



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO JURUTI
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE MINAS**

JANDER RODRIGUES DA SILVA

**MONITORAMENTO DE ÁREA COM VANT (VEÍCULO AÉREO NÃO
TRIPULADO)**

**JURUTI - PA
2024**

JANDER RODRIGUES DA SILVA

**MONITORAMENTO DE ÁREA COM VANT (VEÍCULO AÉREO NÃO
TRIPULADO)**

Trabalho de Conclusão de Curso, monografia apresentado como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Minas, no Campus Universitário de Juruti, na Universidade Federal do Oeste do Pará.

Orientador: Prof. Msc. Matheus Diniz Pinto de Moraes.

**JURUTI - PA
2024**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) da UFOPA
Catalogação de Publicação na
Fonte. UFOPA - Biblioteca Campus Juruti

Silva, Jander Rodrigues da.

Monitoramento de área com VANT (Veículo aéreo não tripulado) /
Jander Rodrigues da Silva. - Santarém, 2024.

56 p.: il.

Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus de Juruti,
Bacharelado em Engenharia de Minas.

Orientador: Matheus Diniz Pinto de Moraes.

1. Monitoramento ambiental. 2. Processamento. 3. Veículo aéreo
não tripulado (VANT). 4. Drone. I. Moraes, Matheus Diniz Pinto
de, orient. II. Título.

UFOPA/Biblioteca Campus de Juruti

CDD 631.3

Elaborado por Mayco Ferreira Chaves - CRB-2/1357



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE JURUTI
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE MINAS

ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

No dia DEZ de ABRIL do ano de dois mil e VINTE E QUATRO, na sala Nº 01, do Campus Universitário de Juruti, da Universidade Federal do Oeste do Pará, às _____ horas, reuniu-se a Banca Avaliadora de TCC composta pelo Prof. MATHEUS DINIZ PIUTO DE MORAIS (orientador e presidente da banca), Prof. ELDEN DE ALBUQUERQUE MARIALVA e Prof. REGIS QUESADA CASQUET.

A reunião teve por objetivo avaliar o trabalho de conclusão de curso de Bacharelado em Engenharia de Minas do discente

SANDER RODRIGUES DA SILVA sob o título MONITORAMENTO DE ÁREAS COM VANT (VEÍCULO AEREO NÃO TRIPULADO).

O trabalho foi aberto pelo orientador. Cada examinador arguiu o(s) estudante(s), com tempos iguais de perguntas e respostas. Terminadas as arguições, procedeu-se o julgamento do trabalho, concluindo a Banca Avaliadora que o discente está APROVADO () REPROVADO, com nota 9,3. Nada mais havendo a tratar, foi a presente ata lavrada por mim,

MATHEUS DINIZ PIUTO DE MORAIS, que vai assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Juruti, 10 de ABRIL de 2024

Mathews Moraes
(Orientador)

Eliden de Albuquerque Marialva
(Avaliador 1)

Regis Quesada Casquet
(Avaliador 2)

JANDER RODRIGUES DA SILVA

**MONITORAMENTO DE ÁREA COM VANT (VEÍCULO AÉREO NÃO
TRIPULADO)**

Trabalho de Conclusão de Curso, monografia apresentado como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Minas, no Campus Universitário de Juruti, na Universidade Federal do Oeste do Pará.

Orientador: Prof. Msc. Matheus Diniz Pinto de Morais.

Conceito: Aprovado

Data de Aprovação: 10 / 04 / 2024

MSc Matheus Diniz Pinto de Morais
Orientador - Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)

MSc Elden de Albuquerque Marialva
Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)

MSc Regis Quesada Casquet
Orientador - Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)

JURUTI - PA

2024

Dedico este trabalho aos
meus Pais, Filhos e
Esposa, pelo apoio e
dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida que ele tem me permitido viver, pelos objetivos que estou alcançando, e por me iluminar nos momentos mais difíceis.

Agradeço a minha família na pessoa da Minha Mãe Maria de Nazaré Rodrigues Xavier, dona de casa e meu Padrasto Manoel Pinheiro Xavier, que me criou desde meus primeiros anos de vida como um filho, que até hoje me protege como um pai, minha admiração pela sua profissão de Gari neste município.

Agradeço a minha mulher Aldilene Cardoso da Silva, e meus filhos Luiz Miguel Cardoso Araújo e Jandra Hadassa Cardoso Rodrigues, por serem minha forma de conseguir recarregar minha bateria todas as vezes que pensei em desistir estavam lá para me fazer sorrir e relembrar os objetivos.

Ao meu orientador Prof. Matheus Diniz Pinto de Moraes, que sempre me mostrou o caminho a seguir e que auxiliou nas tomadas de decisões.

Aos meus amigos que participaram dessa jornada comigo desde o primeiro período na faculdade, cada trabalho em grupo e nossas conquistas individuais e coletivas ao longo do curso.

Eu não falhei, acabei de encontrar 10.000 maneiras que não funcionam
(Thomas A. Edison)

RESUMO

Veículo Aéreo Não Tripulado - VANT, conhecido popularmente como Drone, é uma tecnologia de ponta que tem ganhado destaque nos últimos anos na área de mineração e no monitoramento ambiental como um todo, com o geoprocessamento de imagens. Este estudo teve como objetivo fazer o monitoramento da área em desenvolvimento de plantio de culturas no campus da UFOPA (Universidade Federal do Oeste do Pará) no município de Juruti-PA. A metodologia empregada foi a definição da área a ser mapeada, levantamento da área escolhida, prosseguindo com a delimitação com auxílio de GPS, para assim fazer o planejamento de voo com auxílio do software *Drone Deploy*, captura das imagens com o VANT, DJI Mavic Pro, em seguida o processamento das imagens com software *Agisoft Metashape*, para obter o modelo digital de superfície (MDS) e a Ortoimagem da área estudada. O monitoramento se mostrou viável, assim como o primeiro voo, demonstrando que para área monitorada não havia nenhuma interferência que viesse a prejudicar o levantamento. Na proposta apresentada, o monitoramento da área proporcionou resultados em modelos 3D, que puderam ser analisados, assim observou-se como a área está disposta em meio urbano, e sua transformação devido ao crescimento das mudas de plantas que foram cultivadas. Diante disso, nosso monitoramento com VANT se mostrou eficaz, e podendo assim substituir outros métodos de geoprocessamento, os quais precisam de mais tempo, pessoas e recursos, e com o Drone se tornou mais prático, rápido, eficiente, alcançando áreas com grandes extensões territoriais mais rapidamente.

Palavra-chave: VANT; Monitoramento; Processamento; Juruti; Área.

ABSTRACT

Unmanned Aerial Vehicle - UAV, popularly known as Drone, is a cutting-edge technology that has gained prominence in recent years in the area of mining and environmental monitoring as a whole, with image geoprocessing. This study aimed to monitor the area under development for crop planting on the UFOPA campus (Federal University of Western Pará) in the municipality of Juruti-PA. The methodology used was to define the area to be mapped, survey the chosen area, proceeding with the delimitation with the aid of GPS, to carry out flight planning with the aid of the Drone Deploy software, capturing images with the UAV, DJI Mavic Pro, then processing the images with Agisoft Metashape software, to obtain the digital surface model (MDS) and the Orthoimage of the studied area. The monitoring proved to be viable, as did the first flight, demonstrating that there was no interference in the monitored area that could harm the survey. In the proposal presented, monitoring the area provided results in 3D models, which could be analyzed, thus observing how the area is arranged in an urban environment, and its transformation due to the growth of plant seedlings that were cultivated. In view of this, our monitoring with UAVs proved to be effective, and can thus replace other geoprocessing methods, which require more time, people and resources, and with the Drone it became more practical, fast, efficient, reaching areas with large territorial extensions more quickly.

Keyword: UAV; Monitoring; Processing; Juruti; Area

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Drone Mavic 2 Pro, Marca DJJ - Asa Rotativa.....	13
Figura 2: Vant Asa – Fixa.....	14
Figura 3: Nível Aéreo.....	20
Figura 4: Sobreposição de Imagens.....	21
Figura 5: Modelo Digital de Terreno e Superfície.....	22
Figura 6: Bancada em 2D e 3D	23
Figura 7: Modelo Estereoscópico.....	24
Figura 8: Manifestações Patológicas na engenharia Civil	25
Figura 9: Falha Comum em Plantio.....	27
Figura 10: mapa de localização.....	29
Figura 11: Caminhada com GPS Garmin Montana 680	31
Figura 12: On Off / Display Drone Deploy.....	32
Figura 13: Planejamento do primeiro voo	32
Figura 14: Primeiro Voo Realizado	33
Figura 15: Alinhamento das fotos	34
Figura 16: Modelo Digital de Superfície.....	35
Figura 17: Cobertura Ortomosaica.....	37
Figura 18: Paleta de Cores	37
Figura 19: Imagem Processada Primeiro Voo.	38
Figura 20: Imagem Processada Segundo Voo.....	39
Figura 21: Cnidocolus aconitifolius	40
Figura 22: Imagem Processada Terceiro Voo.....	41
Figura 23: Canteiro Suspenso.....	42
Figura 24: Área Monitorada, 4 meses	43
Figura 25: Imagens Processadas	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classificação dos VANTs	14
Tabela 2 - Classificação dos VANTS, Regras da ANAC	16
Tabela 3 - Classificação dos VANTs, Regra da ANAC Atualizada.....	17

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

- VANT** (Veículo aéreo Não Tripulado)
- MDS** (Modelo digital de Superfície)
- MDT** (Modelo Digital de Terreno)
- MDE** (Modelo Digital de Elevação)
- ANAC** (Agência nacional de Aviação Civil)
- RAB** (Registro Aeronáutico Brasileiro)
- RBAC** (Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil)
- IBGE** (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)
- PIB** (Produto Interno Bruto)
- AP** (Agricultura de precisão)
- TIC** (Tecnologia da Informação e Comunicação)
- BVLOS** (Beyond Visual Line-Of-Sight)
- VLOS** (Visual Line-Of-Sight)
- EVLOS** (Extended Visual Line-Of-Sight)
- RPA** (Aeronaves Remotamente Pilotadas)
- LE** (Lagoas de espessamento)
- GPS** (Global Positioning System)
- GPS** (Sistema de Posicionamento Global)
- SISANT** (Sistema de Aeronaves não Tripuladas)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 JUSTIFICATIVA	11
3 OBJETIVOS	12
3.1 Objetivo geral	12
3.2 Objetivos específicos	12
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
4.1 Tipos de VANT	13
4.2 Normas dos VANT	15
4.2.1 Regulamento dos VANTs no Brasil.....	15
4.2.2 Definições de VANT (Veículo Aéreo não Tripulado)	18
4.3 Conceitos básicos de Sensoriamento Remoto.....	19
4.4 Levantamento aerofotogramétrico	20
4.5 Processamento de imagens.....	21
4.6 Uso dos VANTS	22
4.6.1 Mineração	22
4.6.2 Construção Civil.....	24
4.6.3 Agricultura.....	26
4.6.4 Utilização na agricultura.....	27
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
5.1 Trabalho de Escritório	29
5.2 Trabalho de Campo	30
5.3 Planejamento de Voo.....	31
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
6.1 Relatório do primeiro voo	36
6.1.1 Análise da imagem processada	36
6.2 Análise da imagem processada do segundo voo.....	39
6.3 Análise da imagem processada do Terceiro voo	41
6.4 Análise dos Modelos Digitais de Superfície.	43
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
8. CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

No Brasil os VANTs (veículos aéreos não tripulados) já são uma realidade há vários anos e tem ganhado força com sua utilização para levantamentos e monitoramentos, chamando atenção para os setores da mineração, e sendo bastante difundido no setor da agricultura de precisão, sendo aplicado o método de geoprocessamento de imagens e Monitoramento de lavouras. (BARCELOS, 2017)

Segundo Barcelos (2017), a geotecnologia trata de um conjunto de ferramentas e técnicas utilizadas no geoprocessamento de imagens, como por exemplo, no sensoriamento remoto (SR); no sistema de Informações Geográficas (SIG ou GIS); no Processamento Digital de Imagens (PDI); em cartografia Digital; no GNSS (*Global Navigation Satellite System*); levantamentos Topográficos; Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) e/ou Drones.

