

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CURSO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA

Leonardo Campos Menezes

Vinicius Caixeiro da Cruz

**GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS COM FOTOGRAMETRIA:
APLICAÇÃO DA NORMA DE EXECUÇÃO DE 02/2018 DO INCRA À ESTAÇÃO
EXPERIMENTAL AGRONÔMICA DA UFRGS**

Porto Alegre

Dezembro/2018

Leonardo Campos Menezes

Vinicius Caixeiro da Cruz

**GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS COM FOTOGRAMETRIA:
APLICAÇÃO DA NORMA DE EXECUÇÃO DE 02/2018 DO INCRA À ESTAÇÃO
EXPERIMENTAL AGRONÔMICA DA UFRGS**

Projeto Cartográfico de Diplomação a ser apresentado como requisito para obtenção do grau de Engenheiro Cartógrafo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador/a: Prof. Dr. Felipe Geremia Nievinski

Coorientador/a: Prof. Dr. Mário Luiz Lopes Reiss

Porto Alegre

Dezembro/2018

Leonardo Campos Menezes

Vinicius Caixeiro da Cruz

**GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS COM FOTOGRAMETRIA:
APLICAÇÃO DA NORMA DE EXECUÇÃO DE 02/2018 DO INCRA À ESTAÇÃO
EXPERIMENTAL AGRONÔMICA DA UFRGS**

Aprovada em: _____ de _____ de _____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Sérgio Florêncio de Souza – UFRGS

Prof. Dr. Gilberto Gagg – UFRGS

Eng. Cart. Msc. Rodrigo da Silva Ferraz – UFRGS

Porto Alegre

Dezembro/2018

Dedicamos nosso trabalho a nossos pais Antônio, Eliana, Jaqueline e Heleno. Por todo ensinamento de vida e empenho para que pudéssemos ir em busca dos nossos sonhos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Instituto de Geociências pela estrutura e recursos que possibilitaram nosso aprendizado ao longo da graduação e a execução deste trabalho.

Ao projeto REUNI, que financiou a aquisição de parte dos recursos tecnológicos utilizados nesse projeto

À CAPES por meio do projeto Pró-Alertas (88887.091734/2014-01), que financiou parte da atividade de campo para a aquisição dos dados fotogramétricos;

Ao LAFOTO pelo espaço para as atividades de laboratório.

Ao corpo docente pelo conhecimento e carinho com que transmitem os conteúdos de aula.

Aos Professores Felipe Nievinski e Mario Reiss pela orientação.

Aos colegas do corpo discente pela amizade e os anos de companheirismo.

Aos colegas Rafael Engling e Gabriela Tombezi pelo apoio nos trabalhos de campo.

Aos funcionários da Universidade e das empresas prestadoras de serviço pelo atendimento e serviços prestados.

Aos amigos e familiares por todo incentivo e momentos de alegria.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal realizar um aerolevanteamento com a finalidade de gerar um produto fotogramétrico que atenda a Norma de Execução INCRA/DF/Nº2 de 19, de fevereiro de 2018, que estabelece o uso de Fotogrametria para medição de vértices definidores de uma propriedade rural, no serviço de georreferenciamento. Foi utilizada uma área de aproximadamente 85 hectares, que faz parte da Estação Experimental Agrônômica da UFRGS localizada no município de Eldorado do Sul – RS, como exemplo de propriedade a ser definida. O levantamento fotogramétrico foi executado com a utilização de um RPA (inglês: *Remotely Piloted Aircraft*), modelo eBee, apoiado por 12 pontos materializados no terreno, através de alvos fotoidentificáveis medidos por levantamento geodésico utilizando o método RTK (do inglês: *Real Time Kinematic*). O produto gerado foi avaliado pelos testes estatísticos de Shapiro-Wilk, T-Student e EMQ (Erro Médio Quadrático), por meio de 22 pontos de checagem medidos por levantamento geodésico e topográfico. O voo fotogramétrico foi executado adotando um GSD (do inglês: *Ground Sample Distance*) de 5 centímetros, tendo em vista a menor feição à ser utilizada como ponto de controle nos testes estatísticos, com isso foram definidos dois voos cruzados nos sentidos norte/sul e leste/oeste a uma altura de voo de 160 metros com sobreposição lateral de 60% e sobreposição longitudinal de 75%. Após a validação do produto fotogramétrico foram medidos 9 vértices definidores fotoidentificáveis do imóvel rural, os quais atingiram acurácia planimétrica de 21,5 centímetros, atendendo a NTGIR (Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais) que determina 50 centímetros de precisão para vértices definidores do imóvel em limites artificiais. Através dos vértices medidos no produto fotogramétrico, complementados com vértices medidos por Topografia e Geodésia foi possível realizar o preenchimento da tabela do SIGEF (Sistema de Gestão Fundiária) seguindo as especificações da NTGIR, definindo assim, os limites da propriedade rural.

