



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA



VINÍCIUS DE OLIVEIRA TEIXEIRA

**DETECÇÃO DE LINHAS E FALHAS DE PLANTIO ATRAVÉS DE VANTs NA
CULTURA DE SOJA NO LESTE MARANHENSE**

CHAPADINHA – MA

2022

VINÍCIUS DE OLIVEIRA TEIXEIRA

**DETECÇÃO DE LINHAS E FALHAS DE PLANTIO ATRAVÉS DE VANTS NA
CULTURA DE SOJA NO LESTE MARANHENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
coordenação de Engenharia Agrícola da
Universidade Federal do Maranhão, como
requisito para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Washington Da Silva
Sousa.

Coorientador: Prof. Dr. Marcus Willame Lopes
Carvalho

CHAPADINHA – MA

2022

TCC defendido e aprovado em: 23 de dezembro de 2022, pela Comissão Examinadora,
constituída pelos professores:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Washington da Silva Sousa (Orientador)

Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Marcus Willame Lopes Carvalho (Coorientador)

Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Fabiano de Carvalho Simas (Examinador)

Universidade Federal do Maranhão

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Teixeira, Vinicius de Oliveira.

Detecção de Linhas e Falhas de Plantio Através de VANTs
na Cultura de Soja no Leste Maranhense / Vinicius de
Oliveira Teixeira. - 2022.

32 f.

Coorientador(a): Marcus Willame Lopes Carvalho.

Orientador(a): Washington da Silva Sousa.

Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do
Maranhão, Chapadinha, MA, 2022.

1. Falhas de plantio. 2. Ortomosaico. 3.
Sensoriamento Remoto. 4. VANTs. I. Carvalho, Marcus
Willame Lopes. II. Sousa, Washington da Silva. III.
Título.

Aos meus pais Deuzanete e Marco Aurélio, os grandes amores da minha vida, que sempre me incentivaram nos estudos, por todo o trabalho duro que sempre tiveram para que eu chegasse até aqui e por sempre estarem ao meu lado. A toda a minha família, e a todos meus amigos e colegas que sempre estiveram nessa jornada comigo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pois sem Ele, nada disso seria possível e por sempre me proteger e me abençoar durante toda minha vida e a Nossa Senhora por sempre me guiar em todos os momentos difíceis.

Aos meus pais Deusanete e Marco que sempre fizeram de tudo para garantir que eu tivesse a melhor base de estudo, sempre me incentivaram e me apoiaram em todos os momentos. Agradeço aos demais membros da minha família, principalmente as minhas duas tias Andréa e Mariana que tenho como minhas outras mães desde a infância e aos meus avós Anacleto, Alzira e Socorro, aos quais tenho profundo amor e admiração e sempre sonharam em ver seus netos segurando um diploma.

Aos meus grandes amigos de escola Jorge, Helen, Wellington, Lanna, Victor e Paula, que permanecem até hoje comigo, tenho muito orgulho de vocês. Agradeço as amizades que criei durante a faculdade: Janine, Matheus, Tamara, Ivanária, Letícia, Enzo, João Pedro, Aurélio, Diemerson, Mirla, Ivan, João Victor e aos demais colegas da turma de Engenharia Agrícola 2017.1. Obrigado por cada momento compartilhado durante esses anos e por todos os trabalhos em grupo, vocês foram essenciais para que essa caminhada fosse mais leve. Também agradeço a alguns dos meus amigos que tenho como irmãos e foram essenciais não só nessa jornada, mas em toda a minha vida: Luciana, Hercilio Ben, Jullyanna, Patricya, Lays, Hemerson, Juliana, Francisco, Dalane e Samily.

Agradeço a todo o corpo docente da UFMA-CCCh, em especial meu professor Washington Sousa, que me ajudou em muitos projetos e me apresentou em muitas áreas da Engenharia Agrícola, a professora Daiane Fossatti que foi minha coordenadora de estágio e ao professor Khalil Menezes, um dos melhores professores que qualquer aluno pode ter durante a faculdade. Agradeço aos membros do grupo GETAD/NEFP e ao professor Igor Almeida, coordenador do grupo por me receberem e por todo o aprendizado adquirido e aos seus esforços para garantir novas oportunidades e aprendizados para os alunos. E por fim, gostaria de agradecer a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho e nesses 5 anos de faculdade.

RESUMO

A aplicação de ferramentas tecnológicas na agricultura na última década tem gerado um expressivo aumento da produtividade, minimizando o tempo de operação, mão de obra e facilitando na tomada de decisões. O sensoriamento remoto é uma das inovações tecnológicas mais empregadas atualmente no campo, atuando no monitoramento e controle das culturas, identificação de falhas nas linhas de plantio e outras funções através do uso de VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados), popularmente chamados de drones. O uso de VANTs na agricultura possibilita uma maior quantidade de dados e imagens em um menor tempo com mais eficiência. O objetivo foi identificar falhas de plantio utilizando imagens obtidas por drone. As etapas de aquisição de imagens e o pré-processamento das imagens (produção do ortomosaico) foram realizadas com o auxílio dos softwares Drone Deploy e WebODM, respectivamente. A partir do ortomosaico foram obtidos os índices de vegetação e a classificação das imagens na área do experimento. A análise das falhas de plantio e classificação da área foram realizadas utilizando os softwares QGIS e SAGA. Na detecção das linhas de plantio, foram encontradas desuniformidades nos espaçamentos entre as linhas, com a maioria das distâncias variando de 40 a 50 cm. Na análise das falhas, foram analisados 9 locais da área de aproximadamente 50 m². Todos os locais tiveram perdas menores que 50%, sendo a maior falha registrada com 48,56% do comprimento linear analisado. O monitoramento aéreo o por drones foi possível identificar e medir o comprimento das falhas de plantio na cultura de soja.

Palavras-chave: Falhas de plantio. VANTs. Sensoriamento Remoto. Ortomosaico

ABSTRACT

The application of technological tools in agriculture in the last decade has generated a significant increase in productivity, minimizing operating time, labor and facilitating decision-making. Remote sensing is one of the most used technological innovations currently in the field, it remained in the monitoring and control of cultures, identification of failures in planting lines and other functions through the use of UAVs (Unmanned Aerial Vehicles), popularly called drones. The use of UAVs in agriculture allows a greater amount of data and images in a shorter time with more efficiency. The objective was to identify planting failures when using foreign drone images. The image acquisition steps and image pre-processing (orthomosaic production) were performed with the aid of Drone Deploy and WebODM software, respectively. From the orthomosaic, the vegetation indices and the classification of the images in the experiment area were obtained. The analysis of planting failures and classification of the area were performed using QGIS and SAGA software. In the detection of planting rows, uneven spacing between rows was found, with most distances ranging from 40 to 50 cm. In the analysis of the failures, 9 sites of the area of approximately 50 m² were analyzed. All locations had losses of less than 50%, with the largest failure registered with 48.56% of the analyzed linear length. Aerial or drone monitoring made it possible to identify and measure the length of planting failures in the soybean crop.