Discorrendo sobre o uso da tecnologia, Chiacchi (2021) destaca o VANT pela sua facilidade de manuseio, baixo custo para as empresas, múltiplas funcionalidades e seu retorno considerável em mapeamento de áreas através da coleta de dados georreferenciados, ressaltando sua funcionalidade em não precisar de uma pista de grande extensão para alçar voo, e sim, pouco espaço para decolagem e pouso.

No contexto do uso da tecnologia, Vasconcelos (2019), mostra que a constante busca pelo aumento da produção estimula o aperfeiçoamento de ferramentas e métodos que auxiliem em tomadas de decisões. E na mineração, tem o objetivo de impactar positivamente todo o setor mineral, na área de planejamento das atividades, a fim de otimizar as operações unitárias inerentes ao ciclo de produção mineral que indo o monitoramento do meio ambiente da área que foi degradada pela atividade mineradora.

Segundo Ataíde (2016), essas práticas de mapeamento e monitoramento de áreas somente são possíveis pela capacidade do veículo sobrevoar distâncias consideráveis em tempo e custo reduzidos, possibilitando uma captura de imagens digitais georreferenciadas e possibilita a modelagem das paisagens de forma tridimensional mesmo em dias com baixa luminosidade, isto é, nublados. Dessa forma com a utilização de softwares

especializados em processamento através da sobreposição de imagens, (por exemplo Agsoft Metashape), obtidas pelo VANTs podendo assim gerar modelos digitais de terreno, modelos digitais de povoamento florestal, modelos 3D etc.

O presente estudo pretende evidenciar os meios necessários para monitorar a área em desenvolvimento de plantio de culturas que ocorre no terreno do lado oeste do prédio da UFOPA (Universidade Federal do Oeste do Pará), localizada no município de Juruti, para demonstração da eficácia desse método.

2 JUSTIFICATIVA

O monitoramento de áreas com VANT, popularmente conhecido como Drone, tem se tornado uma forma mais rápida e acessível na coleta de informações de grandes áreas em um curto intervalo de tempo, devido ao geoprocessamento das imagens georreferenciadas que são capturadas pelo drone durante o voo planejado. Devido a essa funcionalidade buscou-se fazer o monitoramento de uma área em desenvolvimento, para aplicar o método usado pelo VANT através dos acessórios existentes no veículo aéreo não tripulado, com ajuda de software de processamento externo, que foi extremamente necessário para obtenção das informações durante o período de 04 (quatro) meses, tempo de realização das atividades na área delimitada. Assim, constatando a possibilidade do acompanhamento do desenvolvimento da superfície de áreas com a utilização de VANT's.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Monitoramento ambiental da área no terreno do lado oeste do prédio da UFOPA (Universidade Federal do Oeste do Pará) de Juruti, com a Utilização de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), sob uma perspectiva do geoprocessamento de imagens.

3.2 Objetivos específicos

- Delimitar a área a ser monitorada no voo autônomo com Drone, utilizando o GPS Garmin Montana 680;
- Realizar o planejamento de Voo Autônomo;
- Realizar os voos para aquisição de imagens;
- Processar as imagens adquiridas;
- Analisar as modificações do terreno monitorado a partir de imagens aéreas capturadas pelo VANT;
- Apresentar o resultado final da área monitorada.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Tipos de VANT

Pela necessidade da utilização Bélica com vistas a alcançar áreas inimigas sem baixas humanas, foram então idealizados e criados os veículos aéreos não tripulados (VANT's), como exemplo o que ocorreu nas grandes guerras e Guerra Fria, cujo resultado impulsionou a tecnologia dos VANT's com o apoio dos países aliados como a Alemanha, Estados Unidos, China, Inglaterra, Rússia e Japão (BARCELOS, 2017).

Em sua dissertação, Vasconcelos (2019) afirma que os VANT's podem ser distribuídos em duas categorias: os multirrotores (figura 1) e os de asa fixa (figura 2). O tipo mais popular é a aeronave multirrotor que apresenta o custo mais acessível. Ela possui 4 rotores e 2 pares de hélice afixadas em diagonal e é capaz de decolar e pousar na vertical, permitindo sua atuação em terrenos acidentados, com cerca de 22 minutos de voo (figura 1).

Figura 1 Drone Mavic 2 Pro, Marca DJJ - Asa Rotativa.



Fonte: adaptada Autor.

Figura 2: Vant Asa – Fixa.

Fonte: Vant Asa-Fixa, DT-18, desenvolvido pela empresa Delair- Tech.

Em seu trabalho Barcelos (2017) expõe que os VANTs são classificados de acordo com suas finalidades técnicas e para qual finalidade ele possa ser utilizado, como exemplo, seu material de fabricação, peso, execução de voo, duração de voo, aerodinâmica, estabilidade contra ventos fortes.

O uso de VANTs vem crescendo consideravelmente por conta de suas vantagens técnicas e econômicas, tais como: elevada qualidade no imageamento de pequenas áreas, resolução espacial diferenciada e com alto nível de detalhamento, rapidez na aquisição dos dados, consistência de trajetória de voo e aquisição de imagens e redução de custos (ATAÍDE, 2016, p. 3).

Cada país possui a própria maneira de classificar um veículo aéreo não tripulado, assim algumas semelhanças são notadas e também suas variâncias como as normas que as regem. De modo que Barcelos (2017), classifica em cinco categorias os VANTs, onde cada categoria será observada no quadro abaixo.

Tabela 1- Classificação dos VANTs

Categoria	Descrição	Velocidade	Valor
Asa – Fixa	Aviões não tripulados com asa fixa, que precisam de uma pista de decolagem e de pouso, ou de uma catapulta para lançamento.	Possui voos de longa duração e pode voar a alta velocidade de cruzeiro.	U\$50.000.

Asa – Rotativa	Aviões que possuem asas rotativas, decolagem e aterrissagem vertical e tem a habilidade de pairar no ar e de execuções de manobras.	Possui aspecto de um helicóptero convencional, motores de eixos variando em quatro, seis e oito os drones.	U\$ 499,00 à U\$ 1499,00
Blimps (balões de ar)	Dirigíveis não tripulados são mais leves que o ar e possuem longa duração de voo.	Voam a baixas velocidades e geralmente são grandes em tamanho.	U\$ 100.000 à U\$ 200.000.
Flapping-Wing (batedores de asas)	Aeronaves com asas flexíveis, suas asas são inspiradas em pássaros ou insetos alados.	Pode funcionar a uma velocidade de 2,5m/s	Valor não informado.
Híbridos ou conversíveis	Podem decolar verticalmente e possuem habilidade de inclinar os motores para desenvolverem um voo como os aviões.	Podem voar com velocidades de vento de até 6 beaufort (13m/s) e permanecer no ar por até uma hora	Valor não informado.

Fonte: Adaptada de Barcelos (2017).

4.2 Normas dos VANT

4.2.1 Regulamento dos VANTs no Brasil.

A ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) realizou uma publicação em seu site aos 24 de abril de 2017, em cuja matéria consta o regulamento que trata da utilização espacial de aeronaves não tripuladas, os chamados Drones. A diversidade de operações feitas pelos Drones são: uso corporativo, recreativo, experimental, comercial, policial, estudantil e para fins de pesquisa e monitoramento, assim com isso acontecendo este ano deve surgir novas regras.

De acordo com essa matéria, a ANAC especificou em novo regulamento a divisão dos Drones em duas categorias, quais sejam: aeromodelos, que são os drones usados para fins recreativos; e aeronaves remotamente pilotadas (RPA), estes são os drones utilizados em operações corporativas, comerciais/experimentais.

Em regra, drones com o peso de 250g ou mais estão aptos a voar em áreas distantes de outrem e com no mínimo de 30 metros de altura, tendo o piloto/operador total responsabilidade dos resultados da atividade.

Em 2017 a classificação dos VANTS de acordo com a agência ANAC, foi categorizado em 3 (três) classes distintas, seguindo os critérios de peso

máximo de decolagem do equipamento, esta classificação se observa na Tabela 2 que se trata da Classificação dos VANTS conforme as regras da ANAC 2017.

Tabela 2 - Classificação dos VANTS, Regras da ANAC

Classe	Peso máximo de decolagem	Exigências de Aeronavegabilidade
Classe 1	Acima de 150kg	De acordo com a regulamentação, equipamentos desse porte devem ser submetidos a processo de certificação semelhante ao existente para as aeronaves tripuladas, os drones devem ser registrados no Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB) e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula.
Classe 2	Acima de 25kg e abaixo ou igual a 150kg	Estabelece os requisitos técnicos que devem ser examinados pelos fabricantes e determina que a autorização de projeto aconteça apenas uma vez. Esses drones devem ser registrados no (RAB) e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula
Classe 3	Abaixo ou igual a 25kg	RPA Classe 3 que operem acima da linha de visada (BVLOS) ou acima de 400 pés (120m) devem ser de um projeto autorizado pela ANAC e devem ser registradas e identificadas com suas marcas de nacionalidade e matrícula. Drones que operarem em até 400 pés (120 m) acima da linha do solo e em linha de vista visual (VLOS) não precisavam ser de projeto autorizado, mas devem ser cadastradas na ANAC, através do sistema SISANT. Drones que pesam até 250 g não precisam ser cadastrados ou registrados, independentemente de sua finalidade.

Fonte: Adaptada de ANAC, 2017.

A Aeronavegabilidade também se distingue em 3 operações:

As de BVLOS – Beyond Visual Line-Of-Sight, são as operações onde o piloto não consegue manter o equipamento dentro do seu campo visual, mesmo com auxílio de um segundo observador.

Já as operações de VLOS Visual Line-Of-Sight, são aquelas em que o piloto mantém o contato visual com o drone não havendo necessidade de lentes ou outros equipamentos de apoio na sua execução.

Além dessas duas existem também as operações de EVLOS – Extended Visual Line-Of-Sight, sendo a operação na qual o piloto mantém o objeto em seu campo visual em todo o tempo.

Recentemente a ANAC atualizou, as novas regulamentações sobre o uso de drone e outros modelos similares que fazem parte desta categoria, mais precisamente em 05 de maio de 2023.

As Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) estão agora divididas em três classes, de acordo com seu peso máximo de decolagem junto com o peso de suas baterias, combustível do equipamento e da carga eventualmente transportada, segue a atualização segundo a ANAC como mostra a tabela 3.

Tabela 3 - Classificação dos VANTs, Regra da ANAC Atualizada

Classe	Peso máximo de decolagem	Exigências de Aeronavegabilidade
Classe 1	Acima de 150kg	De acordo com a regulamentação, equipamentos desse porte devem ser submetidos a processo de certificação semelhante ao existente para as aeronaves tripuladas, os drones devem ser registrados no Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB) e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula, além disso ter no mínimo 18 anos para pilotar; possuir cobertura de danos a terceiros; Áreas distantes de terceiros 30 metros altura; operar apenas um único Sistema de RPA por vez; as operações só poderão ser iniciadas com autonomia da aeronave; possuir e portar licença e habilitação emitidos pela ANAC; obter registro junto a ANAC nesse caso deve seguir os procedimentos no RBAC nº 21; executar uma Inspeção anual de manutenção no sistema a cada 12 meses e por fim nesta classe não pode operar drone sobre efeito de bebidas alcoólicas ou entorpecentes encontrasse na RBAC nº91.
Classe 2	Acima de 25kg e abaixo ou igual a 150kg	Estabelece os requisitos técnicos que devem ser examinados pelos fabricantes e determina que a autorização de projeto aconteça apenas uma vez. Esses drones devem ser registrados no (RAB) e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula além disso ter no mínimo 18 anos para pilotar; possuir cobertura de danos a terceiros; Áreas distantes de terceiros 30 metros altura; operar apenas um único Sistema de RPA por vez; as operações só poderão ser iniciadas com autonomia da aeronave; possuir e portar licença e habilitação emitidos pela ANAC; obter registro junto a ANAC; e por fim nesta classe não pode operar drone sobre efeito de bebidas alcoólicas ou entorpecentes encontrasse na RBAC nº91.
Classe 3	Aeromodelos ou RPA com peso máximo de	RPA Classe 3 que operem acima da linha de visada (BVLOS) ou acima de 400 pés (120m) devem ser de um projeto autorizado pela ANAC e devem ser registradas e identificadas com suas marcas de nacionalidade e matrícula. Drones que

	decolagem de até 250g	operarem em até 400 pés (120 m) acima da linha do solo e em linha de vista visual (VLOS) não precisavam ser de projeto autorizado, mas devem ser cadastradas na ANAC, através do sistema SISANT. Drones que pesam até 250 g não precisam ser cadastrados ou registrados, independentemente de sua finalidade.
	RPA com peso máximo de decolagem maior que 250g e até 25 kg	Ter no mínimo 18 anos; seguro de cobertura de danos a terceiros; operar em áreas distantes de terceiros e com máximo 30 metros de altura; operar em um único sistema de RPA por vez;

Fonte: Adaptada de ANAC, 2023.

