

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA - IG
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA
CAMPUS MONTE CARMELO

ARTUR DA SILVA MACHADO

**A IMPORTÂNCIA DO MAPEAMENTO AÉREO COM RPA PARA
EXTRAÇÃO DE FEIÇÕES DE ESTRADAS VICINAIS: UMA APLICAÇÃO
PRÁTICA**

Monte Carmelo
2022

ARTUR DA SILVA MACHADO

**A IMPORTÂNCIA DO MAPEAMENTO AÉREO COM RPA PARA
EXTRAÇÃO DE FEIÇÕES DE ESTRADAS VICINAIS: UMA APLICAÇÃO
PRÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso como exigência parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis.

Coorientador: Msc. Pablo Henrique de Souza Assis.

Monte Carmelo

2022

ARTUR DA SILVA MACHADO

**A IMPORTÂNCIA DO MAPEAMENTO AÉREO COM RPA PARA
EXTRAÇÃO DE FEIÇÕES DE ESTRADAS VICINAIS: UMA APLICAÇÃO
PRÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso como exigência parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo.

Aprovado em: ____/____/____

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis.

Banca Examinadora:

Coorientador: Msc. Pablo Henrique de Souza Assis

Prof. Dr. Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis (Orientador)
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Msc. Pablo Henrique de Souza Assis (Coorientador)

Eng. Weldon Martins dos Santos
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Monte Carmelo

2022

AGRADECIMENTOS

PRIMEIRAMENTE, a DEUS, que me guiou até aqui, e sempre me deu forças para continuar, mesmo nas dificuldades. E ainda, manter a minha fé no caminho.

A minha FAMÍLIA, especialmente minha mãe Evanda, meu irmão Marlon, pois enfrentamos batalhas difíceis, e por isso somos fortes 2 vezes, e unidos mais ainda. Meu pai Gerson, minha madrinha Denise e meu tio Ivan que me apoiaram e apoiam incessantemente hoje e sempre. As minhas tias Imaculada e Laíde que contribuem sempre com muito carinho e perseveraram comigo este sonho. Aos meus primos/primas, tios e tias, obrigado mais uma vez.

A minha QUERIDA ‘Avó Stelinha’, que com pesar e infelizmente não está presente pra ver esta vitória, ao qual eu chego agora. Mas que de algum lugar está comigo sempre, torcendo e me apoiando do jeito que for.

Aos meus amigos, que estiveram comigo SEMPRE nesta caminhada! Uns mais longes outros mais perto, mas que de alguma maneira me apoiaram.

A todo o corpo docente da Universidade Federal de Uberlândia pelos 5 anos de ensinamentos passados, ao corpo técnico, aos funcionários, a PROAE ao qual fiz parte, e sei que lá foi uma segunda família. E a cada um que esteve participou comigo de alguma forma, que entrou na minha vida a partir da UFU, onde nunca vou esquecer.

Agradecer a EJEAC, a CAEAC por me permitirem poder contribuir e aprender também.

A SAMAP e o setor de Engenharia da UFU, onde fiz meus estágios e cresci como profissional e como pessoa.

Sou imensamente grato, porque sei que em outras vidas estivemos juntos e a força e cumplicidade se mantiveram.

RESUMO

A ideia do trabalho retrata como aconteceu a entrega de informações reais de uma rodovia. As informações adquiridas possuem características do que existe no local, características morfométricas, dados geoespaciais, imagens aéreas, mapas topográficos. Para entrega destas informações de uma maneira precisa e robusta de informações, acontece o mapeamento aerofotogramétrico. Ele é uma maneira eficaz na coleta de dados, por meio de técnicas aplicadas pelo sensoriamento remoto. Este modelo de captação de informações se baseia no uso de geotecnologias, no caso, a RPA (remote pilot airplane[drone phantom 4 pro]), como meio de adquirir informações reais aqui citadas (características morfométricas, dados geoespaciais, imagens aéreas, mapas topográficos). Além de outra geotecnologia usada, o receptor GNSS, que de maneira conjunta performa com a RPA, através de métodos aerofotogramétricos. Dito isso, através de um mapeamento aerofotogramétrico é possível entregar informações reais da rodovia a ser mapeada (ligação da rodovia Alírio Herval MG-188 ao povoado de Lagamar), situada nas intermediações da cidade de Coromandel, Minas Gerais, e mostrar sua característica de estrada vicinal, importante acesso de ligação para outros municípios produtores agrícolas, onde o escoamento da produção pela estrada é visto como atividade valiosa para o andamento da economia regional. Através de informações/dados topográficos da localidade, que serão adquiridos, poderiam ser desenvolvidos projetos, soluções ambientais, identificar e analisar possíveis problemas inerentes ao local, mensurar e identificar a localização destes, de uma maneira prática e rápida, com dinamismo para uma atuação futura. Onde estas análises, feitas por um profissional do âmbito da engenharia de agrimensura e cartografia, através de alguns softwares, como SIG's, CAD, ajudariam para um melhor planejamento e tomada de decisão.

Palavras-chave: Geotecnologias. RPA. Ortofoto. DEM. Processamento de imagens.

Sensoriamento Remoto. Fotogrametria.

ABSTRACT

The idea of the work portrays how the delivery of real information on a highway took place. The acquired information has characteristics of what exists in the place, morphometric characteristics, geospatial data, aerial images, topographic maps. To deliver this information in a precise and robust way of information, aerophotogrammetric mapping takes place. It is an effective way of collecting data, through techniques applied by remote sensing. This information capture model is based on the use of geotechnologies, in this case, RPA (remote pilot airplane [drone phantom 4 pro]), as a means of acquiring real information mentioned here (morphometric characteristics, geospatial data, aerial images, topographic maps). In addition to another geotechnology used, the GNSS receiver, which jointly performs with RPA, through aerophotogrammetric methods. That said, through aerophotogrammetric mapping it is possible to deliver real information on the road to be mapped (connection of the Alírio Herval MG-188 road to the village of Lagamar), located between the city of Coromandel, Minas Gerais, and show its road characteristics vicinal, important connection access to other agricultural producing municipalities, where the flow of production by road is seen as a valuable activity for the progress of the regional economy. Through information/topographic data of the location, which will be acquired, projects could be developed, environmental solutions, identify and analyze possible problems inherent to the place, measure and identify their location, in a practical and fast way, with dynamism for future performance. Where these analyses, made by a professional in the field of surveying engineering and cartography, through some software, such as GIS, CAD, would help for better planning and decision making.

Keywords: Geotechnologies. RPA. Orthophoto. DEM. Image processing. Remote sensing. Photogrammetry.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ARP Aeronave Remotamente Pilotada
- DNIT Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
- GALILEO Sistema de Navegação por Satélite da União Europeia
- GNSS Global Navigation Satellite System
- GPS Global Position System (sistema de navegação por satélite dos Estados Unidos)
- GLONAS Sistema de Navegação por Satélite da Rússia
- MDS Modelo Digital de Superfície
- MDE Modelo Digital de Elevação
- PEC Padrão de Exatidão Cartográfica
- RPA Remote Pilot Airplane
- RPAS Remotely Piloted Aircraft Systems
- SR Sensoriamento Remoto
- UFU Universidade Federal de Uberlândia

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVO.....	10
2.1 Objetivo Geral.....	10
2.2 Objetivos específicos.....	10
3. JUSTIFICATIVA.....	10
4. REFERENCIAL TEÓRICO	10
4.1 FOTOGRAMETRIA.....	10
4.1.2 FOTOGRAMETRIA DIGITAL	11
4.2 GEOTECNOLOGIAS.....	11
4.3 SENSORIAMENTO REMOTO	11
4.4 CARTOGRAFIA	12
4.5 ESCALA	12
4.6 PEC – Padrão de Exatidão Cartográfica.....	14
5. MATERIAS E MÉTODOS.....	14
5.1 Área de estudo.....	14
5.2 Materiais.....	15
5.3 Metodologia	18
6. AVERIGUAÇÃO DO ERRO POSICIONAL	25
6.1. Gerando relatório de processamento	25
6.2. Erro posicional	26
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
8. DIFICULDADES.....	36
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
10. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	39
11. REFERÊNCIAS.....	39
APÊNDICES A – ORTOFOTO TRECHO 11.....	40
APÊNDICES B – ORTOFOTO TRECHO 12.....	41
APÊNDICES C – ORTOFOTO TRECHO 13.....	41
APÊNDICES D – MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE TRECHO 11.....	42
APÊNDICES E – MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE TRECHO 12.....	42
APÊNDICES F – MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE TRECHO 13.....	43

INTRODUÇÃO

Com a evolução e expansão das geotecnologias, os meios para adquirir informações geográficas precisas da superfície da terra se expandiram, e a fotogrametria tem ganhado destaque nesse cenário com o uso das ARP's, que possibilitaram trabalhos em escalas maiores com nível de detalhes antes não alcançáveis, como é necessário em planejamento para trabalhos de estradas e rodovias.

Segundo Marchetti & Garcia (1989, p.257) citado por Temba (2000, p.3) afirmam ser imprescindíveis, para as atividades de fotointerpretação de qualquer região, o estudo da localização e condições de estradas, rios, represas, pontes, pântanos e outros aspectos importantes. Como também informações sobre o solo e seu conjunto, altitude e elevações, vegetação e hidrografia. Além de uma análise combinada dos fatores. Em síntese, a arte da interpretação de fotos aéreas é internacionalmente reconhecida como uma ciência. Pode ser usada para determinar a significância do meio-ambiente para uso da terra, para fins agrícolas e para outros incontáveis levantamentos e projetos.

As estradas vicinais necessitam de uma atenção do poder público, responsável pela sua manutenção. Visto que a ligação entre municípios, vilarejos, cidades grandes e pequenas (com população maior, conseqüentemente poder econômico maior, população menor, menos poder econômico), são uma necessidade para o escoamento de produção agrícola, manter os insumos necessários para as populações destas localidades, e assim movimentar a economia local. Essa movimentação econômica se baseia na vivência da população como um todo, levando em consideração seus moradores, produtores rurais, comércios, estabelecimentos, todos que de alguma maneira precisam constantemente estar em locomoção entre os municípios para o andar da economia.

O mapeamento de estradas e rodovias vicinais, podem ocorrer por técnicas de sensoriamento remoto, com utilização de geotecnologias embarcadas e após o processo de adquirir estas informações, como maneiras de análises para projetos futuros. Com o mapeamento é possível: identificar e mensurar as áreas de vegetação, solo exposto, pastagem, agricultura, entre outros que possam estar presentes na faixa de domínio; informações de geolocalização de cada elemento contido no trajeto; entender o funcionamento do escoamento da estrada; entre outros fatores que podem ser avaliados. Este processo é importante devido as mudanças repentinas dentro do meio ambiente em geral, de toda a superfície, que acontecem devido há um conjunto cada vez mais complexo de objetivos econômicos, ambientais e de políticas sociais.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto é obter dados/feições/medidas da estrada vicinal através do mapeamento aéreo com RPA.

2.2 Objetivos específicos

Gerar Ortofoto (mosaico) da estrada e o Modelo Digital de Superfície (MDS); Identificação da faixa de domínio; obtenção de dados precisos e relevantes da estrada; banco de dados de informações geográficas (SIG) da estrada.

3. JUSTIFICATIVA

Um aerolevantamento com finalidade de mapeamento de estradas vicinais, serve como base de dados geográficos, sendo utilizado como parte importante para o estudo da área, visando projetos futuros, ou soluções. Além de mostrar características do local, como uso e cobertura do solo, será um facilitador para tomadas de decisão inerentes aquela região de interesse. Pois estradas vicinais são o ponto de ligação entre municípios, vilarejos, e a sua estruturação (levando em conta o estado da estrada) é um viés importante para o andar da economia local e escoamento de produções agrícolas, insumos necessários para o dia a dia da população.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

Foi realizado uma revisão da literatura sobre aspectos conceituais envolvidos na temática do estudo, como:

4.1 FOTOGRAMETRIA

Segundo Wolf e Dewitt (2004) citado por (Cunha, 2019 p.), “a Fotogrametria pode ser definida como a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informações confiáveis de objetos e ambientes, através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética registrados.”

A fotogrametria pode ser usada nos estudos e nas explorações do espaço (Manual of Photogrammetry, 1966, p.1220).

De acordo com Quintanilha (1990) o processamento digital de imagens, analisado através de uma linha histórica, somente se destacou depois da metade da década de 60, quando a partir da terceira geração de computadores digitais colocou à disposição dos seus usuários, velocidade e capacidade de armazenamento compatíveis com as necessárias para inserção de algoritmos que executem o processamento de imagens.

4.1.2 FOTOGRAMETRIA DIGITAL

“Os elementos fundamentais para a fotogrametria digital são: a) a acurácia; b) a estabilidade e c) a repetitividade do processo digital, que abrigam a precisão e a continuidade nas relações matemáticas entre o pixel (na imagem digital) e os correspondentes pontos no terreno.” Helava (1992) (Temba, 2000 p.13).

4.2 GEOTECNOLOGIAS

4.2.1 Aeronave Remotamente Pilotada (ARP)

As ARP's, popularmente conhecidas como “drones”, surgiram como ferramenta militar, tendo seu uso propagado após a Guerra do Golfo, em 1990, no Oriente-Médio (Blyenburgh, 1999).

“As plataformas aéreas podem ser aeronaves tripuladas ou não tripuladas, denominadas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (Remotely Piloted Aircraft Systems). Na atualidade, as RPAS têm tido muito destaque, tendo-se em vista a facilidade e o baixo custo de aquisição e operação.” (Barros, 2021 apud Rosalen, 2015).