Keywords: Planting failures. UAVs. Remote Sensing. Orthomosaic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.....	18
Figura 2: Etapas do levantamento aéreo para obtenção de imagens georreferenciadas e análises cartográficas.....	19
Figura 3: Manuseio do drone DJI Phantom 4 Pro.....	20
Figura 4: Plano de voo no software Drone Deploy.....	20
Figura 5: Modelo Digital de Elevação (MDE) de lavoura comercial.....	22
Figura 6: Ortomosaico da área.....	23
Figura 7: Plantação de soja sem as linhas de plantio marcadas (a) e com as marcações (b).....	24
Figura 8: Binarização (a) e Índice de Vegetação EXG (Excess Green Index) (b) na área experimental.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados de número de linhas (NL), comprimento das linhas de plantio (CLP), comprimento das falhas (CFL) e porcentagem de falha (F) por grade.....	26
--	----

LISTA DE SIGLAS

VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
SIG	Sistema de Informação Geográfica
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPS	Global Positioning System
SPI	Sistemas de Processamento de Imagem
NAVSTAR	Navigation System for Timing and Ranging
REM	Radiação eletromagnética
GSD	Ground Simple Distance
MDE	Modelo Digital de Elevação
EXG	Excess Green Index
GLI	Green Leaf Index
TGI	Triangular Greenness Index
RGB	Red Green Blue

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. Objetivo Geral	14
2.2. Objetivos Específicos.....	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1. O Cultivo da Soja.....	14
3.2. Geoprocessamento Na Agricultura De Precisão	15
3.3. Uso De VANTs No Setor Agrícola	17
4. METODOLOGIA.....	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
6. CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da última década, a imersão da tecnologia na agricultura trouxe um expressivo aumento de produtividade e eficiência de trabalho. Diversos equipamentos e metodologias têm possibilitado o aprimoramento da capacidade de monitoramento e tomada de decisões, como navegação por satélite e rede de sensores, computação em rede, computação onipresente e computação sensível (AQEEL-UR-REHMAN, 2009).

Dentre essas inovações tecnológicas na agricultura, tem-se o sensoriamento remoto. É uma prática com vários tipos de dados estatísticos e é amplamente utilizada para identificação, caracterização, mapeamento, fiscalização e monitoramento de florestas naturais e plantadas. O desenvolvimento de novas tecnologias tem contribuído com a qualidade e disponibilidade de dados e imagens, que se tornaram mais acessíveis nos últimos anos. As técnicas e estudos geralmente estão focados em minimizar os trabalhos em campo (MEGA & KUPLICH, 2019).

Uma das tecnologias do sensoriamento remoto que estão sendo adotadas para a coleta de dados são os veículos aéreos não tripulados (VANTs), conhecidos popularmente como drones, surgindo como importante ferramenta na agricultura. Sua utilização na área agrícola e em missões de reconhecimento de área são de grande importância pela evolução e facilidade que o atual estágio de desenvolvimento tecnológico promove, principalmente pela redução do custo e do manuseio dos equipamentos e necessidade de otimização da produção (SANTOS et al, 2019).

Os VANTs permitem uma maior quantidade de dados coletados em um curto período de tempo. Quanto maior a coleta de dados, com visualização em tempo real e detalhada da propriedade, mais acessibilidade e clareza o produtor terá para as limitações do sistema produtivo e econômico. Isso possibilita em mais eficiência de correção dos vários fatores que podem ocasionar falhas na lavoura, como a falta de nutrientes no solo, doenças na cultura, falhas na semeadura e disponibilidade hídrica na cultura. Assim, se faz uma melhor gestão de sua propriedade, economizando tempo e dinheiro na utilização de insumos e do manejo, melhorando suas atividades agrícolas em aspectos sociais, econômicos e ambientais (BASSOI et al., 2019).

Portanto o uso dos VANTs vem consolidando-se com uma importante opção para o trabalho em campo, tendo em vista que o desenvolvimento tecnológico aplicado na agricultura. Esta tecnologia vem ajudando o produtor rural a desenvolver estratégias e práticas que possibilitem o aumento de eficiência da plantação, no gerenciamento da

agricultura, e maximizando os resultados das colheitas (ASSAIANETE & CAVIGIOLI, 2020). Tendo em vista os benefícios do uso dos VANTs no campo, o objetivo desse trabalho é detectar falhas e linhas de plantio em uma plantação de soja através de imagens capturadas por um drone.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Detectar falhas e linhas de plantio em uma lavoura de soja pelo sensoramento remoto por meio de imagens capturadas por VANTs.

2.2. Objetivos Específicos

- Obtenção de imagens de uma lavoura de soja através de drones para produção de modelo digital da área;
- Estimar linhas de plantio, a partir das fotos, para determinar falhas através dos aplicativos QGIS e SAGA;
- Classificar solo, cultura e linhas de plantio através de um índice vegetativo
- Medida do número e tamanho das falhas de plantio;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. O Cultivo da Soja

Oriunda da China e plantada primeiramente na Bahia no século XIX, a soja (*Glycine max*) atualmente é um dos grãos mais comercializados no mundo, devido ao seu potencial como matéria prima de vários alimentos. Somente na safra 2021/22, a colheita está estimada, só no Brasil, em 125,6 milhões de toneladas, tendo uma redução de 10% em relação à safra de 2020/21 (135,4 milhões), devido as altas temperaturas em importantes regiões produtoras como Paraná e Santa Catarina (CONAB, 2022).

A importância da soja no setor produtivo pode ser percebida pelos diversos elos do complexo da soja. O complexo de soja é uma das maiores cadeias agroindustriais do Brasil, sendo que seu principal destino é o processamento do grão em óleo e proteína. Do grão esmagado, quase 80% é convertido em farelo e o restante em óleo. O farelo é o insumo matriz para a produção de aves, ovos e suínos enquanto o óleo tem ampla utilização industrial e na produção de biodiesel, além de ser muito consumido pela população. O aumento do esmagamento da soja tem acarretado uma relação crescente entre a indústria, a agricultura e a pecuária (OLIVEIRA et al, 2016).

Por sua grandeza e alto poder econômico, diversos estudos e experimentos vêm sendo feitos ao longo da década visando o aumento da produtividade da soja, alinhada com a sustentabilidade ambiental. A melhor relação entre produtividade, conservação ambiental e a efetividade econômica (lucro) é o objetivo a ser alcançado pelos produtores, porém é necessário ressaltar que existem diversos fatores pertinentes em todo o processo produtivo (WOUTERS & SEBEM, 2020). Fatores como semeadura e o manejo do solo, se não forem empregados de forma correta, podem acarretar falhas no plantio.

