

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE EM CACHOEIRA DO SUL – RS
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

FILIPPE HALBERSTADT

**UTILIZAÇÃO DE DRONE NA AGRICULTURA COMO FERRAMENTA
PARA AUXILIAR NA TOMADA DE DECISÕES**

CACHOEIRA DO SUL - RS

2022

FILIPPE HALBERSTADT

**UTILIZAÇÃO DE DRONE NA AGRICULTURA COMO FERRAMENTA PARA
AUXILIAR NA TOMADA DE DECISÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado como requisito parcial para
obtenção de título de Bacharel em
Agronomia na Universidade Estadual do
Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Alberto E. Knies

CACHOEIRA DO SUL - RS

2022

FILIPPE HALBERSTADT

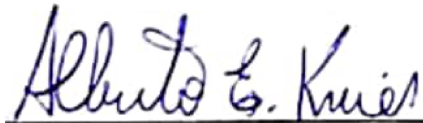
**UTILIZAÇÃO DE DRONE NA AGRICULTURA COMO FERRAMENTA PARA
AUXILIAR NA TOMADA DE DECISÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado como requisito parcial para
obtenção de título de Bacharel em
Agronomia na Universidade Estadual do Rio
Grande do Sul.

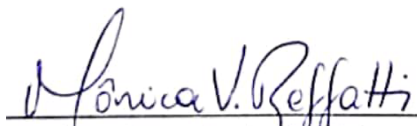
Orientador: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies

Aprovada em: 09 / 12 / 2022

BANCA EXAMINADORA



Orientador: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies
UERGS Unidade em Cachoeira do Sul



Profa. Dra. Mônica Vizzotto Reffatti
UERGS Unidade em Cachoeira do Sul



Prof. Me. Lucas dos Santos Jobim
Escola Estadual Técnica Nossa Senhora da Conceição

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

H157u Halberstadt, Filipe

Utilização De Drone Na Agricultura Como Ferramenta Para Auxiliar Na Tomada De Decisões. – / Filipe Halberstadt. – Cachoeira do Sul, 2022.
37 f.

Trabalho de Conclusão de curso (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Bacharelado em Agronomia, Unidade em Cachoeira do Sul, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies

1. Vants. 2. Modelo digital de terreno (mdt). 3. Infravermelho próximo. I. Knies, Alberto Eduardo. II. Título.

UTILIZAÇÃO DE DRONE NA AGRICULTURA COMO FERRAMENTA PARA AUXILIAR NA TOMADA DE DECISÕES

Estudante: Filipe Halberstadt

Orientador: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies

RESUMO

A utilização de veículo aéreo não tripulados na agricultura tem crescido consideravelmente nos últimos anos, sendo possível a obtenção de inúmeros produtos com equipamentos de entrada, como modelos digitais de terreno, ortomosaicos e, se acoplado com câmera compatível, podem ser obtidas imagens com infravermelho próximo. Este trabalho tem como intuito demonstrar os diferentes resultados que podem ser obtidos com o uso desta tecnologia e o impacto que ela pode ter na gestão e tomadas de decisão no dia a dia dos técnicos e agricultores. Foi realizado um estudo em 2 áreas agrícolas utilizando um drone comercial, descrevendo os softwares e processos utilizados no levantamento, abordando topografia, altimetria e o acompanhamento de uma propriedade ao decorrer de três safras. Sabemos que esta tecnologia já é realidade em alguns setores e que deverá ser estudada e abordada pelos profissionais da área que desejarem estar atualizados quanto as novas tecnologias e as suas possibilidades.

Palavras-chave: Vants, modelo digital de terreno (MDT), infravermelho próximo.

USE OF DRONE IN AGRICULTURE AS A DECISION-MAKING TOOL

Student: Filipe Halberstadt

Advisor: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies

ABSTRACT

The use of UAVs in agriculture has grown considerably in recent years, making it possible to obtain numerous products with input equipment, such as digital terrain models, orthomosaics and, if coupled with a compatible camera, near infrared images can be obtained. This work aims to demonstrate the different results that can be obtained with the use of this technology and the impact that it can have on the management and decision-making in the daily lives of technicians and farmers. A bibliographical research was carried out, seeking important information and data, addressing the theory and legislation regarding this technology and, a study was carried out in 2 agricultural areas using a commercial drone, describing the software and processes used in the survey, addressing topography, altimetry and monitoring a property over the course of 3 harvests. As a result, we know that this technology is already a reality in some sectors and that it should be studied and addressed by professionals in the area to be up to date with new technologies and their possibilities.

Keywords: Vans, digital terrain model (MDT), near infrared.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	8
2.REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1.MODERNIZAÇÃO NA AGRICULTURA E O USO DOS DRONES	10
2.2.TOMADAS DE DECISÃO NA AGRICULTURA	12
2.3.APLICAÇÕES DOS DRONES NA AGRICULTURA	13
2.3.1. Levantamento topográfico	15
2.3.2. Pulverização de pequenas áreas	16
2.3.3. Índice de vegetação diferenciada normalizada	16
2.4.LEGISLAÇÃO PARA O USO DO DRONE	19
3.OBJETIVOS	20
3.1.OBJETIVO GERAL	20
3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4.MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1.ÁREA DE ESTUDO 1	21
4.2.ÁREA DE ESTUDO 2	25
5.RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
5.1.IDENTIFICAÇÃO DE FALHAS EM POMAR	27
5.2.OBTENÇÃO DE MODELO DIGITAL DO TERRENO	28
5.3.MENSURAÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA DE RESERVATÓRIO ARTIFICIAL	29
5.4.MENSURAÇÃO DE ÁREA PARA PLANEJAMENTO DE CULTIVO	30
6.CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
7.REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento dos veículos aéreos não tripulados (VANTs) surgiu como uma importante opção na agricultura de precisão. Sua aplicação na área agrícola e em missões de reconhecimento vem sendo favorecida e facilitada pelo atual estágio de desenvolvimento tecnológico, principalmente pela redução do custo e do tamanho dos equipamentos e pela necessidade de otimização da produção (JORGE; INAMASU, 2014).

Drone é o nome popular da chamada Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), que é o termo correto para se referir às aeronaves não tripuladas de caráter não recreativo. A ARP é considerada uma subcategoria do Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), que é outro termo utilizado para se referir aos drones. Originalmente, esse equipamento surgiu para fins militares. Porém, por conta da sua praticidade e ampla possibilidade de aplicação, o drone passou a ser utilizado em outras áreas, como na agricultura. Afinal, além de ser capaz de registrar imagens de alta qualidade, os drones agrícolas também podem transportar e aplicar com precisões diferentes insumos agrícolas. Assim, é possível garantir a aplicação desses produtos à distância, inclusive em locais de difícil acesso. E essas são apenas algumas formas de uso de drones na agricultura (FIELDVIEW, 2022).

O uso de drones na agricultura representa um verdadeiro avanço em termos de monitoramento e manejo no campo. No Brasil, sua utilização foi regulamentada pelo Ministério da Agricultura (MAPA), que admite seu uso na aplicação de defensivos, adjuvantes, fertilizantes, inoculantes, corretivos e sementes. As principais vantagens desse tipo de equipamento no campo são sua capacidade de capturar imagens de alta qualidade e de monitorar diversos aspectos da fazenda (FIELDVIEW, 2022).

O drone agrícola é capaz ainda de aplicar diferentes insumos, gerar dados que facilitam a tomada de decisão, entre outras funções. Por isso, é considerado um recurso importante para a implementação da agricultura digital e com o auxílio do drone, o produtor tem maior facilidade para melhorar o monitoramento, a gestão e o manejo da lavoura. A possibilidade de monitorar com maior precisão diversos aspectos da fazenda e de identificar problemas com antecedência são fatores que mostram a importância dos drones agrícolas

O interesse VANTs tem crescido ao redor do mundo. Avanços recentes na tecnologia computacional, desenvolvimento de software, materiais mais leves, sistemas globais de navegação, avançados links de dados, sofisticados sensores e a miniaturização são os motivos do aumento de desenvolvimentos de VANTs. Hoje, mais de 40 países tem trabalhos de desenvolvimento de VANT para diferentes mercados. Os Estados Unidos aparecem como um dos líderes em termos de tamanhos, tipos e sofisticações dos sistemas, voltados principalmente para o mercado militar ao lado de Israel. Outros países incluem o Japão, Coreia do Sul, Austrália, França, Inglaterra, Itália, Alemanha e África do Sul. O Japão se destaca com mais de 2000 VANTs aplicados em pulverização e outras aplicações na agricultura (SIMPSON, 2003; DE GARMO, 2004).