Por definição, segundo o DECRETO de lei nº 1.177, de 21 de junho de 1971, “aerolevantamento é o conjunto das operações aéreas e/ou espaciais de medição, computação e registro de dados do terreno com o emprego de sensores e/ou equipamentos adequados, bem como a interpretação dos dados levantados ou sua tradução sob qualquer forma.”

4.3 SENSORIAMENTO REMOTO

O Sensoriamento Remoto (SR) é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre por meio da captação e registro da energia eletromagnética refletida ou emitida pela superfície dos objetos. A energia refletida ou emitida pela superfície é captada, transformada em sinais elétricos e convertida em dados na forma de gráficos, tabelas e imagens (Florenzano, 2011).

Para Quintanilha (1990) a aplicação de métodos numéricos compreende uma das técnicas de sensoriamento remoto que estão sendo usadas para identificar e mapear recursos naturais da Terra ou evidenciar problemas correlatos, decorrentes da atividade humana.

Através de uma interpretação, é possível obter informações sobre alvos específicos na superfície. Os produtos do sensoriamento remoto variam de acordo com a configuração do sistema (plataforma + sensor), portanto uma das características relevantes é a resolução espacial, ou seja, a capacidade que o sensor tem de discriminar objetos em função do tamanho destes.

Conceitualmente, os sensores passivos captam a energia eletromagnética natural ou artificial que é refletida ou emitida por objetos que se encontram na superfície física terrestre; em contrapartida,

os sistemas ativos não são dependentes da energia eletromagnética do Sol, ou das propriedades termais da Terra, apresentando sua própria fonte de energia (Barros, 2021 apud Jensen, 2009).

4.4 CARTOGRAFIA

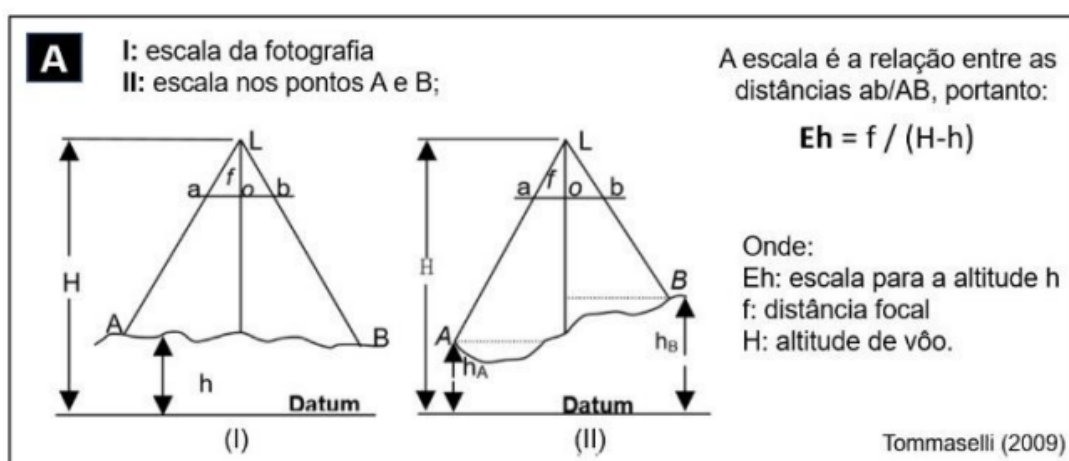
A forma plana é a maneira mais utilizada para a representação das informações espaciais da superfície terrestre, pois os mapas e cartas apresentam uma praticidade satisfatória para os usuários que necessitam manipular as informações Cartográficas. Como a superfície terrestre não é plana, a cartografia se vê obrigada a usar de artifícios para representar estas informações no plano. As projeções cartográficas são ferramentas utilizadas na cartografia para representar a superfície curva sobre o plano, com um mínimo de distorção (Rocha, 1994).

4.5 ESCALA

A escala da fotografia aérea é decorrente da relação entre a distância focal da câmara e altura de voo da aeronave. Entende-se ainda que quando a distância focal aumenta a escaladas fotografias torna-se maior do que outrora, logo para qualquer altura de voo as câmaras com lentes de distância focal longas podem produzir fotografias de escala maior do que as de distância focal curta. (Temba, 2000 p. apud Ray, R.G, 1963).

Altitude e escala – Escala é a razão entre uma distância medida em um mapa e a distância correspondente no terreno. Como a fotografia aérea é uma projeção perspectiva, as áreas que estiverem mais próximas da câmara, no momento da exposição, aparecerão maiores do que as correspondentes que estiverem mais distantes da câmara (Maciel, 2022). Portanto, a altitude de voo vai ser determinante na definição da escala.

Figura – Formulação da escala.



Fonte: Adaptado de Tommaselli, 2009.

Uma base para definição da qualidade das imagens e suas respectivas resoluções.

Tabela 1 – Resolução espacial das imagens.

Intervalo de resolução espacial	Nomenclatura	Sistemas sensores
<u><1m</u>	<u>Resolução Espacial Muito Alta (VHSR)</u>	QuickBird, Planet, WorldView, Pleiades, ARP
1 m – 10 m	Alta resolução espacial (HSR)	IKONOS, SPOT, Rapid Eye
10 m - 100 m	Média resolução espacial (MSR)	Landsat, Sentinel, ASTER
100 m - 1000 m	Baixa resolução espacial (LSR)	MODIS, MERIS

Fonte: adaptado de WHITE, 2016.

Assim, segundo (Santil, 2019) pode-se associar a classificação desse produto em função de seu detalhe informativo, bem como a finalidade de seu uso.

DNIT (2007), descreve as estradas vicinais sendo estradas compostas por solo exposto, sem pavimentação asfáltica. Ou seja, sua superfície é revestida com material natural ou terra. Escoamento da produção agrícola, transporte coletivo e escolar e transporte de produtos primários são tipos de conduções realizadas com frequência nesses tipos de estradas. Na grande maioria das vezes, essas estradas fazem a ligação da zona rural de uma cidade aos grandes centros. Seja uma rodovia ou estrada, normalmente tem essa função de interligar locais.

No Brasil, a malha viária é de suma importância para o desenvolvimento e, por conta disso, a boa manutenção das estradas e vias do território brasileiro faz diferença no preço que pagamos nas mercadorias. Igualmente importante é o estado de conservação e manutenção das estradas vicinais, que dão uma segurança para toda a malha viária.

Em consoante mais uma vez com DNIT, (2007) Para além de aspectos econômicos, que têm a sua devida importância, é necessário lembrar que o Brasil é um país amplo e plural. Isso significa que a manutenção de estradas vicinais serve também para que o acesso às zonas rurais seja facilitado. Na maioria das vezes, por conta da falta de asfalto, algumas dessas áreas sofrem com a grande quantidade de lama causada pela chuva. Ou até mesmo pela falta de uma estrada de qualidade que proporcione acesso fácil à cidade. Além de um acesso a essas áreas, as estradas vicinais com manutenções frequentes e bem-feitas asseguram aos moradores acesso facilitado a direitos fundamentais. Por exemplo, o acesso à educação, ao transporte, à saúde, entre outros.

4.6 PEC – Padrão de Exatidão Cartográfica

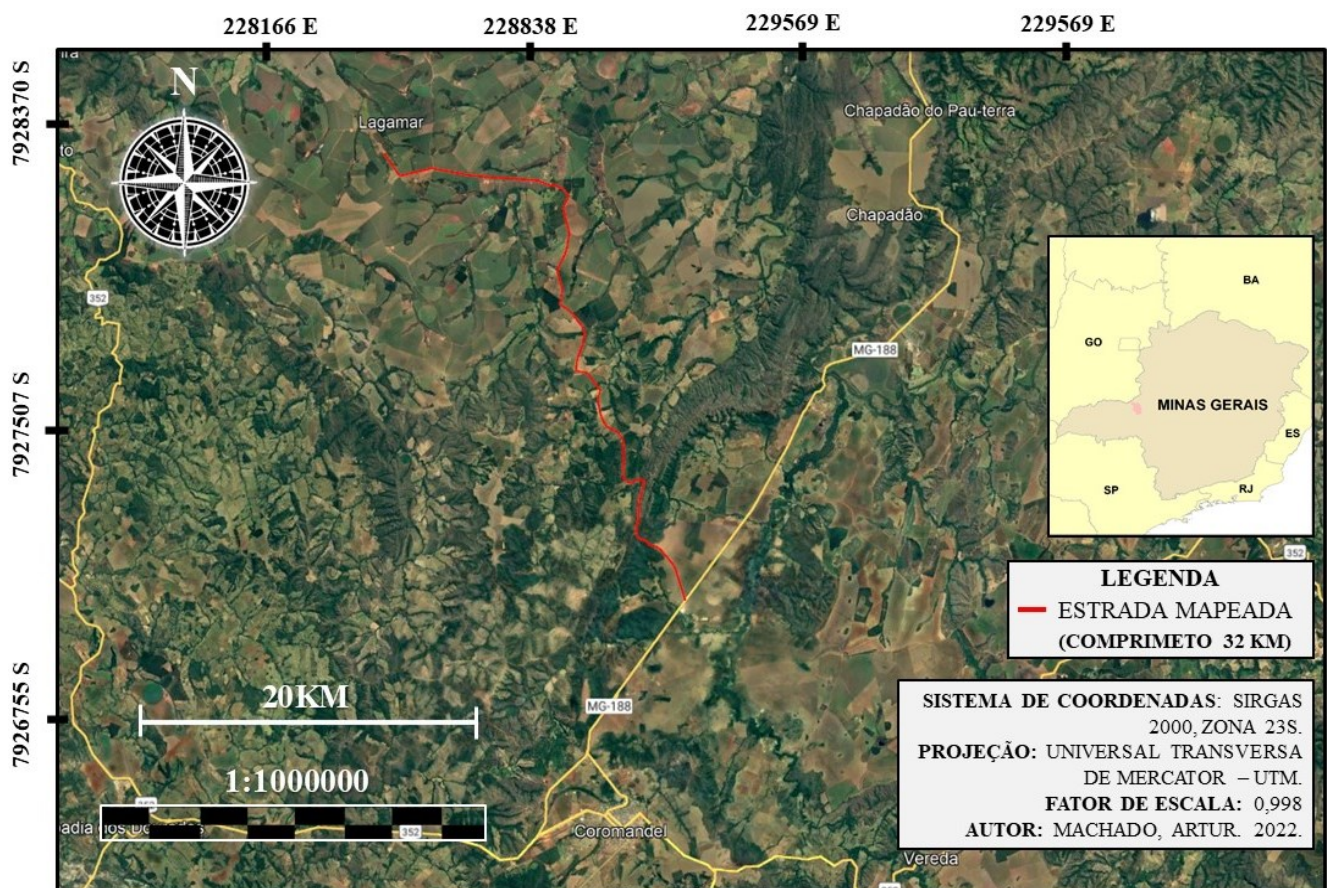
A análise da exatidão cartográfica é baseada na análise das discrepâncias entre coordenadas de referência coletadas em campo e seus respectivos pontos homólogos na carta, mapa, ou produto cartográfico gerado (Galo; Camargo, 1994).

5. MATERIAS E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

Localizada no município de Coromandel, Minas Gerais, importante ligação entre o povoado de Lagamar e a cidade, a estrada tem sua ligação com a rodovia Alírio Herval MG-188. É um forte eixo no escoamento da produção agrícola da região (culturas como cana de açúcar, milho, soja e café) espalhadas ao decorrer da estrada. Possui nesse trecho um caminho vital para o escoamento das colheitas que têm pela região. Além de fomentar as necessidades dos vilarejos próximos, pois é a saída mais próxima e viável para os moradores e usuários que vivem por lá.

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Autor, 2022.

5.2 Materiais

5.2.1 Planejamento do projeto

Etapas de planejamento. Foram utilizados: software Drone Deploy, Google Earth Pro; Open Street Map. A utilização foi mediante aos softwares se mostrarem intuitivos, práticos e seu manuseio ser prático. Além deles serem gratuitos.

Figura 2 – Softwares grátis de para planejamento.



Fonte: Autor, 2022.

5.2.2 Coleta dos dados

Equipamentos usados na etapa dos aerolevantamentos:

Receptor GNSS hi-target V60 (base e rover) – utilizado por ser um equipamento de boa captação de sinais com longas distâncias de um receptor para outro, resistente a impactos e vibrações. Obtém sinais de constelações de satélite variadas, como GLONAS, GPS, GALILEO, BEIDOU entre outros. É um GNSS de multi constelações, permite gravação de dados RTK e estático ao mesmo tempo, e sua precisão no RTK horizontal: 8mm + 1ppm RMS; Vertical: 15mm + 1ppm RMS.

Figura 3 – Utilização dos Receptores GNSS em campo.



Fonte: Autor, 2022.

Drone Dji Phantom 4 pro – utilizado por ser um drone que alcança alturas elevadas, tendo resistência e estabilidade excelentes. É um multirotor, possui boa captação de imagens, abertura focal que permiti obter dados de uma área extensa no campo de visão do equipamento.

Figura 4 – utilização do Phantom 4 pro em campo.



Fonte: Autor, 2022.

Celular Samsung Galaxy m30 – desempenho excelente dentro dos aplicativos usados na execução dos voos, sem travamentos, dando suporte rápido e prático. Robusto em memória, 128gb, sendo um facilitador na hora de salvar os voos e planejar.

Alvos de cartolina (pontos de controle) – A diferenciação das cores do solo com a cartolina precisava ser perceptível nas ortofotos, por isso foi escolhido cores que se destacassem a uma distância, para se ter acuidade visual.

Figura 5 – equipamentos utilizados.



