 -** Identificação e medição de falhas no lote PAN 11 L0.



Fonte: Dados da pesquisa.

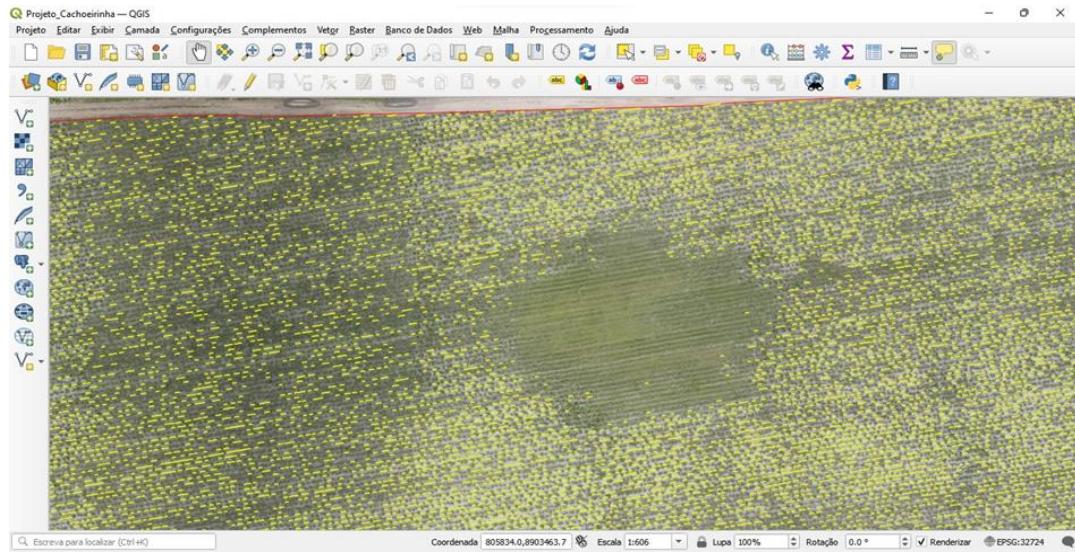
No lote de CAC - L09 a interferência ocorreu de maneira diferente das demais, após o processamento do ortomosaico pelo software InfoRow foi constatado a presença de reboleiras de plantas daninhas (figura 11) no meio do canavial interferindo diretamente na identificação das falhas. Isso acontece porque o software entende que as plantas invasoras são parte das linhas de plantio como mostra as (figura 12), desse modo a porcentagem de falhas diminui comprometendo a confiabilidade.

**Figura 11 -** Reboleira de plantas daninhas no lote CAC - L09.



Fonte: Dados da pesquisa.

**Figura 12** - Demonstração do erro causado no processamento do lote CAC - L09 pela presença de plantas daninhas.



Fonte: Dados da pesquisa.

As áreas denominadas AHE e MAL se destacam pela discrepância entre o índice de falhas encontradas entre os métodos convencional e tecnológico. Segundo Alves; Ferreira; De Araújo Gallis (2015), um fator a ser levado em conta é a diferença de amostragem entre os métodos, pois com o uso das imagens de drone é possível contabilizar cada falha de plantio presente na unidade de produção, diferentemente da amostragem manual que é feita aleatoriamente em algumas linhas de plantio (figuras 13 e 14) dentro do lote. Essa diferença também pode ser explicada pela presença de plantas daninhas na área, que acaba influenciando na identificação pelo software jogando esse valor para baixo.

**Figuras 13 e 14** - Demonstração de amostragem feita de forma aleatória.



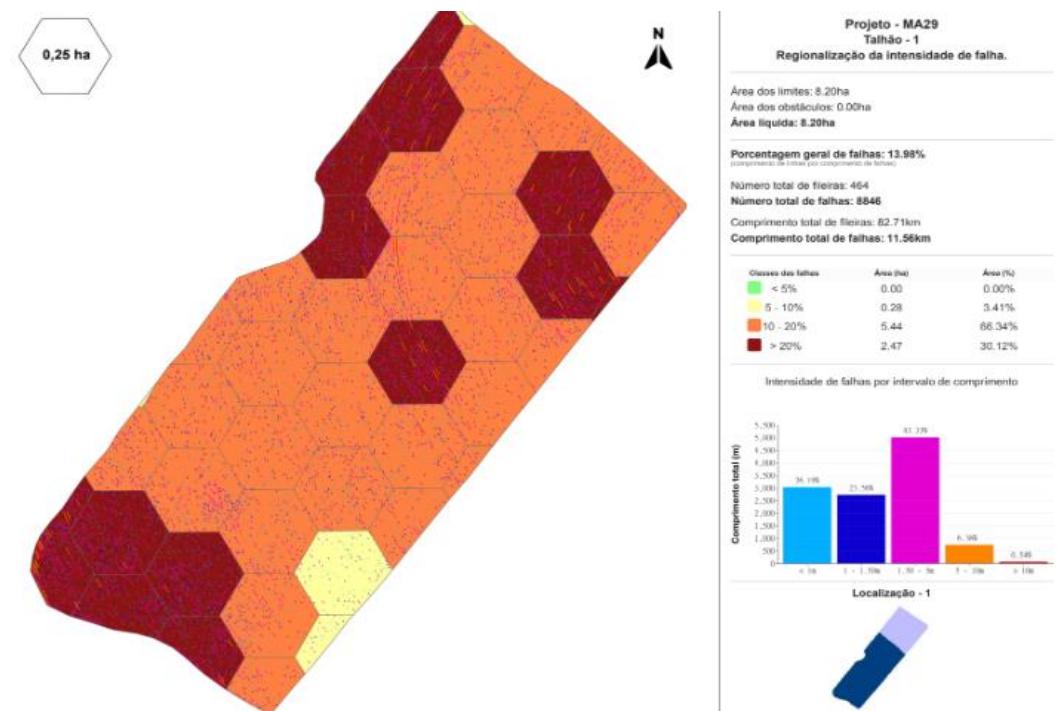
Fonte: Dados da pesquisa.