Palavras-chave: INCRA, RPA, SIGEF, Georreferenciamento, Rural.

ABSTRACT

This work has as its main objective to perform an aerial survey geoprocessing maps with the purpose of generating a photogrammetric product that meets the standard of Execution INCRA/DF/No. 2 of February 19, 2018, establishing the use of Photogrammetry for measuring vertices defining of a country estate, in the service of georeferencing. It was used an area of approximately 85 acres, part of the Experimental Agronomic Station of UFRGS in the municipality of Eldorado do Sul-RS, as an example of a property to be set. The photogrammetric survey was carried out with the use of a CSr (English: Remotely Piloted Aircraft), • model backed by 12 points materialized on the ground, through fotoidentificáveis targets measured by geodetic survey using RTK (Real Time Kinematic). The generated product was evaluated by the Shapiro-Wilk statistical tests, Student's T and EMQ (mean squared Error), through 22 checkpoints geodetic and topographic survey measured by. The photogrammetric flight was run by adopting a GSD (Ground Sample Distance) of 5 cm for the smaller gauge to be used as control point for statistical tests with us that were set two flights crossed us Directions North/South and East/West to a height of 160 meters flight with lateral overlap of 60% and 75% longitudinal overlap. After validation of the photogrammetric product were measured 9 vertices defining fotoidentificáveis of rural property, which reached planimétrica of 21.5 cm accuracy, given the NTGIR (technical standard of Georeferencing of rural properties) that determines 50 cm precision for defining vertices of the property in artificial boundaries. Through the vertices measured in photogrammetric product, complemented with vertices measured by Topography and Geodesy was possible to perform the fill SIGEF table (Land management system) according to the NTGIR specifications, thus setting, the boundaries of rural property.

Key-words: INCRA, RPA, SIGEF, Georeferencing, Rural.

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AC – Autoridades Certificadoras

AP – Acurácia Planimétrica

ASPRS – American Society for Photogrammetry and Remote Sensing

AV – Acurácia Vertical

CREA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia

EEA – Estação Experimental Agronômica

EMQ – Erro Médio Quadrático

FGDC – Federal Geographic Data Committee

GIS – Geographic Information System

GLONASS – Globanaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema

GNSS – Global Navigation Satellite System

GPS – Global Positioning System

GSD – Ground Sample Distance

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICP – Infraestrutura de Chaves Públicas