4.2.2 Definições de VANT (Veículo Aéreo não Tripulado)

As definições de VANTs têm sido regulamentadas pelos Órgãos oficiais, como na Portaria Normativa nº 606 do Ministério da Defesa, de 11 de junho de 2004, definindo através de seu Artigo 4º, como:

"Uma plataforma aérea de baixo custo operacional que pode ser operada por controle remoto ou executar perfis de voo de forma autônoma podendo ser utilizada para:

- a) transportar cargas úteis convencionais, como sensores diversos e equipamentos de comunicação;
- b) servir como alvo aéreo; e
- c) levar designador de alvo e cargas letais, sendo nesse caso empregado com fins bélicos."

É comum a utilização do apelido "Drone" aqui no Brasil, pois é uma tradução direta que vai significar "o zangão", pela razão do barulho que produz ao ser ligado. Se tratando de um veículo que não dispõe de tripulação ou piloto em seu interior, a melhor forma de definir essa aeronave é: Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT); essa nomenclatura vem do termo em inglês Unmanned Aerial Vehicles (UAV), e se popularizou devido a guerra do Vietnã. (BARCELOS, 2017).

Veículos Aéreos Não Tripuláveis (VANTs) são pequenas aeronaves que podem ser autônomas (por programação prévia através de uma estação GPS), ou pilotáveis por um controle remoto que pode ser virtual (através de um tablete). Os VANTs, assim como os receptores GPS, tiveram sua primeira finalidade na área militar. Começaram sendo chamados de Drones, termo referente ao inseto zangão. Foi primeiramente denominado de tal maneira devido ao barulho que emite ao levantar voo.

Atualmente, a maioria dos VANTs que oferecem capacidade de aplicação no campo da agricultura e da engenharia já são uma alternativa competitiva tratando-se de custo e tempo para as tecnologias convencionais de levantamento geodésico (WITTE, 2016, p. 69).

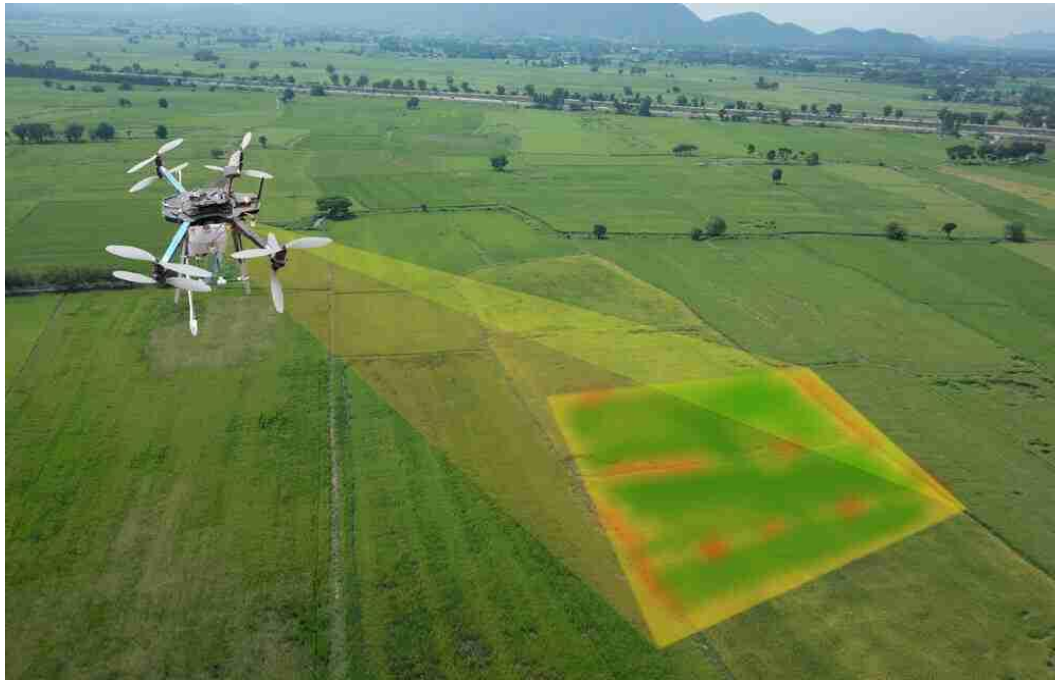
A princípio foram desenvolvidos para fins militares, sendo utilizados fortemente nas duas grandes guerras e na guerra fria onde sua tecnologia teve avanço considerável modificando seu tamanho, forma e material de fabricação, tornando-o mais leve e menos perceptível aos olhos a certa distância do chão. Segundo Barcelos (2017), são utilizados em diversas aplicações no mundo como um todo. Além de serem pilotadas por meio de controle remoto, GPS e rádio Frequência. Suas definições atendem o monitoramento ambiental e o mapeamento de áreas específicas, de acordo com suas características de planejamento.

4.3 Conceitos básicos de Sensoriamento Remoto

O conceito de Sensoriamento remoto, “Sensor” de sentir, logo é um equipamento apto para localização de sinais e “Remoto” de longe e distante, com isso sensoriamento remoto é a obtenção de dados acerca de fenômenos ou objetos da superfície terrestre, fazendo uso de sensores, não havendo contato diretamente entre eles. Em atividade, pode-se ainda afirmar que é o uso conjunto de sensores, equipamentos de transmissão posicionados juntamente com aeronaves, espaçonaves e em outras plataformas, com a finalidade de compreender fenômenos, eventos e processos que acontecem na superfície do planeta Terra, desde o registro e análise das influências entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações. (BARCELOS, 2017, p.15).

O sensoriamento remoto nos permite alcançar as informações atuais das pesquisas de campo, viabilizando exibir as áreas com mais rapidez. Convém recorrer ao conceito de Barcelos (2017), que diz que a terra possui três níveis de altitude, o Orbital onde estão os satélites, o Campo onde estão os teodolitos e estações totais e o Aéreo onde se destacam aeronaves ou veículos aéreos não tripulados (Figura 3).

Figura 3: Nível Aéreo



Fonte: -<https://agriconline.com.br/portal/artigo/sensoriamento-remoto-conceitos-basicos-e-aplicacoes-na-agricultura-de-precisao/>

4.4 Levantamento aerofotogramétrico

Em seus estudos Vasconcelos (2019, p. 27), apresenta a aerofotogrametria como a parte da fotogrametria que trabalha com imagens aéreas, fazendo uso de técnicas para obtenção de informações métricas após as análises de imagens obtidas de plataformas aéreas, sejam na fotogrametria convencional, ou remotamente pilotada.

Segundo o IBGE (2023) o levantamento aerofotogramétrico é um dos métodos utilizados para o mapeamento da superfície terrestre. É realizado por uma aeronave, na qual é realizado o acoplamento de uma fotogramétrica que possa cobrir toda uma área selecionada para que ser mapeada, buscando-se dados reais e atuais.

Ainda segundo o que consta no site do IBGE (2023), aerofotogrametria se dá pelo fato de utilizar da sobreposição de imagens para seu georreferenciamento da área a ser mapeada com VANT, essas imagens (Figura 4) são agrupadas em software por conter coordenadas de latitude, longitude, ângulo, altura e grau de inclinação.

Figura 4: Sobreposição de Imagens



Fonte: Adaptado Vasconcelos 2019

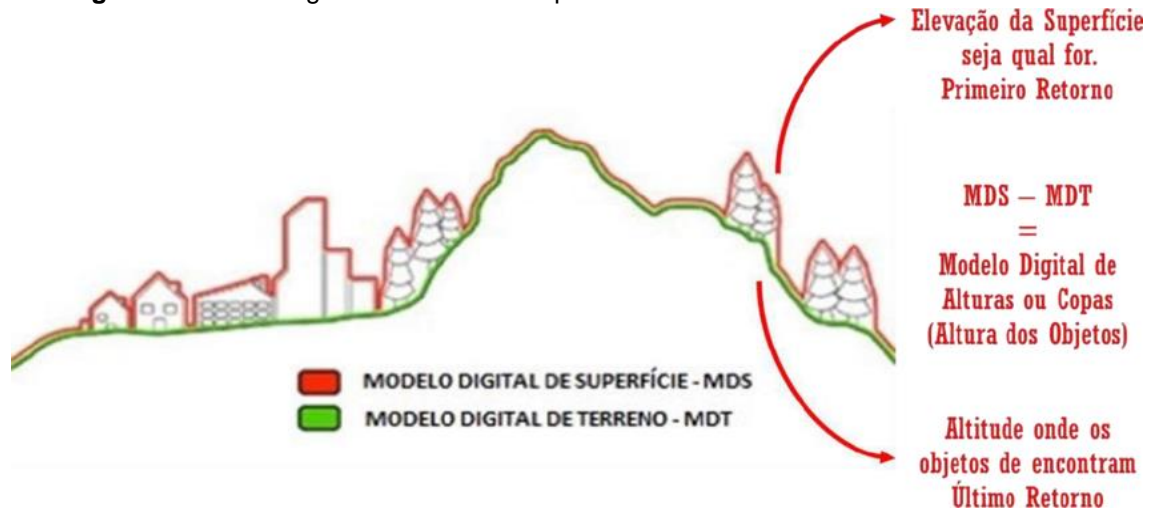
4.5 Processamento de imagens

Na etapa de processamento de imagens são gerados os modelos MDT, MDS e MDE que segundo (Silva 2019), são os modelos digitais que representam o relevo e as informações sobre a vegetação, edificações e as topografias (Figura 5).

A partir da classificação dos modelos digitais, podem ser classificados como Modelo Digital de Superfície (MDS), sendo as características do relevo acima deles onde esses objetos são representados como superfície do terreno. Já o modelo que apresenta somente as características do relevo, sem considerar os objetos acima dele como a vegetação ou edificação, são classificados como Modelo Digital do Terreno (MDT).

E por fim as representações tridimensionais (3D), os Modelos Digitais de Elevação (MDE), isto é, cada pixel tem associado a si um valor que representa uma altitude definida num plano geodésico, pois cada pixel possui informações para compor um quadro maior de dados, e assim é possível criar os modelos de terreno para execução de projetos.

Figura 5: Modelo Digital de Terreno e Superfície.



Fonte: <https://www.researchgate.net>

4.6 Uso dos VANTS

4.6.1 Mineração

O uso de VANTS na mineração vem sendo feito de forma gradativa conforme a necessidade de cada setor e sua finalidade. Segundo Paniz (2023), o uso dessa tecnologia de fotogrametria foi limitado pela performance dos computadores que na época eram muito lentos. Contudo os atuais desenvolvimentos na computação e processadores de ponta estimularam o uso da fotogrametria para gerar modelos em tridimensional (3D) com notória utilização nas mais diversas áreas, encontrando aplicabilidade na geotecnia, agricultura e mineração.