A altura das plantas também foi um fator que atrapalhou a precisão da amostragem via imagens de drone. Pois conforme a planta vai se desenvolvendo e crescendo ocorre sobreposição do solo pelas folhas, além do sombreamento que interfere diretamente na visualização das linhas de plantio que apresentam falhas (BARBOSA JÚNIOR, 2021).

Outros fatores que influenciaram na identificação das falhas no canavial foi a qualidade dos ortomosaicos provenientes de imagens com problemas de luminosidade e sombreamento, em alguns casos foi necessário refazer os voos em melhores condições. A qualidade do plantio também é um fator determinante para a utilização deste método, a má qualidade e uniformidade nas linhas de plantio atrapalham o funcionamento do software, isso porque se as linhas de plantio estiverem tortas e não seguirem um padrão acabam dificultando o trabalho do operador, que em alguns casos inviabiliza sua utilização.

Com base nestas informações podemos identificar vantagens do uso do drone e indicar área propícias para o uso desta tecnologia, a fim de melhorar a tomada de decisão do produtor por meio de relatórios dinâmicos (figura 15), e mapas de atuação georreferenciados que podem ser utilizados para replantio da parcial ou total da área em questão.

**Figura 15** - Relatório de falhas criado a partir do software InfoRow.

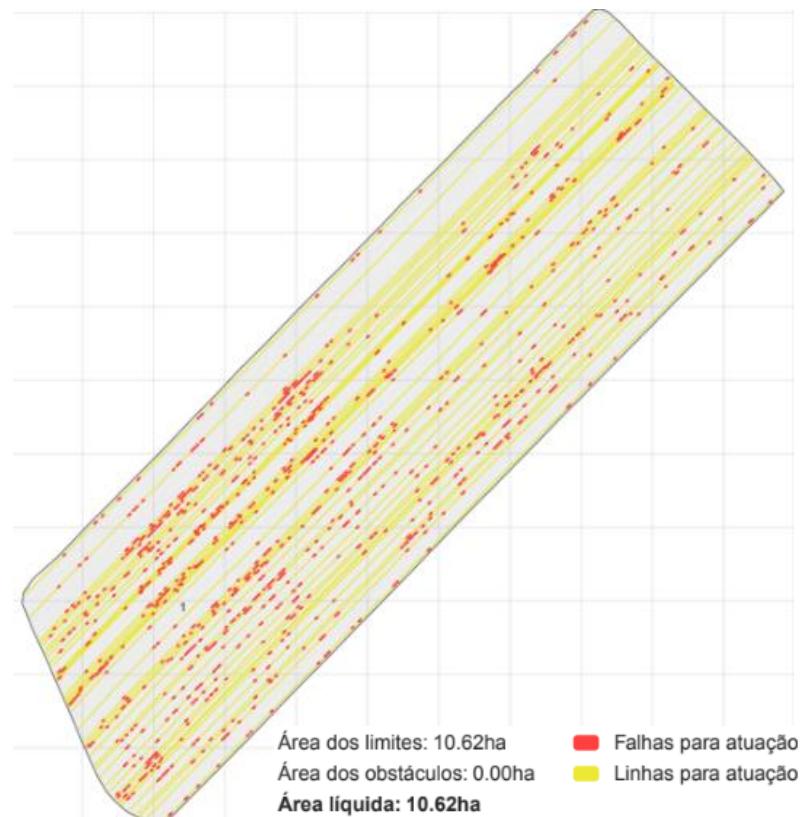


Fonte: Dados da pesquisa.

Os mapas de atuação gerados a partir do software identifica todas as falhas a partir de 0,5 m, e disponibiliza arquivos de atuação com várias porcentagens indicando as linhas com maiores quantidades de falhas, o que auxilia no deslocamento de pessoal para replantio localizado de linhas de plantio em áreas com maior índice de ausência de plantas. Outra informação relevante nos relatórios de atuação, é logística de trajetos e intervenção que otimiza o processo de transporte das mudas que irão ser levadas e introduzidas no campo de maneira organizada, diminuindo o tempo de trabalho e custos com combustível. Lembrando que para o replantio são consideradas apenas falhas acima de 1,5 m, com espaçamento entre mudas de 0,6 m.