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agraria

MDS – Modelo Digital de Superfície

MMQ – Método dos Mínimos Quadrados

MP – Mega Pixel

NAVSTAR – Navigation Satellite with Time And Ranging

NBR – Norma Brasileira

NIR – Near Infrared

NTGIR – Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais

OE – Orientação Exterior

OI – Orientação Interior

RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo

RGB – Red, Green and Blue

RPA – Remotely Piloted Aircraft

RTK – Real Time Kinematic

SERPRO – Serviço Federal de Processamento de Dados

SGB – Sistema Geodésico Brasileiro

SGR – Sistema Geodésico de Referência

SIFT – Scale Invariant Feature Transform

SIGEF – Sistema de Gestão Fundiária

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

UTM - Universal Transversa de Mercator

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estação Experimental Agronômica.....	18
Figura 2 - Elipsoide	19
Figura 3 - Rede de Referência SIRGAS	21
Figura 4 - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo	22
Figura 5 - Redes Estaduais GPS	23
Figura 6 - Poligonal Tipo 1.....	24
Figura 7 - Poligonal Tipo 2.....	25
Figura 8 - Poligonal Tipo 3.....	25
Figura 9 – Irradiação utilizando ângulo interno ou azimute	26
Figura 10 - Irradiação múltipla	26
Figura 11 - Satélite artificial NAVSTAR-GPS	27
Figura 12 - Ilustração da constelação de satélites.....	27
Figura 13 - Posicionamento Global	28
Figura 14 - Posicionamento Relativo	28
Figura 15 - RTK convencional	30
Figura 16 - RTK em rede.....	30
Figura 17 - Desmembramento ou Parcelamento	35
Figura 18 - Remembramento	35
Figura 19 - Propriedade rural com mais de uma matrícula	36
Figura 20 - Marco de concreto.....	39
Figura 21 - Marco de ferro.....	40
Figura 22 - Chapa de identificação	40
Figura 23 - Vértice virtual	41
Figura 24 - Página inicial do site do SIGEF	42
Figura 25 - Pagina do Site do SIGEF com uso de token	43
Figura 26 - Cadastro de usuário do SIGEF.....	43
Figura 27 – Extensão SIGEF	44
Figura 28 - Instalação da extensão SIGEF	44
Figura 29 - Identificação da propriedade.....	45
Figura 30 - Identificação dos vértices definidores da propriedade.....	45
Figura 31 - Codificação do vértice	46
Figura 37 - Fluxograma	49
Figura 38 - Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).....	50

Figura 39 - Receptor GNSS	51
Figura 40 - Estação Total.....	52
Figura 41 - Poligonal	53
Figura 42 - Irradiação dos alvos	54
Figura 43 - Nuvem de pontos do Levantamento Topográfico.....	55
Figura 44 - Base Geodésica	56
Figura 45 - Estação POAL.....	57
Figura 46 - RTK.....	58
Figura 47 - Área de interesse do Voo	59
Figura 48 - Plano de Voo.....	60
Figura 49 - Distribuição dos pontos de apoio e auxiliares.....	61
Figura 50 - Implantação dos Alvos.....	62
Figura 51 – Decolagem do VANT.....	63
Figura 52 - Processamento híbrido	64
Figura 53 - Determinação da base e vértices de apoio da poligonal.....	65
Figura 54 - Determinação da Base.....	66
Figura 55 - Processamento dos Pontos de apoio	67
Figura 56 - Alinhamento das imagens	68
Figura 57 - Fototriangulação	69
Figura 58 - Nuvem de pontos	70
Figura 59 - Malha Triangular.....	71
Figura 60 - Vértices Fotoidentificáveis	72
Figura 61 - Propriedades rurais já cadastradas	73
Figura 62 - Medição dos vértices fotoidentificáveis.....	79
Figura 63 - Detalhe do vértice	80
Figura 64 - Vértice obtido por Levantamento Topográfico.....	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Codificação para o tipo de levantamento	47
Quadro 2 - Codificação para o tipo de limite.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado do processamento da base do levantamento 2018/1	64
Tabela 2 - Resultado do processamento da base do levantamento 2018/2.....	66
Tabela 3 - Comparação das coordenadas da base.....	66
Tabela 4 - Coordenadas dos pontos de apoio	67
Tabela 5 - Coordenadas planimétricas dos pontos de checagem.....	75
Tabela 6 - Discrepâncias planimétricas	76
Tabela 7 - Resultados dos Testes.....	79
Tabela 8 - Custo com mão-de-obra	81
Tabela 9 - Custo com aluguel de equipamentos	81
Tabela 10 - Valor dos levantamentos	81
Tabela 11 - Custo do levantamento fotogramétrico	82
Tabela 12 - Custo do levantamento topográfico.....	82

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
1.1.	Considerações iniciais	16
1.2.	Objetivo.....	17
1.3.	Objetivos específicos.....	17
1.4.	Justificativa	17
1.5.	Área de estudo	18
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1.	Sistema Geodésico de Referência (SGR)	19
2.1.1.	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS)	20
2.1.2.	Rede Geodésica Brasileira (SGB)	21
2.1.3.	Rede Geodésica Estadual.....	22
2.2.	Topografia	24
2.2.1.	Método da poligonação	24
2.2.2.	Irradiação.....	25
2.3.	Posicionamento Global utilizando GNSS	26
2.4.	Georreferenciamento utilizando receptores GNSS	28
2.4.1.	Posicionamento Relativo	28
2.4.2.	Real Time Kinematic (RTK)	29
2.5.	Fotogrametria	31
2.5.1.	Fotogrametria digital	31
2.5.2.	Orientação da câmara	31
2.5.3.	Fototriangulação	32
2.5.4.	Ortofoto.....	33
2.6.	Ajustamento de observações	34
2.6.1.	Método dos mínimos quadrados.....	34
2.7.	Cadastro técnico	35
2.7.1.	Cadastro Rural	36
3.	GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS	37
3.1.	Tipos de limites e confrontações.....	37
3.1.1.	Limites.....	37
3.1.2.	Confrontações	38
3.2.	Tipos de vértices.....	38
3.2.1.	Vértices tipo “M”.....	39

