

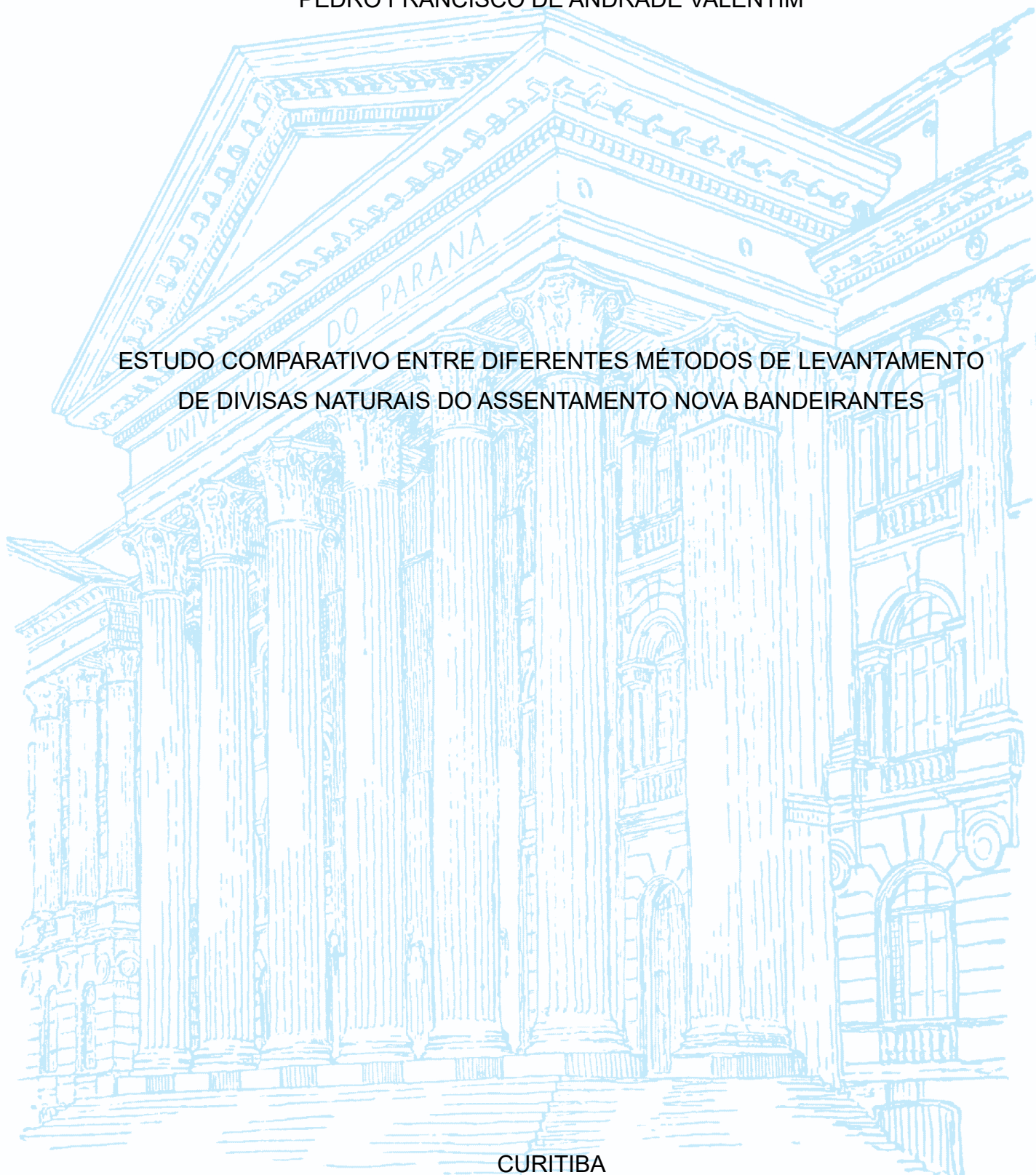
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PEDRO FRANCISCO DE ANDRADE VALENTIM

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES MÉTODOS DE LEVANTAMENTO  
DE DIVISAS NATURAIS DO ASSENTAMENTO NOVA BANDEIRANTES

CURITIBA

2022



PEDRO FRANCISCO DE ANDRADE VALENTIM

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES MÉTODOS DE LEVANTAMENTO  
DE DIVISAS NATURAIS DO ASSENTAMENTO NOVA BANDEIRANTES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Setor de Ciências da Terra, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Orientador: Prof. Dr. Caio Paiva

Coorientadora: Msc. Marianne Oliveira.

CURITIBA

2022





Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências da Terra  
Engenharia Cartográfica e de Agrimensura

## TERMO DE APROVAÇÃO

PEDRO FRANCISCO DE ANDRADE VALENTIM

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES MÉTODOS DE LEVANTAMENTO DE DIVISAS  
NATURAIS - CASO DE ESTUDO: ASSENTAMENTO DO INCRA

O Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, foi aprovado como requisito à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Prof Dr. Caio dos Anjos Paiva

Orientador(a) – Departamento de Geomática, UFPR

Prof Dr. Wander da Cruz

Departamento de Geomática, UFPR

Prof Dr. Alexandre Bernardino Lopes

Centro de Estudos do Mar, UFPR

Curitiba, 16 de fevereiro de 2023.

Dedico este trabalho à minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, irmãos e familiares pelo amor, constante incentivo e apoio incondicional.

A todos meus amigos, pela parceria e assistência.

Ao meu orientador Prof. Dr. Caio Paiva, pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho.

À minha coorientadora Msc. Marianne Oliveira, pelo suporte, suas dicas e incentivos.

Ao Dr. Raphael Gonçalves, pelos brilhantes conselhos e auxílio.

Aos integrantes da equipe de Geodésia e equipe Sensoriamento Remoto, pelo apoio e orientações.

À Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de fazer o curso de Engenharia Cartográfica e conhecer pessoas incríveis.

Ao Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais, pela confiança e oportunidade de trabalho.

“A persistência é o caminho do êxito.”

**Charles Chaplin**

## RESUMO

O levantamento de informações posicionais das divisas naturais para georreferenciamento de imóveis rurais, em geral, é executado por métodos convencionais de levantamento GNSS. Métodos que demandam grande quantidade de tempo e de maior corpo técnico, assim elevando o custo operacional. Mas, recentemente, tecnologias como levantamento GNSS RTK, tem proporcionado maior produtividade. Porém, ainda existem restrições na utilização desta técnica, como em situações onde existem obstruções, como a densa cobertura de vegetação existente sobre este tipo de divisa natural. No início de 2023, o Manual Técnico para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (INCRA, 2022), permite a extração de limites naturais através da utilização de produtos derivados de aerolevantamentos feitos com RPAs. Devido a isto, este trabalho busca subsidiar a tomada de decisões no que concede a escolha da metodologia de levantamento para definição deste tipo de limite. Para isto, foi escolhida a área de estudo, Assentamento Nova Bandeirantes, na qual um corpo d'água representa uma das divisas que foi levantada aplicando as tecnologias de levantamento GNSS RTK convencional e aerolevantamento com RPA, para fins de comparação.

Palavras-chave: Limites naturais. GNSS. RTK. RPA. Corpo d'água.



## **ABSTRACT**

The survey of positional information of natural borders for georeferencing rural properties, in general, is performed by conventional methods of GNSS surveying. Methods that demand a large amount of time and a larger technical staff, thus increasing the operational cost. But recently, technologies such as GNSS RTK surveying have provided greater productivity. However, there are still restrictions on the use of this technique, such as in situations where there are obstructions, such as the dense cover of existing vegetation on this type of natural boundary. In early 2023, the Manual Técnico para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (INCRA, 2022), allows the extraction of natural boundaries through the use of products derived from aerial surveys made with RPAs. Due to this, this work seeks to subsidize decision-making information regarding the choice of survey methodology to define this type of limit. For this, the study area, Settlement Nova Bandeirantes, was chosen, in which a body of water represents one of the boundaries that was surveyed by applying the conventional GNSS RTK survey technologies and aerial survey with RPA, for comparison purposes.

Keywords: Natural limits. GNSS. RTK. RPA. Body of water.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO DE LIMITES SINUOSOS.....	19
FIGURA 2 - FUNCIONAMENTO DO POSICIONAMENTO RELATIVO.....	21
FIGURA 3 - FUNCIONAMENTO DO RTK CONVENCIONAL.....	22
FIGURA 4 - VISÃO GERAL DO PERÍMETRO DO ASSENTAMENTO NOVA BANDEIRANTES.....	27
FIGURA 5 - BASE E ROVER TOPCON HIPER VR.....	29
FIGURA 6 - DJI MAVIC AIR 2S.....	30
FIGURA 7 - DIAGRAMA METODOLÓGICO.....	31
FIGURA 8 - EXEMPLO DA SOBREPOSIÇÃO DAS IMAGENS.....	32
FIGURA 9 - PONTO DE APOIO.....	33
FIGURA 10 - MDT GENÉRICO.....	34
FIGURA 11 - PONTOS DE SOLO EXPOSTO PRÓXIMOS DA VEGETAÇÃO.....	35
FIGURA 12 - DISTRIBUIÇÃO DE PONTOS LEVANTADOS.....	41
FIGURA 13 - ORTOMOSAICO.....	42
FIGURA 14 - MDT.....	43
FIGURA 15 - DIVISA NATURAL SOBRE O MDT.....	45
FIGURA 16 - COMPARAÇÃO DA DIVISA NATURAL OBTIDA POR DIFERENTES MÉTODOS.....	46

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - COMPARAÇÃO ENTRE VALORES DE RMS DAS PRECISÕES DOS MÉTODOS.....	40
--	----

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DO LEVANTAMENTO GNSS RTK CONVENCIONAL.....	44
QUADRO 2 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DO AEROLEVANTAMENTO COM RPAs.....	44

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CÓDIGO POR TIPO DE VÉRTICE.....	19
TABELA 2 - PRECISÕES EQUIPAMENTO TOPCON GNSS HIPER VR.....	29
TABELA 3 - PRECISÕES DAS COORDENADAS DOS VÉRTICES TIPO P PARA O LIMITE NATURAL – RTK CONVENCIONAL.....	37
TABELA 4 - RMS DAS PRECISÕES DAS COORDENADAS DOS PONTOS TIPO P .....	39
TABELA 5 - RMS DOS PONTOS DE VERIFICAÇÃO.....	39

## LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

INCRA	- Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
RPA	- <i>Remotely Piloted Aircraft</i>
GNSS	- <i>Global Navigation Satellite System</i> ou Sistema Global de Navegação por Satélite
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
km	- Quilômetro
m	- Metro
mm	- Milímetro
RTK	- <i>Real Time Kinematic</i> ou Posicionamento Cinemático em Tempo Real
GSD	- <i>Ground Sample Distance</i> ou distância da amostra do solo
PEC	- Padrão de Exatidão Cartográfica
PCD	- Produtos Cartográficos Digitais
ET-CQDG	- Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais
ET-ADGV	- Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais
RMS	- <i>Root Mean Square</i> ou raiz quadrada média
MDT	- Modelo Digital do Terreno
MDS	- Modelo Digital da Superfície
SIG	- Sistema de Informações Geográficas
PPP	- Posicionamento por Ponto Preciso
IGS	- <i>International GNSS Service</i> ou Serviço GNSS Internacional
SIRGAS	- Sistema de Referência Geodésico para as Américas
ITRS	- <i>International Terrestrial Reference System</i> ou Sistema Internacional de Referência Terrestre
ITRF	- <i>International Terrestrial Reference Frame</i>
IMU	- <i>Inertial Measurement Unit</i> ou Unidade de Medição Inercial
CMOS	- <i>Complementary Metal Oxide Semiconductor</i> ou Semicondutor de Óxido Metálico Complementar