A utilização do drone na agricultura também se deve a velocidade com que se consegue fazer um levantamento, sendo possível realizar o acompanhamento da lavoura praticamente em tempo real. Avaliando diversos quesitos na lavoura como sanidade das plantas, fertilidade, relevo e até mesmo um levantamento topográfico, sendo assim, uma excelente ferramenta de apoio para que agricultores possam ter uma melhor tomada de decisão na propriedade.

Assim, este trabalho tem o intuito de mostrar alguns produtos obtíveis da utilização de drones voltados para a agricultura, e como o agricultor pode se beneficiar destes para as tomadas de decisão e gerenciamento da propriedade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. MODERNIZAÇÃO NA AGRICULTURA E O USO DOS DRONES

A disponibilidade de mão de obra no setor rural continua em queda ocasionada principalmente pelo êxodo rural de jovens para estudar na cidade e concorrer a uma vaga de emprego melhor, mas visto que a demanda de alimentos tende a crescer, e as preocupações com o meio ambiente também aumentam consideravelmente, o meio de produção agrícola está em constante evolução (EMBRAPA, 2018).

Nos últimos anos têm sido cada vez mais utilizado o termo “Agricultura 4.0”, que se refere a digitalização e automação de processos de produção permitindo que equipamentos trabalhem de modo conectado, otimizando a produtividade (JACTO, 2019). Segundo Oliveira et al. (2020), a agricultura de precisão no Brasil é um tema muito atual e os produtores que adotam estas novas tecnologias acabam por ter plantios mais eficientes e maiores produtividades.

Diversos avanços tecnológicos vêm sendo inseridos na agricultura ao passar dos anos, tratores guiados por GPS, semeadoras com monitoramento do funcionamento, aplicação de adubo e defensivos com taxa e sistemas integrados de dados, onde o produtor tem acesso pelo celular, são alguns exemplos que já estão consolidados (PEREIRA, 2019).

O engenheiro espacial Israelita Abraham Karem foi quem viabilizou a construção e controle de drones controlados remotamente, baseando-se no modelo dos mísseis alemães V1 e V2 “em 1977, época de sua chegada nos EUA, eram necessárias 30 pessoas para controlar um drone. Diante desta situação, ele fundou a empresa Leading System, utilizando poucos recursos tecnológicos, como fibra de vidro caseira e restos de madeira (ITARC, 2018).

Tais aeronaves foram projetadas e desenvolvidas para missões militares que ofereciam risco à vida de seres humanos (ITARC, 2018), atualmente eles são utilizados em diversos setores da comunidade, engenharia, agricultura, resgate, monitoramento, entre outros, que fazem a utilização de drones diariamente, já que os sensores embarcados, como sistema de posicionamento global (GPS), câmeras

RGB, infravermelho próximo, câmeras térmicas, sensores de detecção de proximidade, autofalantes e sistemas de pulverização de defensivos agrícolas, podem ser montados em diversos modelos de drone conforme a necessidade do usuário.

Os satélites meteorológicos foram os pioneiros nesse segmento, com integração de câmeras, foi possível a observação de aspectos da superfície terrestre, mesmo que acidentalmente. Pavimentando assim uma das tecnologias que mais evoluiu nas últimas décadas.

Em 1972 houve o lançamento do primeiro satélite especificamente para o sensoriamento remoto, feito pelos Estados Unidos, o Land Sat 1, o satélite ficava a 919 km de altura. Ele capturava simultaneamente, uma imagem no espectro visível, uma imagem termal e uma imagem multiespectral com 4 bandas. Cada imagem tinha uma largura de 185 quilômetros obtendo assim uma resolução de 76 m por pixel, sendo obtido uma nova imagem do mesmo local a cada 18 dias (MENEZES E ALMEIDA, 2012).

A partir desse ponto houve o lançamento de diversos outros satélites europeus, sul-americanos e asiáticos cada um objetivando a sua região e as suas especificidades. Hoje em dia há inúmeros satélites no espaço, alguns que captam centenas de imagens, em todas as faixas espectrais, além de satélites com uma resolução muito alta podendo identificar objetos menores do que 50 cm.

Um dos setores em que os drones ganharam muito destaque e se tornaram essenciais, foi na agricultura, uma vez que se tornaram uma das principais ferramentas para manter o controle da plantação, monitorar propriedades, entre outros (GONÇALVES; CAVICHIOLI, 2021). Segundo Silva (2020), a última implantação tecnológica no setor foi o uso de drones em diversos processos em tempo real, como dados da colheita, além de identificar pragas, pulverização, dificuldades na produção, assim otimizando o tempo de tomada de decisões, a fim de reduzir perdas e aumentar a performance da cultura e produção.

O conceito utilizado para identificar os drones varia bastante. Em Inglês, por exemplo, é frequente o uso da nomenclatura “Remotely Piloted Aircraft” (RPA), “Remotely Piloted Aerial Systems” (RPAS), “Unmanned Aerial Vehicles” (UAVs), ou ainda popularmente “drones” (COLOMINA; MOLINA, 2014; PAJARES, 2015). Os primeiros drones surgiram (em meados do século XIX) e funcionavam como aeronaves de inspeção, ou seja, eram instrumento estratégico de espionagem dos

EUA durante a guerra fria. Na década de 1990, os drones começaram a transportar armas e, no início do século XX, passaram a ser utilizados na guerra como armas de combate (CORREA, 2008; ARAÚJO, 2018). Criados como instrumentos de uso militar para defesa e ataque das tropas em guerras, os drones ganham uma nobre função pacificadora: ajudar nos processos de produção de alimentos no campo, permitindo uma melhor forma de adquirir informações, redução do custo de produção, maior eficiência e precisão de trabalho (CORREA, 2008).

2.2. TOMADAS DE DECISÃO NA AGRICULTURA

Segundo Simon (1972) apud Foguesatto et al. (2016), as decisões são descrições de um possível futuro, sendo ele verdadeiro, caso ocorra o que esperamos, ou falso. O processo de decisão tem ao mesmo tempo, fatores factuais e culturais. Sendo a decisão composta por quatro etapas, a) inteligência, onde ocorre a identificação do problema e das oportunidades; b) concepção, é feita a análise e criação de soluções; c) escolha: etapa de ação, visando atingir o melhor resultado possível; d) revisão, última fase, onde são revisadas as decisões passadas.

Tendo em vista que o ser humano não tem conhecimento de todas as variáveis presentes no sistema, a utilização de uma tecnologia que apresente mais dados, para o auxílio desta decisão é bem-vinda.

“As tecnologias avançadas serão um ingrediente essencial para a sustentabilidade, porém dependentes das decisões humanas em suas formas de uso” (EMBRAPA, 2018). A utilização dessas tecnologias é apenas uma forma de aumentar a previsibilidade dos sistemas e servir como um apoio na tomada de decisão dos produtores.

Dados, informação e conhecimento são elementos primordiais para a tomada de decisão, eles formam uma hierarquia não muito evidente. “O que pode ser um dado para um indivíduo, pode ser informação e ou conhecimento para outro. Os dados são elementos brutos, sem significado” (Angeloni, 2003). Informações são dados com significado, com relevância e propósito. E o conhecimento é a informação processada pelos indivíduos, com valor agregado dependente de conhecimentos anteriores (Angeloni, 2003).

É munido dessas informações, obtidas de um levantamento aéreo, que o agricultor conseguirá ter um melhor entendimento dos acontecimentos em sua propriedade, podendo assim ter uma melhor tomada de decisão e diminuir os desperdícios, erros e incertezas que podem ocorrer no processo produtivo em que ele está inserido (Basso et al, 2019).

A decisão está intimamente ligada à incerteza e historicamente os agricultores bem-sucedidos optam por decisões que façam-os ter safras com rendimentos suficientes em anos maus, embora também façam com que tenham menores desempenho em anos favoráveis (PINTO, 2014).

2.3. APLICAÇÕES DOS DRONES NA AGRICULTURA

A agricultura de precisão utiliza o sistema de GPS, sensoriamento remoto orbital, sistema de informações geográfica, geoprocessamento e aerofotogrametria, para capturar, analisar e obter dados que podem ser utilizados nas produções agrícolas. Nesse contexto a utilização de drones vem para baratear o levantamento desses dados, além de acelerar o processo, podendo ter informações dentro de menos de 24 horas (SENAR, 2018).