3.2.2. Vértices tipo “P”	41
3.2.3. Vértices tipo “V”	41
3.3. Fotogrametria aplicada a NTGIR	41
4. SISTEMA DE GESTÃO FUNDIÁRIA (SIGEF).....	42
4.1. Credenciamento.....	42
4.2. Preenchimento da planilha eletrônica.....	44
4.2.1. Códigos de identificação.....	46
5. METODOLOGIA E MATERIAIS	49
5.1. Fluxograma.....	49
5.2. Equipamentos e softwares	50
6. DESENVOLVIMENTO	53
6.1. Aquisição de dados topográficos.....	53
6.2. Aquisição de dados geodésicos	56
6.2.1. Posicionamento relativo estático	56
6.2.2. Posicionamento relativo estático rápido	57
6.2.3. Posicionamento relativo em tempo real.....	58
6.3. Aquisição de dados fotogramétricos	59
6.3.1. Implantação dos pontos de apoio.....	60
6.3.2. Execução de voo	62
6.4. Processamento de dados	63
6.4.1. Processamento topográfico e geodésico do levantamento realizado em 2018/1	63
6.4.2. Processamento geodésico do levantamento realizado em 2018/2	65
6.4.3. Fotogramétricos	67
7. CUIDADOS PRÉVIOS NA ELABORAÇÃO DA PLANILHA DO SIGEF	73
7.1. Determinação dos confrontantes	73
8. RESULTADOS.....	74
8.1. Controle de Qualidade.....	74
8.2. Determinação dos vértices fotoidentificáveis	79
8.3. Elaboração da planilha do SIGEF	80
8.4. Custos.....	81
9. CONCLUSÕES	83
9.1. Dificuldades	83
9.2. Recomendações.....	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

ANEXOS.....	87
-------------	----

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A Engenharia Cartográfica, em sua essência, estuda a superfície terrestre, os elementos que a compõem e os fenômenos físicos que nela ocorrem, servindo como guia para análise de diversas áreas das ciências exatas e humanas. Os dados espaciais, podem ser adquiridos através de Topografia, Geodésia e Sensoriamento Remoto. As informações obtidas servem de base para elaboração de diferentes produtos cartográficos, como uma ortofotocarta, um mapa topográfico ou uma planta cadastral.

O cadastro técnico territorial é a área da cartografia que abrange as leis, normas e métodos para definir a parcela da terra a ser materializada no terreno, visando a organização do uso e ocupação do solo em áreas urbanas e rurais. É a partir de dados cartográficos, que os órgãos governamentais realizam os planos de ação para manter a manutenção e estrutura de um município, traçando novas metas para a distribuição do uso e ocupação do solo.

Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a dimensão aproximada da superfície brasileira é de 8.515.759,090 Km² e cerca de 84% da população vive em áreas consideradas urbanas. Entretanto, a maior parte do território é constituído por áreas localizadas em zonas rurais, onde a agricultura familiar e empresas do agronegócio movimentam a indústria econômica nacional no setor primário. Logo, o mapeamento destas áreas tem papel fundamental na compreensão da distribuição da terra por parte do governo.

Com o crescente interesse socioeconômico por parte do governo federal em quantificar e georreferenciar as parcelas de terra, que definem o território nacional, nota-se a necessidade de obtenção de dados cada vez mais confiáveis e representativos, o que implica na presença de profissionais qualificados para execução dos serviços de cartografia.

As leis federais que regem o levantamento de dados para execução do cadastro técnico territorial, possuem como base de referência as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), através NBR 14166 de agosto de 1998, a qual faz orientações para

elaboração da rede geodésica municipal, e da NBR 13133 de maio de 1994, que conduz a execução dos levantamentos topográficos.