## LISTA DE SÍMBOLOS

© - copyright

@ - arroba

® - marca registrada

$\Sigma$  - somatório de números

$\Pi$  - produtório de números



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1 OBJETIVOS.....	17
1.1.1 Objetivo geral.....	17
1.1.2 Objetivos específicos.....	17
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
2.1 IMÓVEL RURAL.....	18
2.2 LIMITES.....	18
2.3 VÉRTICES DE LIMITES.....	19
2.4 MÉTODOS DE POSICIONAMENTO.....	20
2.4.1 POSICIONAMENTO RELATIVO.....	20
2.4.2 POSICIONAMENTO RELATIVO ESTÁTICO-RÁPIDO.....	21
2.4.3 RTK CONVENCIONAL.....	22
2.4.4 POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO (PPP).....	23
2.4.5 POSICIONAMENTO POR AEROLEVANTAMENTO.....	23
2.5 PRECISÕES.....	25
2.6 SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA.....	26
2.7 ÁREA DE ESTUDO.....	27
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>37</b>
4.1 PRECISÕES DAS COORDENADAS DOS VÉRTICES TIPO P.....	37
4.2 PRECISÕES DAS COORDENADAS DOS VÉRTICES TIPO P.....	39
4.3 COMPARAÇÃO DOS VALORES DE RMS.....	40
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>47</b>
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	48
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO 1 – DISTRIBUIÇÃO DE PONTOS.....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXO 2 – ORTOMOSAICO.....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXO 3 – MDT.....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO 4 – DIVISA NATURAL SOBRE O MDT.....</b>	<b>54</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Divisas naturais são elementos geográficos naturais que caracterizam os limites ou divisas entre imóveis. Elementos caracterizados como divisas naturais são rios, linha de cumeada, base ou topo de encosta, usualmente representados por linhas. Segundo o Manual Técnico para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (INCRA, 2022), o levantamento dos limites naturais deve ser realizado de forma fidedigna com a realidade de campo e compatível com a precisão do posicionamento, buscando representar as mudanças de direção do referido elemento.

Historicamente, o levantamento das informações posicionais destas divisas naturais utilizava técnicas convencionais. Técnica como o levantamento GNSS Estático<sup>1</sup>, podendo tornar-se uma tarefa bastante complexa devido aos possíveis obstáculos presentes nas proximidades deste tipo de limite, comumente coberto por vegetação, além da dificuldade de acesso ao mesmo. Buscando otimizar a execução destes levantamentos, o Manual Técnico para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (INCRA, 2022), incorporou como possibilidade, a extração de informações posicionais a partir de produtos advindos de aerolevanteamento, etapa previamente não permitida.

Neste aspecto, dois métodos de levantamento foram estudados. O posicionamento por GNSS (*Global Navigation Satellite System*), que obtêm informações posicionais de forma direta, no qual ocupa-se diretamente o vértice de interesse com um instrumento de medição, e, o posicionamento através de aerolevanteamento utilizando Aeronaves Remotamente Pilotadas (*Remotely Piloted Aircraft*), que obtêm informações posicionais de forma indireta, no qual não há ocupação direta do vértice por um instrumento de medição, através de ortomosaicos e ortofotocartas.

Diante das dificuldades existentes no levantamento das margens de cursos d'água, o presente estudo busca comparar as vantagens, desvantagens e precisões obtidas através da aplicação do método de posicionamento por GNSS e método de posicionamento remoto com RPAs.

---

<sup>1</sup> Técnica de levantamento GNSS definida pela Orientação Técnica INCRA SR(09)PR-F2..

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Fornecer subsídios para tomada de decisão no que concerne a escolha de um método de levantamento de divisas naturais no âmbito do georreferenciamento de Imóveis Rurais, em relação ao atendimento às exigências do INCRA.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Entender as atualizações das normas de georreferenciamento do INCRA, mediante as novas tecnologias de levantamento de dados geoespaciais;
- Comparar diferentes métodos de levantamento de divisas naturais;
- Explicitar as vantagens e desvantagens de cada método de georreferenciamento.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 IMÓVEL RURAL

A Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964 (Estatuto da Terra), e a Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, definem imóvel rural como:

“Imóvel Rural”, o prédio rústico, de área contínua qualquer que seja a sua localização que se destina à exploração extrativa agrícola, pecuária ou agroindustrial, quer através de planos públicos de valorização, quer através de iniciativa privada;

### 2.2 LIMITES

Segundo o Manual Técnico para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2ª Edição (INCRA,2022), os limites podem ser definidos como seguimentos de reta, descritos nos títulos de domínio e representados em planta, usualmente referem-se a elementos físicos que definem a divisão entre imóveis em campo. Existem dois tipos de limites:

a) Limites Artificiais: cerca, muro, estrada, vala, canal, linha ideal e limite artificial não tipificado;

b) Limites Naturais: corpo d’água ou curso d’água, linha de cumeada, grota, crista de encosta, pé de encosta e limite natural não tipificado.

O tipo de limite estudado neste trabalho é do tipo natural, onde foram obtidas coordenadas às margens de um curso d’água (córregos, riachos ou rios), de acordo com a descrição presente no título de domínio.

O INCRA orienta o uso de densa quantidade de vértices para descrever de forma realista este tipo limite, devido à sinuosidade. A Figura 1 ilustra a forma correta e a forma incorreta de execução do levantamento para representação do mesmo.

FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO DE LIMITES SINUOSOS



FONTE: INCRA (2022).

### 2.3 VÉRTICES DE LIMITES

A definição de vértice de limite dada pelo Manual Técnico para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2ª Edição (INCRA,2022): “É o ponto onde a linha limítrofe do imóvel rural muda de direção ou onde existe interseção desta linha com qualquer outra linha limítrofe de imóvel contíguo.”.

Os tipos de vértices considerados neste estudo são:

a) Vértice tipo “P” - Ponto: vértice posicionado sem ocupar diretamente o vértice de interesse com um instrumento de medição, não sendo materializado por marco;

b) Vértice tipo “V” - Virtual: vértice posicionado sem ocupar diretamente o vértice com um instrumento de medição, não sendo materializado por marco;

TABELA 1 - CÓDIGO POR TIPO DE VÉRTICE

TIPO DE VÉRTICE	CÓDIGO
Ponto	P
Virtual	V

FONTE: INCRA (2022).

## 2.4 MÉTODOS DE POSICIONAMENTO

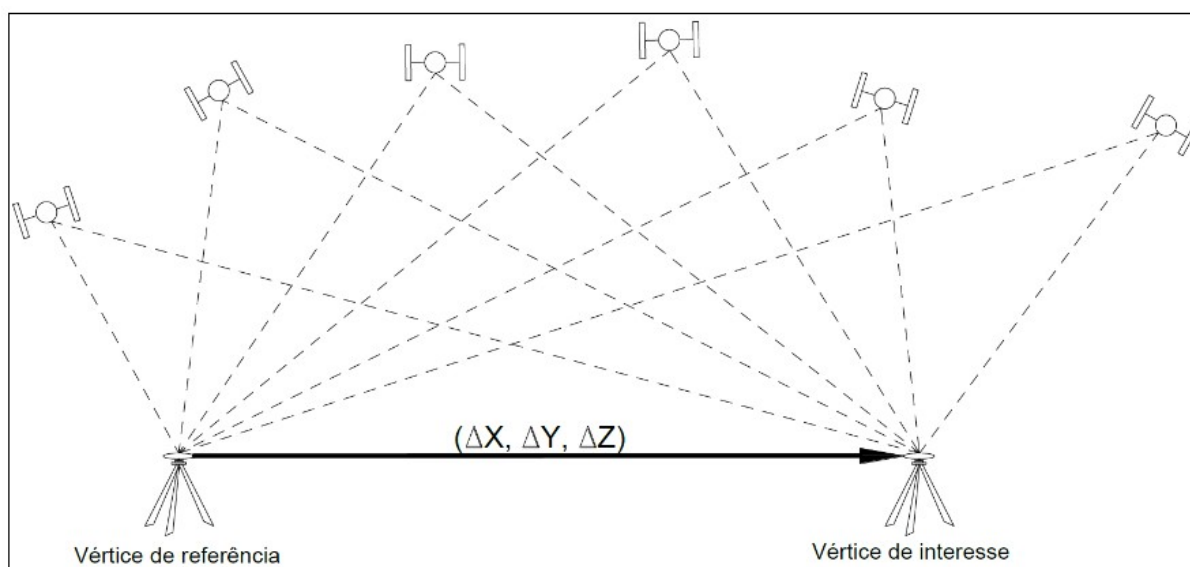
Segundo a Solução Multianual das Estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS No Período de 2000 a 2019 (IBGE, 2021), o termo GNSS é dado ao conjunto de sistemas globais de navegação por satélites, composto pelo *Global Positioning System* - GPS (sistema norte-americano), GLONASS (sistema russo), Galileo (sistema europeu) e BeiDou (sistema chinês). Tecnologia que atualmente é empregada para a obtenção de coordenadas tridimensionais (latitude, longitude e altitude elipsoidal ou geométrica).

Estes sistemas fornecem sinais de navegação baseados em satélite que podem ser usados para diversos métodos de posicionamento e levantamento. O levantamento GNSS envolve o uso de receptores GNSS para determinar com precisão a posição, localização e elevação de um ponto na superfície da Terra.

### 2.4.1 POSICIONAMENTO RELATIVO

O Manual Técnico para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2ª Edição (INCRA,2022) define o posicionamento relativo como sendo a técnica que permite determinar a localização de um receptor em relação a um ou mais receptores. Necessitando obrigatoriamente que dois ou mais receptores GNSS colem dados posicionais de forma simultânea, sendo que um destes esteja posicionado sobre um vértice de referência, usualmente conhecido como base (Figura 2).

FIGURA 2 - FUNCIONAMENTO DO POSICIONAMENTO RELATIVO



FONTE: INCRA (2022).

Segundo o Manual Técnico para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2ª Edição (INCRA,2022), as observáveis que podem ser utilizadas são a fase da onda portadora, pseudodistância ou a combinação destas duas. Importante notar que a fase da onda portadora é mais precisa, sendo a única observável aceita na determinação de coordenadas de vértices de apoio, vértices situados em limites artificiais e vértices de limites naturais.

#### 2.4.2 POSICIONAMENTO RELATIVO ESTÁTICO-RÁPIDO

O posicionamento GNSS estático rápido definido pelo Manual Técnico para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2ª Edição (INCRA,2022) como método para determinar com precisão e rapidez a posição de um receptor, bastante similar ao relativo estático, sendo que a principal diferença entre ambos é o tempo de rastreamento. O posicionamento estático rápido geralmente usa sessões de rastreamento mais curtas (entre 1 e 5 minutos) em comparação com o posicionamento estático

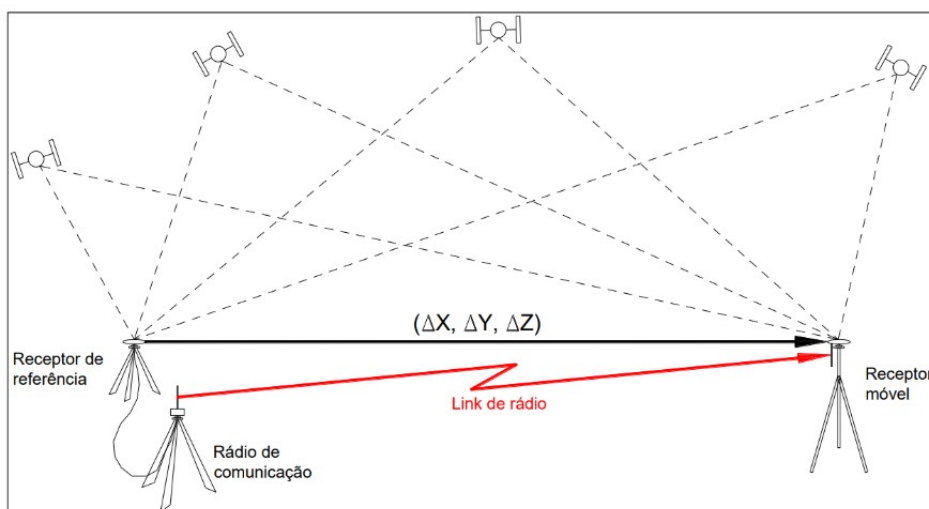


tradicional (30 minutos ou mais). Técnica bastante útil quando existem muitas obstruções entre os vértices de interesse.