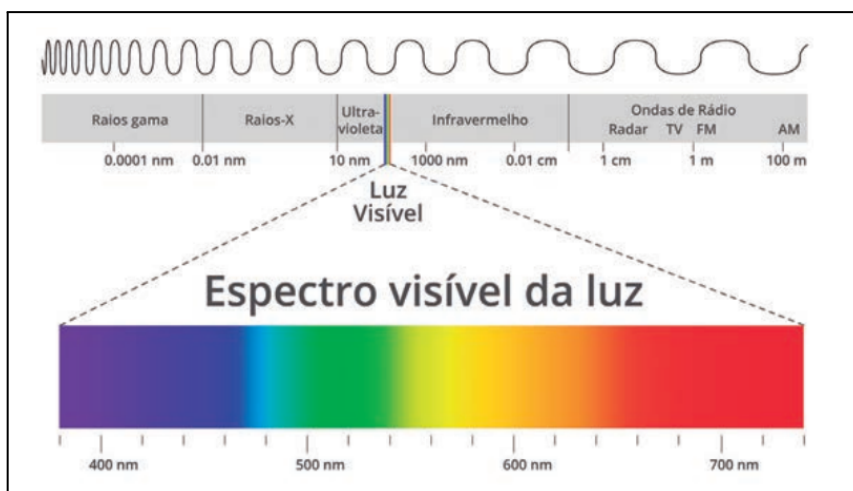
Com o sensoriamento remoto é possível quantificar e identificar problemas na linha de plantio, como por exemplo, na cultura da cana-de-açúcar e solucionar o problema dentro do tempo da cultura. Com drones específicos é possível fazer a aplicação pontual de herbicidas, diminuindo consideravelmente o consumo, a agressão ao meio ambiente e riscos de contaminação para o agricultor (ARANTES, 2019).

Os sensores embarcados no drone capturam e registram a energia eletromagnética refletida ou emitida pela superfície terrestre e vegetação. As câmeras de nossos smartphones, assim como as dos drones mais comuns são exemplos de sensores que captam o espectro visível da luz dentro de um amplo espectro de ondas eletromagnéticas, como pode ser visto na figura 1.

Sensores artificiais podem obter dados de regiões não visíveis ao olho humano, como o infravermelho próximo, infravermelho, ondas curtas infravermelho médio e termal. A banda mais utilizada na agricultura para determinar o vigor da vegetação é a do infravermelho próximo, pois ela reflete a energia solar desta faixa. Com o conhecimento do comportamento espectral das plantas é possível determinar

se a planta está sadia, com deficiente de nutrientes, deficiência hídrica, sofrendo ataque de pragas etc. (SENAR, 2018).

Figura 1. Faixa de ondas eletromagnéticas.



Fonte: Senar (2018).

Independentemente do tipo de drone escolhido ele deverá ter alguns itens básicos na sua construção, para que ele possa executar sua missão e voltar em segurança para realizar outro trabalho, são eles, um motor elétrico; um controlador ESC, que controla a potência dos motores; um giroscópio que calcula a inclinação; Kit e telemetria com gps; sistema de transmissão de imagem; uma placa distribuidora de energia; hélices; bateria e uma câmera que atenda às necessidades do trabalho a ser realizado (PIRES; ARAUJO, 2019).

Segundo CAI (2014), existe uma grande variedade de modelos de VANTs disponíveis atualmente, separados, basicamente, entre os de asa fixa, muito utilizados na agricultura, pois podem sobrevoar grandes áreas (mas requerem maior habilidade do piloto ao realizar os voos), e os multi-rotores, que incluem a maioria dos equipamentos para uso civil. No quadro 1, podem ser visualizadas algumas características dos drones.

Quadro 1. Comparação entre drones de asa fixa e multi-rottores.

	Drone de asa fixa	Drone de asa rotativa
Projeto	Mais voltado para mapeamento e monitoramento de médias e grandes áreas.	Mapeamento e monitoramento de pequenas áreas, além de inspeção de obras e recursos naturais.
Aplicações mais comuns	Agricultura, mineração, topografia, monitoramento de perímetro (fronteiras), monitoramento da vida selvagem, engenharia, entre outros.	Agricultura, inspeção e fiscalização ambiental, mercado imobiliário, videografia, topografia, emergência, entre outros.
Velocidade de voo	Maior	Menor
Autonomia da bateria	Maior	Menor
Cobertura de área por voo	Maior	Menor
Pilotagem manual	Mais difícil	Mais fácil
Modo de decolagem e pouso	Horizontal	Vertical
Área de decolagem e pouso	Maior	Menor
Modo de orientação das imagens	Vertical	Vertical e oblíqua (panorâmica)

Fonte: Senar (2018).

2.3.1. Levantamento topográfico

O mapeamento é muito importante para diversas atividades, sendo a obtenção de dados que permitem a identificação e análise dos fenômenos que ocorrem na superfície do solo. Os produtos obtidos são utilizados para o planejamento, locação de uso dos solos, projetos de infraestrutura, cadastro urbano e rural, avaliação ambiental, cálculos de áreas e volumes (COELHO; SILVA; COSTA, 2017).

Para a utilização de drones em levantamentos topográficos, o equipamento deve possuir sensores digitais na faixa espectral da luz visível e gps, mais recentemente esses equipamentos são equipados com sensores multi e

hiperespectrais, laser, scanner e radares de abertura sintética que aumentam a gama de informações obtidas com o sobrevoo. Além disso há uma constante evolução nos softwares utilizados para o processo digital das imagens, buscando maior velocidade e qualidade na obtenção dos dados (COELHO; SILVA; COSTA, 2017).

Segundo Matias, Guzzato e Silveira (2015) os benefícios do mapeamento com este método, é a aquisição rápida dos dados, as fotografias armazenam grandes quantidades de informação, o objeto a ser medido não é tocado, as fotografias são documentos legais relativos à época que foram tiradas, podem ser medidos movimentos e deformações, e a precisão pode ser aumentada conforme a necessidade do projeto. Com a fotografia é possível medir e repetir, caso seja necessário.

Os produtos obtidos em um levantamento topográfico com drone são o modelo digital de terreno (MDT) e as ortofotos. Os MDTs apresentam grande resolução espacial com modelagem 3d, mais detalhada do que se fosse obtida com caminhamento e outra ferramenta geodésica (COELHO; SILVA; COSTA, 2017).

2.3.2. Pulverização de pequenas áreas

A aplicação de defensivos agrícolas é realizada para o controle de pragas e doenças que estão ligados a cultura em questão, a pulverização ocorre por meio terrestre ou aérea. A pulverização terrestre pode ser manual ou mecanizada e a aérea normalmente é realizada por aviões convencionais (NETO, 2017).

O Brasil conta com a segunda maior frota de aviões agrícolas do mundo, sendo de 2.432 aeronaves no ano de 2022. Estas máquinas custam mais de um milhão de reais e tem elevados custos de manutenção e operação (SIDAG, 2022). Assim a utilização do drone surge com alternativa mais segura e barata.

2.3.3. Índice de Vegetação Diferenciada Normalizada

O sensoriamento remoto teve início no âmbito militar, para a identificação e localização de tropas e estruturas na fronteira inimiga na segunda guerra mundial. Câmeras temporizadas, eram amarradas no peito de pombos, os quais

sobrevoavam o inimigo e com sorte retornavam para a utilização e estudo das fotos (FIGUEIREDO, 2005).

Segundo Menezes e Almeida (2012), o sensoriamento remoto é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres. O sensoriamento remoto não necessariamente precisa ser feito apenas com satélites, mas também com aeronaves ou vants e drone, que serão o alvo principal deste trabalho.

Um fator muito importante na manutenção dos recursos naturais renováveis é a cobertura vegetal que além de exercer o papel na manutenção do ciclo da água, protege o solo contra o impacto das gotas da chuva, aumenta a porosidade, a permeabilidade do solo, reduz o escoamento superficial e mantém a umidade e a fertilidade do solo pela presença da matéria orgânica. Visto a importância da vegetação superficial do terreno, é utilizado o índice de vegetação diferenciada normalizada para classificar a cobertura vegetal, definindo assim a capacidade da terra (SILVEIRA et al., 2022).