A cultura de soja pode sofrer significativas perdas de produtividade quando exposta a plantas invasoras em um mesmo local, pois a planta daninha e a planta local competem por nutrientes, luz solar e água, comprometendo as operações mecanizadas na área e a qualidade do grão colhido (CATANI, 2018). Além disso, a desproporcionalidade na distribuição de sementes ao longo da linha de semeadura pode ocasionar em um aproveitamento ineficiente dos recursos disponíveis, como luz, água e nutrientes, reduzindo a produtividade devido a competição na população de plantas (FISS et al 2018).

O clima também é um fator influente na produtividade da soja. Entre os principais fatores climáticos que determinam a época ideal para a semeadura da soja está a umidade e a temperatura do solo por ocasião da implantação da cultura e, especialmente, durante a fase reprodutiva. Para que isso ocorra da forma correta, deve haver adequada condição de umidade e aeração do solo e a semeadura deve propiciar a melhor interação possível entre solo e semente (EMBRAPA, 2006).

3.2. Geoprocessamento Na Agricultura De Precisão

O termo “agricultura de precisão” surgiu na década de 80 com o desenvolvimento das máquinas agrícolas e se intensificando em escala global na década de 90. Desde então, há inúmeras definições para a agricultura de precisão ao decorrer dos anos. Os autores Pierce & Nowak (1999) definiram a agricultura de precisão como a aplicação da tecnologia e fundamentos para gerenciar a variabilidade espacial e temporal, estando relacionada a todos os aspectos da produção agrícola com o objetivo de melhorar o desempenho das culturas e a conservação ambiental.

Gebbers & Adamchuk (2010) definem a agricultura de precisão como uma união de tecnologias que junta sensores, sistemas de informação, maquinário aprimorado e gerenciamento informado para a otimização a produção, considerando a variabilidade e as incertezas nos sistemas agrícolas. E segundo Lamparelli (2016), a agricultura de precisão é um aglomerado de técnicas que permitem fazer um manejo localizado nos

cultivos, prevendo a otimização dos insumos da produção, através de técnicas que tem a finalidade de garantir o melhor rendimento da cultura, seguindo alguns parâmetros como localização, fertilidade do solo, entre outros fatores.

O geoprocessamento é um dos conceitos mais abrangentes dentro da agricultura de precisão. Segundo Zaidan (2017), essa ciência pode ser considerada como um ramo de atividades, e pode ser definido como a agregação de técnicas e métodos teóricos e computacionais referentes com a coleta, entrada, armazenamento, tratamento e processamento de dados, para criar novos dados e informações espaciais ou georreferenciadas.

A automação de diversos processo repetitivos na agricultura tem acontecido devido a intensa incorporação de ferramentas inovadoras no campo. O país, sendo um dos líderes no agronegócio, vem aplicando geotecnologias dentro da agricultura de precisão, como o uso de sensores, nanotecnologia, previsão de safra, monitoramento *in situ* e modelagem de cenários de mudanças globais (SIMÕES; SOLER; PY, 2017).

Essas geotecnologias englobam processamento e armazenamento de dados georreferenciados por meio dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS), e Sistemas de Processamento de Imagens (SPI). O nome mais correto para o Global Positioning System (GPS) é Navigation System for Timing and Ranging (NAVSTAR). Esse sistema é composto por três segmentos: o espacial (satélites), o controle (rede de estações terrestres de monitoramento) e pelos usuários (recurso humano) (REGHINI & CAVICHIOLI, 2020).

Os SIGs (Sistemas de Informação Geográfica) são um exemplo de geotecnologia e representam a junção de hardwares e de softwares capazes de armazenar, analisar e processar dados georreferenciados. Os SIGs podem conter arquivos digitais em formatos do tipo raster (imagens de satélite e fotos aéreas) ou do tipo vetorial (pontos, linhas ou polígonos). A análise das informações e dos dados contidos em um SIG permite a criação de mapas, gráficos, tabelas e relatórios que representam, digitalmente, a realidade do mundo real (EMBRAPA, 2014).

Um dos componentes do SIG é o sistema global de navegação por satélite (Global Navigation Satellite Systems - GNSS), desenvolvido pelos EUA e denominado de GPS (Global Positioning System), iniciando as primeiras operações em 1978, e considerado operacional em 1995. A disponibilização de sinal de satélites GPS, viabilizou a instalação de receptores em colhedoras, possibilitando armazenar dados de produção instantânea associada à coordenada geográfica. Em 1996, surge no mercado colhedoras

com capacidade de mapeamento da produção, gerando o auge da agricultura de precisão no mundo, tornando possível a prática de mapeamento e aplicação de insumos à taxa variada por meio de máquinas (INAMASU & BERNARDI, 2014).

3.3. Uso De VANTs No Setor Agrícola

Conhecidos usualmente como drones, os VANTs (abreviação de “Veículos Aéreos Não Tripulados”) são, de acordo com Eisenbeiss (2009), veículos controlados, que executam voos autônomos, semiautônomos ou guiados manualmente por controle remoto e tem um diferencial das aeronaves tripuladas principalmente pelo fato da ausência do piloto.

No setor agrícola, os VANTs são capazes de tornar a gestão agrícola mais eficiente devido a suas várias utilidades como aplicação de insumos, monitoramento no índice de vegetação e mapeamento de áreas de plantio, proporcionando a redução de custos e a sustentabilidade ambiental. Contudo, essa eficiência depende do tipo de VANT a ser usado em uma operação agrícola pois há diversos tipos de VANTs, cada um com sua finalidade (BITTENCOURT, 2022).

O monitoramento por drones garante uma melhor gestão do plantio, pois garante que a produtividade desejada seja alcançada, ao mesmo tempo que desempenham as atividades em um tempo muito menor e buscando minimizar as perdas, se comparados com outros métodos como aviões e satélites. O investimento também ocorre rapidamente, uma vez que as perdas são diminuídas ou evitadas por meio do monitoramento das lavouras com os drones, destacando também as imagens de alta resolução obtidas a um custo acessível ao produtor (PIXFORCE, 2016).

De acordo com Kerrow (2004), os VANTs se classificam em dois grupos: VANTs de asa fixa e VANTs com asas rotativas. De acordo com este autor, os VANTs de asas fixas são mais apropriados para grandes áreas, devido ao grande espaço necessário para decolagem e manobras, sendo assim, se tornam uma opção viável para uso em lavouras. Já os VANTs com asas rotativas são indicados para áreas menores e ambientes fechados ou com a presença de obstáculos, já que necessitam de um menor espaço para decolagem, manobras e pouso. Esse tipo de equipamento permite voos com alta estabilidade, assim possibilitando a obtenção de imagens com altíssima resolução espacial em lugares de difícil acessibilidade.