### 2.4.3 RTK CONVENCIONAL

O Manual Técnico para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2ª Edição (INCRA,2022) também aborda a definição do método de RTK convencional, no qual os dados de correção são transmitidos por meio de um link de rádio interno ou externo do receptor base, instalado no vértice de referência aos receptores que percorrem os vértices de interesse. A solução encontrada é uma linha de base única, conforme Figura 3.

FIGURA 3 - FUNCIONAMENTO DO RTK CONVENCIONAL



FONTE: INCRA (2022).

Alguns dos fatores limitantes para a realização dos levantamentos por RTK são:

- O alcance de transmissão das ondas de rádio, alcance máximo que é definido em função da potência do rádio e das condições locais em termos de obstáculos físicos;
- Requer uma visão clara do céu, por isso pode não funcionar bem em áreas urbanas ou densamente arborizada;

- Requer uma estação base próxima para fornecer correções, por isso pode não ser prático em áreas remotas;
- A estação base e o *rover* precisam estar constantemente se comunicando, caso contrário, o RTK não funcionará.

Este método de levantamento só poderá ser utilizado para determinação de limites artificiais quando a solução do vetor das ambiguidades seja fixa (INCRA,2022).

#### 2.4.4 POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO (PPP)

A definição do posicionamento por ponto preciso é dada pelo Manual do Usuário Posicionamento Por Ponto Preciso (IBGE, 2009), como:

O termo Posicionamento por Ponto Preciso normalmente refere-se à obtenção da posição de uma estação utilizando as observáveis fase da onda portadora coletada por receptores de duas frequências e em conjunto com os produtos do IGS (*International GNSS Service*);

Com o posicionamento por ponto preciso, as coordenadas do vértice de referência são determinadas de forma absoluta utilizando efemérides precisas. Portanto, dispensa o uso de receptor instalado sobre um vértice de coordenadas conhecidas. O IBGE disponibiliza um serviço on-line de PPP que processa dados no modo estático e cinemático em <http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm>.

#### 2.4.5 POSICIONAMENTO POR AEROLEVANTAMENTO

No posicionamento por aerolevanteamento, as informações geométricas de elementos físicos são obtidas sem ocupação direta do vértice por um instrumento de medição, a partir de sensores aerotransportados. Neste estudo somente o método da aerofotogrametria através do uso de RPAs do tipo *drone*.

Um *drone* é um veículo aéreo não tripulado, operado remotamente a partir de uma estação de controle terrestre ou de um dispositivo móvel, sem um piloto

humano a bordo. São usados para vários fins, incluindo fotografia aérea, aerolevantamento e inspeções. Podem variar de tamanho e peso, de acordo com sua aplicação e também podem ser equipados com vários sensores ou câmeras.

Para utilizar este tipo de método e RPA, é necessário considerar que o produto tenha a acurácia posicional de acordo com as normativas do INCRA, que permitem sua utilização (ou que definem parâmetros para que o método seja compatível com o tradicional com o RTK).

A avaliação da acurácia posicional absoluta para o posicionamento com dados obtidos por aerofotogrametria deve obedecer aos seguintes critérios, estabelecidos pelo Manual Técnico para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2ª Edição (INCRA,2022):

a) O *Ground Sample Distance* - GSD deverá ser compatível com a feição a ser identificada, devendo ser respeitada a precisão do tipo de limite a ser representado;

b) Utilização de pontos de checagem/verificação, respeitando a proporcionalidade da área, geometria e relevo, objetivando atendimento ao Padrão de Exatidão Cartográfica para Produtos Cartográficos Digitais (PEC/PCD), conforme Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG) e Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais ET-ADGV, ambos da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército;

c) A classe resultante do cálculo do PEC deverá estar adequada à precisão exigida para o tipo de limite que se deseja representar;

d) Caso se utilizem pontos de controle, estes não deverão ser utilizados como pontos de checagem;

e) Para os vértices cujas coordenadas forem determinadas por aerofotogrametria, os valores de precisão posicional serão os valores de *Root Mean Square* (RMS) obtidos no processo de avaliação da acurácia posicional.

São produtos obtidos por aerofotogrametria:

- a) Ortomosaico;
- b) Ortofotocarta;
- c) Modelo Digital de Terreno - MDT;

- d) Modelo Digital de Superfície - MDS;
- e) Curvas de nível.

Segundo o Manual Técnico para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (INCRA, 2022), os produtos obtidos por aerofotogrametria poderão ser utilizados nos serviços de georreferenciamento de imóveis rurais para auxiliar a identificação das feições a serem representadas, de acordo com os seguintes tipos:

a) Para as feições foto identificáveis, como, por exemplo, limites definidos por cercas, muros, estradas e ferrovias, cursos d'água, dentre outros, os produtos indicados são ortomosaicos e ortofotocartas;

b) Para as feições de difícil definição, como por exemplo, linhas de cumeadas, áreas alagadiças, divisor de águas, cristas de encostas, talwegues, dentre outros, os produtos indicados são os ortomosaicos e ortofotocartas, combinados com MDT, MDS ou curvas de nível.

O posicionamento por aerofotogrametria também pode ser utilizado na determinação de vértices em limites por cerca e vértices referentes a mudanças de confrontação.

## 2.5 PRECISÕES

Seguindo instruções presentes no Manual Técnico para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (INCRA, 2022), a precisão posicional absoluta é a precisão posicional relacionada à vinculação com o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e a propagação das covariâncias a partir dos vértices do mesmo. Os valores de precisão da latitude e da longitude devem ser convertidos para valores lineares. Desta forma, os valores de precisão das coordenadas geodésicas ( $\sigma\phi$ ,  $\sigma\lambda$ ,  $\sigma h$ ) devem ser expressos em metros.

O valor da precisão posicional absoluta refere-se a resultante planimétrica, calculada a partir da seguinte equação:

$$\sigma P = \sqrt{\sigma\phi^2 + \sigma\lambda^2}$$

Na qual:

- $\sigma_P$  = precisão posicional (m) <sup>2</sup>;
- $\sigma_\phi$  = desvio padrão da latitude (m);
- $\sigma_\lambda$  = desvio padrão da longitude (m);

O valor de precisão posicional para vértices situados em limites naturais devem ser iguais ou melhores que 3,00 metros. Segundo a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais 3ª Edição (INCRA, 2013), o valor de precisão posicional para vértices situados em limites inacessíveis devem ser iguais ou melhores que 7,50 metros. A tolerância admitida é de no máximo três vezes este valor, entre os valores de coordenadas de um ou mais vértices da parcela certificada em relação ao valor apurado por outro credenciado.

## 2.6 SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA

A partir das definições presentes na Solução Multianual das Estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS No Período de 2000 a 2019 (IBGE, 2021), podemos definir um sistema de referência geodésico como sistema usado para definir as posições dos pontos na superfície da Terra. Sistema este que inclui um conjunto de modelos matemáticos, um sistema de coordenadas e um quadro de referência que é usado para descrever a localização, orientação e tamanho da Terra. Os modelos são usados para descrever a forma da Terra e o referencial é usado para descrever a posição dos pontos situados na superfície física do planeta, onde o sistema de coordenadas é usado para atribuir um conjunto de valores numéricos a estes pontos.

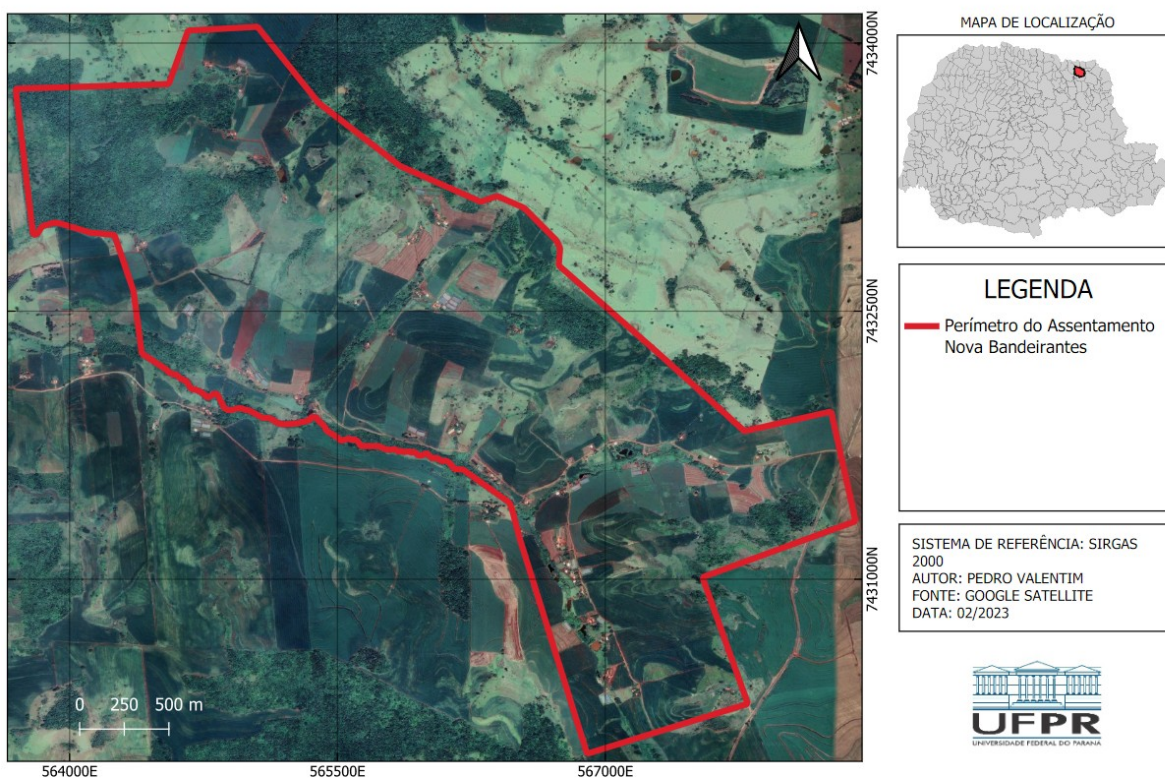
O Sistema Geodésico de Referência adotado no Brasil é o SIRGAS 2000, versão mais atual do mesmo. Definido de forma similar ao *International Terrestrial Reference System* (ITRS) e é uma densificação do *International Terrestrial Reference Frame* (ITRF) na América do Sul. O SIRGAS define o tamanho e a forma da Terra e fornece um sistema de coordenadas consistente para mapeamento e levantamento em todo o Brasil. É utilizado por órgãos governamentais, empresas privadas e instituições de pesquisa.

## 2.7 ÁREA DE ESTUDO

O Assentamento Nova Bandeirantes, selecionado para o estudo, está localizado no município de Bandeirantes, região norte do Estado do Paraná. O assentamento possui cerca de 15 km de perímetro total, no qual existe um trecho de corpo d'água de aproximadamente 3 km de comprimento, que é uma divisa natural do mesmo.

FIGURA 4 - VISÃO GERAL DO PERÍMETRO DO ASSENTAMENTO NOVA BANDEIRANTES

### VISÃO GERAL DO PERÍMETRO DO ASSENTAMENTO NOVA BANDEIRANTES



FONTE: O autor (2023).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa e obtenção dos dados, foram utilizados base e receptores Topcon GNSS Hiper VR que permitem o rastreamento de constelações e satélites existentes, conta com integração de sistema IMU (*Inertial Measurement Unit*) e bússola eletrônica, onde a comunicação entre base e *rover* é feita através de rádio externo. O processamento dos dados coletados em campo foram feitos através do *software* proprietário *Magnet Office Tools* e a base foi processada utilizando o Serviço online para pós-processamento de dados GNSS, IBGE-PPP.