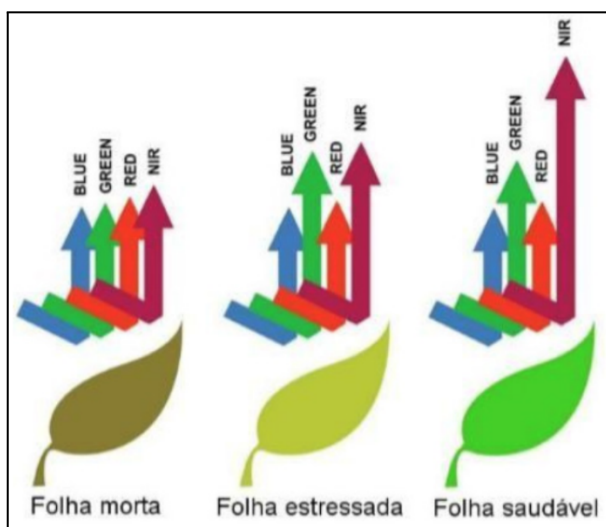
Com a utilização do índice de vegetação normalizado (NDVI) é possível dimensionar a atividade da vegetação verde, incluindo fitomassa foliar, porcentagem de cobertura, teor de clorofila, biomassa verde, vigor da planta. Segundo DEMARCHI(2011), as faixas espectrais correspondentes ao vermelho (0,65 a 0,72 μm) e ao azul (0,45 a 0,50 μm) são as mais aproveitadas pela folha na fotossíntese, a planta absorve a radiação incidente nos comprimentos de onda 0,48 μm (carotenóides) e 0,62 μm (clorofila). Dessa forma, a reflectância é muito baixa nestas faixas. Já na faixa do infravermelho próximo (0,7 a 1,3 μm), a absorção da radiação eletromagnética é muito baixa (menos de 15 %) e a reflectância pode chegar a 50 % dependendo da estrutura anatômica das folhas.

Segundo DEMARCHI, PIROLI e ZIMBACK (2011), “NDVI é expresso pela razão entre a diferença da medida da reflectância nos canais do infravermelho próximo e vermelho e a soma desses canais, ou seja: $\text{NDVI} = (\rho_{\text{NIR}} - \rho_{\text{Red}}) / (\rho_{\text{NIR}} + \rho_{\text{Red}})$ Onde: ρ_{Red} e ρ_{NIR} representam, respectivamente, os valores de reflectância na região do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético de objetos na superfície terrestre.”

Segundo Trentin et al. (2021), “Análises espaço-temporais do NDVI têm permitido comparar as variações sazonais, interanuais e a longo prazo, da estrutura

da vegetação, bem como, identificar os ciclos fenológicos da vegetação, duração do período de crescimento, pico de verde, alterações fisiológicas das folhas e períodos de senescência”. Abaixo segue uma esquematização de quais ondas são refletidas de plantas saudáveis, estressadas ou mortas.

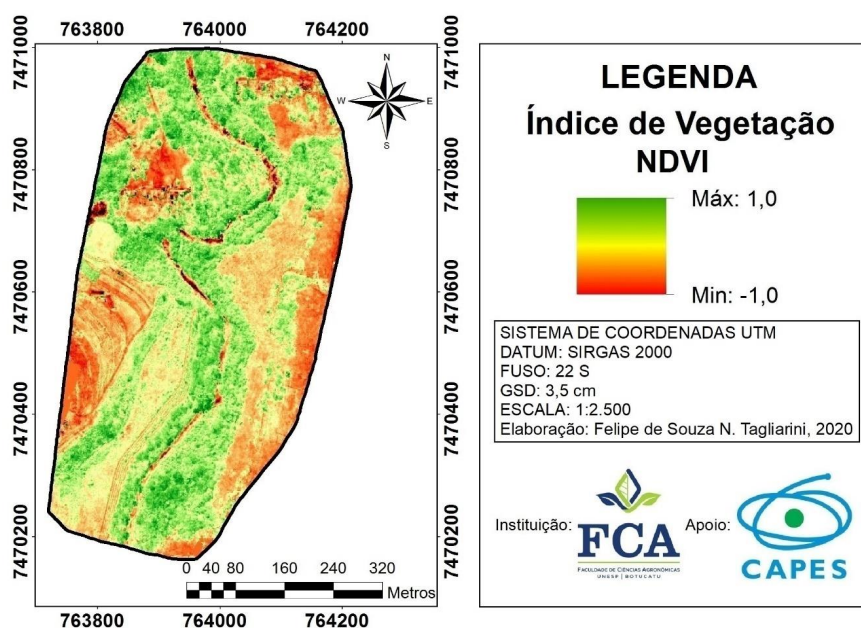
Figura 2. Esquema de refletância da folha.



Fonte: Reips; Gubert (2019).

No mapa abaixo pode ser visto um exemplo de utilização do NDVI, onde a vegetação nativa é evidenciada sobre as demais, sendo utilizada para o acompanhamento de áreas de preservação permanente (APPS) (figura 3).

Figura 3. Ortomosaico NDVI.



Fonte: Tagliarini (2020).

Segundo Reips; Gubert (2019) há diversos índices de vegetação, menos conhecidos, que utilizam apenas a câmera RGB. O Índice Visível de Resistência Atmosférica (VARI) que monitora o índice de área foliar, desenvolvido na Universidade de Nebraska, e o Índice de Verde Triangular (TGI), que serve para estimar a clorofila foliar e, indiretamente, o teor de nitrogênio.

2.4. LEGISLAÇÃO PARA O USO DO DRONE

A lei 7.565/1986, do Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA), em seu artigo 289, regulamenta a utilização de drones (MODELISMOBH, 2021). Quanto a legislação, todos os drones com mais de 250 gramas devem ser cadastrados na Agência Nacional de Aviação Civil, ANAC, no Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT). É obrigatório a licença e habilitação para drones classe 1 (com peso maior que 150 Kg) e classe 2 (mais de 25kg até 150kg). Existe ainda a classe 3 (de 250 gramas até 25kg) que pretenda voar acima de 120 metros de altitude.

A Classe 3 é a maior parte dos drones comercializados e utilizados no Brasil, mesmo não necessitando de habilitação, outras regras devem ser respeitadas, como:

- Ser maior de 18 anos;
- Operar em uma distância mínima de 30 metros de terceiros;
- Altura máxima de 120 metros;
- Fixar o número de cadastro no drone;
- Portar comprovante de cadastro junto à ANAC;
- Possuir seguro com cobertura de danos contra terceiros (DRONE FISHING, 2019).

3 OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é demonstrar algumas aplicações dos drones na agricultura e como podem ser usados como ferramenta para auxiliar o produtor rural na tomada de decisões.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mostrar de maneira simplificada o uso do sensoriamento remoto.
- Apresentar os tipos de drone que são popularmente comercializados.
- Demonstrar e analisar alguns produtos obtidos com o uso da drones e como estes podem auxiliar o produtor rural na tomada de decisões.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho de pesquisa foi desenvolvido em 2 áreas de estudo, que serão descritas a seguir, onde foram realizados voos de drone e coletadas informações que serão discutidas nos resultados.

4.1. ÁREA DE ESTUDO 1

O voo foi realizado em fevereiro de 2021, em uma propriedade particular, com 73,32 hectares no município de Cachoeira do Sul, a 20Km da Unidade da UERGS, as margens da ERS 403, como mostra a imagem abaixo:

Figura 4. Imagem da localização da área de estudo 1.



Fonte: Google Earth (2022).

A propriedade se caracteriza pela presença de pomar de nogueiras em estágio inicial de crescimento, e através das imagens obtidas pelo drone foi possível a realização de alguns trabalhos, como a contagem individual de plantas, mensuração do pomar, identificação de falhas de plantio e estimativa do volume de armazenamento de água do açude em construção.

Foram colocados 17 pontos de controle espalhados pela propriedade, para ser possível encontrar e repetir os mesmos alvos posteriormente, sendo estes

identificados com uma folha de papel A4 presa com uma barra metálica enterrada no centro, conforme demonstrado na imagem abaixo.

Figura 5. Imagem localizando os pontos de controle instalados.



Fonte: Autor (2021).

Os pontos de controle foram mapeados com um GPS RTK South Galaxy G1 (imagem abaixo) e posteriormente ajustados para o IBGE-PPP (Posicionamento por Ponto Preciso), fixando-os na malha de pontos do IBGE.

Figura 6. Imagem do GPS RTK South Galaxy G1.



Fonte: Google Images (2022).

O drone utilizado para o voo foi um DJI Phantom 4 Pro V2, multirotor, classe 3, com câmera RGB simples (figura 7).