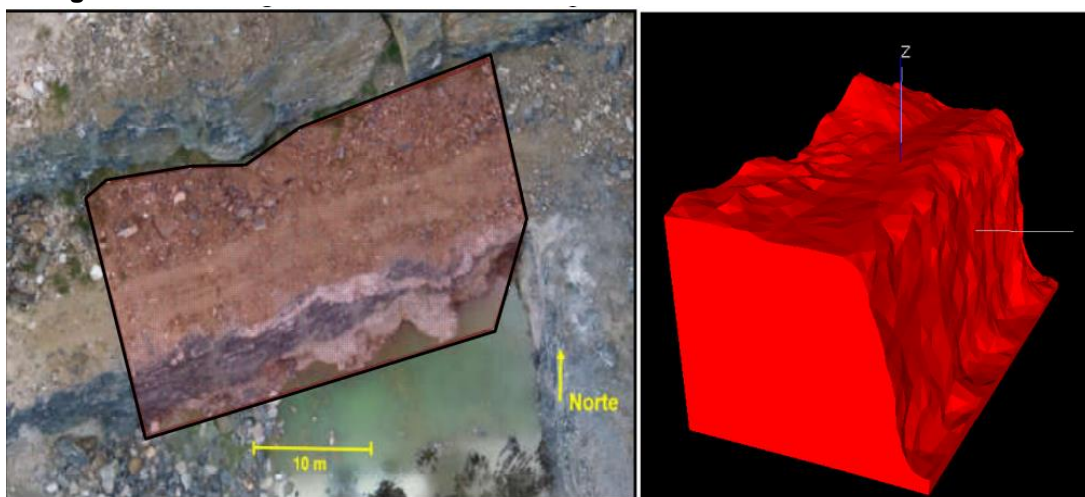
Segundo Vasconcelos (2019), levantamentos com VANTS são capazes de fornecer uma gama de informações de forma precisa, na mineração isso torna-se viável a partir de uma correta e bem planejada coleta de imagens com equipamentos muito bem selecionados antecipadamente, isto é, num curto espaço de tempo e pouquíssimo custo envolvido. As informações obtidas podem ser de volume, geometria e posições georreferenciadas.

Na geotecnia uma das preocupações do uso do método de fotogrametria é a acuracidade se comparada aos demais métodos tradicionais de mapeamento como as bússolas geológicas, para medir as discontinuidades, as trenas para espaçamentos e a estação total para perfil de rochas. Em sua

pesquisa Paniz (2023), apresenta de forma comprovada que essa técnica é efetiva e acurada tornando assim a fotogrametria como uma ferramenta de investigação também de maciços rochosos.

Num espaço onde a mineração se eleva ao topo de um dos mercados mais competitivos, essas tecnologias como os VANTs vêm cada dia ganhando mais espaço, principalmente por serem equipamentos de baixo custo e possibilitar uma otimização de operações de mineração, tais como monitoramento e gerenciamento das atividades do dia a dia (VASCONCELOS, 2019). Ainda sobre essa pesquisa, traz luz a uma bancada em 2D e 3D de uma cava para a produção de brita, no qual as informações de volume, altura e geometria são facilmente obtidas após um voo planejado feito pelo drone (Figura 6).

Figura 6: Bancada em 2D e 3D



Fonte: Adaptada de Vasconcelos 2019.

Em sua dissertação Paniz (2023), nos mostra a geração do modelo estereoscópico, em que a geração de modelos tridimensionais ocorre sem georreferenciar cada uma das fotos tomadas, já que o procedimento de alinhamento feito pelo VANT é automatizada e simultânea. Para que seja efetivo basta que as fotos estejam sobrepostas redundantemente, e não cartograficamente, assim afim de se gerar uma nuvem de pontos foram carregadas 154 imagens e a partir delas teve um produto final com 281 milhões de pontos em uma área de aproximadamente 7 hectares, formando uma resolução de 4000 pontos por quadrado (Figura 7).

Figura 7: Modelo Estereoscópico.



Fonte: Adaptado Paniz 2023.

4.6.2 Construção Civil

Este método é presente na construção civil, utilizado na reconstrução em 3D de prédios, estruturais e até mesmo cidades inteiras digitais. Com propósito de auxiliar no planejamento urbano, fornecendo informações essenciais para monitoramento de Smart City (Cidade inteligente).

Os estudos de Álvares (2016), nos relata que tal aplicabilidade só é possível porque o VANT é capaz de adquirir informações através das imagens e tornar isso em modelos 3D de cidades de maneira rápida e eficiente,

chegando a lugares de difícil acesso devido sua flexibilidade de operação, podendo ser admitido como uma nova plataforma de sensoriamento remoto.

Em seu relato Álvares (2016), relata que as principais vantagens do uso dos VANTs para uma reconstrução 3D de prédios em cidades planejadas, onde destaca a aquisição das imagens do objeto de interesse sob um olhar completamente diferente do habitual, alcançando cantos de prédios de difícil acesso e permitindo visualizar seus ângulos de forma que as informações a respeito das diferentes faces dessas edificações sejam capturadas.

Segundo Lisboa (2018), a captação de imagens com veículos aéreos não tripulados é um método não destrutivo na detecção de manifestações patológicas na engenharia civil (Figura 8). Esta tecnologia de pouco uso em construções pode ser vital na inspeção de estruturas ditas como patrimônio histórico. Segundo os seus estudos, a técnica estudada detecta a manifestação de patologia em prédios através da visualização de imagens fotográficas.

Figura 8: Manifestações Patológicas na engenharia Civil



Fonte: LISBOA, 2018

Deste modo, é possível analisar a existência de diferentes manifestações patológicas em fachadas revestida, como: fissuras, deslocamentos, manchamentos e eflorescência. As falhas que acarretam as manifestações patológicas podem ser causadas por deficiências no projeto, por desconhecimento das características dos materiais empregados e/ou emprego de materiais inadequados, por erro de execução, desconhecimento de normas técnicas e por problemas de manutenção. (LISBOA 2018, p. 3).

Os avanços com o uso de VANTs na construção civil ainda são recentes. Os estudos demonstram o crescimento da aplicação da tecnologia nas atividades de monitoramento e inspeção para o desenvolvimento de novas formas de análises complexas. Segundo Silva (2019), dentre as aplicações é possível identificar contribuições tecnológicas em fases de execução de projetos e até mesmo no monitoramento de segurança após o término das obras devido a essa facilidade na obtenção de informações.

4.6.3 Agricultura

O setor que movimenta a economia mundial é o Agronegócio, isso devido ao seu potencial de melhoria nos campos com avanços tecnológicos. Genilhu (2021) reforça que no Brasil a Agricultura é de suma importância para a economia, sendo responsável por 23% do PIB (Produto Interno Bruto), que juntamente com a agricultura é um dos principais responsáveis pela balança comercial.

Segundo Silva (2022), é crescente o número de produtores que utilizam os sistemas de AP Agricultura de Precisão para melhorar a produtividade, qualidade dos produtos e seus meios de produção. A AP é uma inovação tecnológica, considerada a mais valiosa desse século no monitoramento de fazendas com o uso da tecnologia da informação e comunicação (TIC), trata-se de uma estratégia de gerenciamento de coleta de informações de múltiplas fontes para auxiliar na tomada de decisão em relação à produção agrícola.

Para Chiacchio (2021), essa é uma nova tecnologia para a agroindústria do Brasil, a utilização do VANT, sendo uma tecnologia bastante difundida em países desenvolvidos, passa a ser a cada dia mais presente nas atividades diárias dos produtores.

Conforme Genilhu (2021), a Agricultura de Precisão apresenta-se como ferramentas que auxiliam o produtor rural no processo de gerenciamento de lavoura, buscando sempre o retorno econômico, levando em consideração a variação das lavouras. O uso de novas tecnologias no gerenciamento das lavouras aumentou nos últimos anos, buscando otimizar o processo de produção tendo como resultado uma melhor produtividade e assim maximizar o lucro para o produtor.

4.6.4 Utilização na agricultura

Nesses últimos anos é crescente a procura pela utilização dos VANT na agricultura. Com os drones é possível coletar dados com base nos resultados de processamento de imagens capturadas, como a estimativa de altura da plantação. Ainda conta com o controle e identificação de pragas, através da AP, com as identificações da relação de cor das folhagens e deficiências nutricionais, por exemplo, sendo fácil a identificação das cores com análises no processamento das imagens (SILVA, 2022).

Para Chiacchio (2021), se os voos em uma área de grande extensão fossem realizados com aeronaves de tripulação o custo sairia muito elevado. Por outro lado, com o VANT essa atividade de monitoramento se torna possível tornando viável o uso dessa ferramenta (FIGURA 9). É também onde se observa existência de falhas no plantio, o que é muito comum em atividades agrícolas, podendo ser mais evidenciada pelo drone, revelando sua extensão.

Figura 9: Falha Comum em Plantio.

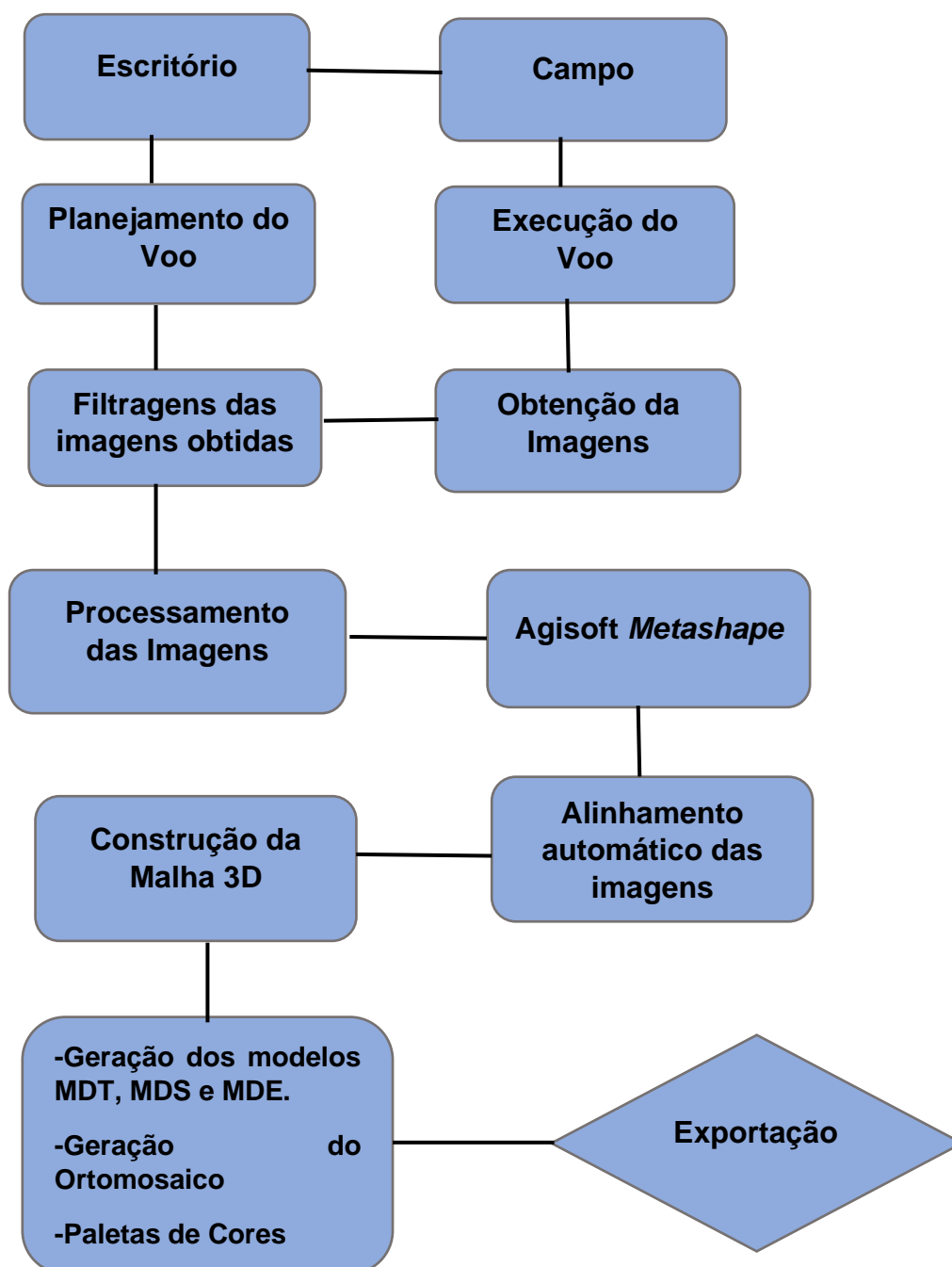


Fonte: Adaptada de CHIACCHIO 2021.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

A partir de agora serão apresentados os métodos utilizados para realização do monitoramento que é o objetivo do presente trabalho, assim como a área a ser estudada, para alcance dos objetivos propostos. A metodologia empregada divide-se em campo e escritório, como mostra o fluxograma abaixo.