O uso de VANT em agricultura de precisão tem focado no uso de sensores baseados na espectroscopia de reflectância, ou seja, em medidas da reflexão da radiação

eletromagnética (REM), mais especificamente abrangendo a região do visível (0.4 a 0.7 μm), infravermelho próximo (0.7 a 1.3 μm) e infravermelho de ondas curtas (1.3 a 2.5 μm). Os sensores que são mais utilizados em VANTs são as câmeras Red Green Blue (RGB), que atuam nos comprimentos de onda na faixa do visível, câmeras térmicas, que detectam o estresse hídrico da planta e câmeras multiespectrais, que atuam principalmente nos comprimentos de onda na faixa do infravermelho (JORGE & INAMASU, 2014).

4. METODOLOGIA

A área agrícola usada para o estudo se encontra em uma lavoura comercial, localizada em Buriti – MA, pertencente a mesorregião Leste Maranhense (Figura 1). Segundo Resende et.al (2014), o clima da região é do tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen, que apresenta clima tropical com inverno seco. A umidade relativa da região tem média na faixa de 70%, precipitação pluviométrica anual de 1600 mm a 2000 mm e temperatura média anual de 27°C (MARANHÃO, 2002).

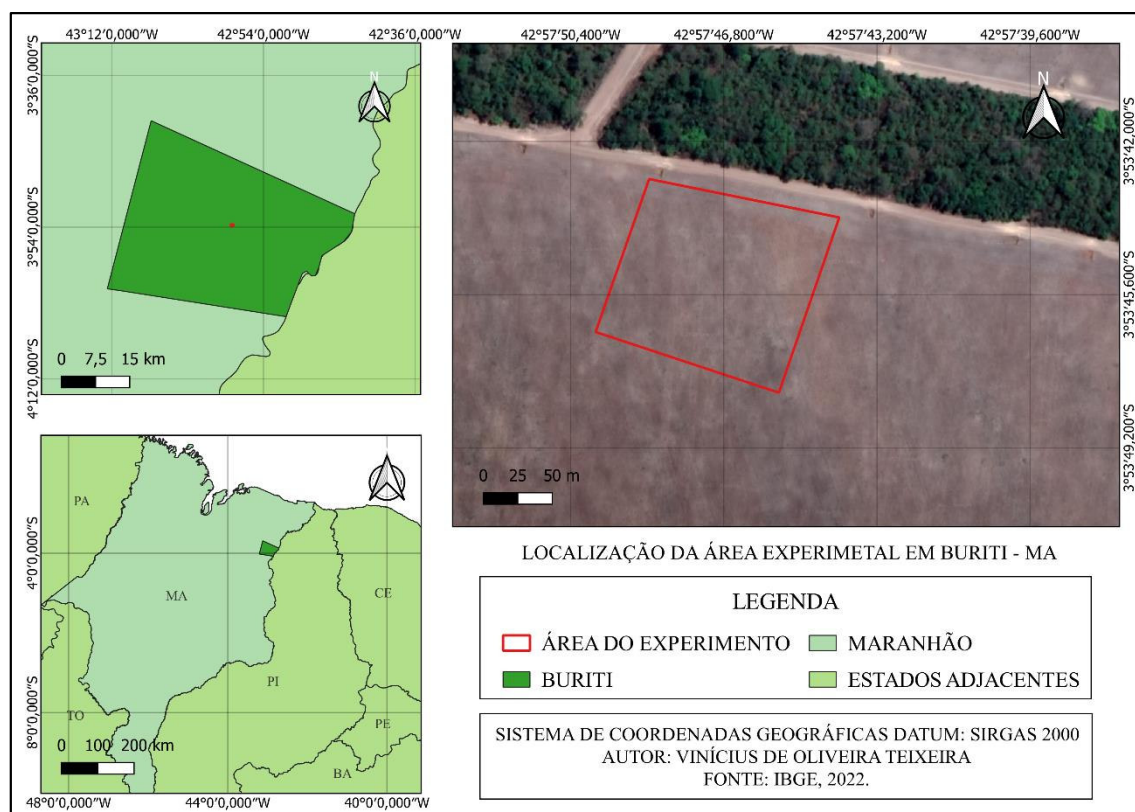


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.

Para esse levantamento aéreo, adotou-se os seguintes procedimentos para a obtenção das análises cartográficas (figura 2):

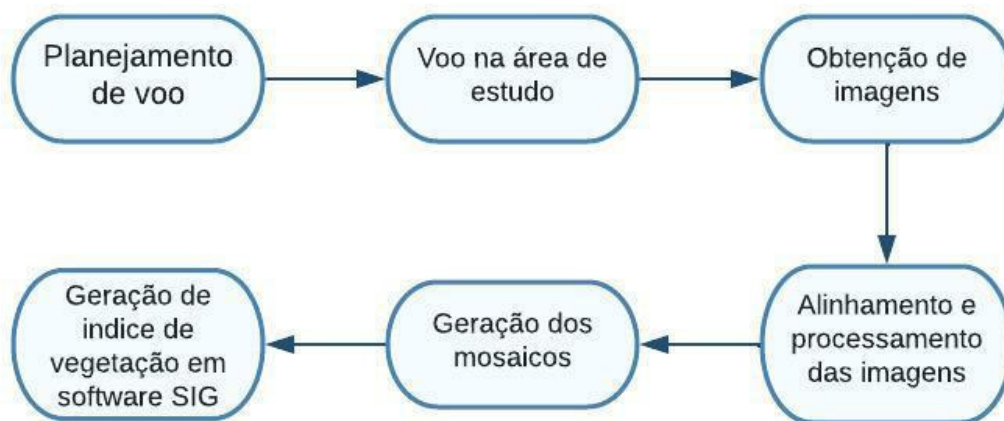


Figura 2: Etapas do levantamento aéreo para obtenção de imagens georreferenciadas e análises cartográficas.

O drone usado para a captura das imagens foi o Phantom 4 Pro. O drone de asas rotativas realiza voos de modo totalmente automático através do GPS integrado, é resistente a ação dos ventos de até 10 m/s, tem tempo de voo de até 30 minutos, bateria de 5870 mAH, e consegue trabalhar em locais com temperaturas até 40°C. Para a captura das imagens e gravação de vídeos, o drone dispõe de uma câmera FC6310 com resolução de 20 mega pixels em alturas de até 120 metros, pela legislação vigente. O gimbal que minimiza as variações da câmera durante um voo do drone, tem um alcance controlável de -90° a 30° e faixa de vibração angular de $\pm 0.02^\circ$. O drone consegue armazenar uma grande quantidade de fotos em uma memória de 128 GB (DJI, 2016).