Os vértices de interesse foram posicionados de acordo com matrícula ou transcrição do imóvel, seguindo definições previstas pelo Manual Técnico para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (INCRA, 2022), representando as mudanças de direção e limites dos lotes, localizados às margens do rio. Os vértices devem ser rastreados de acordo com situação consolidada de divisa. O levantamento GNSS destes vértices foi executado ao posicionar um receptor base sobre um vértice de referência e um receptor *rover* sobre os vértices de interesse.

O levantamento GNSS dos pontos de apoio e controle, utilizados para o georreferenciamento das imagens obtidas pelo aerolevanteamento, deu-se ao posicionar um receptor *rover* no centro dos alvos instalados em campo, prévio a realização dos voos.

FIGURA 5 - BASE E ROVER TOPCON HIPER VR



FONTE: rmsgeoespacial.com

As precisões de medição obtidas pelo equipamento Topcon GNSS Hiper VR seguem as descrições feitas na tabela a seguir:

TABELA 2 - PRECISÕES EQUIPAMENTO TOPCON GNSS HIPER VR

POSICIONAMENTO	PRECISÕES
ESTÁTICO E ESTÁTICO RÁPIDO	H: 3 mm + 0,4 ppm V: 5 mm + 0,5 ppm
ESTÁTICO DE ALTA PRECISÃO	H: 3 mm + 0,1 ppm V: 3,5 mm + 0,4 ppm
RTK ESTÁTICO	H: 3 mm + 0,8 ppm V: 5 mm + 1,0 ppm
RTK	H: 5 mm + 0,5 ppm V: 10 mm + 0,8 ppm

FONTE: Embratop.



O *drone* utilizado no aerolevanteamento para obtenção das imagens foi o DJI AIR 2S, câmera que conta com CMOS de 1", píxeis efetivos de 20 MP e dimensões de píxeis de 2,4  $\mu\text{m}$ .

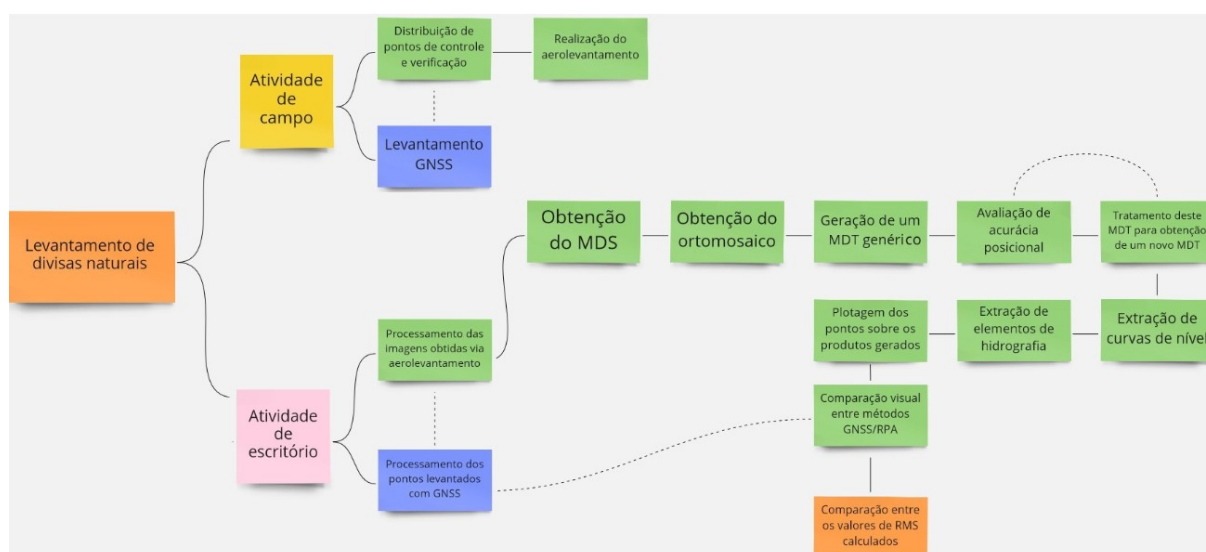
FIGURA 6 - DJI MAVIC AIR 2S



FONTE: [dji.com/br/air-2s](https://dji.com/br/air-2s)

O diagrama a seguir representa a metodologia usada para resolver o problema de posicionamento do limite natural. A metodologia exibida no diagrama descreve as etapas realizadas para identificar e analisar esses fatores, determinar os parâmetros apropriados e desenvolver uma solução apropriada para o problema proposto. Este diagrama procura fornecer uma representação visual clara deste processo. Seguindo esta metodologia, uma abordagem sistemática foi desenvolvida para resolver o problema de posicionamento do limite natural.

FIGURA 7 - DIAGRAMA METODOLÓGICO

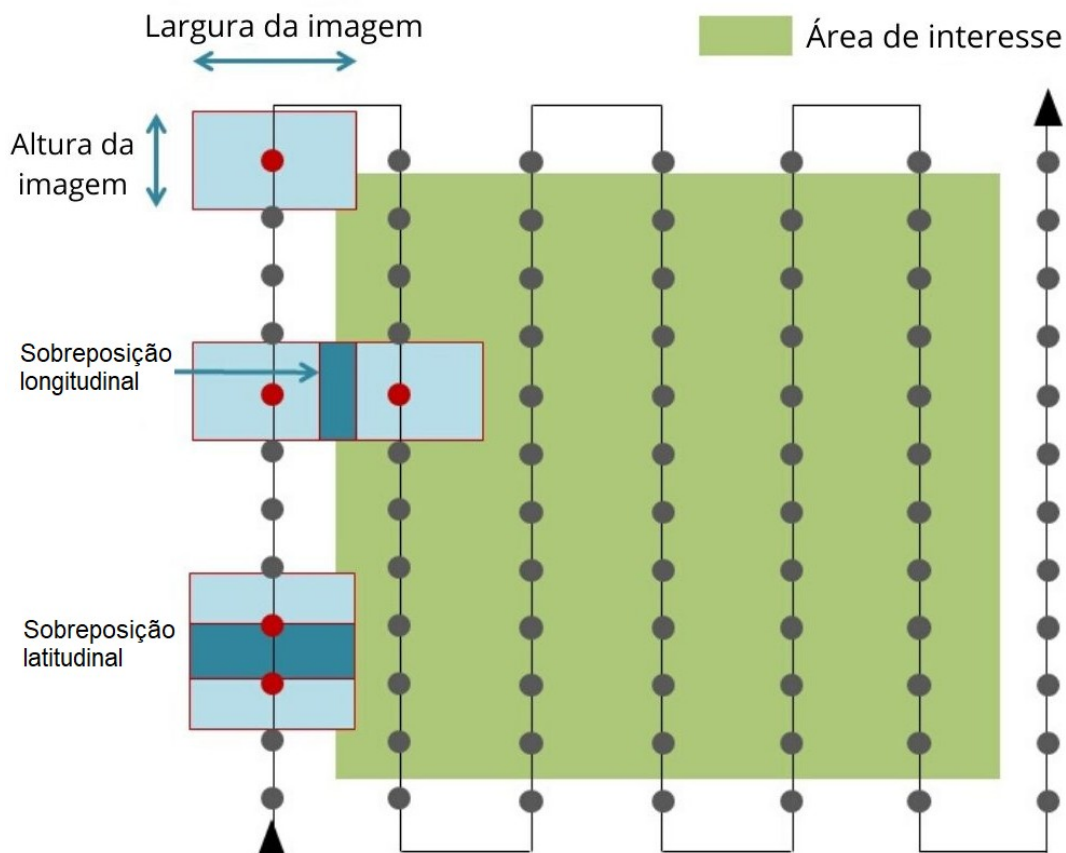


FONTE: O autor (2023).

O estudo iniciou-se com as atividades de campo. A primeira etapa foi a realização do rastreo GNSS dos pontos tipo “P”, pontos de controle e apoio, para permitir a execução dos voos.

As imagens foram obtidas através da realização de 02 voos com sobreposição latitudinal de 70%, sobreposição longitudinal de 80% e a velocidade de voo da aeronave foi de 8 m/s.

FIGURA 8 - EXEMPLO DA SOBREPOSIÇÃO DAS IMAGENS



ADAPTADO DE: mappa.ag

Foram empregados pontos de controle e pontos de verificação feitos utilizando pó de cal hidratado, bem distribuídos, a priori, de forma a recobrir toda a área de interesse. Todos estes pontos tiveram suas respectivas coordenadas rastreadas com técnicas de levantamento GNSS, posicionando o receptor *rover* no centro destes pontos.

FIGURA 9 - PONTO DE APOIO



FONTE: O autor (2023).

Finalizado o levantamento aerofotogramétrico, as imagens coletadas pelo RPA foram renomeadas e organizadas dentro de um sistema de pastas de arquivo digital para armazenamento centralizado dos dados em questão, seguindo exigências estabelecidas pelo INCRA.

Após finalizada a etapa de campo, o próximo passo foi o processamento dos pontos obtidos pelo levantamento GNSS. Em seguida, deu-se início ao processamento das imagens obtidas pelo aerolevanteamento, utilizando os pontos de controle pelo *plugin GCP Editor Pro*, inserindo um arquivo de texto contendo seus respectivos valores de coordenadas obtidas do levantamento GNSS RTK. Foram gerados um MDS e ortomosaico de forma automática pelo *software* gratuito e de código livre *WebODM*.

Importante garantir que todas as imagens estejam no formato JPEG ou TIFF e sejam nomeadas de forma consistente, pois o funcionamento correto do *WebODM* depende dos nomes dos arquivos para ordenar as imagens e juntá-las em um ortomosaico. Além da garantia da sobreposição entre imagens e da estabilidade da plataforma de tomada de fotos.

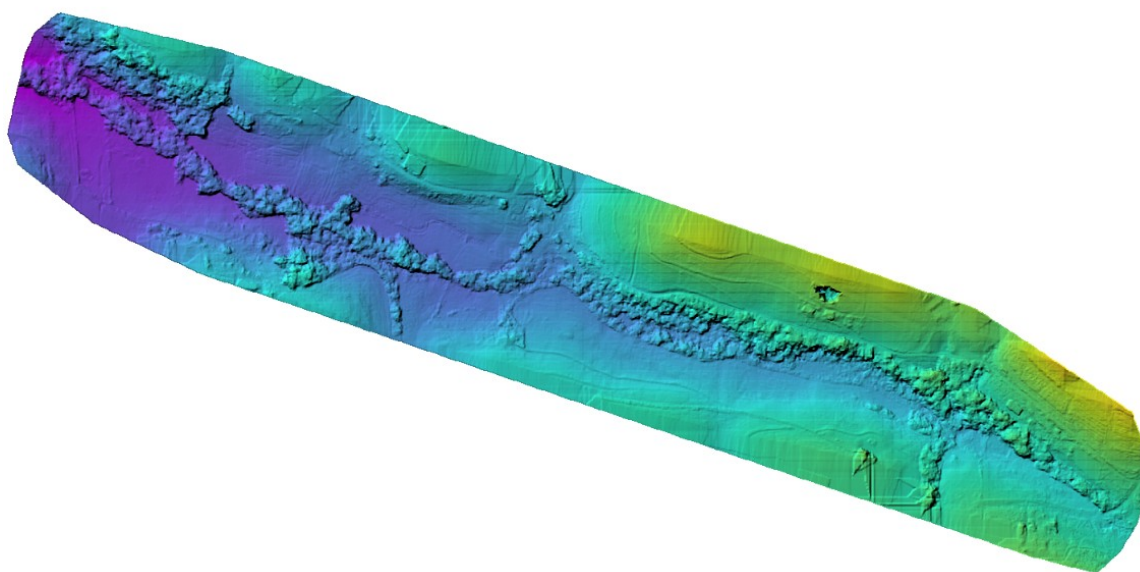
Após o preparo de todas as 392 imagens, foi feito o login na interface do *WebODM* e um novo projeto foi criado. As imagens que geração do ortomosaico foram carregadas. Também foram definidos parâmetros como o modelo da câmera,

as coordenadas GPS das imagens e arquivo de texto contendo as informações dos pontos de controle.