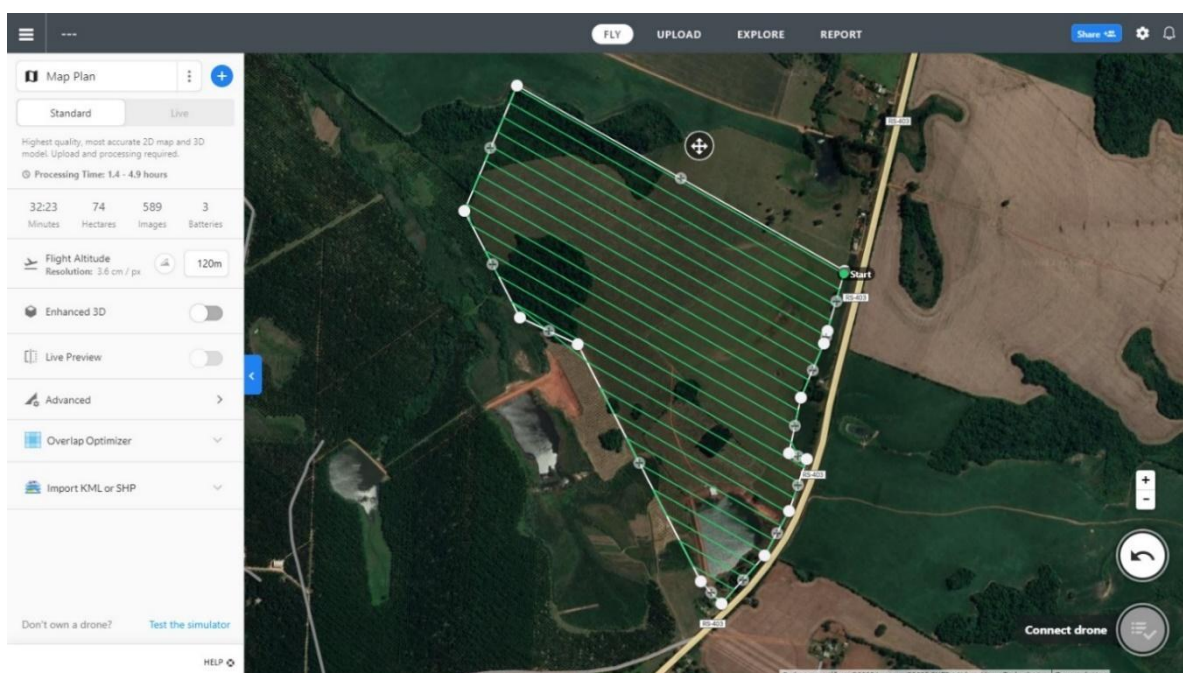
Figura 7. Imagem do drone modelo Phantom 4 Pro V2.



Fonte: Techradar (2020).

O voo foi autônomo, com o aplicativo Dronedeploy (figura 8), no qual é possível inserir o perímetro desejado e configurar os parâmetros como, altitude, velocidade, sobreposição das fotos, ângulo de voo, entre outros e o programa calcula quantas fotos, baterias e tempo de processamento das imagens.

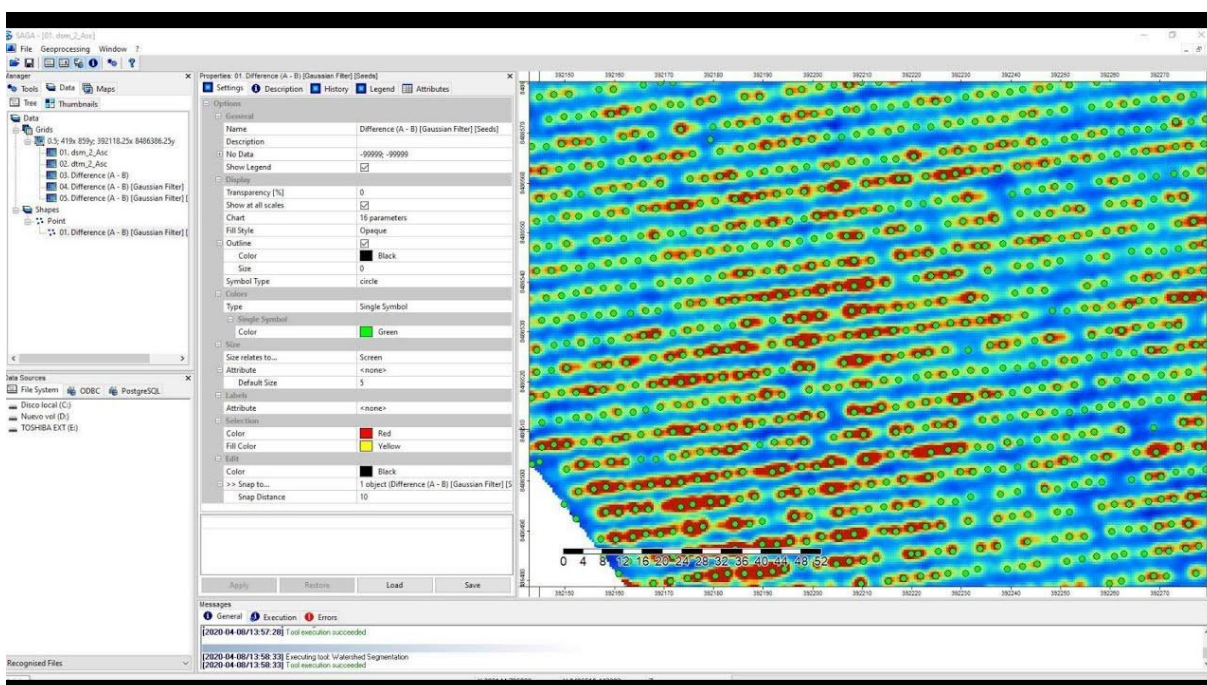
Figura 8: Aplicativo Dronedeploy com o plano de voo realizado na propriedade 1.



Fonte: Autor (2021).

Após a realização do voo e obtenção das imagens, o processamento foi realizado no software Agisoft Photoscan, onde é realizada a nuvem de pontos, modelo digital do terreno (MDT) e ortomosaico. O MDT é inserido no Sistema de Análises Geocientíficas Automatizado (SAGA GIS – figura 9) onde é possível realizar a contagem automática das árvores, e são exportados os pontos geográficos das plantas. O ortomosaico é inserido no software QGIS e é feita a aferição manual das falhas de plantio ou desenvolvimento das plantas.

Figura 9. Imagem do Sistema de Análises Geocientíficas Automatizado (SAGA GIS).



Obs.: Onde os pontos verdes são as árvores contabilizados e a escala de cor é a mudança de relevo. Onde há as árvores há o aumento da altura e isto faz com que o ponto seja identificado. Fonte: Autor (2021).

Outro processo que foi realizado na mesma área, foi a estimativa da capacidade volumétrica de reserva de água do açude, que se encontrava em construção (vazio no momento), estando em uma condição perfeita para ser mensurado com a utilização de drone, visto que se a água estivesse presente no açude, impediria a mensuração correta com o uso do drone, sendo possível apenas com batimetria.

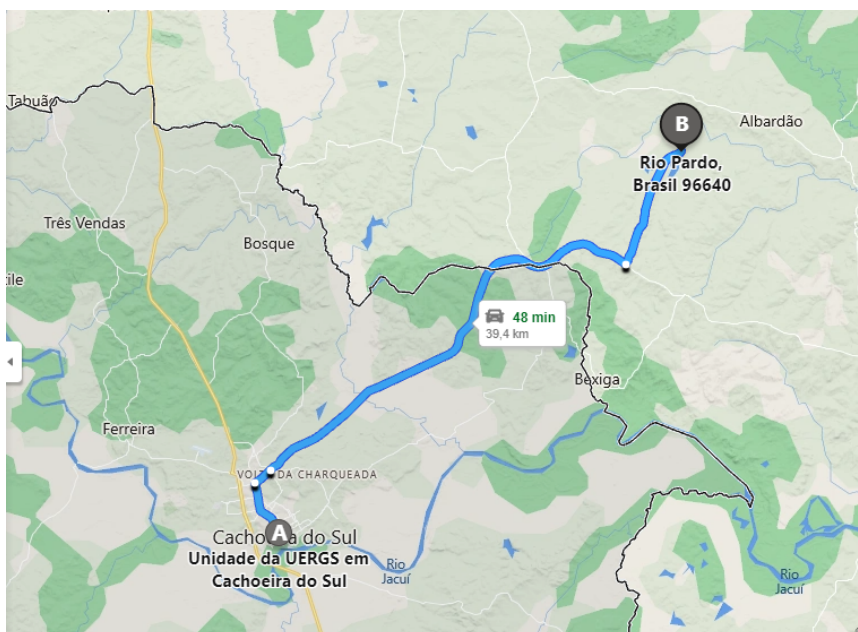
Os mesmos procedimentos descritos anteriormente foram realizados: colocação de pontos de controle, plano de voo, processamento das imagens,

criação do modelo digital realizado com o mesmo software (Agisoft Photoscan), onde também foi feita a criação de curvas de nível, que posteriormente foram inseridas no software TOPOEVN, onde foi calculado o volume total do açude na cota do vertedouro.

4.2. ÁREA DE ESTUDO 2

Esta segunda área de estudo, de outro proprietário, localizado no distrito do Albardão em Rio Pardo - RS, a 39,4 quilômetros de distância da Unidade da Uergs em Cachoeira do Sul (figura 10), com 1.469,7201 hectares, foi acompanhada durante 3 safras, sendo elas 2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021. Por ser uma área muito maior, não foram colocados pontos de controle (figura 11).