5.2.3 Processamento dos dados

Equipamentos utilizados para a etapa de processamento de dados: notebook lenovo ideapad 330, Intel Core i7-8550U, 8gb RAM, sistema operacional de 64 bits; Equipamento que consegue entregar resultados bons mediante a processamento de dados de média escala, utilização de softwares CAD, SIG, e com uma resposta ideal para o dia a dia. Para trabalhar com dados não extremamente pesados, fluxo dele continua excelente.

Softwares: Autocad – software de fácil manipulação de dados topográficos, elaboração de projetos, ambiente CAD intuitivo, possui versão de estudante;

Agisoft Photoscan – processamento direto, prático e rápido. Poderio com processamento de dados incrível, funcionalidades bem intuitivas;

Qgis 3.16.15 Hannover (QuantumGis) – software livre, ótimas funcionalidades para trabalhar dados provindos de mapeamentos aéreos, levantamentos topográficos, imagens de satélite.

Figura 6 – Equipamento e softwares utilizados.



Fonte: Autor, 2022.

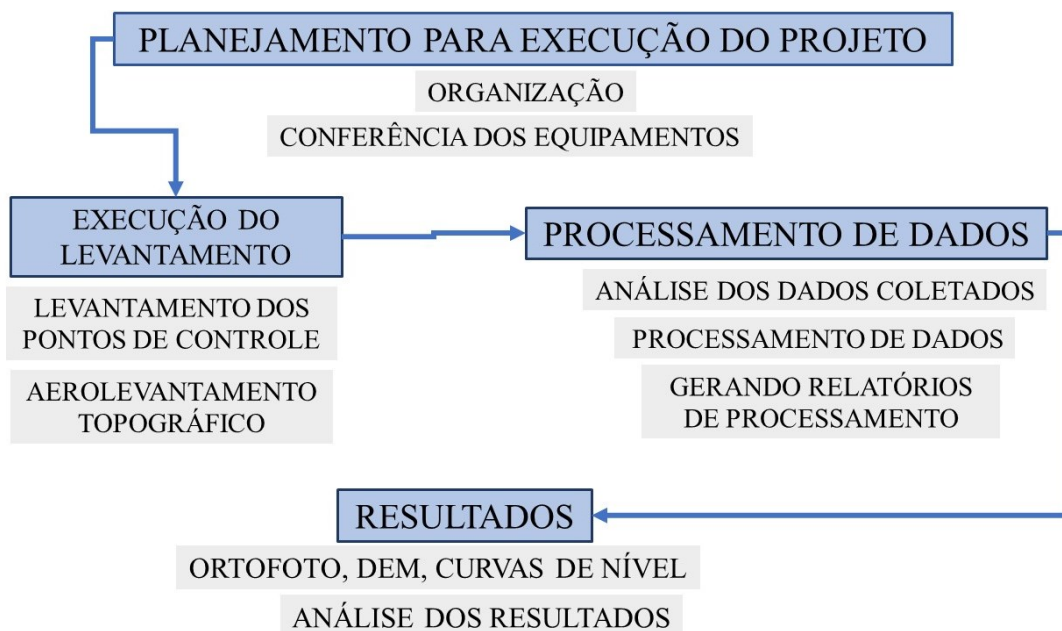
5.3 Metodologia

5.3.1 Planejamento do projeto

Com todo o percurso delimitado para o projeto, o planejamento foi baseado nos parâmetros solicitados para o levantamento. Sendo eles: largura de faixa 60 metros de cada lado da rodovia); GSD requerido de 8 centímetros.

Foi realizada uma análise prévia da estrada com as ferramentas de planejamento já mencionadas, no entorno da faixa de domínio a ser mapeada. Além de uma visita in loco realizada para análise mais profunda de todo o percurso, como seria composta, fatores influenciáveis para o voo, se caso tivesse.

Figura 7 - Fluxograma das etapas realizadas.



Fonte: Autor, 2022.

Os planos de voo foram parametrizados para obter medidas próximas entre ambos os voos, procurando seguir as mesmas alturas, coberturas de áreas e distâncias programadas. Além do mais, foi utilizada a mesma faixa de recobrimento 80 sobreposição frontal e 70 sobreposição lateral para todos.

Figura 8 – exemplo de plano de voo utilizado (interface do aplicativo Drone Deploy).



Fonte: Autor, 2022.

5.3.3 Levantamento dos pontos de controle

Com o uso dos receptores GNSS V 60 (base e rover), foram capturados pontos ao decorrer da estrada, com um espaçamento entre eles de 500 metros mais ou menos, intercalando seus lados, esquerda e direita do trecho da rodovia, como podem ser analisados na imagem abaixo. Dentre esses pontos, possuem pontos de controle (quantidade maior) e pontos de checagem. Na primeira imagem é possível ver todos os pontos coletados no trajeto por inteiro da estrada, com uma faixa de domínio bem aparente.

Na segunda figura é identificável alguns pontos de controle, base utilizada, no decorrer de uma ortofoto, onde se vê os pontos in loco.

Figura 9 – Pontos distribuídos no decorrer de toda rodovia mapeada.



Figura 10 – Pontos de controle no trecho da rodovia.



Figura 11 – Coleta dos pontos de controle.



Fonte: Autor, 2022.

5.3.4 Execução do aerolevanteamento topográfico

Feito através da divisão da estrada em trechos. Onde esses trechos tiverem uma extensão de 1,5 quilômetros a 2, variando nestas faixas de tamanho. 80 metros de cada lado da estrada (sendo que o requerido foi 60 metros), em referência a seu ponto máximo de largura para ambos os lados; GSD (Grand Sample Distance) requerido de 8 cm/pixel, mas que atribuímos o valor menor, como podem ser vistos nos parâmetros de voo.

Figura 12 – Preparação para o voo.



Fonte: Autor, 2022.

Os trechos apresentados abaixo tiveram esta variação nos parâmetros devido a possíveis elementos que inviabilizassem o voo, ou que não deixasse com uma qualidade ideal para o projeto. Assim, ocorriam algumas variações, mas pequenas comparados um voo ao outro.

Figura 13 – Parâmetros utilizados.

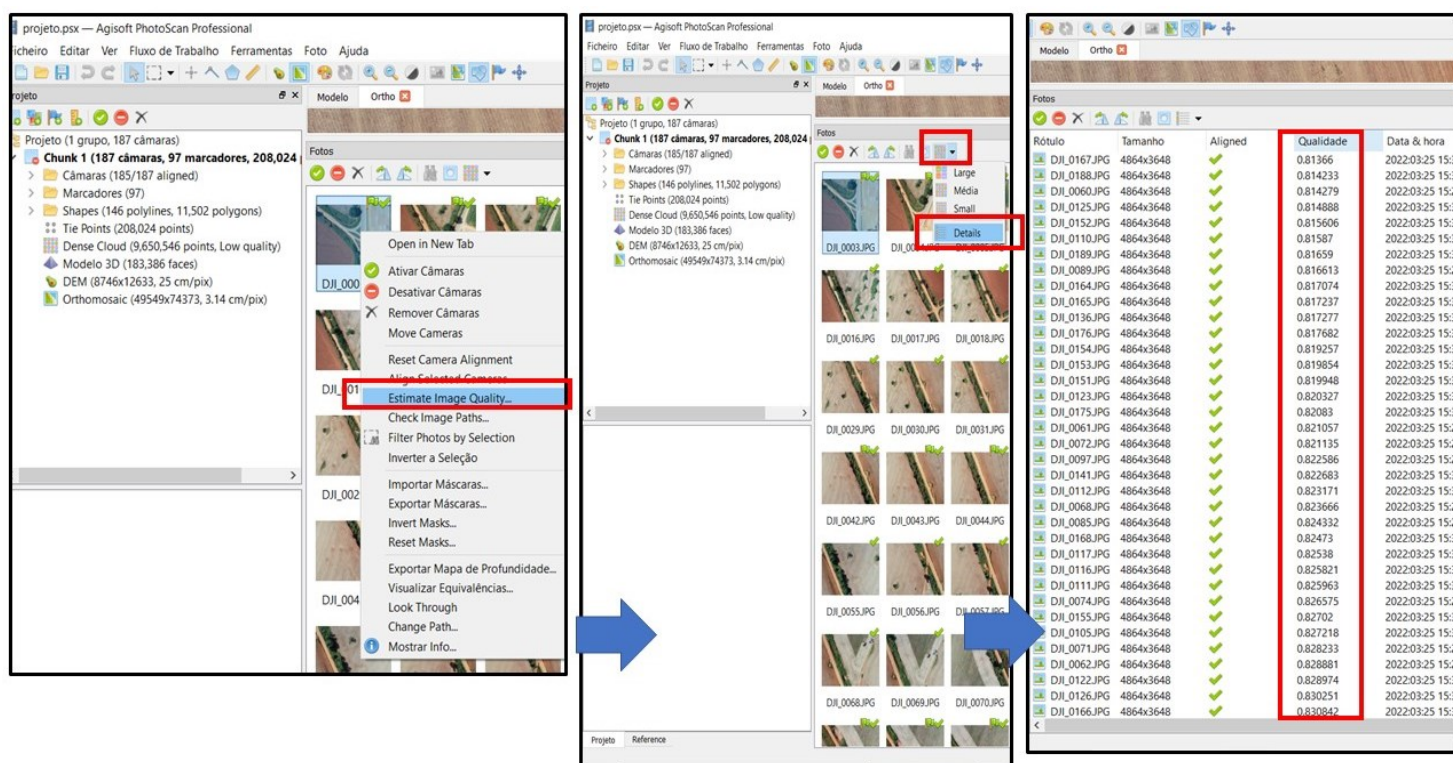
IDENTIFICAÇÃO	ALTURA (M)	GSD (CM/PIXEL)	ÁREA COBERTA (HEC)	TEMPO (MIN)
voo 1	110	3.6	27	17:06
voo 2	109	3.3	29	18:42
voo 3	110	3.3	18	13:12
voo 4	109	3.3	15	15:39
voo 5	109	3.3	8	08:25
voo 6	100	3	8	12:05
voo 7	99	3	7	11:34
voo 8	99	3	7	10:20
voo 9	104	3.1	16	15:59
voo 10	105	3.1	14	15:44
voo 11	105	3.1	18	15:53
voo 12	105	3.1	17	15:34
voo 13	105	3.1	15	15:59
voo 14	100	3.0	12	15:59
voo 15	100	3.0	14	15:55
voo 16	100	3.0	12	12:59
voo 17	99	3.0	12	12:20

Fonte: Autor, 2022.

5.3.5 Planejamento para o processamento de dados

A metodologia utilizada dentro deste trabalho para obter um melhor desempenho e menor tempo de trabalho foi a de processamento em partes. Cada voo realizado em um trecho da rodovia passou pelo processo de georreferenciamento e processamento separado, para em seguida serem gerados os produtos topográficos. Antes de iniciar o processamento, foram verificadas a qualidade das imagens do voo, com a ferramenta disponibilizada pelo software. Ferramenta - Ver - Panes- Fotos – *estimate image quality* - all câmeras – ok. Change view- detalhes. Isso foi feito para saber como estariam as imagens onde acima de 0,8 representam imagens de boa qualidade.

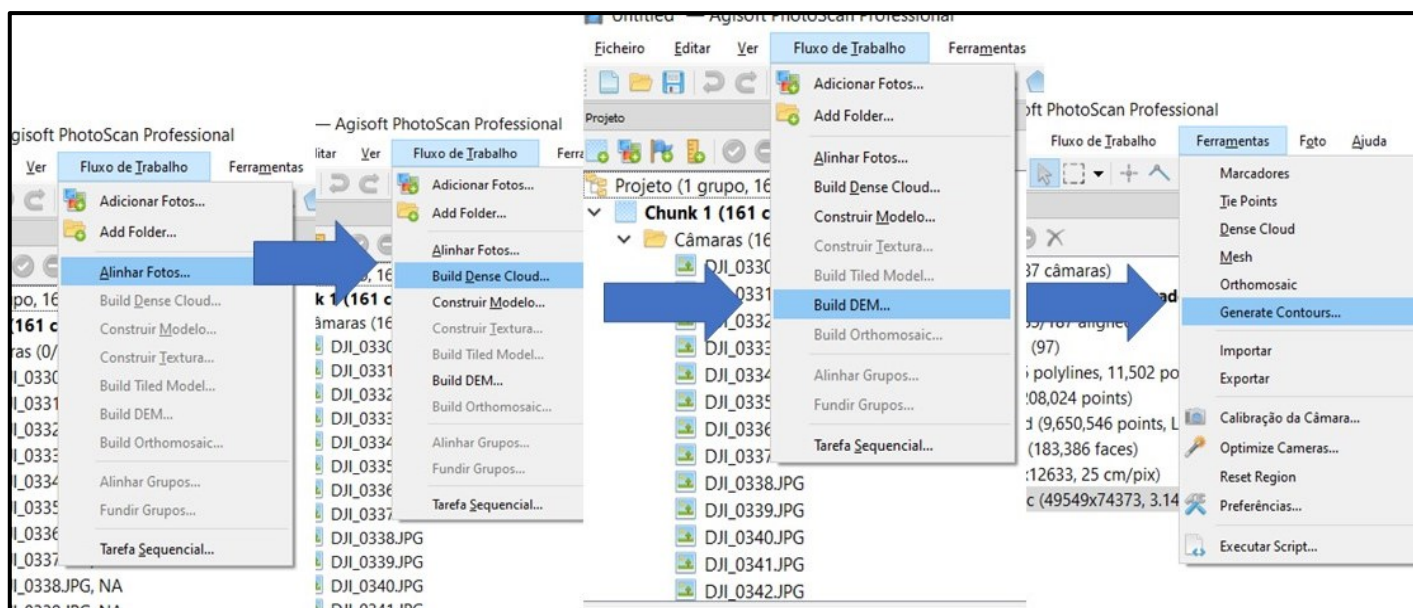
Figura 14 – Averiguando a qualidade das imagens.