No final do processamento estiver concluído, foi baixado um ortomosaico, acompanhado de um MDT, no formato GeoTIFF. Os critérios utilizados para avaliação da acurácia posicional absoluta estão definidos no Manual Técnico para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (INCRA, 2022).

O MDT genérico, gerado pelo *software WebODM* mostrou-se inadequado para extração de informações de hidrografia, pois estava poluído por conta da densa vegetação que cobre todo o trecho da divisa natural.

FIGURA 10 - MDT GENÉRICO



FONTE: O autor (2023).

Para a extração das informações do terreno foi gerado um novo MDT a partir do MDT genérico. A primeira etapa foi a obtenção de curvas de nível com intervalo de 5 m, utilizando a ferramenta de extração de contornos, dentro do *software* QGIS, sobre o MDT genérico, advindo do *WebODM*. Então, manualmente, observando o

ortomosaico, foram coletados pontos sobre a superfície de solo exposta nas proximidades da área de vegetação, vinculando valores de elevação de acordo com as suas respectivas curvas de nível.

FIGURA 11 - PONTOS DE SOLO EXPOSTO PRÓXIMOS DA VEGETAÇÃO



FONTE: O autor (2023).

A próxima etapa foi a vetorização da área de mata que recobre toda a extensão do rio, para que seja recortada do primeiro MDT. Em seguida, foram extraídos os centroides dos *pixels* deste arquivo *raster* recortado, para que o mesmo possa ser mesclado com os pontos anteriormente coletados e então interpolados pelo método TIN (*Triangulated Irregular Network*).

Esta interpolação gerou um novo MDT, agora com menor interferência causada pela vegetação, resultando em uma melhor modelagem que permitiu a utilização das ferramentas de *Fill Sinks* e *Channel network and drainage basins* do *software* QGIS. Estas ferramentas tornam possível a extração das informações da hidrografia da área de estudo, bem como os pontos que o descrevem.

Finalmente, foi possível realizar uma comparação visual entre os resultados obtidos pelas técnicas de levantamento GNSS e aerolevamento. A última etapa

foi a comparação dos seus respectivos valores de RMS, exigência determinada pelo INCRA.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 PRECISÕES DAS COORDENADAS DOS VÉRTICES TIPO P

As precisões das coordenadas obtidas para os pontos tipo “P”, utilizadas para o cálculo de RMS, utilizadas para comparação, foram as seguintes:

TABELA 3 - PRECISÕES DAS COORDENADAS DOS VÉRTICES TIPO P PARA O LIMITE NATURAL – RTK CONVENCIONAL

PONTO	NORTE	ESTE	ELEVAÇÃO
DUIC-P-11	0.011	0.010	0.016
DUIC-P-12	0.013	0.170	0.190
DUIC-P-13	1.153	0.275	0.491
DUIC-P-27	0.044	0.015	0.047
DUIC-P-33	0.017	0.009	0.019
DUIC-P-34	0.015	0.006	0.016
DUIC-P-35	0.017	0.007	0.018
DUIC-P-36	0.017	0.036	0.040
DUIC-P-37	0.014	0.012	0.019
DUIC-P-38	0.010	0.011	0.015
DUIC-P-39	0.009	0.009	0.012
DUIC-P-40	0.009	0.010	0.013
DUIC-P-41	0.019	0.008	0.020
DUIC-P-42	0.031	0.020	0.036
DUIC-P-43	0.008	0.011	0.014
DUIC-P-44	0.012	0.011	0.016
DUIC-P-45	0.011	0.012	0.016
DUIC-P-46	0.011	0.012	0.016
DUIC-P-47	0.030	0.025	0.039
DUIC-P-48	0.015	0.007	0.017
DUIC-P-49	0.009	0.009	0.013
DUIC-P-50	0.014	0.018	0.023
DUIC-P-51	0.015	0.008	0.017
DUIC-P-52	0.009	0.011	0.014
DUIC-P-53	0.034	0.029	0.045
DUIC-P-54	0.007	0.008	0.011



<b>PONTO</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>ELEVAÇÃO</b>
DUIC-P-55	0.014	0.015	0.021
DUIC-P-56	0.011	0.007	0.013
DUIC-P-57	0.011	0.017	0.020
DUIC-P-58	0.014	0.009	0.017
DUIC-P-59	0.011	0.008	0.014
DUIC-P-60	0.008	0.011	0.013
DUIC-P-61	0.009	0.010	0.013
DUIC-P-62	0.016	0.017	0.024
DUIC-P-63	0.018	0.011	0.021
DUIC-P-64	0.023	0.016	0.029
DUIC-P-65	0.020	0.010	0.023
DUIC-P-66	0.012	0.008	0.014
DUIC-P-67	0.017	0.009	0.020
DUIC-P-68	0.008	0.007	0.011
DUIC-P-69	0.010	0.012	0.016
DUIC-P-70	0.008	0.006	0.010
DUIC-P-71	0.006	0.004	0.007
DUIC-P-72	0.009	0.005	0.010
DUIC-P-73	0.008	0.014	0.016
DUIC-P-74	0.010	0.005	0.011
DUIC-P-75	0.013	0.011	0.017
DUIC-P-76	0.009	0.010	0.013
DUIC-P-77	0.009	0.007	0.011
DUIC-P-78	0.011	0.010	0.014
DUIC-P-79	0.011	0.032	0.034
DUIC-P-80	0.009	0.008	0.012
DUIC-P-81	0.015	0.008	0.017
DUIC-P-82	0.005	0.003	0.006
DUIC-P-83	0.009	0.011	0.014
DUIC-P-84	0.009	0.009	0.013

FONTE: O autor (2023).

A partir destes valores de precisão, foi calculado o RMS para os mesmos, buscando avaliar o desvio padrão da precisão para o conjunto de pontos como um todo:

TABELA 4 - RMS DAS PRECISÕES DAS COORDENADAS DOS PONTOS TIPO P

<b>RMS N</b>	<b>RMS E</b>	<b>RMS Z</b>
0.154	0.045	0.073

FONTE: O autor (2023).

#### 4.2 PRECISÕES DAS COORDENADAS DOS VÉRTICES TIPO P

Ao compararmos os valores de coordenadas dos pontos de controle e verificação utilizados para o processamento das imagens, obtidas pelo método de levantamento GNSS RTK convencional, com as coordenadas coletadas manualmente no ortmosaico produzido, os seguintes valores de RMS foram encontrados:

TABELA 5 - RMS DOS PONTOS DE VERIFICAÇÃO

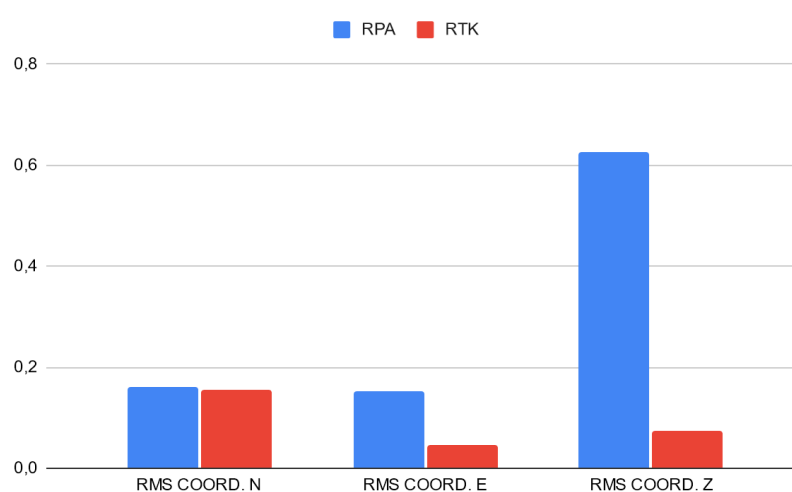
<b>RMS N</b>	<b>RMS E</b>	<b>RMS Z</b>
0.16	0.152	0.627

FONTE: O autor (2023).

### 4.3 COMPARAÇÃO DOS VALORES DE RMS

Os valores RMS foram calculados tirando a raiz quadrada da média dos valores ao quadrado. Ao comparar os valores RMS de dois conjuntos de dados, podemos obter informações sobre as respectivas precisões. O gráfico a seguir representa visualmente essa comparação e ajuda a ilustrar as semelhanças ou diferenças entre os dois conjuntos de dados.

GRÁFICO 1 - COMPARAÇÃO ENTRE VALORES DE RMS DAS PRECISÕES DOS MÉTODOS

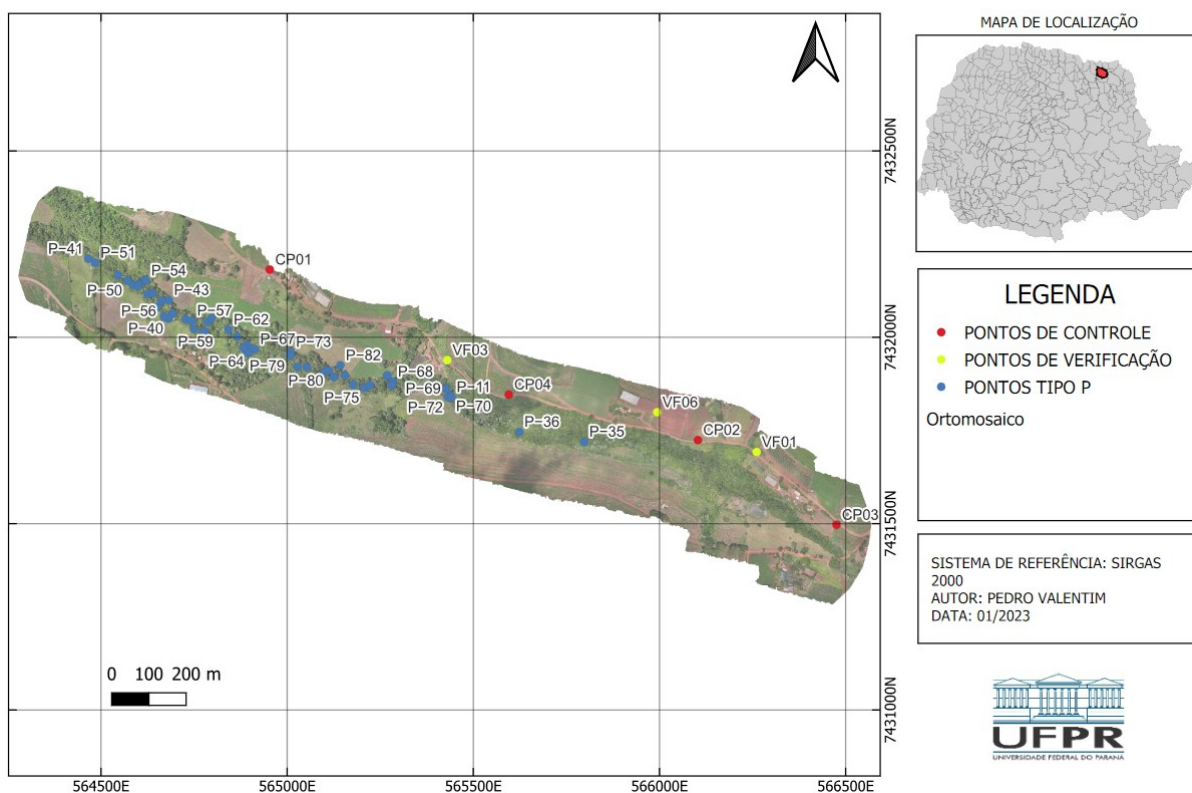


FONTE: O autor (2023).