Figura 3: Manuseio do drone DJI Phantom 4 Pro.

Para cobrir toda a área de estudo de 2,53 hectares com uma altura de voo de 31,6 metros, o drone capturou um total de 275 imagens em um tempo de 26 minutos e 41 segundos. O voo foi realizado no dia 28 de janeiro de 2022 durante o período da manhã, 20 dias após a semeadura.

O software utilizado para realizar o voo autônomo foi o Drone Deploy. Este programa, que funciona em um dispositivo móvel, é capaz de criar planos de voo automatizado para capturar imagens da área definida pelo usuário e consegue monitorar a velocidade do VANT, altura de voo e quantidade de fotos tiradas. O limite da área do levantamento aéreo foi baseado levando em consideração os limites da propriedade.

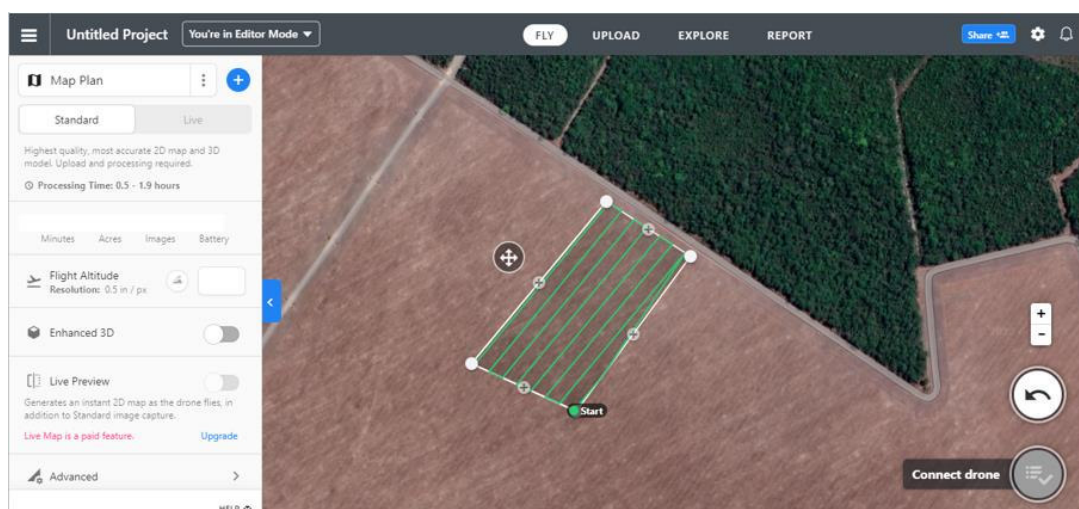


Figura 4: Plano de voo no software Drone Deploy.

Para a definição de altura de 31,6 m do voo, foram avaliados fatores como a topografia da área, avaliando relevos que pudessem interferir no trajeto do equipamento e as vegetações próximas a área de estudo, a fim de evitar acidentes com o drone. A sobreposição utilizada para o voo foi de 80% frontal por 60% lateral. Ainda se avaliou o GSD (Ground Sample Distance), que seria a “distância de amostra do solo”. Essa amostra de solo corresponde a cada pixel, portanto, o tamanho do pixel é o GSD. Para a área do experimento, o GSD foi de 8,48 mm/pix e comprimento focal de 8,8 mm para a altura de 31,6 metros.

O processamento das imagens foi feito pelo programa WebODM. É um programa de software de código aberto que processa imagens pesadas de drone, cria ortofotos e modelos tridimensionais. As fotos são registradas inicialmente no sistema de coordenadas geográficas no formato Datum planimétrico WGS-84 e precisam ser convertidas para o sistema de coordenadas projetadas Sirgas 2000/UTM Zone 23S. Após isso, as imagens passam por um alinhamento para encontrar pontos homólogos nas fotos sobrepostas, formando uma nuvem de pontos. Esse procedimento é necessário para a criação dos modelos de superfície pois determina as altitudes do terreno.

O processo de alinhamento durou 2 minutos e 40 segundos, enquanto o processo de nuvem de pontos durou 46 minutos e 28 segundos. Com o processo de alinhamento das imagens feito, foi possível dar sequência no processamento das imagens. Foi gerado a partir do alinhamento, a nuvem densa que contém 97.772.298 pontos. A partir da nuvem de pontos, a imagem foi processada e foi possível criar o modelo digital de elevação (MDE), que é um modelo de representação altimétrica dos elementos da imagem, com um processamento de 7 minutos e 45 segundos. A partir do MDE, foi criado o ortomosaico.

Assim que o ortomosaico foi processada, ela foi exportada para um arquivo com extensão “.tif”. Assim, nessa extensão, foi possível abrir a imagem no software QGIS para as análises e identificação das linhas e falhas de plantio, e para o software SAGA, para a classificação dos elementos da ortomosaico,

Na classificação da área, o ortomosaico passou pelo processo de binarização, que consiste na separação da imagem em elementos primários que sejam de interesse dos que não sejam prioridade. O índice usado para a classificação das plantas foi o Excess Green Index (ExG) (Woebbecke et al, 1995), um índice vegetativo que destaca o contraste verde do espectro da imagem do vermelho e do azul, separando plantas saudáveis de

plantas com alguma deficiência e destacando o solo exposto em imagens RGB. A fórmula do índice ExG é definida como:

$$\text{ExG} = 2G - (R + B)$$

em que:

G: banda verde;

R: banda vermelha;

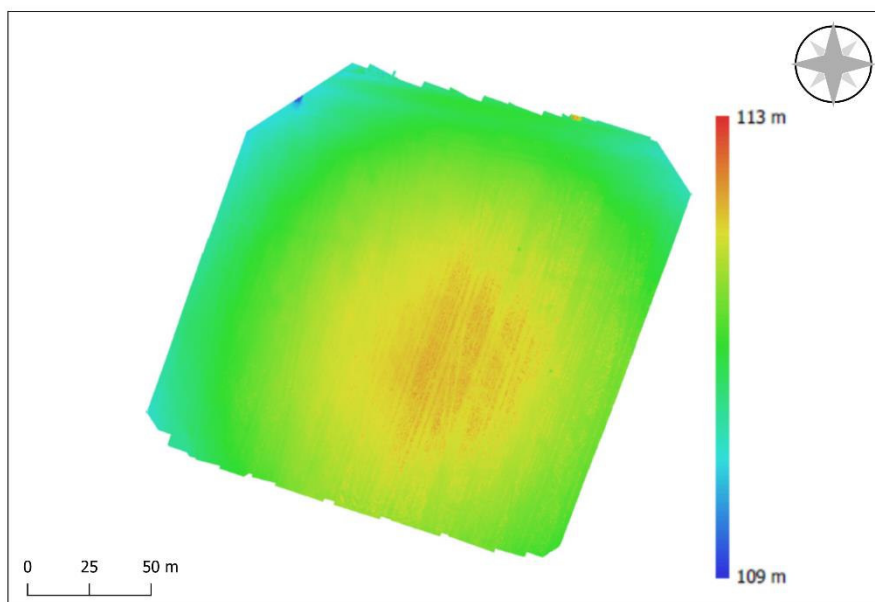
B: banda azul;