Fonte: Autor, 2022.

Após verificar a qualidade das imagens, foi dado prosseguimento para a geração dos produtos cartográficos. Os passos do processamento foram demonstrados abaixo.

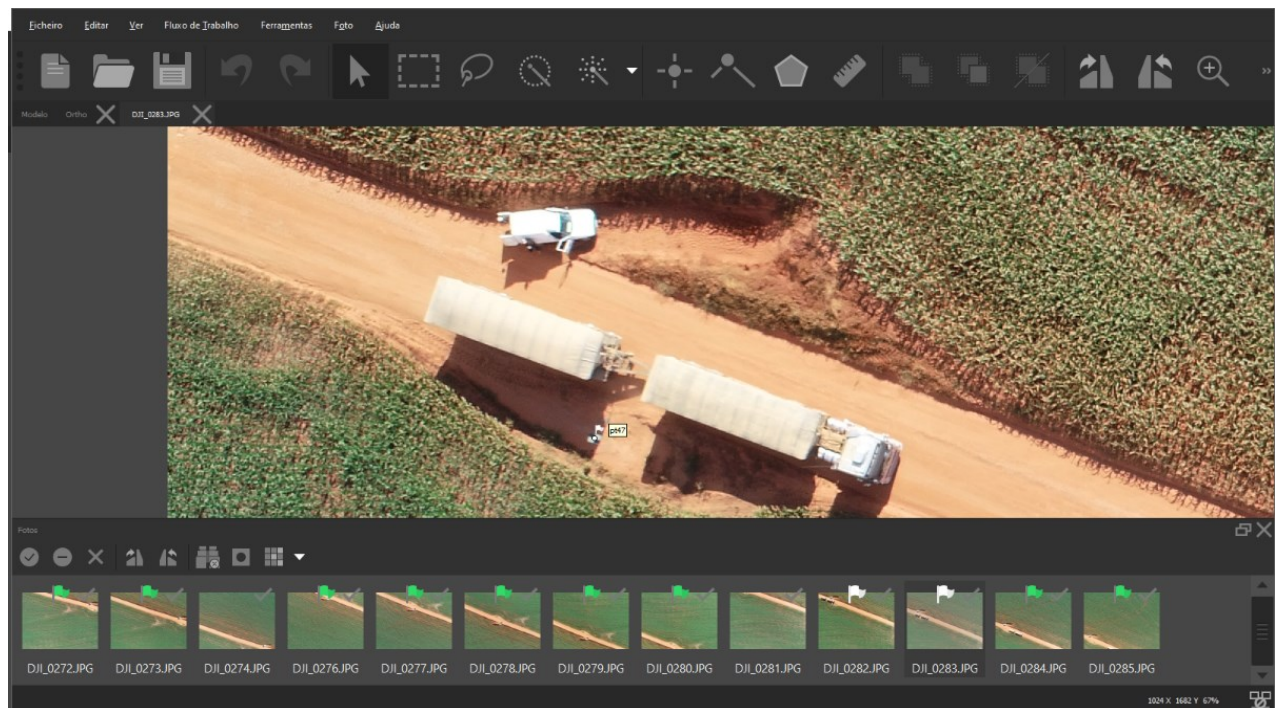
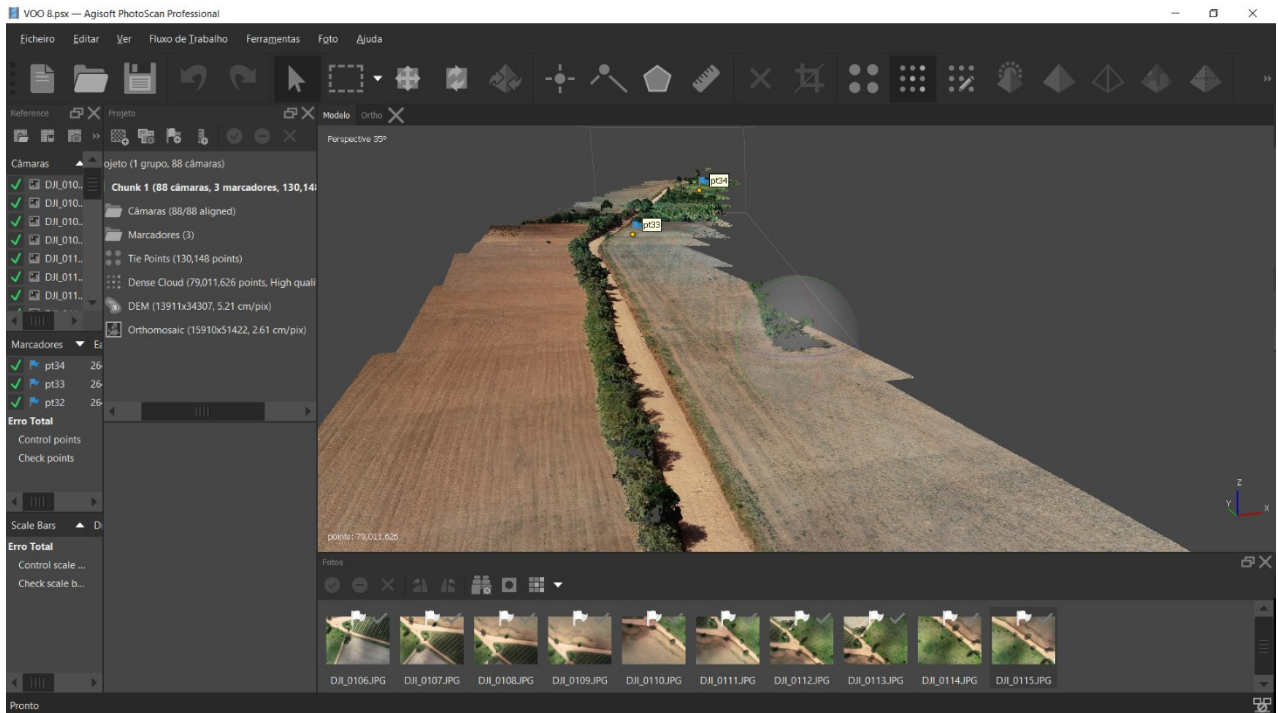
Figura 15 – Processamento dos dados no software Agisoft.



Fonte: Autor, 2022.

O processo de georreferenciamento consiste em atrelar um ponto de controle coletado com o receptor GNSS (coordenada precisa) com as imagens adquiridas no voo.

Figura 16 – Processo de georreferenciamento das imagens.

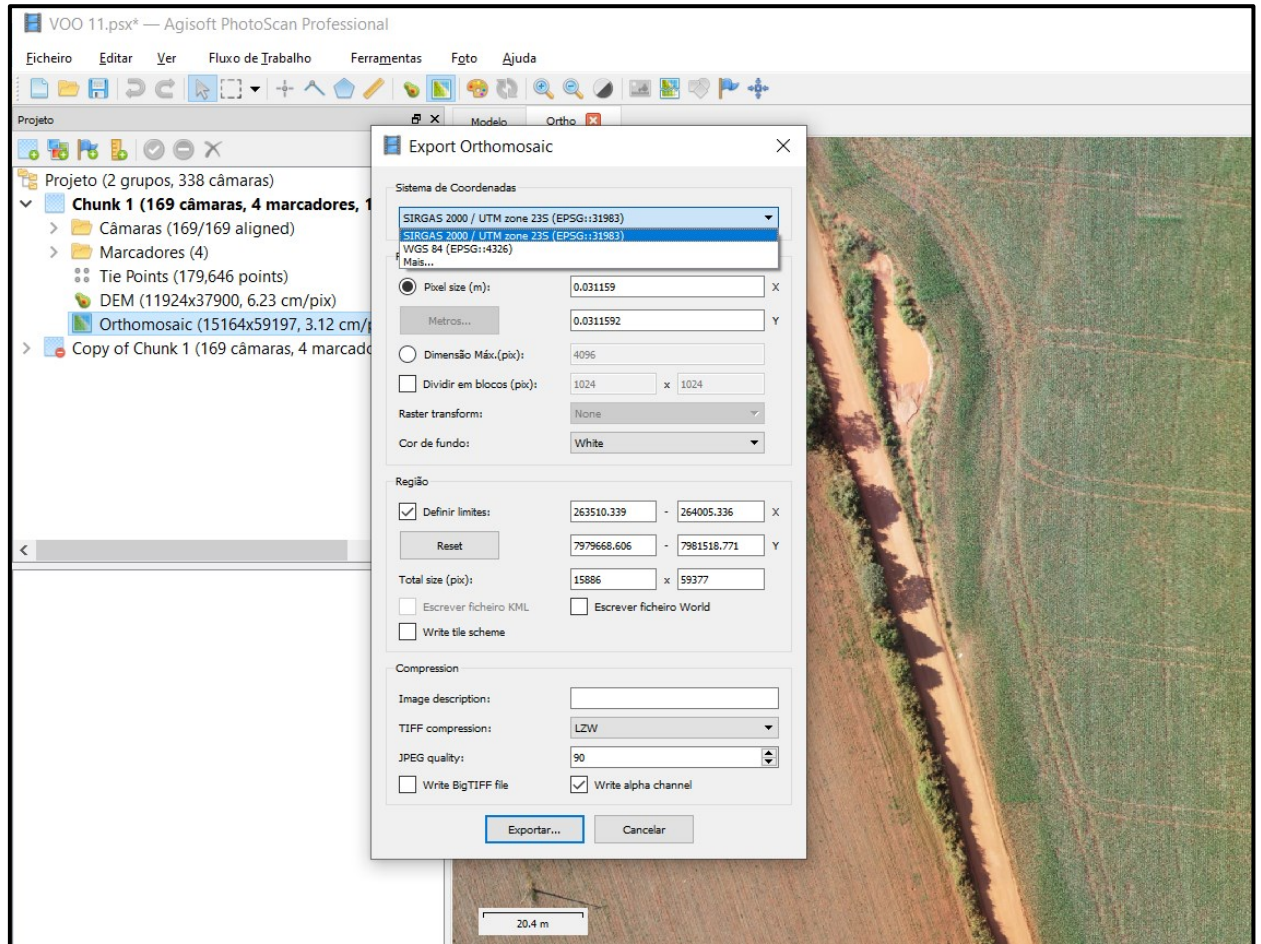


Fonte: Autor, 2022.

Na figura abaixo poderá ser vista a interface após as etapas descritas. Em destaque o arquivo ortofo aberto no Agisoft (os produtos gerados da rodovia estarão apresentados nos apêndices, nos

resultados, as análises). Após o processamento, foram exportados em arquivo .TIFF, com a respectiva projeção.

Figura 17 – Exportando os produtos topográficos gerados.



Fonte: Autor, 2022.

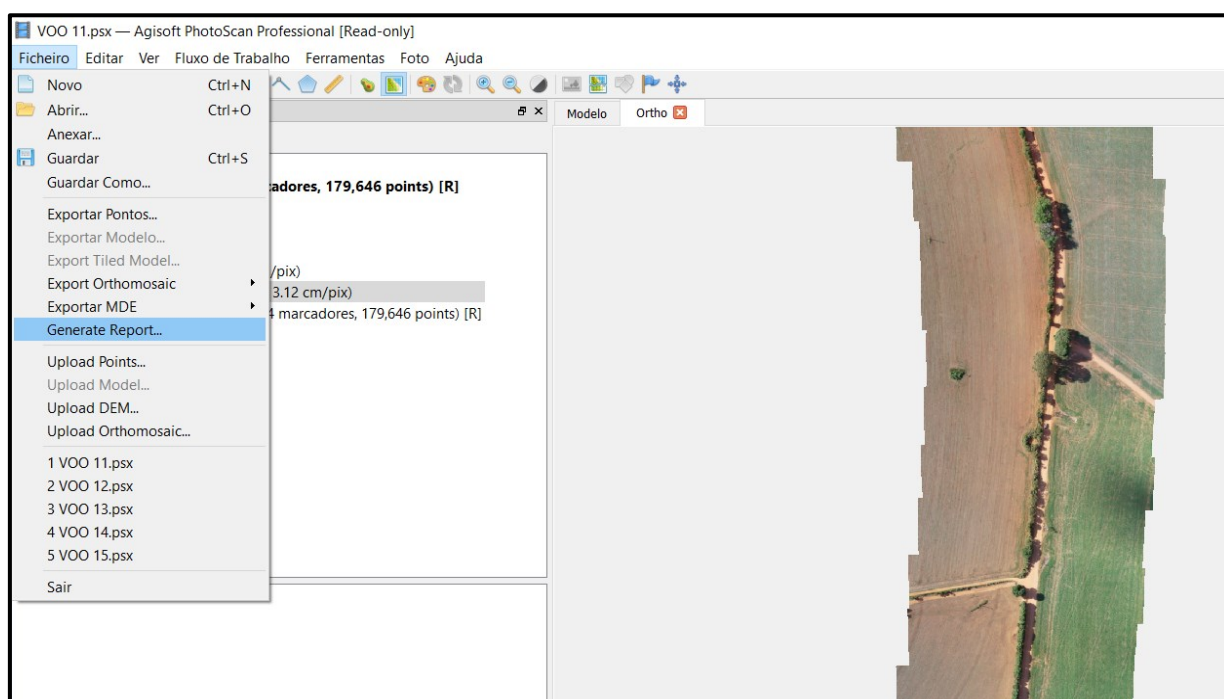
6. AVERIGUAÇÃO DO ERRO POSICIONAL

Através de uma análise dos parâmetros usados em toda a metodologia deste projeto, até chegar nos resultados, é possível estimar o erro posicional do produto cartográfico Ortofoto. Entretanto, softwares de processamento já indicam estes parâmetros. Com as informações de voo, os pontos de controles coletados com suas respectivas coordenadas, é realizado uma análise posicional paramétrica.