A partir da entrada destes dados no *software* QGIS, a seguinte distribuição foi observada:

FIGURA 12 - DISTRIBUIÇÃO DE PONTOS LEVANTADOS

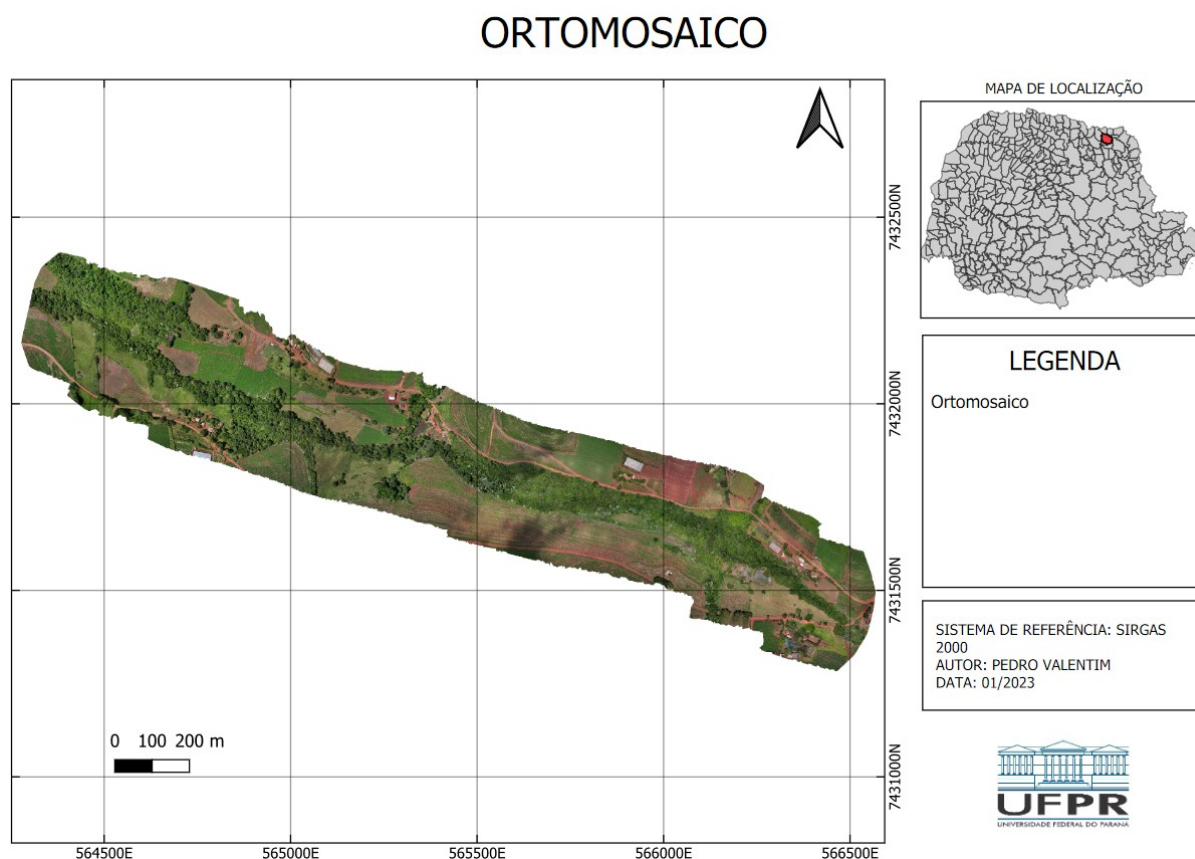
## DISTRIBUIÇÃO DE PONTOS LEVANTADOS



FONTE: O autor (2023).

O processamento das imagens obtidas através do aerolevanteamento resultaram em um ortomosaico com GSD de 10,5 cm e um novo MDT:

FIGURA 13 - ORTOMOSAICO

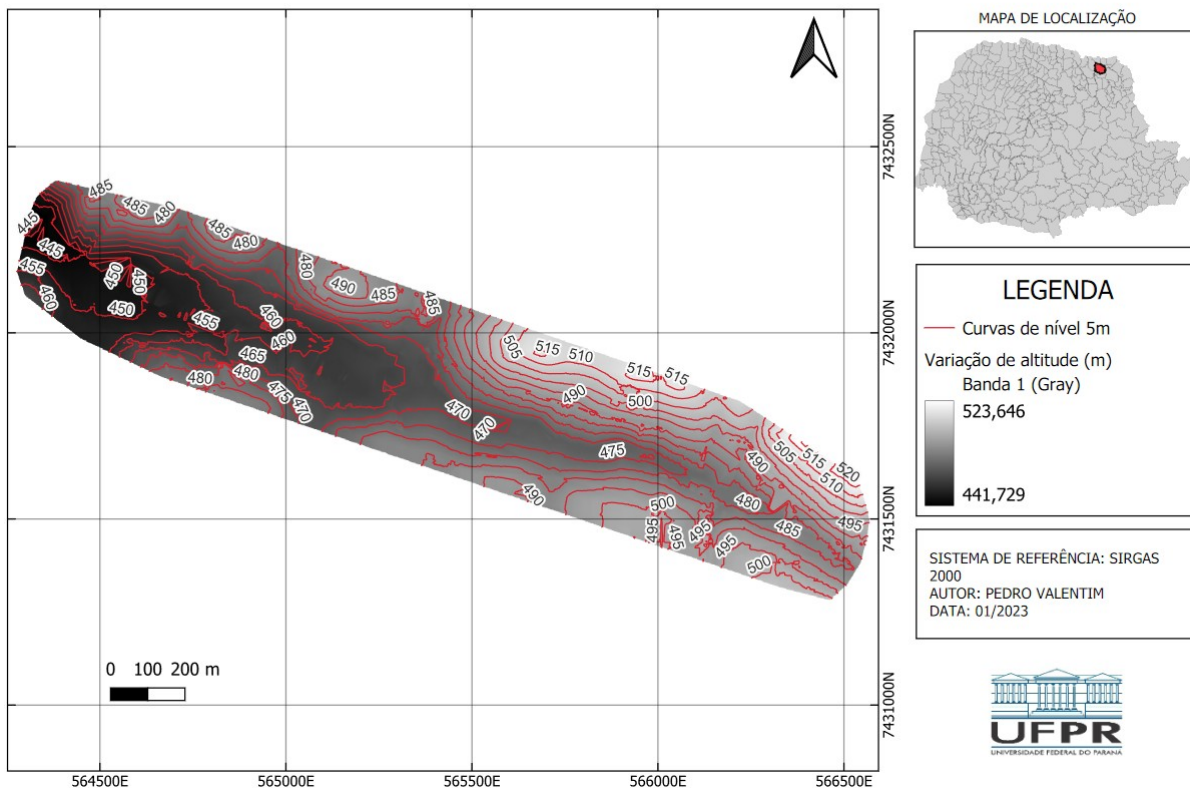


FONTE: O autor (2023).

Com base no estudo realizado, foi determinado que a área em questão não atende aos requisitos para ser classificada de acordo com o PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica), por tratar-se de um recorte da área completa. PEC é um conjunto de diretrizes e normas que são utilizadas para garantir a precisão e confiabilidade dos dados que define a exatidão de trabalhos cartográficos. Nesse caso, a área em questão não apresenta a distribuição adequada de pontos de apoio e verificação que permitam a análise estatística para enquadramento na PEC.

FIGURA 14 - MDT

MDT



FONTE: O autor (2023).

Levando em consideração o número de pontos utilizados, o tempo de execução, as dificuldades enfrentadas, a implementação das técnicas de levantamento para definição dos limites naturais e as precisões atingidas, é possível estabelecer comparações entre ambas as metodologias.

Observando a densa distribuição de pontos tipo “P” para definição do corpo d’água (Figura 8), além dos vértices tipo “V”, utilizados para determinação de vértices localizados em áreas inacessíveis, o levantamento GNSS RTK convencional apresenta pontos positivos e negativos, descritos no quadro a seguir:

QUADRO 1 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DO LEVANTAMENTO GNSS RTK CONVENCIONAL

<b>VANTAGENS</b>	<b>DESVANTAGENS</b>
O levantamento RTK fornece precisão subcentimétrica, tornando-o adequado para tarefas de levantamento de alta precisão.	O levantamento RTK é limitado pelo alcance do receptor base.
O levantamento RTK fornece dados em tempo real.	O levantamento RTK depende de sinais de GPS, tornando-o vulnerável a interferências e perda de sinal.
O levantamento RTK é rápido e eficiente, reduzindo o tempo necessário para tarefas de levantamento.	O levantamento RTK requer equipamento especializado, tornando-o uma opção cara para alguns projetos.

FONTE: O autor (2023).

Observando a presença de vegetação no MDT gerado de forma automática pelo *software WebODM* (Figura 7) e áreas de arrasto no ortomosaico (Figura 9), é possível perceber que a metodologia de aerolevamento com RPAs apresenta prós e contras, como exibido no quadro a seguir:

QUADRO 2 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DO AEROLEVANTAMENTO COM RPAs

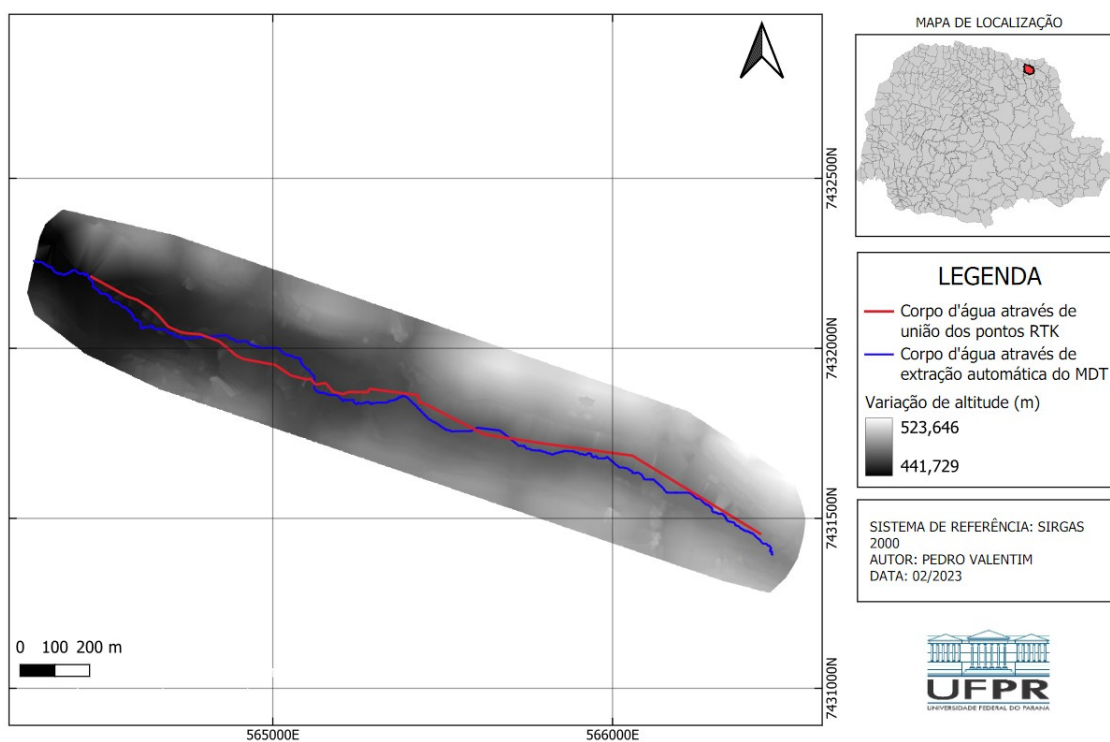
<b>VANTAGENS</b>	<b>DESVANTAGENS</b>
O levantamento com RPAs pode abranger grandes áreas rapidamente, reduzindo o tempo necessário para projetos de levantamento.	Os RPAs estão sujeitos a regulamentações e autorizações, e navegar por esses requisitos pode ser demorado e complexo.
O levantamento com RPAs pode ser mais econômico do que os métodos de levantamento tradicionais, especialmente para áreas grandes ou remotas.	O levantamento com RPAs pode ser afetado por condições climáticas, como ventos fortes ou chuva.
O levantamento com RPAs elimina a necessidade de pessoal trabalhar em áreas de difícil acesso, permitindo maior segurança.	Os RPAs normalmente têm tempo de voo limitado, dificultando a cobertura de grandes áreas em um único voo.