Figura 10. Imagem com a localização da área de estudo 2.



Fonte: Autor (2022).

A propriedade se caracteriza pela produção de soja e arroz, e o proprietário gostaria de arrendar a área em sua totalidade e para isso precisava de um levantamento topográfico contabilizando todos os temas e uma estimativa de quanto de área poderia ser drenada, aumentando a área de cultivo.

Figura 11. Imagem da propriedade a partir do Google Earth.



Fonte: Google Earth (2022).

O voo foi realizado com o drone Phantom 4 Pro V1 na safra 2018/2019 e Phantom 4 Pro V2 nas safras seguintes. Os planos de voo autônomos foram realizados no Dronedeploy, processados no Agisoft Photoscan e o ortomosaico foi inserido no software QGIS onde foi realizado uma tematização manual quantificando todos os temas presentes na área, soja, arroz, áreas úmidas, estradas, mato nativo, sede, açudes, campo nativo e eucalipto.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. IDENTIFICAÇÃO DE FALHAS EM POMAR

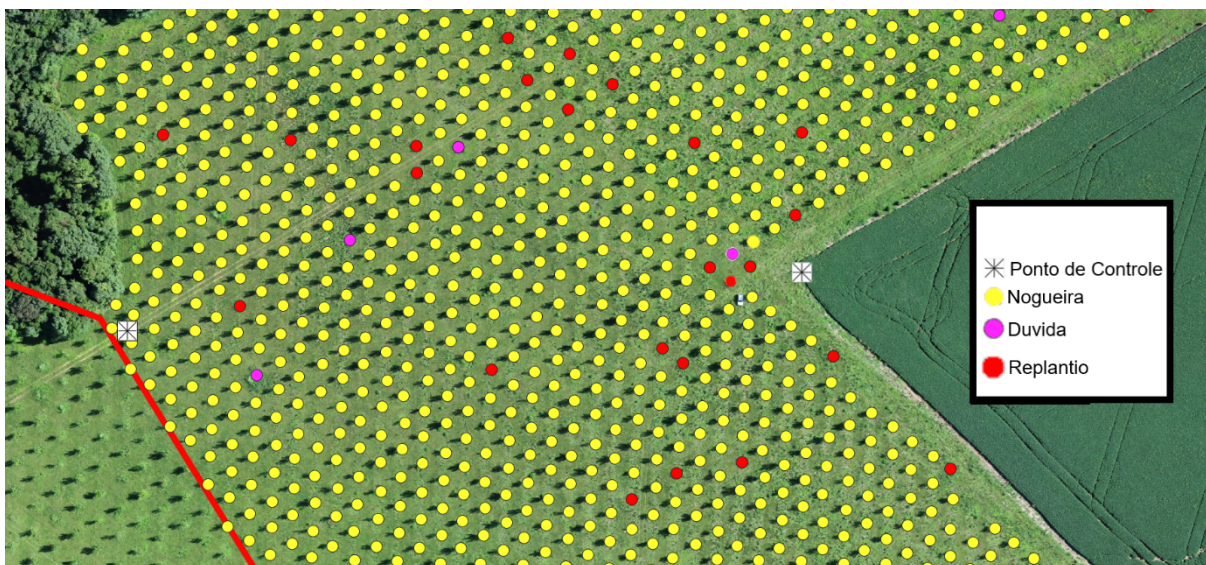
Como resultado do trabalho realizado na área 1, foi possível em um pequeno espaço de tempo, fazer a contagem em uma área considerável e número elevado de plantas de noqueira. Foram contabilizadas 4.957 árvores, 1.110 árvores faltantes e 134 pontos onde houve dúvida da necessidade de replantio, as coordenadas dessas árvores que faltavam foram passadas ao proprietário e posteriormente à equipe de campo terceirizada para fazerem o replantio conforme pode ser visto nas figuras 12 e 13.

Figura 12. Imagem geral da contagem de plantas de noqueira da área de estudo 1.



Fonte: Autor 2021.

Figura 13. Imagem da contagem de plantas de noqueira da área de estudo 1*.



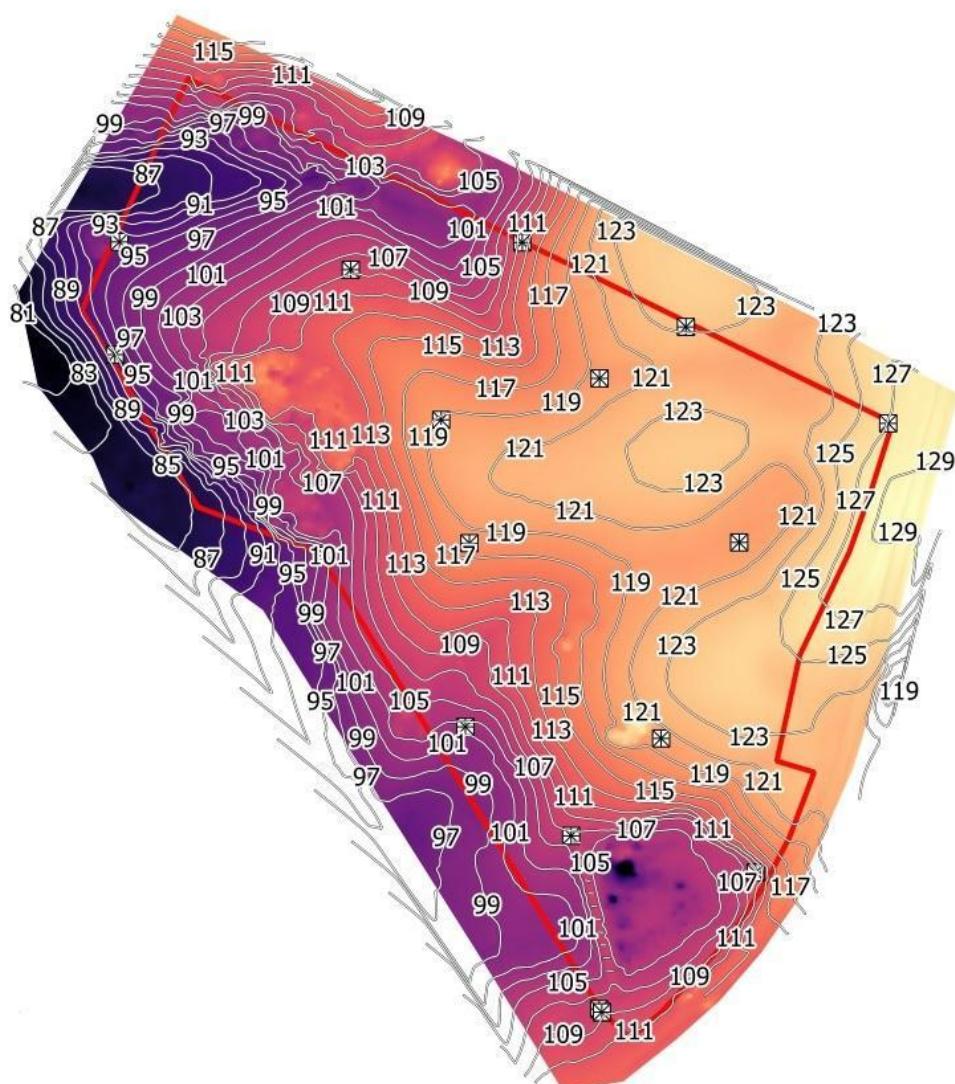
* Os pontos amarelos são árvores contabilizadas. Os pontos vermelhos são árvores que estão faltando e os rosas foram pontos onde houve dúvida da necessidade de replantio, mesmo com uma resolução muito boa (6cm/pixel). Fonte: Autor (2021).

5.2. OBTENÇÃO DE MODELO DIGITAL DO TERRENO

Também, como resultado do trabalho realizado na área 1, foi possível em um pequeno espaço de tempo, obter outro produto que pode ser obtido a partir do uso dos drones, que é um modelo digital do terreno (figura 14).

Neste, diversas observações podem ser feitas, como: curvas de nível, a verificação da necessidade da construção de curvas de nível, dados para instalação de sistemas de irrigação (que o proprietário tem intenção de instalar no futuro), entre outros.

Figura 14. Modelo digital do terreno da área de estudo 1.