Concluímos que é vantajoso utilizar o drone para a identificação de falhas, pois diferentemente do método convencional, por meio do software é possível quantificar não só todas as falhas, mas também as linhas de plantio com maior índice de ausência de plantas como demonstrado na (figura 16). A utilização de imagens aéreas podem ajudar a tomar decisões relacionadas a culturas, nesse caso a cana-de-açúcar amostrando todo o terreno, diferentemente da indicada pela amostragem manual (MARTINS, 2020).

**Figura 16** – Demonstração de linhas com concentração 49,23% de falhas.



Fonte: dados da pesquisa

## 5 CONCLUSÕES

O que interferiu diretamente foi a ocupação de plantas invasoras nas linhas de plantio, que enganou o software identificando vegetação onde existiam falhas. O mesmo aconteceu nos canaviais acima de 2 m de altura, pois o alto índice de folhagem sombreou e ficou em sobreposição em relação ao solo. Deve-se evitar voos em momentos de grande incidência de raios solares e em momentos de presença de nuvens sobre a campo, pois dificulta e inviabiliza em alguns casos sua utilização.

Concluímos que a utilização de imagens de drone para o monitoramento de falhas em cana-de-açúcar é uma excelente alternativa em relação ao método convencional para áreas onde ocorrem plantios tecnificados, e canaviais bem manejados.

## REFERÊNCIAS

- SHIRATSUCHI, Luciano Shozo et al. Sensoriamento remoto: conceitos básicos e aplicações na agricultura de precisão. 2014.
- DE SOUSA, Henrique Lima. Sensoriamento Remoto com VANTs: uma nova possibilidade para a aquisição de geoinformações. **Revista Brasileira de Geomática**, v. 5, n. 3, p. 326-342, 2017.
- MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, T. de. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. **Universidade de Brasília, Brasília**, 2012.
- GONÇALVES, Vinícius Parlangeli; CAVICHIOLI, Fábio Alexandre. Estudo das funcionalidades dos drones na agricultura. **Revista Interface Tecnológica**, v. 18, n. 1, p. 321-331, 2021.
- ROLIM, Mário Monteiro; CANDEIAS, Ana Lúcia Bezerra; LOPES, Pabrício Marcos Oliveira. Análise de falha de brotação da cana-de-açúcar através de metodologia manual e geoprocessamento em um sistema de cultivo mecanizado. 2022.
- BARBOSA JÚNIOR, Marcelo Rodrigues. Mapeamento de falhas em cana-de-açúcar por imagens de veículo aéreo não tripulado. 2021.
- DE OLIVEIRA, Altacis Junior et al. Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64140-64149, 2020.
- CESNIK, Roberto. Melhoramento da cana-de-açúcar: marco sucro-alcooleiro no Brasil. 2007.
- CARVALHO, Leidiane et al. Cana-de-açúcar e álcool combustível: histórico, sustentabilidade e segurança energética. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, 2013.

ALVARES, Clayton A. et al. Sensoriamento Remoto no mapeamento de falhas de plantio em cana-de-açúcar. In: **Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão–CONBAP**. 2008.

STOLF, Robert. Metodologia de avaliação de falhas nas linhas de cana-de-açúcar. **Stab, Piracicaba**, v. 4, n. 6, p. 22-36, 1986.

ALVES, Matheus Oliveira et al. O Uso de Imagens do “Drone Agrícola” para Identificação de Falhas no Plantio de Cana-de-Açúcar.

BARROS, Fernando Ferraz; MILAN, Marcos. Qualidade operacional do plantio de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 69, p. 221-229, 2010.

DE SOUZA ASSAIANTE, Bianca Adriana; CAVICHIOLI, Fabio Alexandre. A utilização de veículos aéreos não tripulados (VANT) na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 444-455, 2020.

SILVA, Mateus Tinoco; LEMOS, Odair Lacerda. Análise De Falhas No Plantio De Café Por Meio De Ortomosaico Produzido Com Aeronave Remotamente Pilotada. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA**. 2017. p. 430-433.

ALVES, Matheus Oliveira; FERREIRA, Ricardo Vicente; DE ARAÚJO GALLIS, Rodrigo Bezerra. Otimizacao da Identificacao de Falhas de Plantio na Canda-de-Acucar com Usod de Geoprocessamento. In: **X Congresso Brasileiro de AgroInformatica**. 2015.

DE LIMA, João Pedro Nascimento et al. Sugarcane planting failure classification through deep learning approach in drone imagery. 2022.

MARTINS, Rafaela Souza. Avaliação do potencial de imagens para detecção de falhas de plantio na cultura da cana-de-açúcar. 2020.