FONTE: O autor (2023).

Através do uso de ferramentas de processamento dentro do *software* QGIS, foi possível extrair automaticamente a divisa natural em forma de linha:

FIGURA 15 - DIVISA NATURAL SOBRE O MDT

COMPARAÇÃO VISUAL DA DIVISA NATURAL OBTIDA POR DIFERENTES MÉTODOS

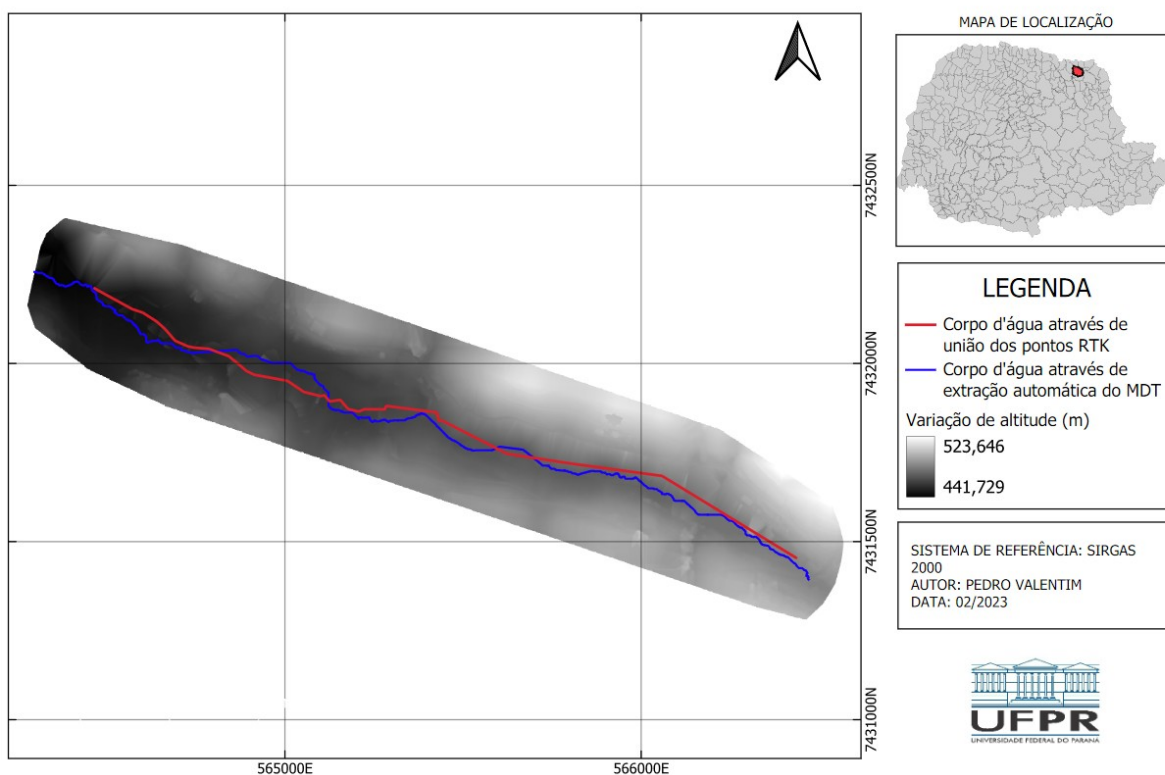


FONTE: O autor (2023).



Utilizando o resultado exibido na figura anterior e após a união dos pontos RTK tipo “P” (Figura 11), coletados no campo, através de uma linha, ambos os resultados obtidos para determinação da divisa natural foram comparados visualmente através da figura a seguir:

FIGURA 16 - COMPARAÇÃO DA DIVISA NATURAL OBTIDA POR DIFERENTES MÉTODOS  
COMPARAÇÃO VISUAL DA DIVISA NATURAL OBTIDA POR DIFERENTES MÉTODOS



FONTE: O autor (2023).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento GNSS é uma ferramenta crucial no georreferenciamento de imóveis rurais, especialmente na identificação precisa dos limites naturais dos imóveis. A precisão e acurácia fornecida pelos levantamentos GNSS permitem posicionar inequivocamente pontos na superfície terrestre e por consequência, limites de imóveis rurais. Porém, o levantamento dos vértices que definem estes limites nem sempre é o mais otimizado, pois depende de condições ambientais, como relevo ou mesmo acesso às localizações, densidade da vegetação, clima, recursos pessoais, entre outros. Além disso, os recursos disponíveis para esse tipo de levantamento podem inviabilizar a precisão do levantamento, já que é necessário grande quantidade de pontos para definir adequadamente este tipo de divisa.

Neste contexto, o aerolevamento é uma alternativa ágil para viabilizar a obtenção destes pontos. Avanços tecnológicos como RPAs, por exemplo, já possibilitam a geração de produtos aerofotogramétricos com menor custo e com precisões compatíveis com as exigências estabelecidas pelo INCRA. Apesar de fornecer maior produtividade, entretanto, a obtenção indireta de informações posicionais não substitui por completo o levantamento GNSS, sendo necessário a validação dos pontos de apoio e controle, utilizados no processamento das imagens obtidas pelo aerolevamento.

Levando em consideração a área de estudo, a utilização do aerolevamento através do uso de RPAs mostrou-se bastante eficiente para a determinação de informações posicionais de limites naturais de difícil acesso dentro das precisões estipuladas, economizando tempo. Os resultados obtidos através do uso de *drone* foram adequados para o tipo de vértice em questão, permitiu levantamento de grande área com apenas 06 blocos de voo e o MDT gerado permitiu avaliar a posição de todo o comprimento do rio sem a necessidade de entrada em regiões de risco elevado dentro do assentamento.

A combinação da técnica de levantamento GNSS RTK com o aerolevamento por *drone* oferece uma série de benefícios, incluindo maior precisão na obtenção das coordenadas dos pontos de apoio e controle, aumentando a eficiência e qualidade dos dados e produtos gerados a partir dos

aerolevantamentos. Essa tecnologia é essencial para muitas aplicações em levantamentos com RPAs e seu uso provavelmente continuará a aumentar.

## 5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir do sucesso observado na combinação de levantamento RTK e *drone* na extração da posição de uma divisão natural em áreas de densa vegetação, podemos citar exploração de novas tecnologias como soluções para busca de maior otimização deste processo. Como por exemplo, os avanços dos sensores *LiDAR* (*Light Detection and Ranging*) e outras tecnologias de sensoriamento remoto podem fornecer uma visão mais detalhada e abrangente do terreno, facilitando a identificação de divisas naturais e outras características em áreas de difícil acesso.

Além disso, o desenvolvimento de *softwares* e filtros aplicados no mapeamento, análises mais sofisticadas podem ajudar a agilizar as etapas de processamento e interpretação de dados. À medida que a tecnologia continua a evoluir, novas ferramentas e métodos inovadores podem surgir, permitindo aumentar a precisão e a eficiência da extração de informações posicionais de divisas naturais.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964**. Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 nov. 1964. Seção 1, Art. 4º.

BRASIL. **Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993**. Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária, previstos no Capítulo III, Título VII, da Constituição Federal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 fev. 1993 Seção 1, Art. 4º.

DJI AIR 2S. Disponível em: <https://www.dji.com/br/air-2s>. Acesso em: 08 jan. 2023.

IBGE. **Manual do Usuário Posicionamento Por Ponto Preciso Versão: março 2009**. Rio de Janeiro, 2009. 27 p. Disponível em: [http://www.ppp.ibge.gov.br/manual\\_ppp.pdf](http://www.ppp.ibge.gov.br/manual_ppp.pdf). Acesso em: 15 jan. 2023.

IBGE. **Solução Multianual das Estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS No Período de 2000 a 2019**. Rio de Janeiro, 2021. 121 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101895>. Acesso em: 15 jan. 2023.

INCRA. **Manual Técnico para Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2ª Edição**. Brasília, 2022. 63 p. Disponível em: [https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/governanca-fundiaria/Manual\\_Tecnico\\_de\\_Georreferenciamento\\_2\\_Edicao.pdf](https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/governanca-fundiaria/Manual_Tecnico_de_Georreferenciamento_2_Edicao.pdf). Acesso em: 15 jan. 2023.

INCRA. **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 3ª Edição**. Brasília, 2013. 4 p. Disponível em: [https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/norma\\_tecnica\\_georreferenciamento\\_imoveis\\_rurais\\_3ed.pdf](https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/norma_tecnica_georreferenciamento_imoveis_rurais_3ed.pdf). Acesso em: 17 fev. 2023.

INCRA. **Orientação Técnica INCRA SR(09)PR-F2**. Brasília, 2022.16 p. Disponível em: [https://www.gov.br/incra/pt-br/acesso-a-informacao/auditorias/sr09-pr\\_2022.pdf](https://www.gov.br/incra/pt-br/acesso-a-informacao/auditorias/sr09-pr_2022.pdf). Acesso em: 08 jan. 2023.

SERVIÇO ONLINE PARA PÓS-PROCESSAMENTO DE DADOS GNSS. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/servicos-para-posicionamento-geodesico/16334-servico-online-para-pos-processamento-de-dados-gnss-ibge-ppp.html?=&t=processar-os-dados>. Acesso em: 18 jan. 2023.