Fluxograma 1: Procedimentos metodológicos do Estudo



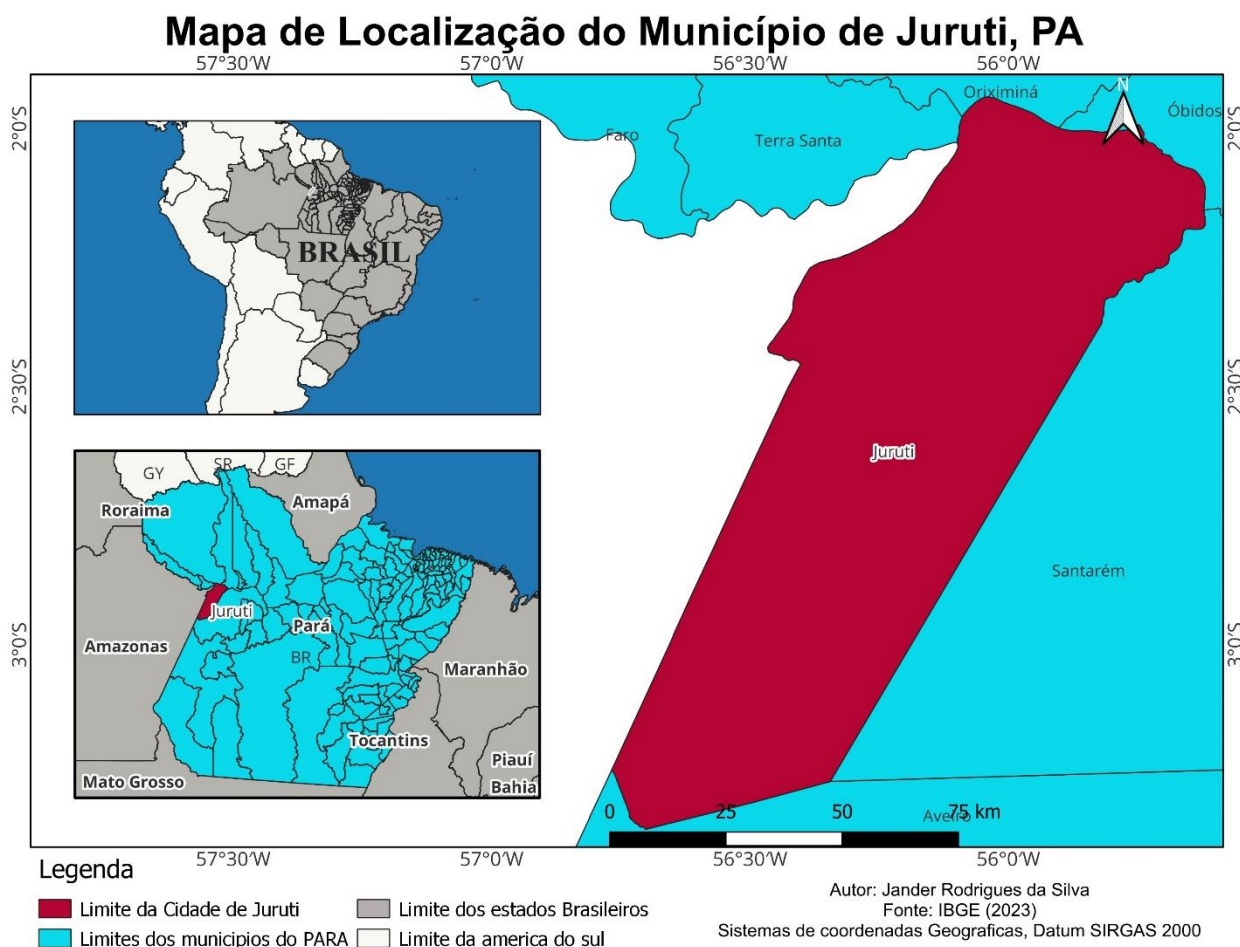
Fonte: Autor

5.1 Trabalho de Escritório

O desenvolvimento dos trabalhos de escritório ocorreu com a delimitação do terreno a ser empregado o monitoramento, levando-se em consideração a área onde será realizado o processo de plantio com as mudas em canteiros específicos, que serão destinados para fins alimentícios. Uma determinada parte é destinada à cultura de milho.

O terreno está localizado na cidade de Juruti-PA, no Bairro São Marcos no endereço Rua Ver. José de Sousa Andrade, SN, 68170-000, onde se encontra a Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, na qual funciona os cursos de Engenharia de Minas e Agronomia. A área se encontra ao lado Oeste do prédio da UFOPA, e será preparada para receber os discentes que utilizaram o terreno para fins das atividades desenvolvidas no semestre (Figura 10).

Figura 10: mapa de localização.



5.2 Trabalho de Campo

Uma primeira visita foi realizada na área de interesse, sendo possível observar *in loco* a disposição do terreno, seu solo arenoso e sua disposição em meio urbano. No decorrer da visita foi possível realizar com o auxílio do GPS Garmin Montana 680 a área de interesse, delimitada para o monitoramento.

A utilização do GPS tem sua significativa importância, pois é através dele que se garante a montagem do shape da área a ser monitorada, de modo a delimitar a área geográfica cujas coordenadas serão posteriormente inseridas no software Drone Deploy, para não se buscar a área no Google Earth e incorrer em riscos de se obter uma localização desatualizada. O que torna essa ferramenta fundamental pois funciona em conformidade com 31 satélites que orbitam a terra em cima de nossas cabeças, como trata de um receptor muito sensível que consegue manter os sinais de localização mesmo em áreas de vegetação densa, zonas urbanas com prédios, e em condições atmosféricas desfavoráveis, como dias nublados (GARMIN 2023, site).

A mesma técnica de utilização do GPS foi empregada por Witte (2016), que descreve em seu trabalho que “os receptores GPS são os dispositivos que coletam os dados enviados pelos satélites e os transformam em informações, como: distâncias, coordenadas, tempo, deslocamento e velocidade”. (WITTE, 2016. p. 24).

O uso do GPS Garmin Montana 680 durante o caminhamento (Figura 11) ao redor da área de interesse do estudo, permitiu a visualização do terreno por meio de suas coordenadas, evitando-se uma visualização desatualizada em plataformas como o Google Earth. Seus receptores Garmin tem uma precisão de até 10m (Dez metro), isso se dá pelas interferências de árvores e edificações altas, mas não é o caso, pois nossa área encontra-se em ambiente aberto e livre de interferências melhorando essa precisão para 1m, ou mesmo um alcance de até 0,50cm de precisão.

Figura 11: Caminhada com GPS Garmin Montana 680

Fonte: Autor

5.3 Planejamento de Voo

As informações obtidas pelo Garmin Montana 680 após a delimitação da área permitiram realizar o planejamento de voo autônomo utilizando-se o software *Drone Deploy*, através do shape criado.

O Aplicativo Drone Deploy é uma ferramenta disponível para downloads, possui uma interface de fácil manuseio e é compatível com os mais variados tipos de VANTs, permitindo a criação de voos planejados e possuindo ferramentas de automação, execução de voo e processamento de dados. Além disso sua plataforma permite Armazenamento em nuvem, o que viabiliza o acesso dos dados do primeiro voo realizado a qualquer tempo. (GEOSENSE 2023).

No planejamento do primeiro voo utilizou-se o shape, por meio de um computador da UFOPA, e sua interface é mostrada na (Figura 13). Após a criação da malha de voo foi possível acessar pelo celular através do Aplicativo Drone Deploy devidamente instalado; desse modo foi possível realizar o voo na área desejada.

Ao chegar no terreno buscou-se um local para a decolagem do Drone Mavc Pro (Figura12a), ao ligar e fazer o pareamento do controle com o App no celular, verificou-se a disposição correta da malha e assim acompanhar seu voo autônomo pelo display do celular (Figura12b), possibilitando o

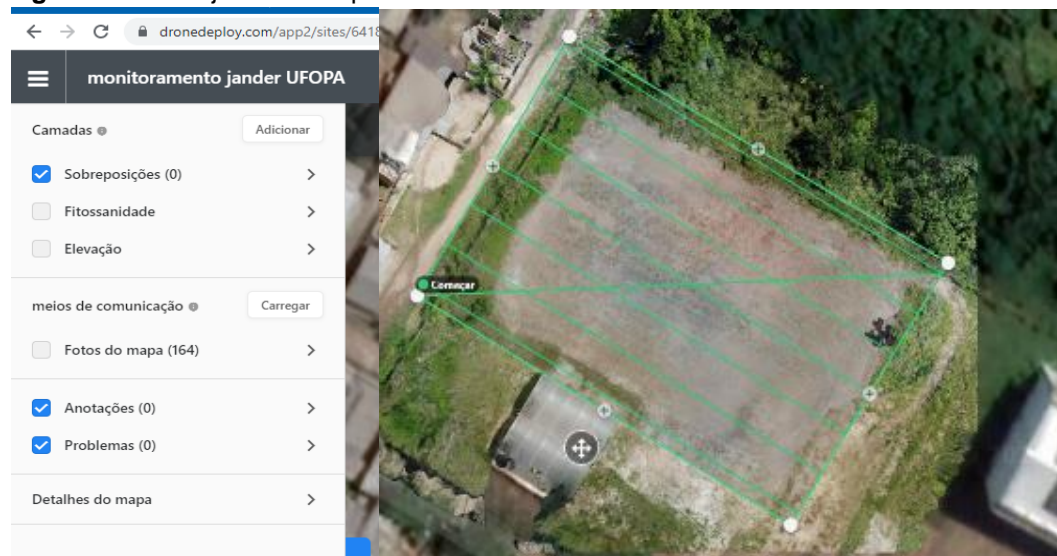
acompanhamento da performance do voo e suas condições de autonomia como tempo de voo, carga da bateria e altitude. Durante esse voo foi preciso uma parada para substituir a bateria fraca - o próprio drone apresenta o sinal de carga baixa.

Figura 12: On Off / Display Drone Deploy



Fonte: Autor

Figura 13: Planejamento do primeiro voo



Fonte: Autor

A execução deste primeiro voo tem características que se assemelham ao que Barcelos (2017) apresenta, que estudos do comportamento espectral da vegetação podem ocorrer em campo, laboratório, orbital e aéreo e o estudo da vegetação por sensoriamento remoto pode oferecer compreensão sobre o aspecto que uma determinada cobertura vegetal possui.

O primeiro voo ocorreu em 20 de março de 2023. Durante sua realização foi possível a obtenção de fotos em alta qualidade, sendo um total de 164 imagens capturadas pelo VANT, em uma altura de 98 pés (30 metros), num tempo de voo de 15 minutos (Figura 14).