6.1. Gerando relatório de processamento

Para gerar o relatório de processamento para os produtos cartográficos deste projeto foi utilizada a ferramenta Generate Report, dentro do software Agisoft Photoscan, onde já havia sendo realizado o processamento das imagens.

Figura 18 – Ferramenta para gerar o relatório.

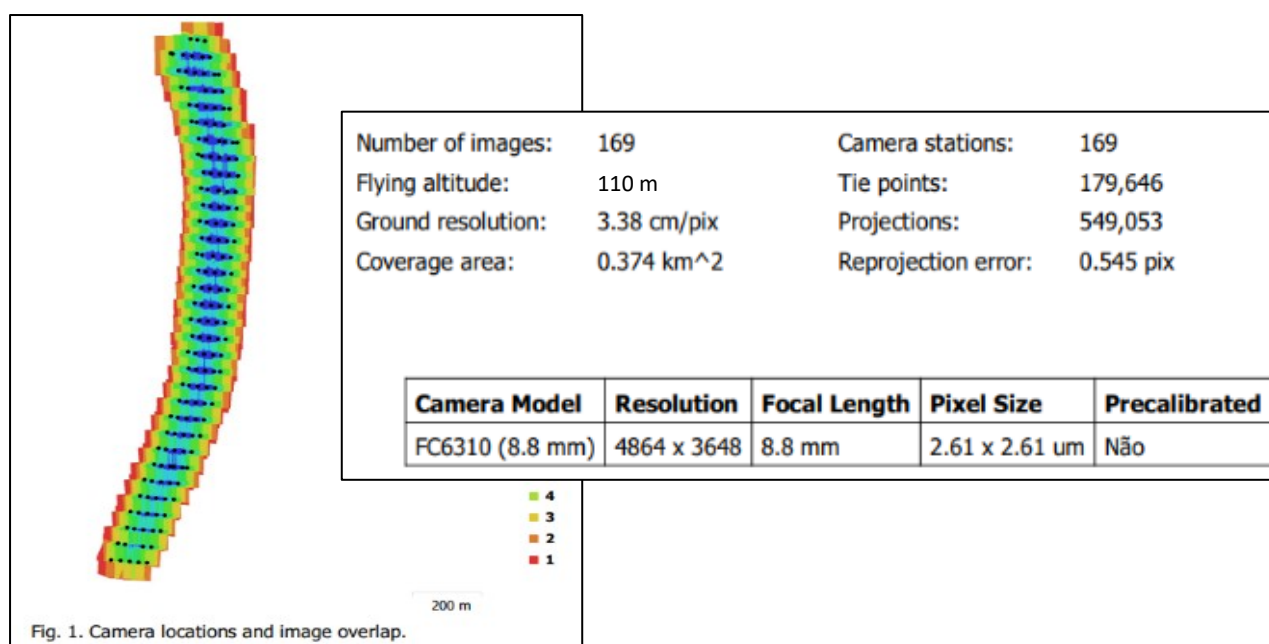


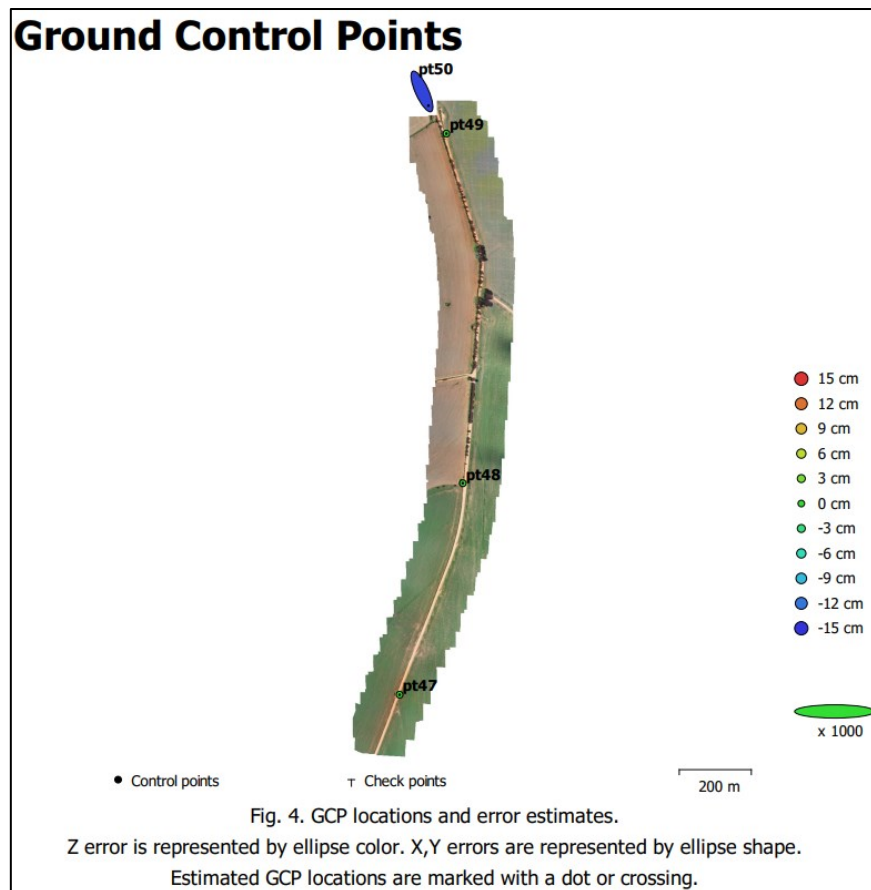
Fonte: Autor, 2022.

6.2. Erro posicional

Com o relatório de processamento gerado, referente ao voo 11, é possível analisar os parâmetros utilizados, os pontos de controle que tiveram maior erro (retirá-los para um melhor erro posicional se necessário) e analisar os erros distribuídos em cada eixo (X,Y,Z), como o que mais interessa, o erro final.

Figura 19 – Relatório de processamento do Agisoft.





Rótulo	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Imagem (pix)
pt47	0.0131964	-0.0394288	-0.00405508	0.0417759	0.188 (11)
pt48	-0.0287795	0.0370498	0.0069779	0.0474303	0.207 (15)
pt49	0.0218848	-0.0283247	0.00311267	0.0359294	0.232 (12)
pt50	3.60348	-7.92922	-14.4141	16.8411	0.000 (1)
Total	1.80184	3.96473	7.20706	8.42065	0.208

Fonte: Autor, 2022.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos foram ótimos levando em conta os requisitos do projeto. A escolha do método de processamento em partes, deixou a manipulação dos dados mais ágil, e se mostrou mais eficaz no quesito tempo.

Para fins de análise das áreas mapeadas e externar os resultados, foram escolhidos 3 voos que pudessem mostrar características morfométricas da região, como também características que se diferem um pouco de um ponto ao outro no decorrer da estrada.

Figura 20 – Nuvem densa trecho 11.

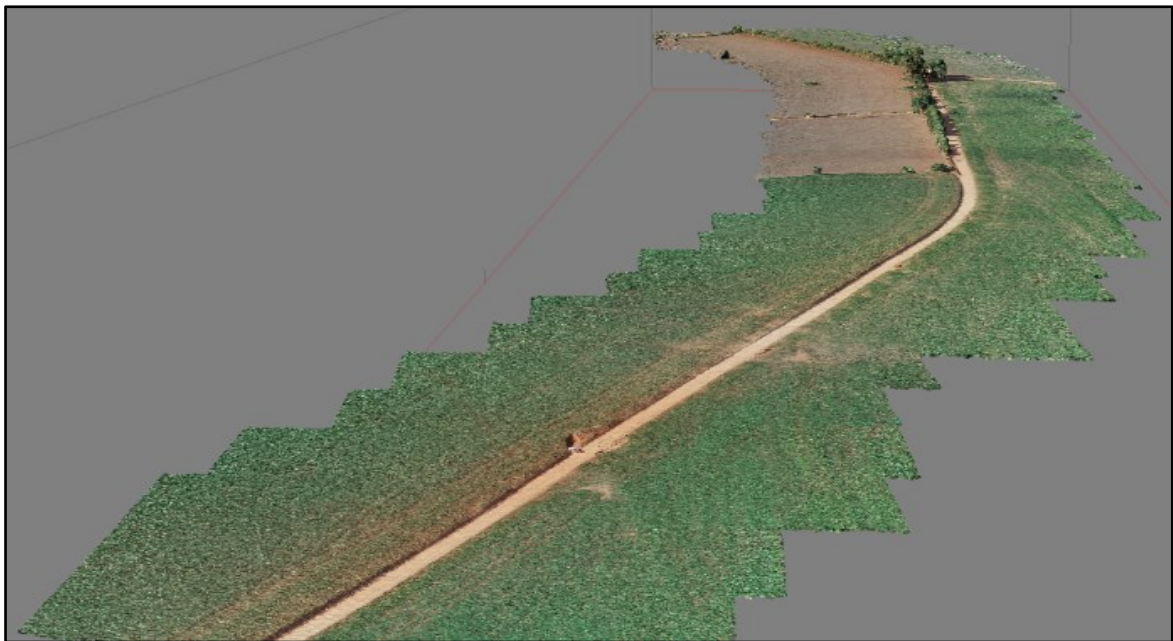
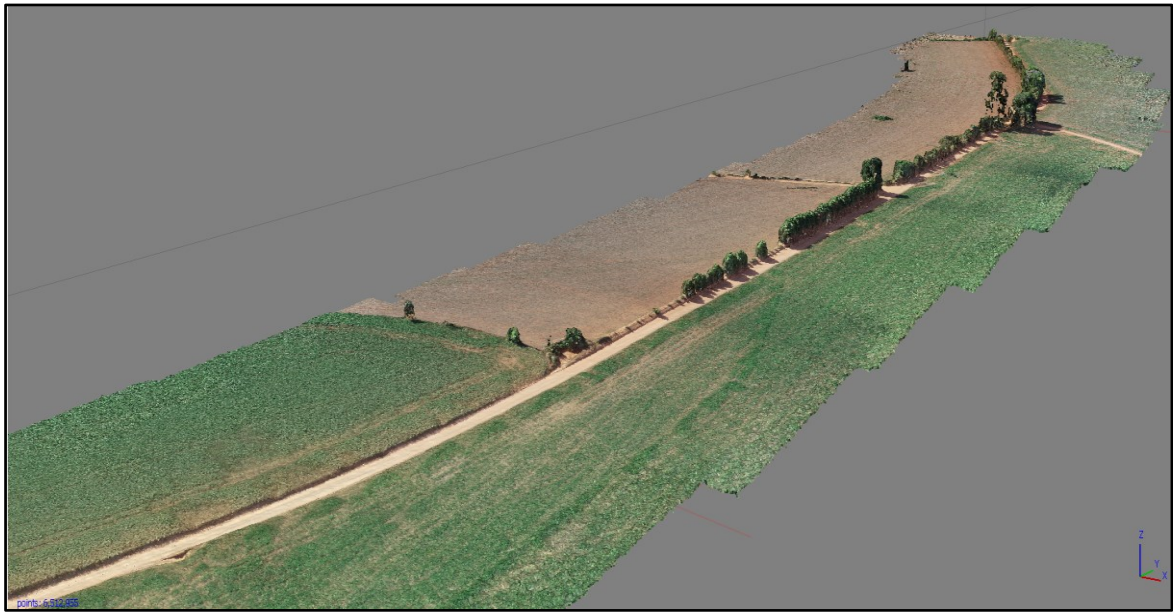


Figura 21 – Nuvem densa trecho 12.