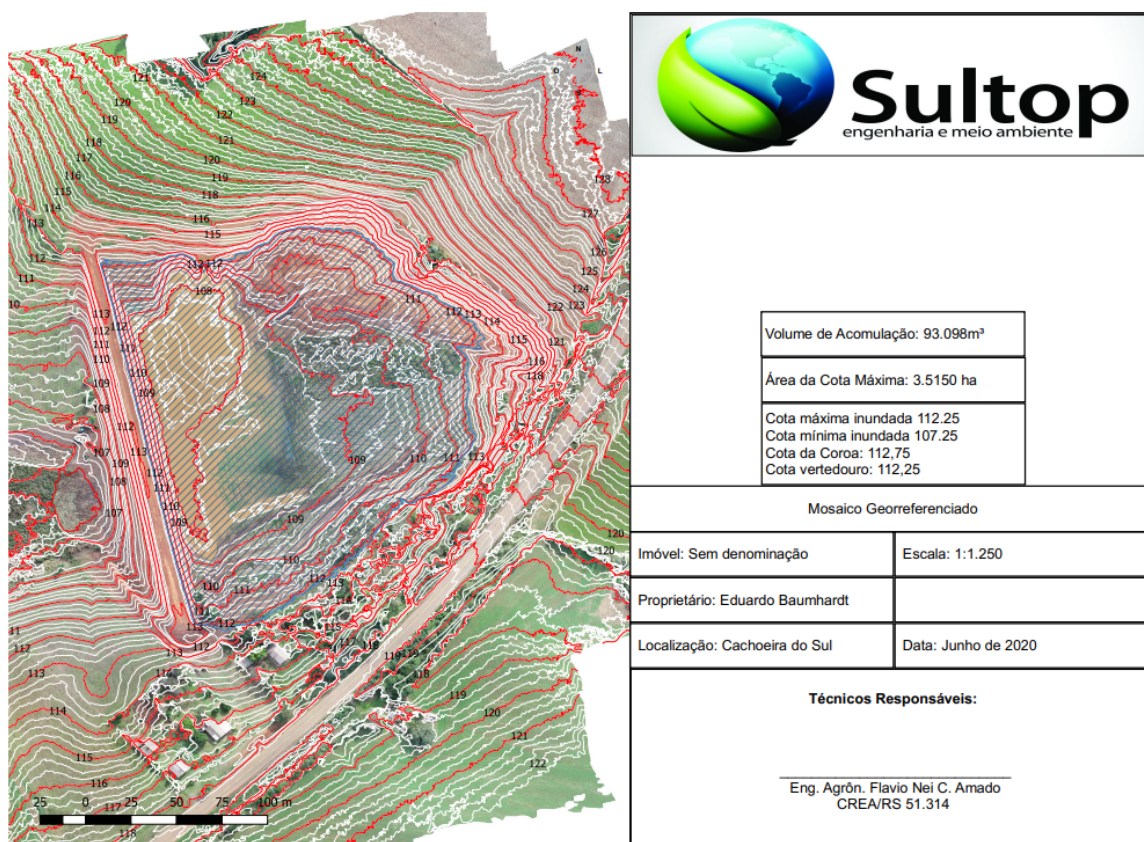


Fonte: Autor (2021).

5.3. MENSURAÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA DE RESERVATÓRIO ARTIFICIAL

Outro produto obtido com a utilização do drone foi o volume de um açude que estava sendo construído na propriedade 1 para a instalação de irrigação, um volume máximo de 93.098 m³ de água armazenada (figura 15). Visto que a necessidade hídrica mínima anual das noqueiras é de cerca de 800 mm, sendo o período mais crítico os meses de outubro a fevereiro, período em que ocorre a floração até o amadurecimento da casca (MARCO et al., 2019). De posse destas informações, o proprietário ou sua assistência técnica pode realizar o dimensionamento do projeto de irrigação

Figura 15. Ortomosaico georreferenciado usado para estimativa do volume de água de reservatório em construção.



Fonte: Autor (2020).

5.4. MENSURAÇÃO DE ÁREA PARA PLANEJAMENTO DE CULTIVO

Como resultado do trabalho realizado na área 2, atendendo à solicitação do proprietário, foi realizada a mensuração da área exata que estava sendo cultivada com soja e arroz, para poder fazer o contrato de arrendamento. Também, ele estava incomodado com a quantidade de áreas úmidas na propriedade e solicitou uma estimativa de quanto poderia ser drenado. Assim, foi realizado todo o levantamento da propriedade, que é apresentado na figura 16.

Figura 16. Mapa temático da área de estudo 2 na safra 2018/2019.

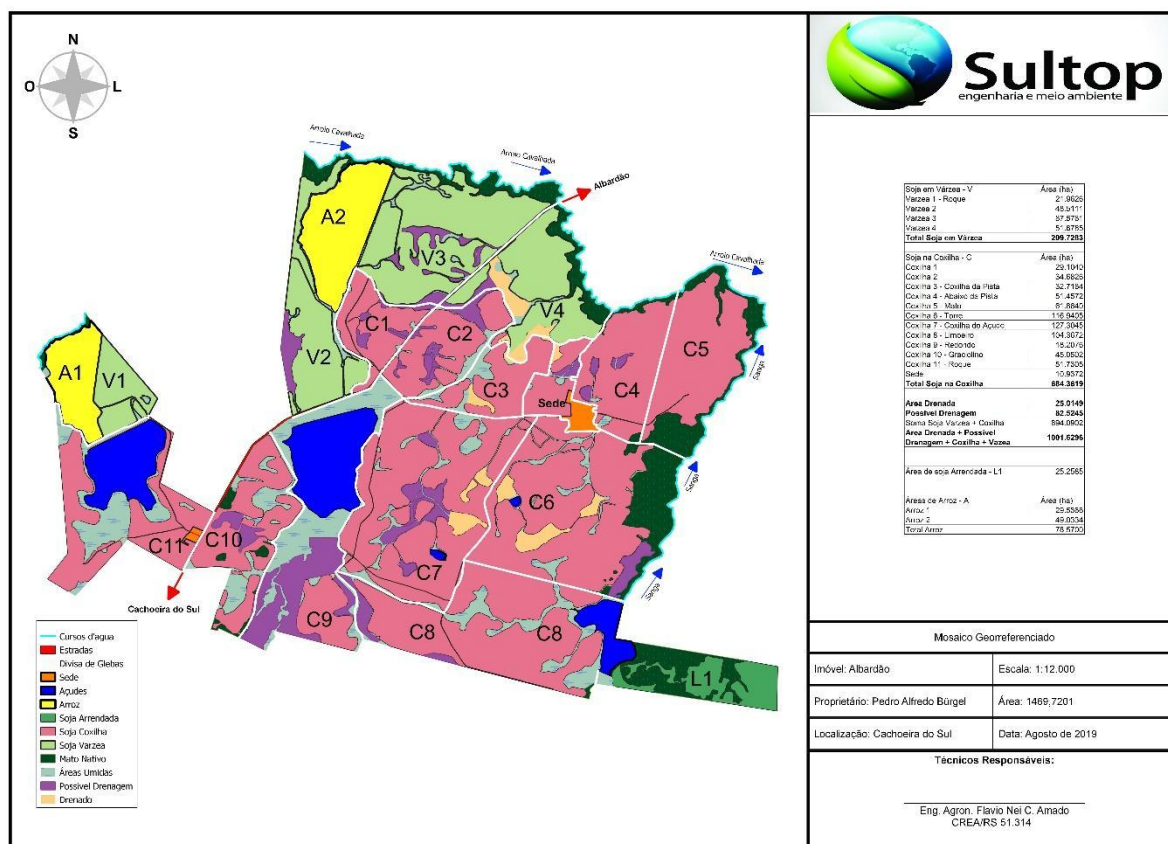


Fonte: Autor (2018).

Nessa safra foram mensurados 78,57 hectares de arroz; 899,06 hectares de soja; 252,10 hectares de áreas úmidas; 115,08 hectares de mato nativo; 18,32 hectares de sede; 88,83 hectares de açudes; 10,63 hectares de campo nativo; 2,12 hectares de eucalipto. Assim, de posse destas informações, o proprietário realizou os contratos de arrendamento com segurança, bem como, planejou os demais usos da propriedade com maior precisão.

Nesta mesma área de estudo, em um 2º voo de drone na safra 2019/20, foram medidos os aumentos de área, pois já haviam começado as drenagens pelo arrendatário. Assim, foram quantificadas as áreas que já haviam sido drenadas e indicadas alguns que ainda poderiam ser (figura 17). Totalizando os aumentos indicados, seria possível fazer um aumento máximo de 102,56 hectares na área de cultivo da soja.

Figura 17. Mapa vetorizado da área de estudo 2 na safra 2019/20.



Fonte: Autor (2019).

Nesta mesma área, em um 3º voo de drone na safra 2020/21, quando já haviam sido realizadas todas as drenagens na área, foi realizada novamente a mensuração da área de cultivo.