Figura 14: Primeiro Voo Realizado



Fonte: Autor

Os dados colhidos através das etapas anteriores, com o uso do Drone, seguem agora para a etapa de processamento de imagens e construção dos modelos digitais de terreno (MDT), modelos digitais de superfície (MDS), Modelo Digital de Elevação, Orto fotos e Ortomosaico, chegando à exportação da imagem final que apresenta de forma nítida a disposição do terreno em modelo 3D; onde é possível analisar seus pontos de interesse, como também suas distorções em meio a falhas no processamento.

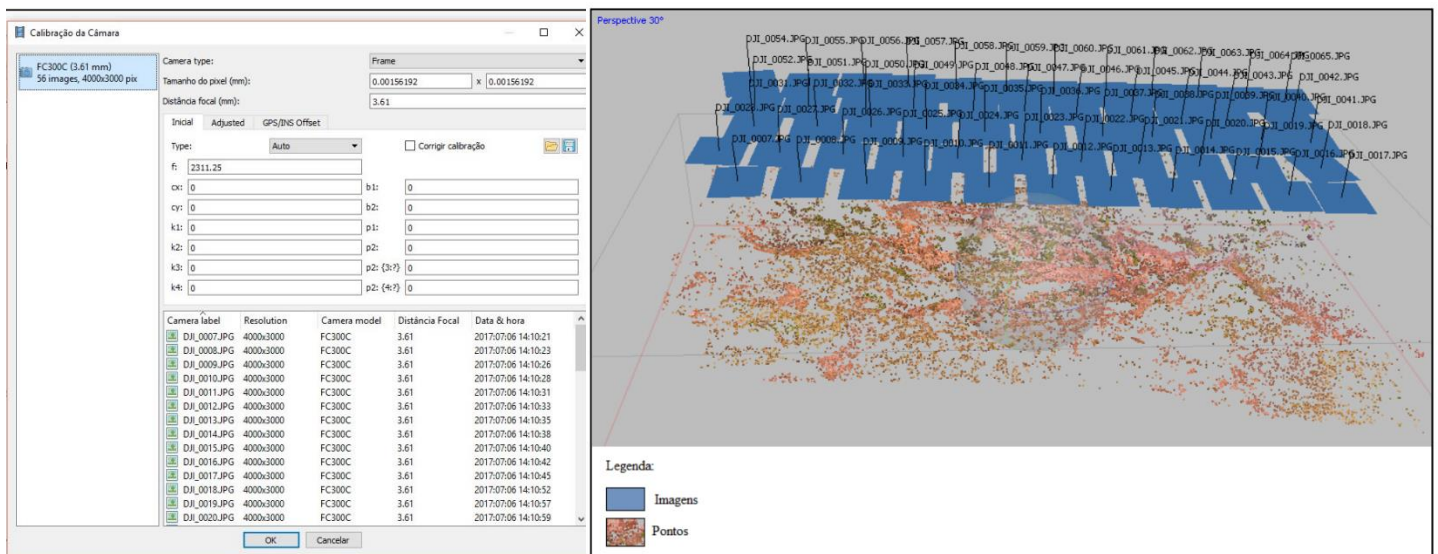
Nesta etapa o uso do software Agisoft *Metashape* seguirá 5 etapas propostas para assim se chegar à imagem em Ortomosaico, são elas **Alinhamento das fotos:** as fotos obtidas pelo VANT serão alinhadas de modo que cada imagem possa estar na sequência correta em que foram tiradas durante o voo planejado (Figura 15). **Construção da nuvem Densa e Ajuste dos pontos:** após alinhadas as imagens forma-se uma nuvem densa de

pontos já alinhados, dando forma na malha do terreno sobrevoado (Figura 15).

Malha/Textura: trata-se da reconstrução da malha poligonal 3D, sendo feito de todas as imagens. O software aplica a superfície plana, relevos e elevação se for o caso, com a ajuda dos algoritmos, que resulta na montagem da altura e do terreno. **Modelo digital de elevação:** o software já nos mostra como está disposto o terreno permitindo assim a visualização das vistas dos MDT, MDS, MDE (Figura 16).

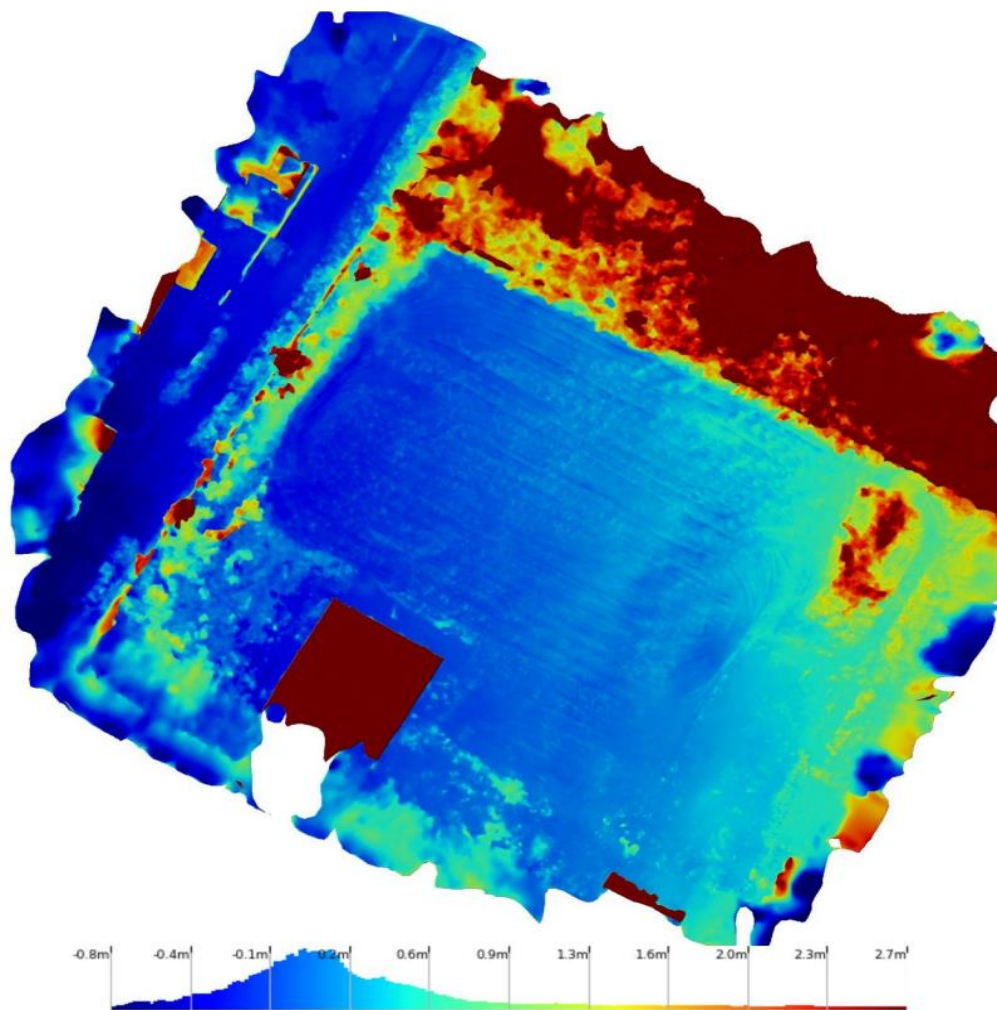
Ortomosaico: o programa nos apresenta as informações de alinhamento, coberturas de processamento insuficiente, cobertura marginal onde se tem a borda da área de interesse e as reconstruções de alta qualidade (Figura 17) apresentadas no processamento onde as imagens ficaram em perfeito alinhamento (AGISOFT, 2022). A geração dos Ortomosaicos dos 3 voos ocorreu de forma automática utilizando o mesmo software Agisoft *Metashape*.

Figura 15: Alinhamento das fotos



Fonte: Adaptado de BARCELOS 2017

Figura 16: Modelo Digital de Superfície



Fonte: Autor

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Levantamento com VANT é o resultado de uma ou mais operações com um objetivo principal de obter imagens aéreas de uma determinada área, através de uma câmera acoplada ao dispositivo sendo assim feito o registro e análise dos dados obtidos através dos softwares.

Com a utilização do (VANT), o estudo obteve resultados de forma satisfatória, pois seu primeiro voo alcançou o planejado de 98 pés (30 metros), e foi feito no horário de 12:30h, onde se teve um céu praticamente sem nuvens, possibilitando a utilização máxima da claridade do sol, permitindo uma boa acuracidade.

6.1 Relatório do primeiro voo

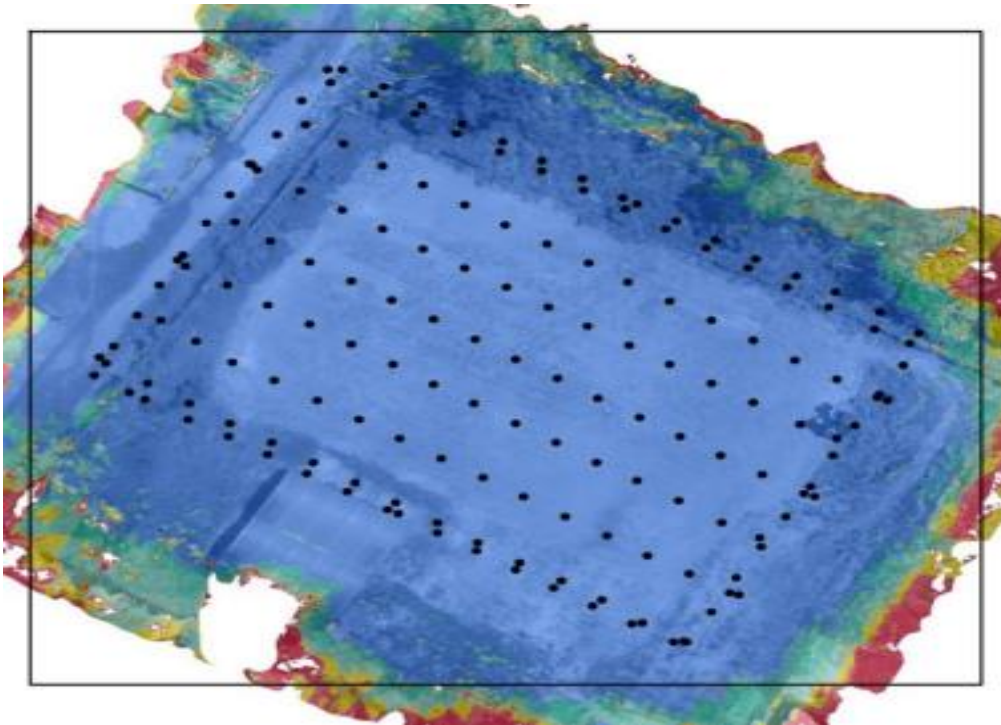
Segundo o relatório da área monitorada o VANT apresentou um excelente desempenho de voo, sem dificuldades permitindo obter as fotos em alta resolução (4k), fazer um processamento de imagens, onde foi possível gerar os modelos em Ortomosaico e MDS, que facilitaram a visualização real da área em desenvolvimento, que segundo o Software tem sua dimensão de voo de um hectare (1 hectare).

6.1.1 Análise da imagem processada

Após a atividade em campo, todo o processamento das imagens obtidas é feito de forma automática e simultânea a fim de gerar Modelo Digital de Superfície (MDS) e o Ortomosaico, seguindo os parâmetros de sua configuração para se obter um resultado de boa qualidade. Utilizando o software Agisoft Metashape Pro.

As imagens plotadas após o processamento são geradas por uma Densa nuvem de pontos, geradas pela posição da câmera, assim as imagens oblíquas e as Horizontais se cruzam formando os pontos, para essas imagens (Figura 17) assim como as outras o número de pontos totais foi de 19,9 Milhões.