1.2. OBJETIVO

Considerando a importância socioeconômica das propriedades rurais brasileiras, e levando em consideração as diretrizes da NTGIR (Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais), estritamente em consonância com a Norma de Execução Incra/DF/Nº2 de 19 de Fevereiro de 2018, e tendo como base o §3º e §4º do Artigo 176 e §3º do Artigo 225 da lei nº 10.267 de 28 de agosto de 2001, tem-se como objetivo determinar vértices fotoidentificáveis de um produto fotogramétrico, que atendam à execução do serviço de georreferenciamento de uma propriedade rural.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificação e obtenção de pontos de apoio e checagem, por medições topográficas e geodésicas;
- Aquisição de fotografias aéreas com a utilização de RPA;
- Fototriangulação e ortorretificação das imagens adquiridas;
- Elaboração do ortofotomosaico, para coleta das coordenadas planas dos vértices definidores;
- Elaboração do MDE (Modelo Digital de Elevação), para coleta da coordenada altimétrica dos vértices definidores;
- Avaliação do produto gerado;
- Elaboração da planilha eletrônica do SIGEF.

1.4. JUSTIFICATIVA

Uma das maiores procuras na execução de serviços cartográficos é correlacionar o tempo de serviço com a qualidade do produto gerado. Assim, novas tecnologias surgem a todo instante visando este equilíbrio.

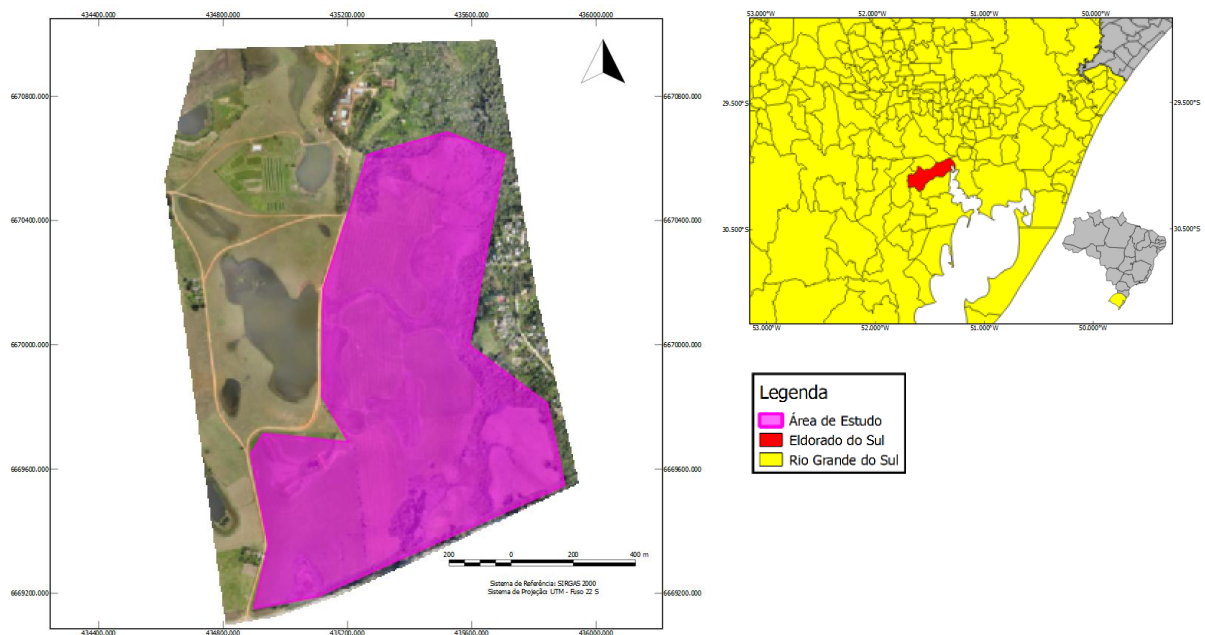
Em serviços de levantamentos topográficos para determinação de vértices que definem uma propriedade rural, grande parte do tempo é dedicado em deslocamento e acesso ao ponto a ser determinado. Entretanto, com o levantamento fotogramétrico o tempo de serviço é minimizado, devido a aquisição de dados ser realizada de forma indireta, e necessitar de uma

equipe de trabalho reduzida em comparação com a topografia convencional. Isso diminui os custos para execução da tarefa e maximiza a utilização do tempo.

1.5. ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi executado junto a um área de aproximadamente 85 hectares que faz parte da Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA – UFRGS), localizada no município de Eldorado do Sul-RS (Figura 1), as margens da rodovia BR-290 no Km 146. A EEA faz parte da Faculdade de Agronomia e possui uma área de 1.560 hectares que serve para realização de pesquisas científicas nas áreas de Ecologia, Zootecnia e Veterinária. A escolha dessa região se deu por alguns motivos, como segurança e infraestrutura, além de ter-se um levantamento cadastral topográfico executado no semestre 2018/1.