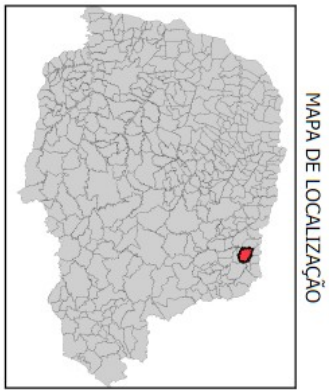
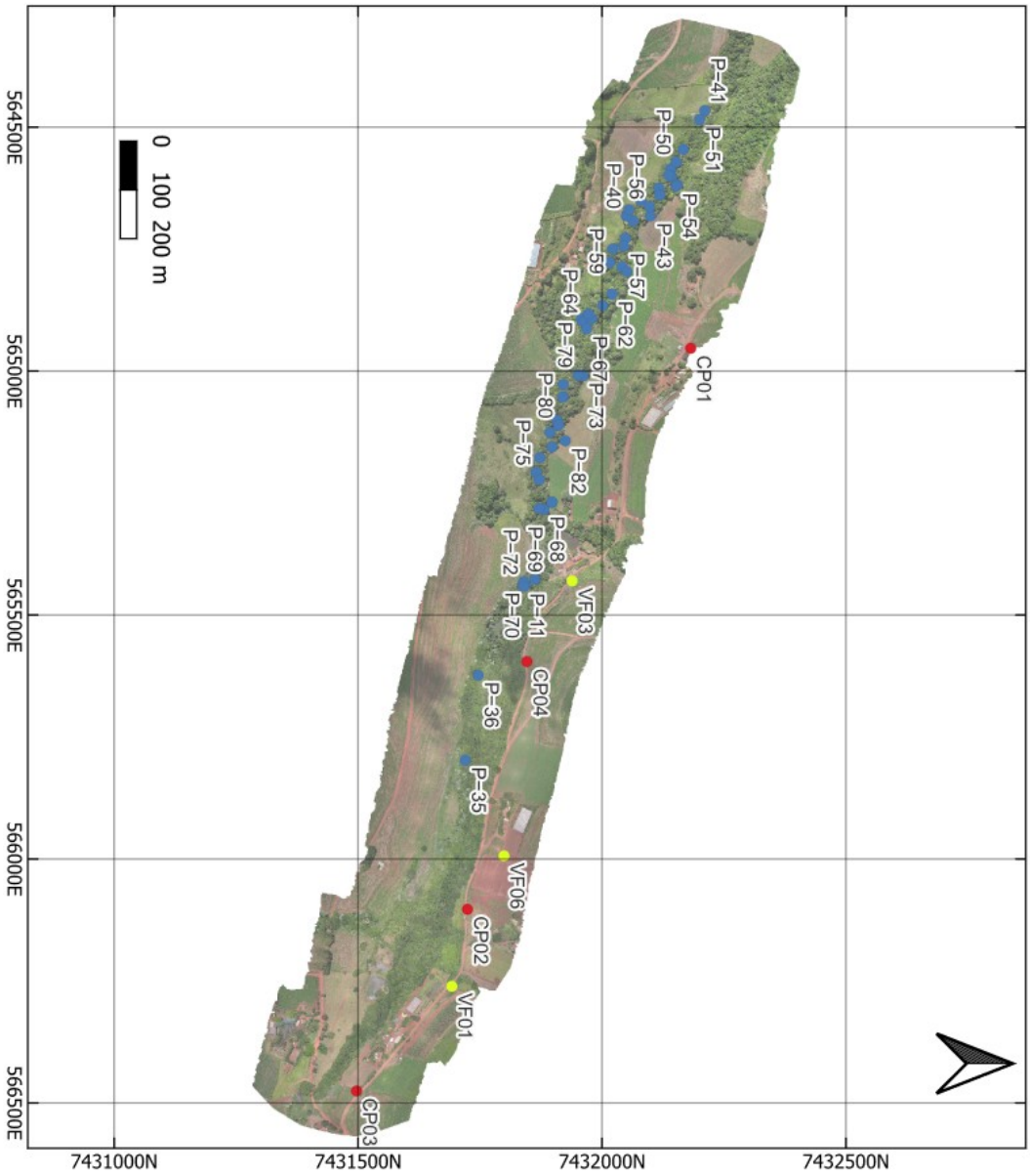
SISTEMA HIPER VR GNSS. Disponível em: <https://rmsgeoespacial.com/producto/sistema-hiper-vr-gnss-gps-l5-long-link-ntrip-rtk-gm-radio-uhf-con-colectora-fc-5000/>. Acesso em: 18 jan. 2023.

SOBREPOSIÇÃO DE IMAGENS: POR QUE ELA É IMPORTANTE?. Disponível em: <https://mappa.ag/blog/sobreposicao-de-imagens-por-que-ela-e-importante/>. Acesso em: 17 fev. 2023.

TOPCON GNSS HIPER VR. Disponível em: <https://www.embratop.com.br/produto/topcon-gnss-hiper-vr/>. Acesso em: 17 fev. 2023.

## ANEXO 1 – DISTRIBUIÇÃO DE PONTOS

# DISTRIBUIÇÃO DE PONTOS LEVANTADOS



**LEGENDA**

- PONTOS DE CONTROLE
- PONTOS DE VERIFICAÇÃO
- PONTOS TIPO P
- Ortomosaico

SISTEMA DE REFERÊNCIA: SIRGAS  
 2000  
 AUTOR: PEDRO VALENTIM  
 DATA: 01/2023



# ORTOMOSAICO



**LEGENDA**

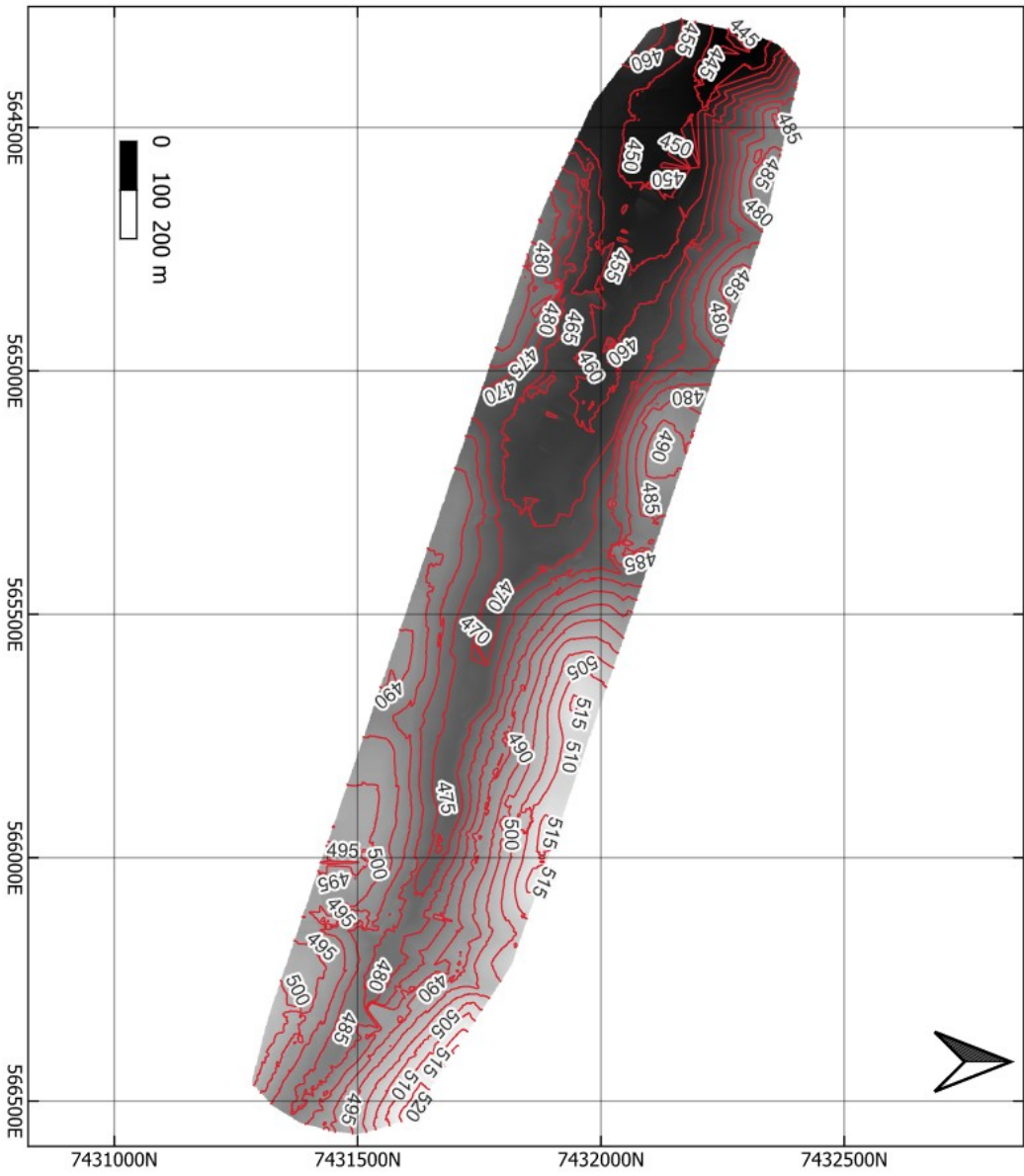
Ortomosaico

SISTEMA DE REFERÊNCIA: SIRGAS  
2000  
AUTOR: PEDRO VALENTIM  
DATA: 01/2023



### ANEXO 3 – MDT

## MDT

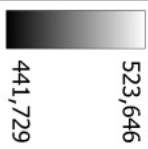


MAPA DE LOCALIZAÇÃO



#### LEGENDA

- Curvas de nível 5m
- Varição de altitude (m)
- Banda 1 (Gray)



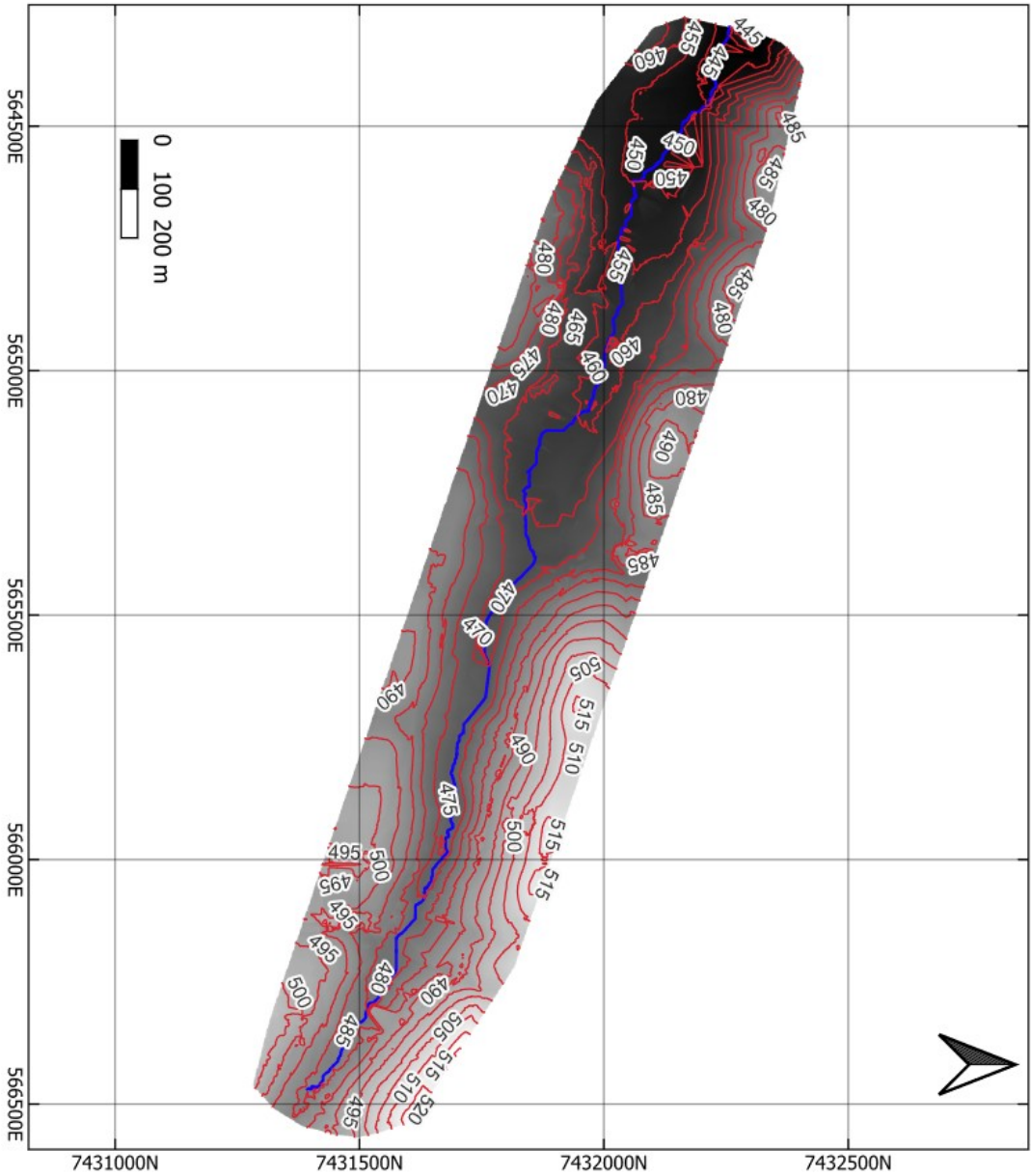
SISTEMA DE REFERÊNCIA: SIRGAS  
2000  
AUTOR: PEDRO VALENTIM  
DATA: 01/2023





### ANEXO 4 – DIVISA NATURAL SOBRE O MDT

# DIVISA NATURAL SOBRE O MDT



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



**LEGENDA**

- Curvas de nível 5m
- Corpo d'água

Varição de altitude (m)

441,729  
523,646

SISTEMA DE REFERÊNCIA: SIRGAS  
2000  
AUTOR: PEDRO VALENTIM  
DATA: 01/2023