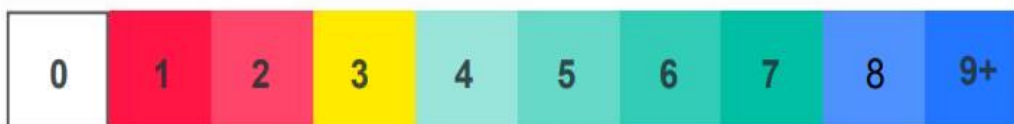
Figura 17: Cobertura Ortomosaica



Fonte: Autor

A imagem mencionada trata de uma cobertura Ortomosaica (Figura 17) onde observam-se as características do processamento em tons de cores e seus pontos de alinhamento do Drone assim como suas bordas onde se tem um processamento falho devido à falta de informação para o software.

Figura 18: Paleta de Cores



Fonte: Autor

Na Paleta de cores (Figura 18), serão apresentados os dados obtidos na Figura 17 de modo mais detalhado onde:

- Do número 0 ao 3, no jogo de cores uma cobertura insuficiente, grandes buracos no mapa e baixa precisão.
- Do número 4 ao 7, se tem uma cobertura marginal, do qual espera-se distorção ou buracos em edifícios ou bordas afiadas e medições de precisão mais baixas.
- Na região de 8 a 9+, se tem uma boa cobertura, onde se espera uma reconstrução de alta qualidade.

E é exatamente o que pode ser observado na (Figura 17), pois a área de interesse está disposta, com a coloração azul claro para o mais escuro. E ainda podem ser notados os pontos onde o alinhamento foi mais preciso, e no centro da imagem se obteve melhor precisão, demonstrado como o Aplicativo Drone Deploy, que atingiu seu papel no plano de voo para uma melhor performance sem sair do que foi previamente elaborado.

Com isso tem-se os dados MDS e os MDT, que segundo Cruz *et al.*, 2011, representam a superfície do terreno, onde o Modelo Digital Superfície permite acrescentar quaisquer objetos sobre essa superfície, ou seja, se nela tiver casas, árvores e etc. Já nos Modelos Digital do Terreno equivalem à superfície real do terreno.

Esse MDT que está demonstrado na (Figura 19) onde podemos ver os resultados finais do processamento das imagens, feita pelo voo do VANT, nela pode se observar da borda para o centro sua nitidez e os pontos de distorção nas partes mais externa e próximo às construções prediais. Desse modo, nota-se nesse primeiro relatório que a área em desenvolvimento ainda não recebeu as plantas.

Figura 19: Imagem Processada Primeiro Voo.



Fonte: Autor

6.2 Análise da imagem processada do segundo voo.

No decorrer dos dias subsequentes teve início a construção dos canteiros e plantio das mudas de culturas, permitindo seu desenvolvimento, e a mudança da vegetação, assim como a modificação da área em estudos.

Nesse segundo planejamento, o voo foi realizado nas mesmas condições do primeiro, com 98 pés de altura, às 12:30h do 05/06/2023, porém com um período de aproximadamente 76 dias depois do primeiro voo. De modo vamos poder observar uma nova vegetação rasteiras com o plantio de milho e também em suspensão com os canteiros.

A imagem processada (Figura 20) foi dividida em três áreas distintas onde em cada secção foi observada sua modificação, vale aqui também ressaltar que as bordas das imagens não foram bem definidas devido à falta de informação para seu processamento por isso o aparecimento de pontos brancos e falhas nas imagens, mas que não causaram nenhuma modificação, pois nossa área de interesse foi bem definida de modo a não sofrer com essas modificações de acuracidade.

Figura 20: Imagem Processada Segundo Voo



Fonte: Autor

A secção **A**: mostra a área que não teve plantio durante o tempo de monitoramento, ficando somente a vegetação rasteira e natural característica da região.

A secção **B**: Mostra a área onde foi feito a construção dos canteiros em altura e Rasteiros, e a partir do segundo voo já é possível observar uma grande modificação se comparado com os resultados do primeiro voo. Os canteiros em suspensão apresentaram um melhor resultado, se comparado com os resultados da área C, o qual teve em sua totalidade o plantio de “milho”. Isso teve motivação pelo cuidado dos discentes com as culturas que foram periodicamente regadas e irrigadas ao longo do período de monitoramento da área.

A secção **C**: Mostra a área onde foi realizado o plantio de milho, apresentando uma grande falha em seu crescimento ao longo do tempo, até a ocorrência do segundo voo planejado. Assim não é possível observar seu crescimento vertical e sim apenas pontos de crescimento na horizontal ao longo da área demarcada.

Nesse segundo voo também foi possível ver *in loco* as estruturas construídas assim como algumas culturas de crescimento mais rápido do que outras (Figura 21).

Figura 21: *Cnidoscopus aconitifolius* .



Fonte: Autor

Por tratar-se de uma espécie de planta alimentícia não convencional, requer um tratamento especial, pois para obter melhor aproveitamento de seu potencial alimentício, suas folhas devem ser branqueadas antes do consumo,

cujo nome é *Cnidoscolus aconitifolius* nativa do México popularmente conhecida como Espinafre-selvagem (SILVA, 2022).

Uma análise mais detalhada dessa imagem tirada próximo ao canteiro com as imagens processadas a uma altura de 30 metros, apresenta boa qualidade de visualização, devido sua estrutura apresentar folhas largas e bem avantajadas e seu crescimento já passar de 20 centímetros.

6.3 Análise da imagem processada do Terceiro voo

De forma análoga aos voos anteriores o terceiro planejamento de voo foi realizado nas mesmas condições, com 98 pés de altura as 12:30h do 18/08/2023, porém com um período de aproximadamente 151 dias depois do primeiro voo e sendo esse o último monitoramento para processamento das imagens e ver sua modificação (Figura 22).

Figura 22: Imagem Processada Terceiro Voo



Fonte: Autor

Na imagem do voo do dia 18 de agosto de 2023, é possível observar uma grande mudança visual, como resultado de um período de seca, ocasionado pela falta de chuva em nosso município, afetando de forma direta a plantação feita na área monitorada.

Buscou-se a separação da imagem processada em três áreas de interesse para analisar o que mudou do segundo voo, e o quanto esse ano atípico influenciou na aparência das plantas e do milho que estava em crescimento, onde a predominância de altas temperaturas exerceu certa influência nesses resultados negativos de desenvolvimento das culturas.

A secção **A**: mostra a área que não teve plantio durante o tempo de monitoramento. Mas sua presença na imagem processada é importante, pois destaca a ausência de cultivo quando comparada com as outras secções.

A secção **B**: mostra a área onde foi feito a construção dos canteiros em altura e rasteiros. A imagem mostra os canteiros já em fase de colheita, onde em algumas áreas os discentes tinham feito a retirada de legumes já em fase de consumo. Chama atenção a mudança da paisagem desde os outros voos.

A secção **C**: mostra a área em que foi feito cultivado o milho. Esse plantio de milho estava em boas condições de colheita, mas que devido à falta de irrigação e as condições de falta de chuva houve uma secagem excessiva apresentou problemas em seu amadurecimento.

Os canteiros em altura e rasteiros (Figura 23), foram construídos pelos discentes do curso de Agronomia e utilizados para cultivo de culturas como quiabo, tomate, coentro, entre outros. Antes da conclusão da pesquisa, o plantio já estava em fase de colheita, que foi realizada pelos discentes.

Figura 23: Canteiro Suspenso



Fonte: Autor

O monitoramento pelo método de processamento de imagens finalizou no terceiro voo, sendo suficiente para permitir a observância do crescimento de plantas, matos e pastagem dentro da área monitorada (Figura 24).

Figura 24: Área Monitorada, 4 meses



Fonte: Autor

Apesar do MDT aparentar ter pouca vegetação, vamos lembrar que desde o primeiro voo se passaram 4 meses de monitoramento onde se manteve um clima sem chuva dando assim o tom de paisagem seca e sem tons esverdeados tornando a modificação da área bem acentuada no que diz respeito a vegetação.

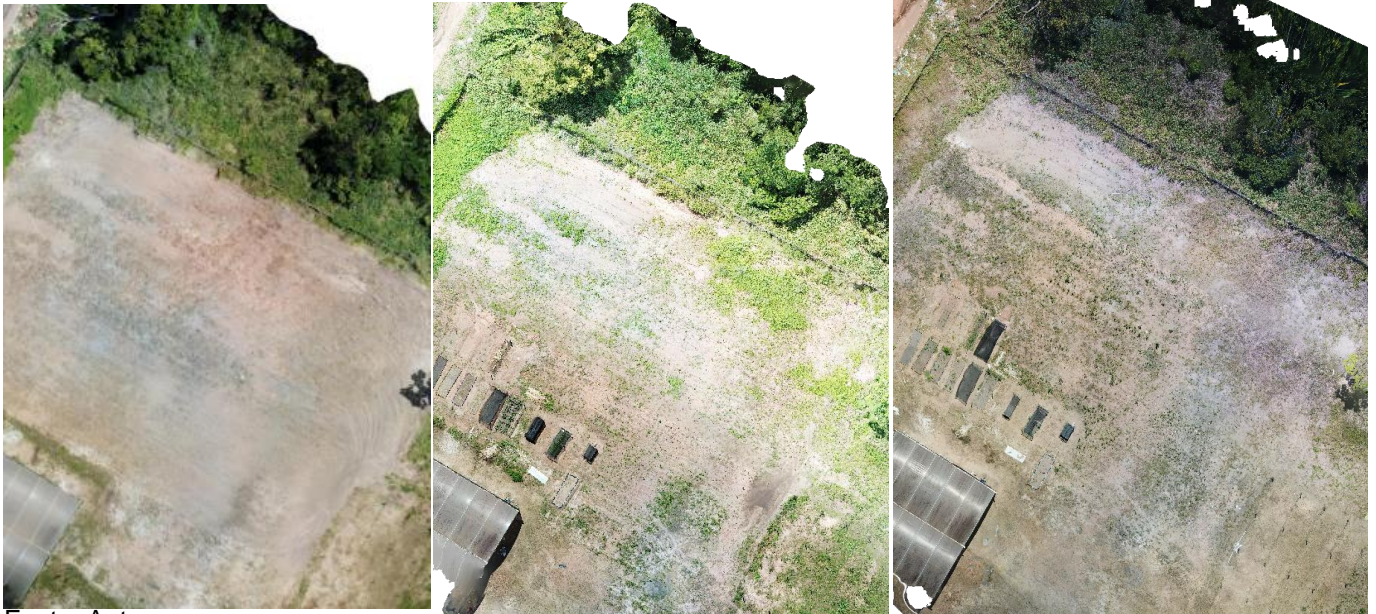
6.4 Análise dos Modelos Digitais de Superfície.

A pesquisa foi realizada durante os meses de abril de 2023 a agosto de 2023, cujas condições climáticas foram em um período atípico no município, devido a escassez da chuva, sendo que nesse intervalo de tempo, prejudicou o resultado do plantio, mais precisamente o processo de colheita que não ocorreu como previsto, entretanto, não trouxe prejuízos à realização do estudo.

Ao longo desses 4 meses pode-se acompanhar o desenvolvimento da área de interesse, sendo possível a obtenção de dados e resultados a partir das imagens processadas (Figura 25). O crescimento das culturas em

canteiros suspensos (Figura 23) e em solo (Figura 24) também pode ser observado, uma vez que estavam presentes na superfície da área de estudo desta pesquisa.

Figura 25: Imagens Processadas



Fonte: Autor

Nesse período foi possível acompanhar o desenvolvimento da área através do processamento das imagens obtidas pelo voo do VANT. As imagens processadas na figura 25 são uma síntese dos três voos realizados, cujo processamento permitiu uma análise visual satisfatória sobre a paisagem do lote, mostrando a capacidade de se ter um voo planejado, mantidas as condições de altura e horários de aplicação, na área de interesse da pesquisa.