Figura 1 - Estação Experimental Agronômica



Fonte: Os autores.

O município de Eldorado do Sul-RS possui aproximadamente 34 000 habitantes e uma área territorial de 509,728 km², a qual está distribuída em 70,57% de área urbana e 29,43% de área rural. Fazendo parte da área de preservação do Delta do Jacuí, o município possui atividades rurais de pecuária e o cultivo de arroz.

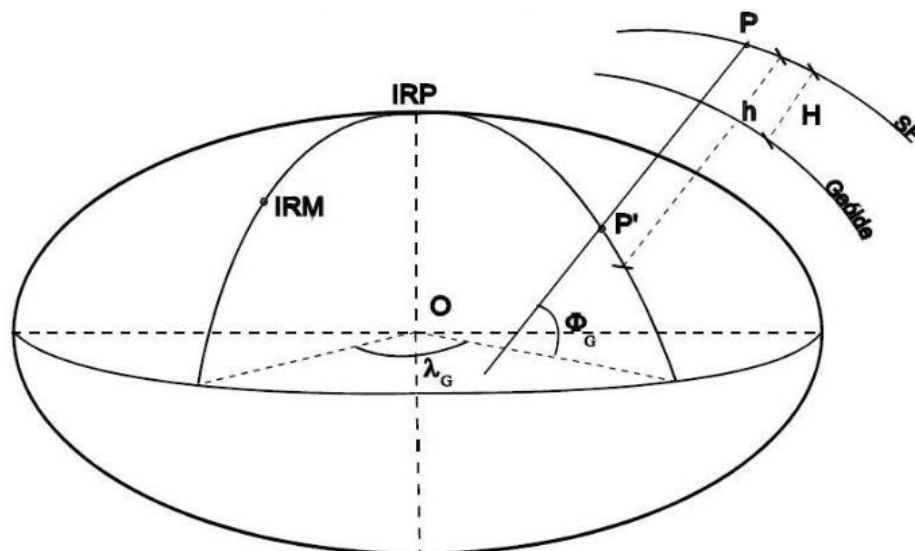
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA (SGR)

O planeta Terra possui superfície irregular e concentração de massa não uniforme, o que dificulta a obtenção de modelos matemáticos para modelar tal superfície. O elipsoide é a forma geométrica que se assemelha à representação do planeta. Esta figura geométrica é a base de modelos matemáticos que descrevem a forma e comportamento gravitacional terrestre.

Segundo o IBGE, o Sistema de referência geodésico é composto por uma figura geométrica representativa da superfície terrestre, posicionada no espaço, permitindo a localização única de cada ponto da superfície em função de suas coordenadas tridimensionais (Figura 2), e materializado por uma rede de estações geodésicas. Coordenadas, como latitude, longitude e altitude, necessitam de um sistema geodésico de referência para sua determinação.

Figura 2 - Elipsoide



Fonte: UFRGS (2018).

Onde:

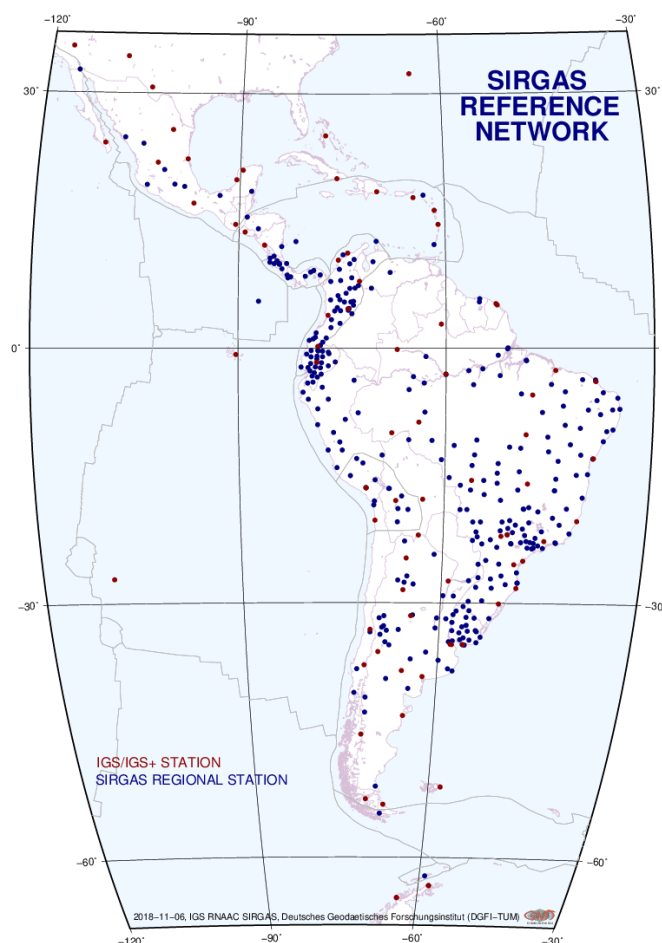
- **Superfície física (sf):** É a superfície onde são realizados todos os levantamentos geodésicos;