Através do índice, teve-se uma visualização mais ampla das linhas de plantio. Para a identificação de falhas de plantio nas linhas, foi criado grades em cima dessas linhas, de modo que elas contassem as falhas dentro dessa grade, medindo a distância de uma planta para outra na mesma linha. Dentro de cada grade, foram avaliados: número de linhas por grade (NL), comprimento das linhas de plantio lineares em metros (CLP), comprimento das falhas lineares em metros (CFL) e porcentagem de falha (F%).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 5, é exibido o MDE obtido a partir do software WebODM. O mapa foi utilizado como suporte na identificação das plantas presentes na linha de semeadura.

MDE (Modelo Digital de Elevação) na área do voo



SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS DATUM SIRGAS 2000
FONTE: SOFTWARE WEBODM

Figura 5: Modelo Digital de Elevação (MDE) de lavoura comercial.

O MDE possui resolução de 1,7 cm/pix, o que permitiu obter uma imagem com alta resolução. O modelo aponta que a menor altitude registrada foi de 109 m, enquanto a maior foi de 113 m. A partir do MDE, foi gerado o ortomosaico, livre de distorções, que corresponde a junção das ortofotos e mostrando a área em cores reais na figura a seguir (Figura 6).



Figura 6: Ortomosaico da área.

O ortomosaico, assim como o MDE, foi gerado em uma posição inclinada como mostra a figura. Segundo Sopchaki et al (2018), é importante lembrar que a posição de cada imagem é o resultado de uma trajetória calculada em tempo real a partir de dados iniciais e coordenadas transmitidas. A partir do ortomosaico, foi possível identificar e traçar as linhas de plantio de soja (Figura 7).

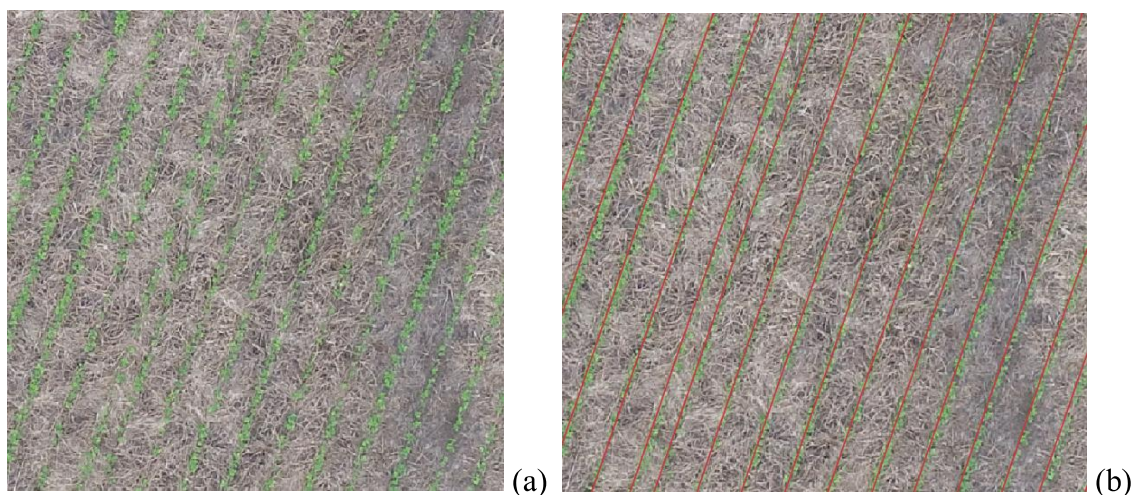


Figura 7: Plantação de soja sem as linhas de plantio marcadas (a) e com as marcações das linhas de plantio (b).

Na foto a, pode-se perceber que as plantas ainda estão em estágio inicial de desenvolvimento. O voo foi feito 20 dias após a semeadura, portanto, tanto as linhas como as falhas de plantio são mais perceptíveis devido à ausência de cobertura foliar. Segundo Procópio et al (2013), em caso de ocorrer problemas no processo de semeadura ou quando ocorrem ataques de pragas durante a emergência e estabelecimento inicial da cultura, as plantas acabam sendo eliminadas, dando origem as falhas nas linhas de plantio, sendo que as plantas localizadas na borda destas falhas apresentam comportamento diferenciado das demais, pois dispõem de uma maior quantidade de nutrientes.

A foto b mostra as linhas de plantio criadas, tendo um total de 312 linhas criadas por toda a área. Porém, percebe-se que a distância entre as linhas não é uniforme em todas as regiões. A maioria dos espaçamentos ficam entre 40 e 50 cm, porém foram encontrados espaçamentos com menos de 25 cm. De acordo com a Embrapa Soja (2004), espaçamentos menores que 40 cm propiciam um sombreamento mais rápido entre as linhas, melhor controle das plantas daninhas e maior absorção de luz incidente, porém não permitem a realização de operações de cultivo entre linhas sem gerar perdas significativas por amassamento das plantas devido ao espaçamento estreito.

Pires et al (1998) acrescenta que outro fator consequente desse estreitamento dos espaçamentos entre linhas é a eficiência da água na lavoura, que acontece devido a menor evaporação de água no solo pois ocorre uma menor incidência dos raios solares nas entrelinhas. Na visualização das falhas dentro das linhas, o software SAGA fez a classificação de cultura e solo, em toda a área através do processo de binarização, separando em solo e culturas e no processamento do índice ExG, que serve para destacar

a presença de plantas saudáveis de doentes e de solo exposto. A figura 8 mostra o resultado dos processamentos.