O método de geoprocessamento de imagens possui muitas variáveis, e estas por sua vez podem alterar sua funcionalidade e melhorar ou piorar seu desempenho. Entre essas variáveis, tem-se a altura da captura das imagens que pode ser alterada dependendo da necessidade do terreno. Por essa razão, pode apresentar limitações se for realizado em dias nublados, uma vez que precisa da claridade para se obter imagens de melhor qualidade quando capturadas pelo drone.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os veículos aéreos não tripulados tiveram origem para fins bélicos, pelo fato de não ter piloto, serem significativamente pequenos e reduzirem as baixas militares. São dispositivos que não necessitam de contato físico para condução; apresentam capacidade de monitoramento e mapeamento de território inimigo, devido seus dispositivos acoplados, reconhecimento tático, vigilância; transmitindo em tempo real os dados obtidos no campo de guerra.

A grande contribuição desse método de aerolevanteamento de imagens é que não visam eliminar a utilização de aviões tripulados e sensores de alto custo, uma vez que os VANTs têm limitações técnicas peculiares como sua capacidade de tempo de voo, qualidade em seus sensores, entre outras.

Por outro prisma, conseguem preencher de forma satisfatória as imperfeições deixadas pelos métodos tradicionais, através de seu baixo custo de aquisição do VANT e a realização de captura de imagens aéreas de pequenas áreas, o que seria financeiramente inviável pelo método tradicional, que requer custo mais alto.

Essa nova fase da utilização dos VANTs, contribui para o desenvolvimento de áreas como por exemplo a agricultura 4.0 e mineração. No dia a dia do produtor rural, os drones podem ter sua aplicação na otimização da produção, através da utilização de suas ferramentas que auxiliam na gestão da propriedade, seja por meio do mapeamento, da irrigação, da pulverização de insumos, controle de pragas, falhas no plantio etc.

Essa agilidade aliada a praticidade do ponto de vista tecnológico, pode acelerar os resultados da produção agrícola, culminando em maior lucratividade a esse produtor, uma vez que reduz os gastos com equipamentos pesados e de custos elevados, como exemplo aviões de pulverização.

No setor da mineração não é diferente, na busca por uma melhor produtividade e tomada de decisão, os VANTs foram incorporados para trabalhar em conjunto com os programas, como o Deswike, que utiliza o processamento das imagens obtidas pelo veículo para fazer uma análise do desenvolvimento das frentes de lavras, isto é, o planejado versus realizado.

A capacidade de obter o levantamento aéreo com o VANT e possuir os dados confiáveis de uma mina, o tornaram uma ferramenta bastante útil na

mineração, mais precisamente nas fases de pesquisa, lavra e planejamento a curto e médio prazo e no monitoramento de áreas em fase de reflorestamento.

Ressaltando seu uso na mineração, os VANTs vêm aos poucos ganhando seu espaço, pois em cerca de 6 anos, ainda é pequena essa utilização, mas com avanços na mineração 4.0 e avanços tecnológicos, podendo ser melhor aproveitado em um futuro próximo, como já é uma realidade nas áreas onde ocorrem atividades mineradoras do estado do Pará.

É importante registrar que a utilização dos drones não se aplica somente na agricultura e mineração, mas pode auxiliar em outras atividades como pecuária, construção civil, indústria cinematográfica, jornalismo, investigação policial, tráfegos de grandes cidades, enfim, um leque de opções para sua aplicabilidade.

8. CONCLUSÃO

O presente trabalho de conclusão de curso apresenta um estudo sobre o monitoramento de uma área localizada ao lado oeste do prédio da UFOPA de Juruti, com a utilização de VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) sob uma perspectiva do geoprocessamento de imagens obtidas pelo voo automatizado. Ao qual foram propostos também os objetivos específicos: a) Delimitar a área a ser monitorada; b) Realizar o planejamento de voo Autônomo; c) Realizar os voos de aquisição de imagens; d) Processar as imagens; e) Analisar da modificação do terreno e f) Apresentar o resultado da área monitorada.

Esta tecnologia não veio para substituir as que já estão no mercado e que já são eficazes, mas diante da possibilidade de melhorar os processos de processamento e a qualidade dos modelos bem como a rapidez na obtenção dos dados e redução do tempo de espera.

O monitoramento, por meio da utilização do VANT, viabiliza as informações necessárias a tomadas de decisão, por ser um processo rápido e eficaz. No caso da mineração os VANTs, são uma tecnologia recém-chegada que está se adaptando em áreas como no geoprocessamento, planejamento e melhorando métodos já existentes através de colaboração dos dados obtidos.

Nos últimos 6 anos é notória a inclusão desse método de obtenção de dados por meio de imagem de baixa altitude para monitoramento, se comparada com as imagens de satélites, que demanda tempo para se adquirir.

Desse modo, este estudo sobre o monitoramento de área com VANT, se mostrou eficaz na obtenção de dados com a finalidade de criar modelos digitais de terreno, superfície, elevação e os Ortomosaicos através da técnica de aerofotogrametria. Ao longo de 4 meses de estudo foi possível acompanhar toda a modificação do terreno, através do geoprocessamento das imagens obtidas, com seus pontos positivos e negativos.

Esse modelo pode ser aplicado em áreas de grandes extensões territoriais, como por exemplo na agricultura e na mineração, além de outras não citadas no estudo. Na Agricultura, sua utilização pode viabilizar a identificação de falhas em plantações ou em sistemas de irrigação, presença de pragas, alterações na paisagem, na folhagem etc.

Na mineração o VANT pode ser muito útil para monitorar LE (Lagoas de espessamento), as deformações em faces de taludes, fundo de cavas e áreas

que estão em processo de reflorestamento nas empresas. Nesse contexto, tem-se uma ferramenta que pode ter sua aplicabilidade em diferentes áreas como por exemplo:

No **reconhecimento de áreas na pesquisa mineral**, em uma região a ser explorada, onde ocorrem as pesquisas iniciais de possíveis afloramentos de depósitos de minério, que com a ajuda do VANT pode fazer o reconhecimento dessa área;

Na **alocação e instalação de equipamentos nas fases iniciais**: permitindo melhorar o fluxo da produção, colocando cada fase de operação em conformidade com o corpo de minério, como britagem, planta de beneficiamento, pátio de estocagem, carregamento etc.;

No **desenvolvimento da lavra e mina**: permitindo acompanhar o avanço das frentes de lavra e o decapeamento de novos pontos para exploração.

E de forma análoga, também é possível fazer o monitoramento durante as etapas de exploração, assim como nas etapas que ocorrem durante o processo de vida útil do empreendimento mineiro, tais como:

Na **recuperação**: realização do monitoramento de áreas em fase de recuperação da flora degradada, visando retornar o ambiente como era antes da modificação do solo;

Na **reabilitação**: ocorre o monitoramento do retorno da fauna para as áreas anteriormente degradada pela atividade mineira, durante o processo de readaptação das espécies, evitando o afugentamento dos animais pela presença dos humanos;

No **fechamento de mina**: no descomissionamento das instalações, alcançando imagens em tempo real e em altitude suficiente para compreender a superfície da área;

No **acompanhamento de Barragens**: ocorre o monitoramento das barragens após seu fechamento, assim com a utilização do VANT, possibilitando a obtenção das informações que são essenciais para manutenção das barragens em boas condições de estabilidade. Este monitoramento é mais longo e não tem prazo para finalização, que pode ser mesclado com a presença do profissional, reduzindo assim o número de visitas até ao local.

Por fim, é possível evidenciar a capacidade de monitoramento do VANT, no que diz respeito a obtenção das informações fidedignas da área desejada. Constata-se a grande importância dessa ferramenta, seja para a agricultura, construção civil, mineração etc. Além disso o VANT cumpre as exigências impostas pela ANAC, e por órgãos ambientais fiscalizadores como a ANM, trazendo uma credibilidade ao uso desse veículo. Por possuírem um enorme potencial em diversas áreas de pesquisa, é fundamental a realização de outros trabalhos de pesquisa, visando estudos mais detalhados sobre as legislações pertinentes aos controles ou monitoramento de voos em áreas com restrições como aeroportos e propriedades privadas, seja para fins de estudos e pesquisas ou mesmo para entretenimento e atividades laborativas, para viabilizar o uso dessa tecnologia, aproveitando seu potencial ao extremo.

REFERÊNCIAS

ATAÍDE, Danilo Henrique dos Santos. **Aplicação de VANT** no Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo e na Geração de Modelos 3D da Paisagem. Seropédica, RJ: UFRRJ, 2016.

ÁLVARES, Juliana Sampaio. **Mapeamento 3d De Canteiros Via Imagens Coletadas Com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT)**. Salvador, UFBE 2016

BARCELOS, Anna Carolina. **O USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) EM MONITORAMENTO DE CAMPO: Aplicabilidade e Viabilidades**. Uberlândia: UFU, 2017.

GALVÃO, Gustavo Mátar. Acurácia da Mosaicagem gerada por Veículo Aéreo Não Tripulado utilizado na agricultura de precisão. Jaboticabal-SP: UEP, 2014.

VASCONCELOS, Silas Leonardo Dias. **Aplicação do Levantamento Aéreo com VANT em Mina de Pequeno Porte**. RECIFE: UFPE, 2019.

WITTE, Diego Willian de. **ESTUDO DE CASO: Resultados Aerofotogramétricos Obtidos com Vant de Baixo Custo**. Curitiba: UTFPR, 2017.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones/classes-de-drones>>. Acessado em: 23 de 08 de 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://atlascolar.ibge.gov.br/conceitos-gerais/o-que-e-cartografia/aerofotogrametria.html>>. Acessado em: 23 de 08 de 2023.

SILVA, Mariana Inêz Gregorio da **Composição nutricional e potencial antioxidante das folhas de Chaya Cnidocolus aconitifolius** em diferentes métodos de cocção). São Paulo, UOP 2022.

Silva, Vitor Hugo Marquez **Mapeamento Aerofotografico Com Uso De Vant**. Palmas, ULBRA 2019.

LISBOA, Diogo Wanderson Borges. **Utilização do Vant na Inspeção de Manifestações Patológicas em Fachadas de Edificações**. Belém, UNAMA 2018

PANIZ, Irvyn Laurence. **USO DE VANT PARA MAPEAMENTO DE DESCONTINUIDADES EM CAVA**. Porto Alegre: UFRGS, 2023.

GENILHU, Maik Robson de Jesus. **USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) NA AGRICULTURA: REVISÃO DE LITERATURA**. Ariquemes – RO, FAEMA, 2021.

SILVA, Cleber dos Santos Medeiros da. **APLICAÇÃO PARA GERENCIAMENTO DE MISSÕES EMPREGANDO VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTS) EM TOMADAS DE IMAGENS PARA A AGRICULTURA DE PRECISÃO**. Cascavel - Parana, UNIOESTE 2022.

CHIACCHIO, Simon Skarabone Rodrigues. **VANT: UM ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO NA AGRICULTURA DE PRECISÃO.** Revista Nucleo do Conhecimento, 2021.

GARMIN. Disponível em: <<https://www.garmin.com/pt-PT/aboutgps/>>. Acessado em: 18 de 01 de 2024

GEOSENSE. Engenharia e geotecnologia. Disponível em: <<https://geosense.net.br/>>. Acessado em: 18 de 01 de 2024.

AGISOFT. Processamento no Agisoft Metashapehttps. Disponível em: <www.ufsm.br/app/uploads/sites/649/2023/01/Caderno-Processamento-no-agisoft>. Acessado em: 19 de 01 de 2024.

AGRICONLINE. Sensoriamento Remoto: Conceitos Básicos e Aplicações na Agricultura de Precisão. Disponível em: <<https://agronline.com.br/portal/artigo/sensoriamento-remoto-conceitos-basicos-e-aplicacoes-na-agricultura-de-precisao/>>. Acessado em: 22 de 01 de 2024.

RESEARCHGATE. Modelos Digitais de Elevação MDS e MDT exemplificados na construção do MDC. Disponível em: <[//www.researchgate.net/figure/Figura-5-Modelos-Digitais-de-Elevacao-MDS-e-MDT-exemplificados-na-construcao-do-MDC_fig5_374413552](http://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Modelos-Digitais-de-Elevacao-MDS-e-MDT-exemplificados-na-construcao-do-MDC_fig5_374413552)>. Acessado em: 23 de 01 de 2024.