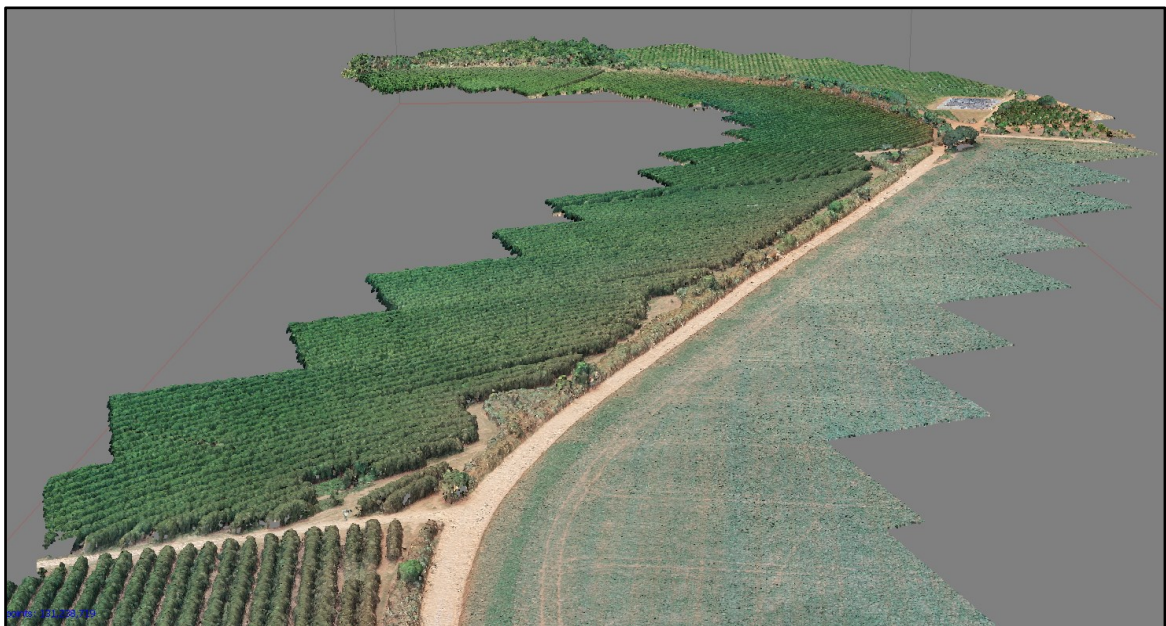
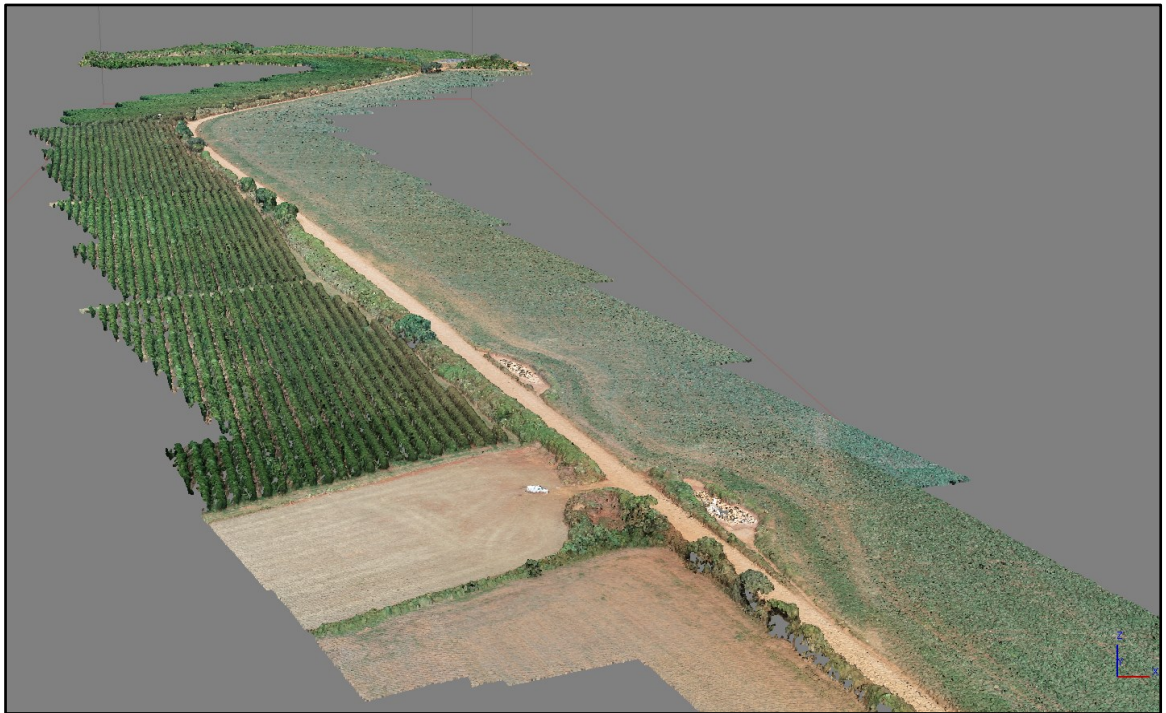
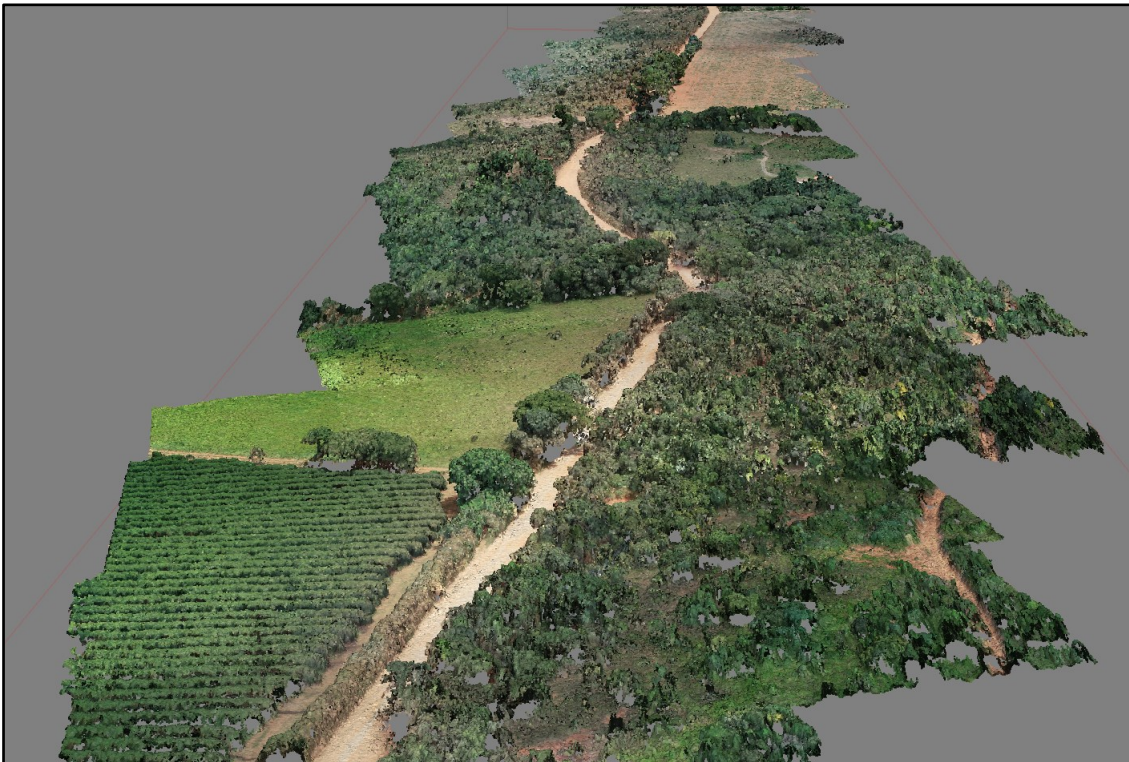
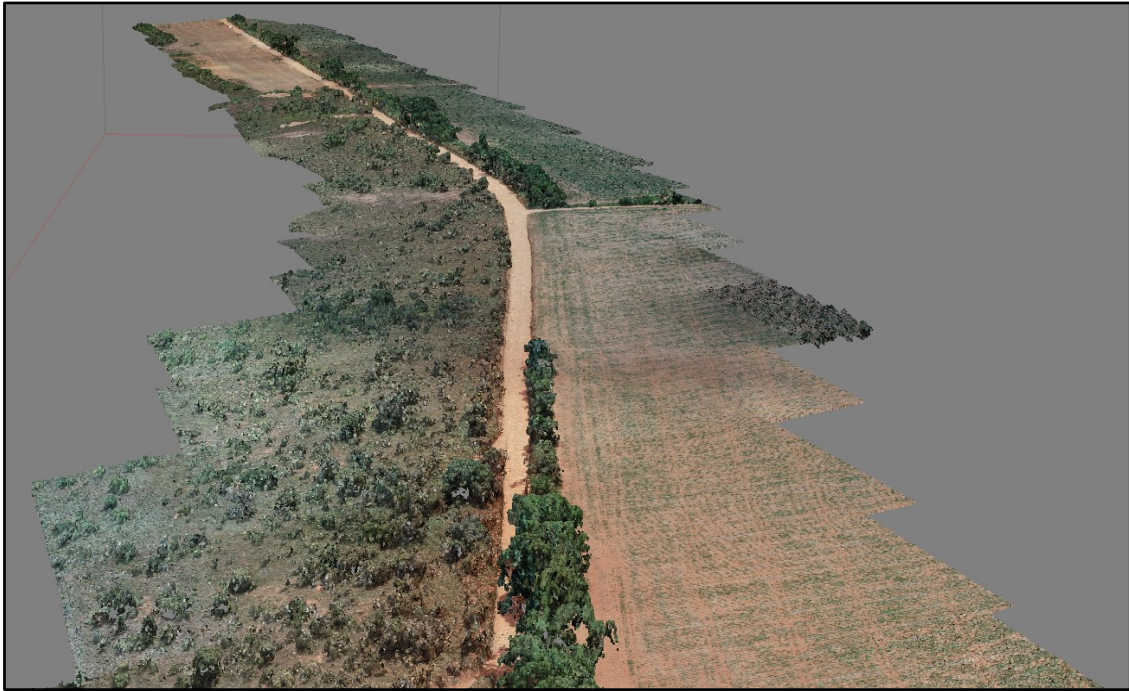


Figura 22 – Nuvem densa trecho 13.



7.1 Análises

As análises aqui descritas são feitas a partir do produto Ortofo (mosaico), gerado pelos processos descritos neste projeto. Como também, para apoio nas análises foram usados os produtos DEM/MDE e Nuvem densa de pontos. Através destes produtos cartográficos, as análises são feitas baseadas nas perspectivas da Prefeitura de Coromandel – MG, analisando os fatores que seriam influenciáveis para eles, na tomada de decisão para alguma intervenção na estrada vicinal mapeada. Tanto como viés de melhoria como também identificação de problemas inerentes. Toda essa análise com olhar profissional de um Engenheiro Agrimensor e Cartógrafo atuando.

7.1.2 Voo 11

Neste trecho da estrada, a cobertura do solo se identifica com vegetação rasteira, grande maioria plantios ao redor da faixa de domínio, linhas de transmissão podem ser vistas (tomando conhecimento que são maiores que em outros trechos da estrada), além de um número elevado de bolsões de água. Ao redor dos plantios muitas árvores perfiladas como uma espécie de proteção, buscando um desenvolvimento maior do plantio que fica à beira da estrada.

Figura 23 – linhas de transmissão de energia.

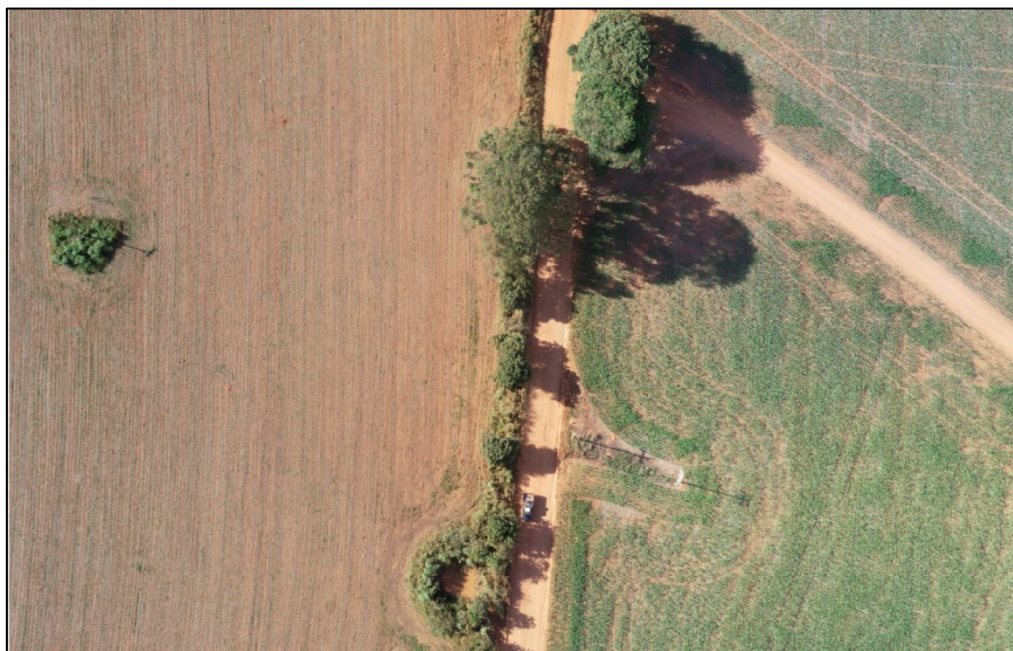
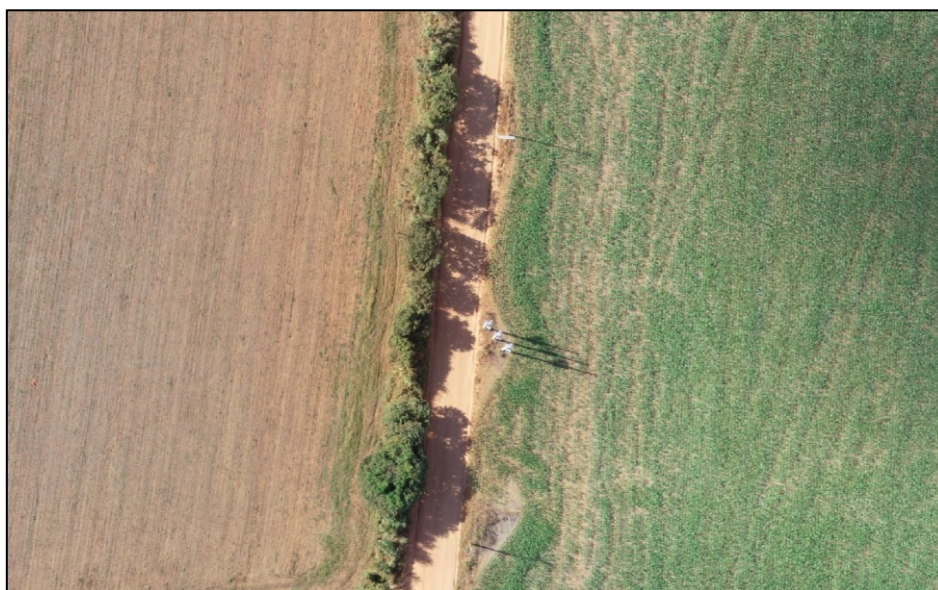


Figura 24 – linhas de transmissão em outro ponto da pista.