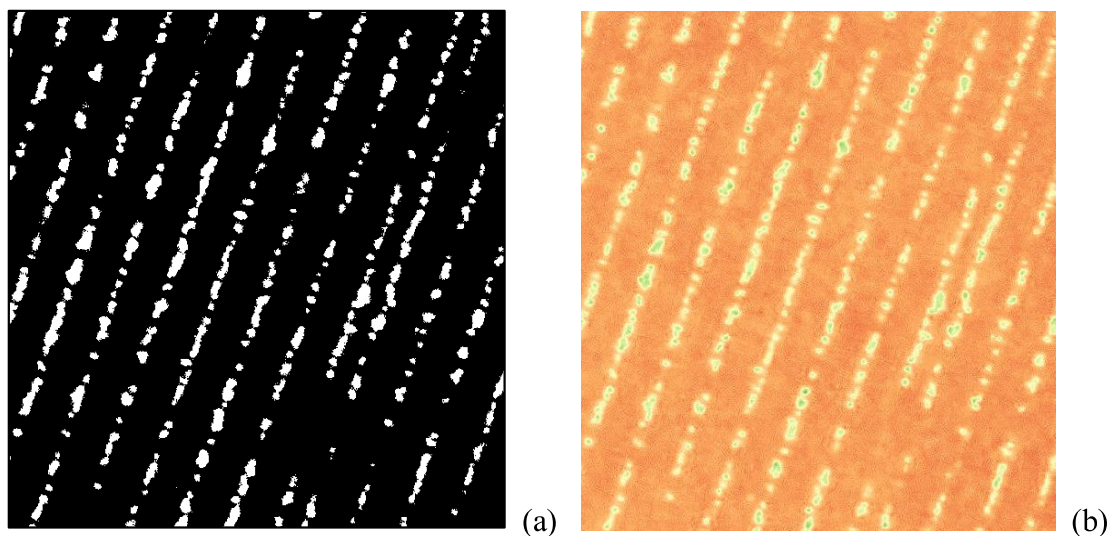


Figura 8: Binarização (a) e Índice de Vegetação ExG (Excess Green Index) (b) na área experimental.

A foto a mostra um trecho do ortomosaico binarizado, destacando as culturas nas linhas de plantio em branco e o solo exposto em cor preta. Já a figura b exibe o índice ExG aplicado, mostrando o solo exposto em pixels vermelhos e as plantas maiores em verde e plantas menores em amarelo.

Os valores dos pixels do ExG variam de -60 a 178, sendo o maior valor expresso nas posições onde se encontram presença de plantas saudáveis. Foram encontrados muitos pixels com valores inferiores a 0. O valor com maior frequência foi de -7, que aparece em torno de 85000 pixels. No decorrer da faixa, o valor -32 havia uma quantidade significativa de pixels (o valor em questão tem uma frequência de 200 pixels), os valores seguintes não tinham uma quantidade significativa, sendo praticamente nula em alguns casos. Já para valores maiores que 0, o maior valor registrado foi o valor 1, com 45000 pixels. O valor mediano 59 aparece em 2000 pixels. No intervalo de valores 100 a 120, existem uma quantidade significativa variando de 300 a 1000 pixels. Os valores maiores que 120 não possuem uma frequência significativa.

O valor -0,5 é o primeiro valor que representa o solo exposto da área e o solo presente nas falhas nas linhas de plantio. O primeiro valor com frequência a partir de -0,5 é -1 que aparece em 58000 pixels. O valor mediano 59 representa as plantas não saudáveis ou plantas com menos nutrientes e o valor 118,5 é o valor primário indicativo

de uma planta saudável. O valor 118,8 é o primeiro que aparece nos pixels com 200 repetições. Essa grande presença de valores negativos se deve justamente pelas plantas analisadas ainda estarem em estágio inicial de desenvolvimento, tendo uma grande representação de solo exposto. Em estudos feitos por Silva et al (2022), os autores comprovaram que, em estudos da cultura de soja através dos índices vegetativos em imagens RGB, o índice ExG foi o melhor índice usado para representar a área de cobertura do local e indicação de solo exposto, quando comparados a outros índices como GLI (Green Leaf Index) e TGI (Triangular Greenness Index).

Na medida das falhas nas linhas de plantio, foram criadas 9 grades retangulares para medida de falhas, com os resultados das variáveis expressas na tabela 1. Todas as grades feitas cobriam 49,98 m² de área do experimento.

Tabela 1: Resultados de número de linhas (NL), comprimento das linhas de plantio (CLP), comprimento das falhas (CFL) e porcentagem de falha (F) por grade.

Grade de falhas	NL	CLP (m)	CFL (m)	F(%)
1	11	109,98	47,66	43,33
2	11	110,00	41,20	37,45
3	11	109,98	53,40	48,56
4	11	109,98	44,74	40,67
5	11	109,99	44,65	40,60
6	11	109,99	49,52	45,03
7	12	117,93	54,37	46,10
8	11	109,98	46,24	42,04
9	12	119,59	50,43	42,17

Nota-se que todas as áreas de quase 50 m² analisadas, as falhas lineares encontradas tiveram percentuais menores que 50%, quando analisadas em comprimentos lineares de até 110 m. O maior valor de falhas registrado corresponde a 48,56% em 109,98 m de linha de plantio e o menor com 37,45% em 110 metros.

A origem de falhas na linha de plantio pode decorrer de vários fatores, desde agentes externos no campo (como aves, fungos e plantas daninhas) até a colheita mecanizada. Ceolin (2015) em um estudo de qualidade de semeadura e distribuição das sementes de soja constatou que com o aumento da velocidade padrão de semeadura, ocorre o aumento da desuniformidade dos espaçamentos entre plantas.

De acordo com Neto et al (2008), quando há falhas nas fileiras de semeadura, facilita o desenvolvimento de plantas daninhas que concorre com cultura pela captação de nutrientes no solo, reduzindo o tamanho das plantas pela falta de nutrientes ou luminosidade. O estande estabelecido dessa maneira irá reduzir os ganhos produtivos, e dificultará os trabalhos da colheita mecanizada.

6. CONCLUSÃO

O uso do VANT DJI Phantom 4 Pro aliado aos softwares Drone Deploy e WebODM possibilitou a captura de fotos com qualidade necessária para criar um modelo digital de elevação e ortomosaicos de boa resolução espacial e precisão, que ajudaram nas análises de falhas nas linhas de plantio na região de Buriti – MA. O uso das ferramentas QGIS e SAGA foram eficazes na identificação de linhas de plantio no ortomosaico, na medição das falhas por linha na grade e na classificação de solo exposto e planta pelo índice Excess Green Index.

As regiões analisadas obtiveram uma média de 42,88% de falhas, sendo o maior valor registrado ainda inferior a 50% de falhas nas linhas. A metodologia tem a possibilidade de ser analisada com uma escala maior de grades de análise, assim como o uso de VANTs na agricultura tem potencial para muitas outras funcionalidades dentro da agricultura de precisão ainda não muito exploradas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSAIANETE, B. A. S.; CAVICHIOLI, F, A. A utilização de veículos aéreos não tripulados (VANT) na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Interface tecnológica**, Taguaritinga/SP, v. 17, n. 1, p. 444-455, 2020.

AQEEL-UR-REHMAN.; SHAIKH, Z. A. Smart agriculture, Application of Modern High Performance Networks. **Bentham Science Publishers Ltd**, p. 120–129, 2009.

BASSOI, L. H; INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. de C.; VAZ, C. M. P.; SPERANZA, E. A.; CRUVINEL, P. E. Agricultura de precisão e agricultura digital. **Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, n. 20, p. 17-36, 2019.