A tematização indicou uma área cultivada de 981,11 hectares, sendo esta 21 hectares a menos do que foi indicado no ano anterior (figura 18). Isso aconteceu por que existiam áreas que não compensariam o gasto em combustível e hora-máquina para realizar sua drenagem. O proprietário ficou satisfeito com os resultados obtidos e contratou outros serviços de mensuração com drone, visto a rápida velocidade que foram realizados mesmo em áreas grandes, especialmente comparada com a dificuldade e grande tempo que seriam necessários para realizar este levantamento de maneira convencional (estação total ou GPS).

Figura 18. Mapa temático da área de estudo 2 na safra 2020/21.



Fonte: Autor (2021).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma possibilidade para que o produtor possa simplificar o processo de obtenção dos resultados é a contratação de serviços por assinatura, disponibilizados por plataformas como o Dronedeploy. Neste caso, o produtor faz apenas o planejamento e o voo em sua propriedade, depois realiza o upload das fotos pelo próprio celular e por meio do processamento por nuvem obtém mosaicos, curvas de nível, modelos digitais de elevação, índices de vegetação. Porém,, o que inviabiliza este processo é o elevado custo da mensalidade chegando a U\$ 600,00 ou R\$ 3.000,00.

O drone pode ser utilizado para fazer levantamentos topográficos e altimétricos e, segundo o referencial teórico, é possível obter informações sobre a sanidade da planta, níveis de estresse, entre outros, sendo uma ferramenta de apoio para a tomada de decisões do agricultor, mas não sendo apenas o único a ser considerado.

Por ser uma tecnologia recente, o uso do drone deve ser feito respeitando a legislação vigente quanto ao cadastro da aeronave e do piloto.

Os dados obtidos devem ser interpretados por software ou por responsável técnico, sendo uma das bases de informações que o produtor tem para realizar as atividades necessárias em sua propriedade.

Essa tecnologia está evoluindo muito rapidamente e não é de se duvidar de que processos totalmente autônomos sejam introduzidos dentro da próxima década, visto a inserção de tratores autônomos e a conexão remota das máquinas agrícolas.

REFERÊNCIAS

- ANGELONI, Maria Terezinha **Elementos intervenientes na tomada de decisão**. Ciência da Informação [online]. 2003, v. 32, n. 1, pp. 17-22. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-19652003000100002>>. Epub 01 Out 2003. ISSN 1518-8353. <https://doi.org/10.1590/S0100-19652003000100002>.
- ARANTES, Bruno Henrique Tondato *et al.* Drone aplicado na agricultura digital. Instituto Federal Goiano, Rio Verde: **Ipê Agronomic Journal**, 2019.
- ARAÚJO, M. L. O complexo industrial-militar dos estados unidos pós-11 de setembro: o caso da Boeing. 2018. 27 f. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em relações internacionais) – Universidade Federal de Uberlândia, 2018.
- BASSOI, Luís Henrique *et al.* Agricultura de precisão e agricultura digital. TECCOGS – **Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**: [s. n.], 2019.
- COELHO, Ricardo Canal; SILVA, Rafael Leandro da; COSTA, Roberto Savério Souza. Mapeamento Topográfico, com utilização de Veículo Aéreo não Tripulado (VANT) e Topografia Convencional. UNIFAFIBE – Bebedouro SP: [s. n.], 2017.
- COLOMINA, I.; MOLINA, P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, [s. l.], v. 92, p. 79–97, 2014.
- CORRÊA. Modelo de veículos aéreos não tripulados baseado em sistemas multi-agentes. Tese de doutorado apresentada ao curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.
- DE GARMO, M. T. Issues concerning integration of unmanned aerial vehicles in civil airspace. McLean: Center for Advanced Aviation System Development-Mitre, 2004.
- DEMARCHI, Júlio Cesar; PIROLI, Edson Luís; ZIMBACK, Célia Regina Lopes. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e savino município de Santa Cruz do Rio Pardo –SP usando imagens Landsat-5. Curitiba, Departamento de Geografia –UFPR: [s. n.], 2011.
- TRENTIN, Carline Biasoli *et al.* Características da vegetação dos biomas pampa e cerrado monitoradas por NDVI. Barra do Garças –MT: [s. n.], 2021.
- EMBRAPA (Brasil). **O Futuro da Agricultura Brasileira**. [S. l.: s. n.], 2018.
- FIELDVIEW, Equipe. Conheça 12 funções dos drones na agricultura. Disponível em: <https://blog.climatefieldview.com.br/drones-agricultura>. Acesso em 01 dez 2022.
- FIGUEIREDO, Divino. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. [S. l.: s. n.], setembro de 2005.
- FOGUESATTO, Cristian Rogério *et al.* Fatores Relevantes para a Tomada de Decisão dos Jovens no Processo de Sucessão Geracional na Agricultura Familiar. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba: [s. n.], 2016.
- GAMA, CAMILA CARDOSO. **Drones, legislação de uso do espaço aéreo e o turismo**. CURITIBA - PR: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2021.
- GONÇALVES, Vinícius Parlangeli; CAVICHOLI, Fábio Alexandre. Estudo das funcionalidades dos drones na agricultura. Faculdade de Tecnologia de

Taquaritinga, [S. l.], p. 11, 14 abr. 2021.

ITARC. História dos drones: como surgiram? Para que servem?. In: MENESES, Paulo Roberto (org.). História dos drones: como surgiram? Para que servem?. Brasília, 2018.

JACTO. 2018. Blog Jacto: **Agricultura 4.0: tudo o que você precisa saber**. Disponível em <https://blog.jacto.com.br/agricultura-4-0-tudo-o-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em 02 dez. 2022.

JORGE, LA de C.; INAMASU, Ricardo Y. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão. 2014.

KALLIANDRA, Kalliandra. **Tecnologia na agricultura: importância e principais inovações**. Bahia: [s. n.], 2019.

MODELISMOBH. Legislação de drones no Brasil: conheça os pontos mais importantes. Disponível em: <https://www.modelismobh.com.br/blog/legislacao-de-drones-no-brasil-conheca-os-pontos-mais-importantes/>. Acesso em: 1 nov. 2022.

MARCO, Rudinei De *et al.* **Irrigação: Qual a diferença na produção e qualidade da noz-pecã?**. Campo e Negócios: [s. n.], 2019.

MATIAS, Gustavo Roberto de Moraes; GUZATTO, Matheus Pereira; SILVEIRA, Pablo Guilherme. **Mapeamento topográfico cadastral por integração de imagens adquiridas com vant a técnicas tradicionais**. UFRGS - PORTO ALEGRE: [s. n.], 2015.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de (org.). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: [s. n.], 2012.

NETO, JOSÉ AUREOMAR CHAVES WOLFF. **Estudo sobre o conceito de uma aeronave remotamente controlada para pulverização agrícola**. Joinville: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

SILVEIRA, Nara Torres *et al.* Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para a análise espaço-temporal da Bacia Hidrográfica do rio Terra Nova (Pernambuco). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**: [s. n.], 2022.

OLIVEIRA, Altacis Junior de *et al.* Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão. Curitiba: Braz. **J. of Develop**, 2020.

PAJARES, G. Overview and Current Status of Remote Sensing Applications Based on Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, [s. l.], v. 81, n. 4, p. 281–330, 2015.

PINTO, Pedro A. **A Tomada de Decisão em Agricultura**. University of Lisbon: [s. n.], 2014.

PIRES, Ana Julia Abrenhosa; ARAÚJO, Paula Silveira de. Drone utilizado na agricultura de precisão. **Anais da Mostra Nacional de Robótica**: [s. n.], 2019.

REIPS, Lisiane; GUBERT, Luis Cláudio. Drones como ferramenta de apoio para agricultores do Rio Grande do Sul. UFG, Goiânia, v. 19, 1-19, e-58528, 2019.

ROMAN, Felipe. **Preciso de habilitação para pilotar meu drone?** 2019.

Disponível em:

<https://dronefishing.com.br/preciso-de-habilitacao-para-pilotar-meu-drone/>. Acesso em: 1 nov. 2022.

SENAR (Brasília). Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Agricultura de precisão: drones**: Coleção SENAR. 249. ed. [S. l.: s. n.], 2018.

SILVA, Adriano Pereira da. **Uso de drone na agricultura 4.0**. VILHENA: Faculdade da Amazônia (FAMA), 2020.

SIMPSON, A. D. Development of an unmanned aerial vehicle for low-cost remote sensing and aerial photography. 2003. Tese (Mestrado em Ciência)-University of Kentucky, Lexington, 2003.

TAGLIARINI, FELIPE DE SOUZA NOGUEIRA. **Índice radio-métrico NDVI em área de preservação permanente obtido por meio de aeronave remotamente pilotada**. Universidade Estadual Paulista (UNESP): [s. n.], 2021.