7.1.3 Voo 12

No voo 12, a análise feita identificou mata nativa, que pode ser APP (área de preservação permanente) ou reserva legal, de alguma propriedade no entorno. Mistura de plantios, como café e soja, e uma usina de painéis solares bem na beira da estrada (263749.286E; 7982772.872S). A proteção do plantio (vegetação grande, como árvores de médio e grande porte, nas alturas de 5 a 9 metros, algumas chegando a 11) identificada em outros voos, continua se perfilando pelas bordas da estrada com uma forma de proteção, só que neste trecho todo o plantio visto na beira da estrada foi protegido com vegetação. É uma forma adotada pelos produtores da região, protegendo dos danos que podem ocorrer pelo tráfego pesado de caminhões e carretas na região, pelo escoamento excessivo que pode também ocorrer em alguns pontos, devido a sua diferença de cota, dando velocidade a água e aumentando o escoamento. O mesmo escoamento que pode ser evitado pelos bolsões de água existentes também neste trecho.

Figura 25 – painéis solares identificáveis.



Figura 26 – bolsões de água, cobertura da vegetação no entorno, fluxo constante.



Figura 27 – plantios com vegetação em seu entorno.





7.1.4 Voo 13

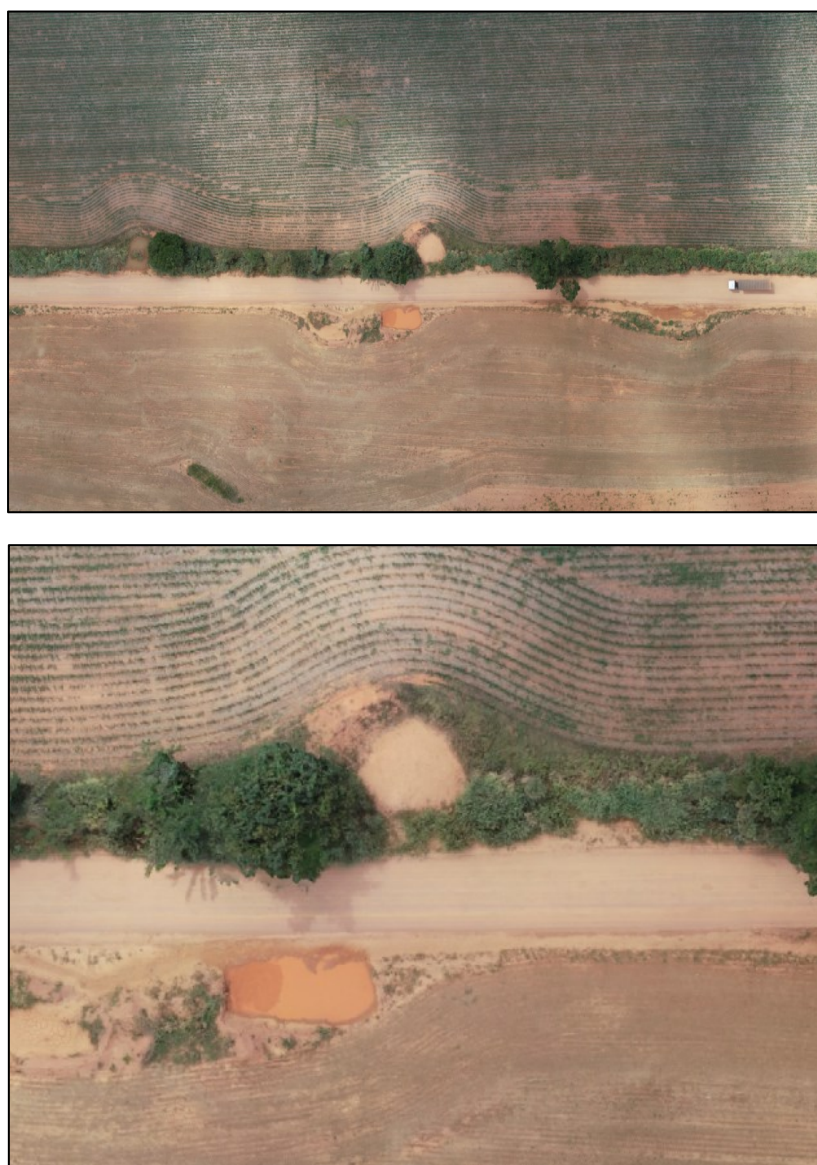
No voo 13, aqui apresentado, é possível identificar mata nativa da região, onde também existe corpos hídricos em seu meio. A análise do percurso deste corpo hídrico, entender como ele se forma, entre outras possibilidades de estudo. Na área, ver culturas de café, rio/córrego bem tampado a vista pela mata que circunda, além de trincheiras (caminhos) para escoamento superficial, onde encaminham para o próprio rio. Estas trincheiras podem ser feitas e aprimoradas com o estudo das cotas de altitudes, tentando direcionar o escoamento para o curso do rio em questão. Evitando o aprisionamento de água no meio da estrada.

Figura 28 – painéis solares identificáveis



Nesta parte é possível analisar bolsões de água pelos lados da rodovia, culturas, plantio de soja. Os bolsões podem ser usados para direcionar a água para um determinado lugar que não acumule dentro da própria estrada, evitando buracos futuramente ou erosões, como também podem ser usados com forma de irrigação de uma parte do plantio. Plantações que ficam próximas a estrada da área de estudo são protegidas pela vegetação, no caso aqui, árvores que fazem uma espécie de barreira para manter uma melhor conservação do plantio ao redor. Sabendo que o solo da área é solto, levantando poeiras a todo tempo, veículos pesados passando no decorrer do dia, e isso pode prejudicar uma parcela do plantio que fique as margens da rodovia, sabendo que quando está em processo de crescimento estes plantios são mais frágeis.

Figura 29 – .



Identificável algumas moradias próximas a rodovia, coisa que em suma aparece de maneira escassa, entendendo que os moradores podem morar mais adentrados nas áreas da estrada, pois não foi identificado uma quantidade grande pelas imagens do projeto.



8. DIFICULDADES

Para realização de um mapeamento aéreo, na aquisição das imagens, é necessário que a superfície esteja livre de recobrimento para adquirir o máximo de informações possíveis. Assim, quando a área a ser mapeada está com vegetação muito densa, algumas informações podem não ser capturadas no voo.

A breve citação deste fato, se ocasiona no estado em que se encontra a estrada em alguns trechos que estão totalmente tampados com vegetação nativa, árvores muito extensas, é visto também que em algumas partes do produto cartográfico nuvem densa de pontos fica sem informações os pixels de mistura da imagem. Pois todo o perímetro que a árvore ocupa não deixa a aquisição de informações daquele local ser feita completamente.

A poeira da estrada, que por vezes trouxe complicações na hora do voo, por não deixar a ARP capturar imagens nítidas, foi mais um fator que dificultou. Em alguns casos a quantidade embaçou as imagens, em outros dificultou até mesmo a decolagem da ARP. Isso ocorre porque a quantidade de veículos pesados circulando na estrada é alta, e por vezes, até a dirigibilidade veicular é afetada, e muito! Em trechos que carretas e caminhões baú passam que após um tempo é impossível continuar o tráfego. E consequentemente o projeto. Através desses fatores que trazem dificuldades, é enfático a necessidade de um mapeamento de toda a estrada, para a prefeitura analisar e tomar providências de melhorias na área, sendo uma delas (depois das citadas neste trabalho) a aplicação de asfalto como uma saída para este.

Figura – vegetação tampando parte da pista.



Mais um exemplo de dificuldade pode ser visto na imagem abaixo. O fluxo contínuo de caminhões e carretas na estrada. É possível identificar o ponto de controle de um lado da estrada, do outro o carro usado para transporte no levantamento e o pequeno espaço na clareira em meio as plantações de soja.



9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados alcançados, os dados obtidos do levantamento usando o RPA se mostraram satisfatórios, trazendo evidências precisas e compostas de informações geográficas. Com todo o trabalho realizado, é possível analisar uma demanda forte por informações espaciais do terreno, tanto geograficamente como metricamente nas áreas de interesse. Tendo em vista como o mapeamento pode ajudar nestes casos. A necessidade se justifica para uma melhor tomada de decisão em projetos, em escolhas para soluções ambientais, que quanto mais informações possuir melhor será a decisão para aquela finalidade ou necessidade requerida. Isto, levando em conta as necessidades aqui descritas, mas que podem ser inúmeras, a depender do seu uso ou como será empregado.

Através do exposto, as finalidades que podem ser aplicadas o mapeamento são: identificação e conhecimento da área; manuseio de métricas dentro da área de interesse; características identificáveis poderão ser mensuradas e trabalhadas; análise de informações ambientais (delimitação de APP's, reserva legal, CAR,); projetos para instalação de usinas solares; projetos voltados para construção civil; identificação de problemas inerentes a área; entre outros.

Para cidades de pequeno porte até médio, por vezes possuem recursos escassos, e com o uso de novas geotecnologias, aplicadas a solução de algum problema ou necessidade, poderá driblar alguns inconvenientes. O emprego de RPA'S, utilizado com um mapeamento completo é uma saída. Esta saída aplicada a necessidade de melhorias em estradas vicinais é boa opção para o poder público. Detalhes a serem observados seriam os instrumentos empregados, a metodologia conjuntamente com a necessidade. Pois determinariam o andar de todo o processo. Mas visto isso, toda a gama de informações obtidas depois do processo descrito neste trabalho, se torna uma ótima saída para que cidades, municípios, mantenham um controle de todo seu território, dando

ênfase a locais mais distantes dos centros urbanos, mas que de alguma maneira se mostram importantes para a economia local e desenvolvimento.

10. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Uma série de trabalhos podem ser produzidos mediante a análise destas imagens e classificações, assim, é possível citar alguns: Comparação das mudanças morfométricas através de uma série histórica da região; Utilizar um classificador automático de imagens para identificar elementos como culturas agrícolas, vegetação, solo exposto, entre outros, nas imagens aéreas coletadas; Estudo preliminar para delimitação das apps e cursos d'água com o uso de RPA's; Comparação de imagens geradas por RPA e por satélites com alta resolução;

11. REFERÊNCIAS

Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 7143-7149.

BARROS, P. P. da S.; ROSALEN, D. L.; IOST FILHO, F. H.; MARTINS, G. D.; DI LEO, N. Monitoramento Fitossanitário Utilizando Sensoriamento Remoto: Avanços e Desafios. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 73, n. 2, p. 489–515, 2021. DOI: 10.14393/rbcv73n2-56597. **Disponível em:**

<<https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/56597>>. **Acesso:** 2 ago. 2022.

CUNHA, S. R.; Estudo batimétrico da Represa do DMAE e utilização de geotecnologias para análise da ocupação do entorno. Instituto de Geografia - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2019. **Disponível em:** < <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/25799> > **Acesso em:** 13 de janeiro de 2022.

Decreto de Lei Nº 1.177, de 21 de junho de 1971. **Disponível em:**

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/del1177.htm#:~:text=DECRETO%2DLEI%20N%C2%BA%201.177%2C%20DE%201%20DE%20JUNHO%20DE%201971.&text=Disp%C3%B5e%20s%C3%B4bre%20aerolevamentos%20no%20territ%C3%B3rio%20nacional%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias **Acesso:** fevereiro, 2022.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Planejamento e Programação de Investimentos. Terminologias Rodoviárias Usualmente Utilizadas. Brasília, 2007.

GALO, M. CAMARGO. P. de O.; O uso do GPS no controle de qualidade de cartas. In.: COBRAC – 1994, 1º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis – SC, 1994.

HAUSER, L. A. C.; SANTIL, F. L. P.; OLIVEIRA, A. A. C.; Teoria dos registros de representação semiótica aplicada ao conceito de escala cartográfica em livros didáticos de geografia. *Geoinfág: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia Maringá*, v. 11, n. 1, p.46-71, 2019, ISSN 2175-862X (on-line). **Disponível em:**

<<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/Geoinga/article/view/49401/751375140480>>. **Acesso:** 02 de agosto, 2022.

MACIEL, J. B.; Qualidade dos produtos de aerofotogrametria por drone para uma floresta madura na Amazônia – INPA (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA) – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS. MANAUS – AM. 2022. **Disponível em:** <

<https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/38626/1/dissertacao-jesse-maciel-2022.pdf>> **Acesso:** 04/04/2022.

PEREIRA, M. Martins.; Geração da ortofoto da região central da mancha urbana do município de Estrela do Sul - MG usando aeronave remotamente pilotada. Instituto de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2021. **Disponível em:**

<<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/33278>> **Acesso:** 18 de abril de 2022.