BITTENCOURT, M. **Drones agrícolas: veja como melhor utilizá-los na fazenda**. Porto Alegre, RS: Blog da Aegro, 2022. Disponível em <https://blog.aegro.com.br/drones-agricolas/>. Acesso em 25 de novembro de 2022.

CATANI, R. **Monitoramento temporal da cultura da soja através do sensoriamento remoto com a utilização de um RPA**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CEOLIN, G. **Qualidade da semeadura da soja em função da velocidade e do sistema de distribuição**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento do Brasil. **Produção de grãos atinge recorde na safra 2021/22 e chega a 271,2 milhões de toneladas**. Brasília, DF: CONAB, 2022. Disponível em <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4744-producao-de-graos-atinge-recorde-na-safra-2021-22-e-chega-a-271-2-milhoes-de-toneladas>. Acesso em 11 de novembro de 2022.

EISENBEISS, H. VANT Photogrammetry. Zurich, **University of Technology Dresden**. Doctor of Sciences: 237p., 2009.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Geotecnologias e Geoinformação: O produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF, 254p, 2014.

EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2004. Londrina: Embrapa Soja: **Embrapa Agropecuária Oeste: Embrapa Cerrados: EPAMIG: Fundação Triângulo**, 2003. 237p (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, n.4).

EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja - região central do Brasil 2007. Londrina: Embrapa Soja: **Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste**, 2006. 225 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 11).

FISS, G; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; CASTELLANOS, C. I. S.; MENEGHELLO, G. E.; AUMONDE, T. Z. Produtividade e características agronômicas da soja em função de falhas na semeadura. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 61, 2018.

GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V. I. Precision agriculture and food security. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 828-831, 2010.

INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C. **Agricultura de precisão. In: bernardi, A. C. C. et al. (org.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar.** Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 21-33.

JORGE, L. A. C.; INAMASU, R. Y. **Uso De Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) Em Agricultura De Precisão.** In: BERNARDI, A. C. C. *et al.* Agricultura de precisão: Resultados de um novo olhar. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap 08, p. 109-134.

KERROW, P. M. **Modeling the Draganflyer four-rotor helicopter.** IEEE International Conference on Robocotics & Automation, New Orleans, LA, USA, p. 3596-3601, 2004.

LAMPARELLI, R. A. C. **Agricultura de precisão.** Brasília, DF: Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2016. Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de->

acucar/arvore/CONTAG01_72_711200516710.html. Acesso em 26 de novembro de 2022.

MARANHÃO - GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO. Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico - GEPLAN. Atlas do Maranhão. São Luís: Universidade Estadual do Maranhão, 39 p. 2002.

MEGA, C. P.; KUPLICH, T. M. APLICAÇÕES FLORESTAIS DO LIDAR AEROTRANSPORTADO NO BRASIL–UMA REVISÃO. **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Santos, SP: INPE, 2017, p. 3016-3019.

NETO, R.P.; BRACCINI, A.D.L.; SCAPIM, C.A.; BARTOLOTTO, V.C.; PINHEIRO, A.C. Desempenho de mecanismos dosadores de sementes em diferentes velocidades e condições de cobertura do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.30, p.611-617, 2008.

OLIVEIRA, P. A. de.; CERVI, R. G.; RODRIGUES, S. A.; CAMPOS, B. C. de. Análise dos custos de produção para o cultivo da soja em cenários distintos de produtividade e preço no interior paulista. **Revista do Agronegócio–Reagro, Jales**, v. 5, p. 58-66, 2016.

PHANTOM 4 PRO – Especificações. DJI, 2016. Disponível em <https://www.dji.com/br/phantom-4-pro/info>. Acesso em 4 de outubro de 2022.

PIERCE, F. J.; NOWAK, P. Aspects of precision agriculture. **Advances in agronomy**, v. 67, p. 1-85, 1999.

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 4, n. 2, p. 183- 188, 1998.

PIXFORCE. **Drones na Agricultura: tudo sobre a tecnologia que está mudando o setor**. Porto Alegre, RS: PIXFORCE, 2016. Disponível em <https://www.pixforce.com.br/post/drones-na-agricultura-tudo-sobre-a-tecnologia-que-est%C3%A1-mudando-o-setor>. Acesso em 26 de novembro de 2022.

PROCÓPIO, S. de O.; JUNIOR, A. A. B.; DEBIASI, H; SANTOS, J. C. F. dos; PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 4, p. 319-325, 2013.

REGHINI, F. L.; CAVICHIOLI, F. A. Utilização de geoprocessamento na agricultura de precisão. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 329-339, 2020.

RESENDE, J. M. do A.; JÚNIOR, J. M.; FILHO, M. V. M.; DANTAS, J. S.; SIQUEIRA, D. S.; TEIXEIRA, D. de B. Variabilidade espacial de atributos de solos coesos do leste maranhense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1077-1090, 2014.

SANTOS, A. O. dos; CAVIOCHIOLI, F. A.; SOARES, N. M.; CLAUDINO, T. da S. AGRICULTURA 4.0: O uso dos drones. **VISIMTEC –Simpósio de Tecnologia**. Taquaritinga, SP: FATEC, 2019, p. 38-47.

SILVA, M. H. da; ELIAS, A. R.; ROSÁRIO, L. L. do. Análise da cultura da soja a partir de índices de vegetação (ExG–GLI–TGI–VEG) advindos de imagens RGB obtidas com ARP. **Revista Brasileira de Geomática**, v. 10, n. 2, p. 140-154, 2022.

SIMÕES, M.; SOLER, L. S.; PY, H. Tecnologias a serviço da sustentabilidade e da agricultura. **Boletim Informativo Da SBSCS** [s.l.], p. 49-53, maio-jun., 2017.

SOPCHAKI, C. H.; PAZ, O. L. S.; GRAÇA, N. L. Z. S.; SAMPAIO, T. V. M. Verificação da qualidade de ortomosaicos produzidos a partir de imagens obtidas com aeronave remotamente pilotada sem o uso de pontos de apoio. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 43, p. 200-214, 2018.

WOEBBECKE, D.M.; MEYER, G.E.; VON BARGEN, K.; MORTENSEN, D.A. Color indices for weed identification under various soil, residue, and lighting conditions. **Trans. Am. Soc. Agric. Eng.** 1995, v. 38, p. 259–269.

WOUTERS, J. M.; SEBEM, E. Estimativa de falhas em semeadura de soja (Glycine Max (L) Merrill) a partir de imagens de sensoriamento remoto. **Revista Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 25, n. 1, p. 122-134, 2020.

ZAIDAN, R. T. Geoprocessamento conceitos e definições. **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, v. 7, n. 2, p. 195-201, 2017.