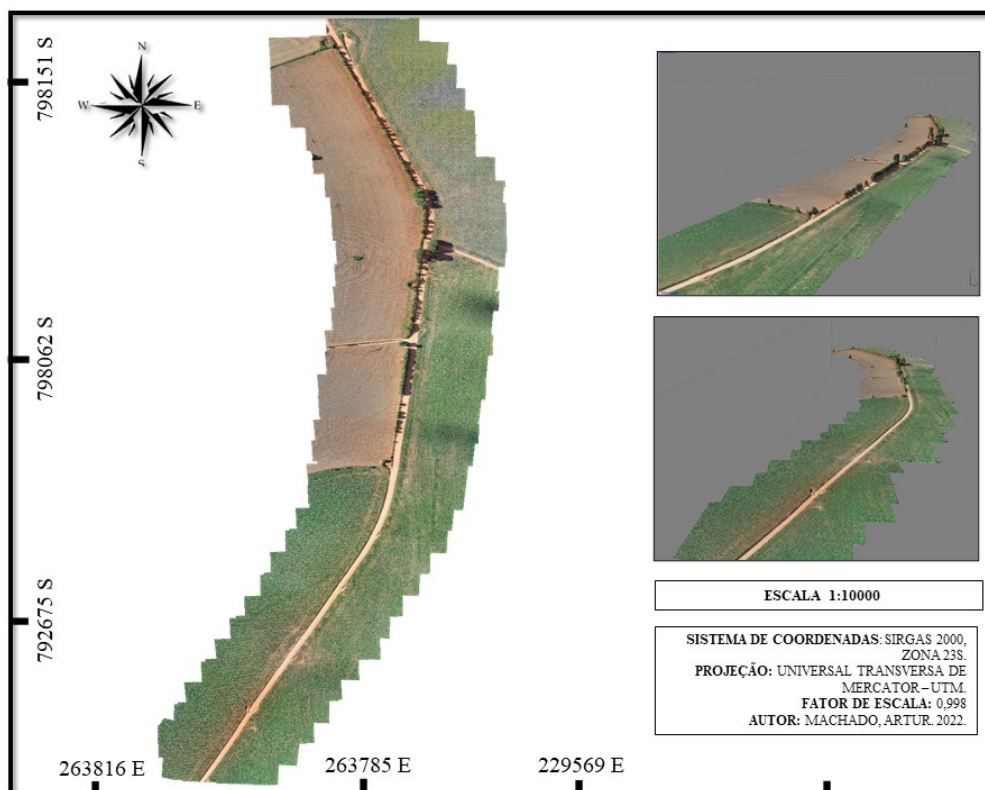
TEMBA, P.; Fundamentos da fotogrametria – DEPARTAMENTO DE CARTOGRAFIA. UFMG. 2000. **Disponível em:**

<<http://csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/fotogrametria.pdf>> **Acesso:** 13/04/2022

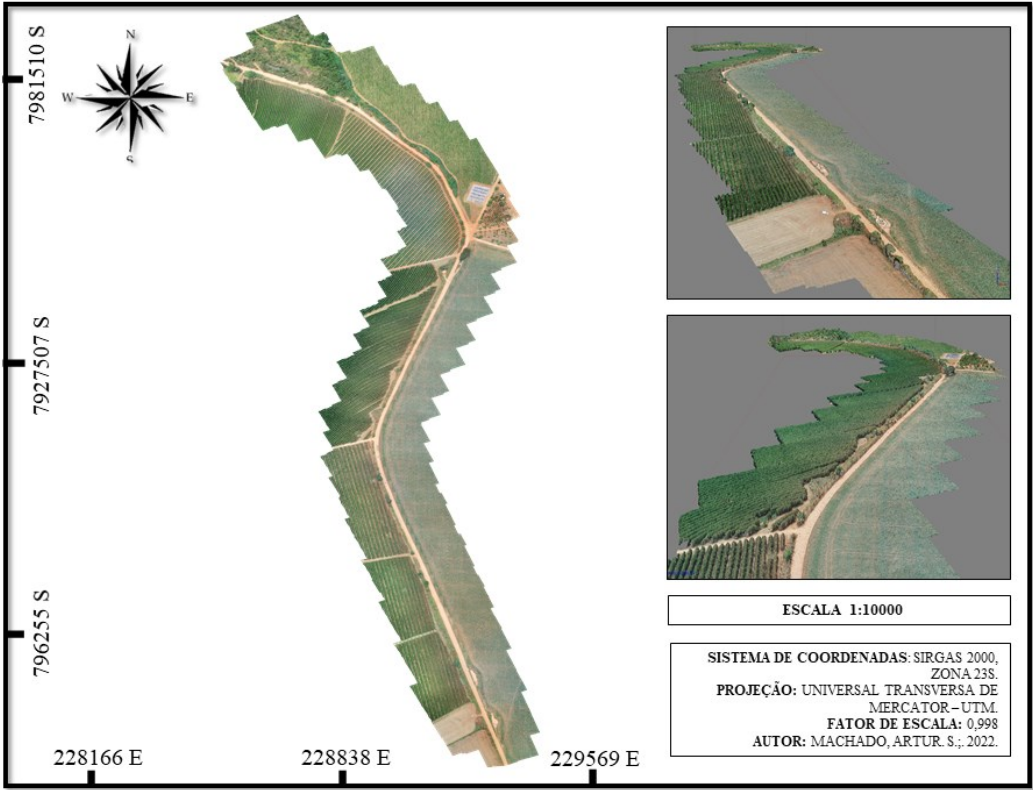
WHITE, J. C., COOPS, N. C., WULDER, M. A., VASTARANTA, M., HILKER, T., & TOMPALSKI, P. (2016). Remote sensing technologies for enhancing forest inventories: A review. Canadian Journal of Remote Sensing, 42(5), 619-641. **Disponível em:**

<<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07038992.2016.1207484>>. **Acesso:** 03/04/2022.

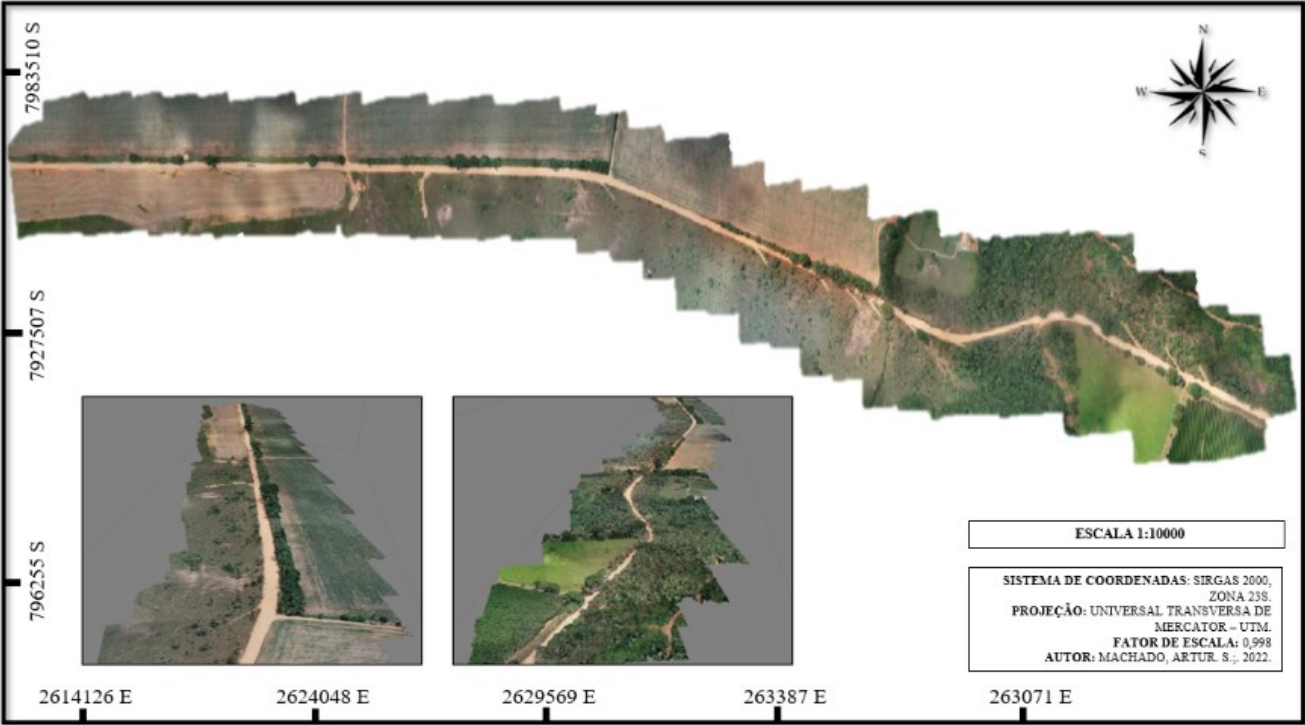
APÊNDICES A – ORTOFOTO TRECHO 11.



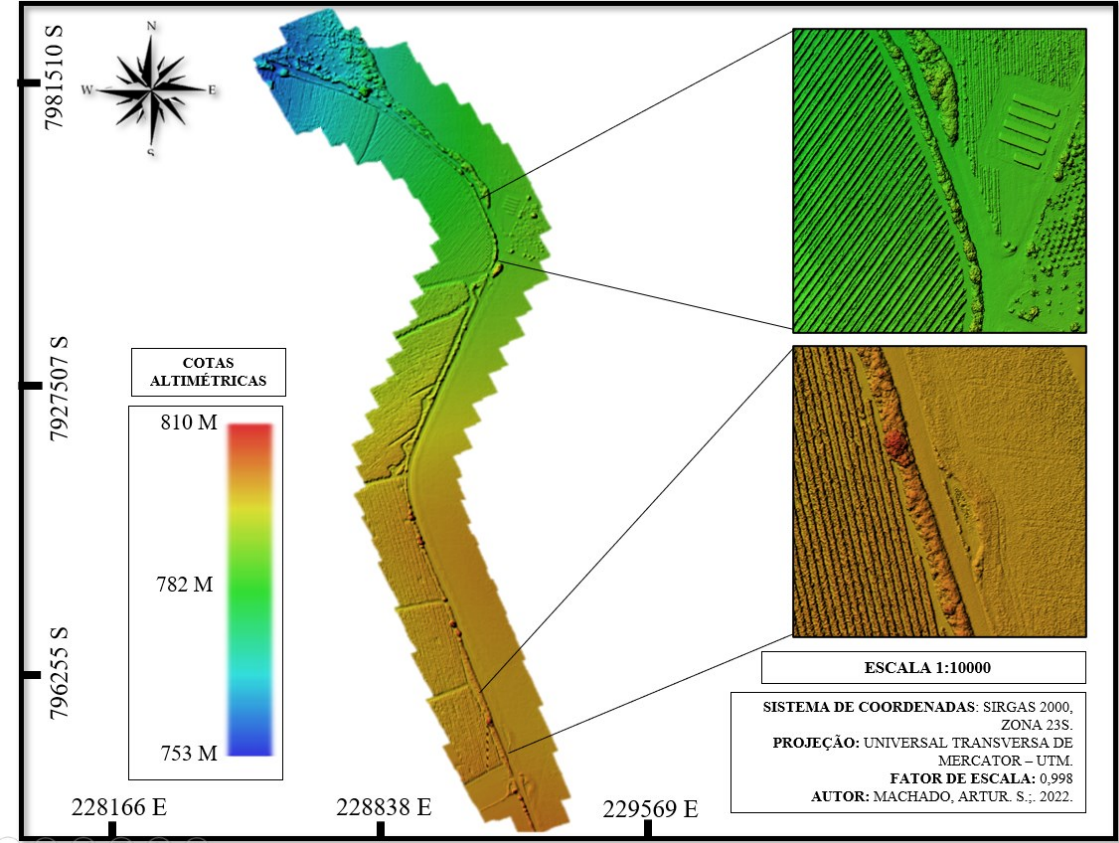
APÊNDICES B – ORTOFOTO TRECHO 12.



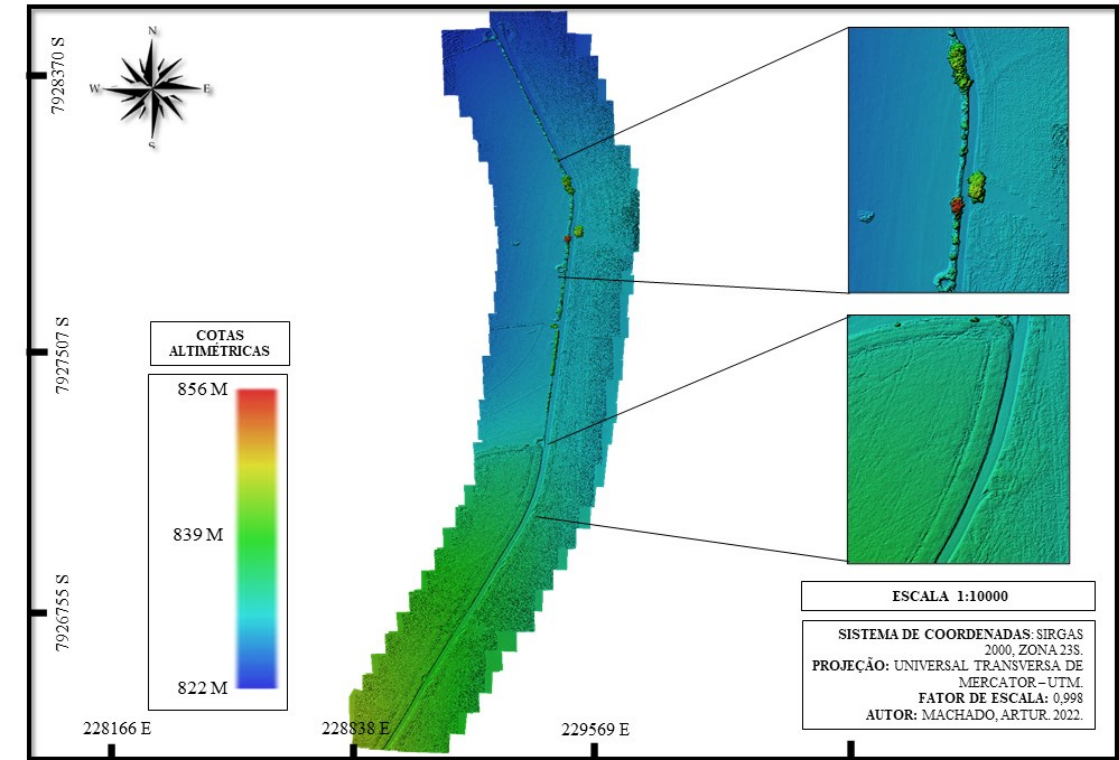
APÊNDICES C – ORTOFOTO TRECHO 13.



APÊNDICES D – MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE TRECHO 11.



APÊNDICES E – MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE TRECHO 12.



APÊNDICES F – MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE TRECHO 13.