- **Superfície geoidal (geoide):** É a equipotencial que coincide com o nível médio dos mares não perturbados. Corresponde à altitude "zero" definida pelo marégrafo;
- **Superfície elipsoidal:** É a equipotencial limitante do Elipsoide adotado. As observações geodésicas são reduzidas a esta superfície;
- **Latitude geodésica:** Ângulo formado pela normal que passa pelo ponto e sua projeção no Equador;
- **Longitude geodésica:** É o ângulo do diedro formado pelo Meridiano médio de Greenwich e o meridiano do ponto;
- **Altitude ortométrica (H):** É a distância contada sobre a vertical entre o ponto e o geoide;
- **Altitude geométrica (h):** Distância contada sobre a normal entre o ponto e o elipsoide;

Conceitos da mecânica Newtoniana definem um referencial ideal como aquele que se mantém inerte, entretanto ao pensarmos nesta definição em relação ao planeta, verifica-se que não é possível determinar o ponto central de forma empírica, logo o mesmo é definido de maneira analítica.

2.1.1. Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS)

No Brasil, o referencial geodésico utilizado, é o SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, 2000) (Figura 3), que é o modelo matemático gerado com base em um elipsoide de origem geocêntrica, onde sua geometria se aproxima à realidade da superfície terrestre nesta região do globo. Atualmente, o sistema é composto por aproximadamente 400 estações de monitoramento contínuo, configurando assim uma rede GNSS (do inglês: *Global Navigation Satellite System*) com coordenadas de alta precisão, onde os dados estão associados a uma época de referência específica. O SIRGAS-2000 é definido de maneira equivalente ao ITRS (do inglês: *International Terrestrial Reference System*), que possui como referência o elipsoide GRS-80 com Semieixo maior $a = 6.378.137$ m, Achatamento $f = 1/298,257222101$ (IBGE, 2018).

Figura 3 - Rede de Referência SIRGAS

Fonte: SIRGAS (2018).

2.1.2. Rede Geodésica Brasileira (SGB)

O SGB é a base para os dados planialtimétricos dos produtos cartográficos gerados em território nacional, possuindo redes planimétricas e altimétricas que definem a origem dos dados. Uma rede geodésica clássica se caracteriza a partir de um conjunto de pontos materializados no terreno, com o uso de chapas metálicas ou marcos de concreto padronizados, devidamente instalados e homologados (IBGE, 2018).

A RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) (Figura 4) possui receptores distribuídos ao longo do território nacional, tais equipamentos são gerenciados pelo IBGE e órgãos regulamentados, onde os equipamentos encontram-se fixados, coletando informações de seu posicionamento de modo ininterrupto.

Figura 4 - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo



Fonte: IBGE (2018).

2.1.3. Rede Geodésica Estadual

Segundo o IBGE, as redes GPS (do inglês: *Global Positioning System*) estaduais procuram suprir as demandas atuais da sociedade, que são cada vez mais ampliadas devido à utilização das técnicas de posicionamento por satélites artificiais. Como exemplo dessas necessidades da sociedade, pode-se citar a Lei 10.267/01, estabelecida pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), visando georreferenciar todas as propriedades rurais existentes no país, tendo como referência o SGB.

Figura 5 - Redes Estaduais GPS



Fonte: IBGE (2018).

As Redes GPS Estaduais (Figura 5) possuem como referência a RBMC, as quais, além de densificar a rede federal, fazem com que os estados e municípios dividam com as instituições federais a responsabilidade sobre o sistema. Estas redes procuram atender as demandas sociais sobre dados cartográficos de sua jurisdição, colaborando com o governo federal na obtenção de informações geospaciais sobre o uso e ocupação da terra em território nacional.

2.2. TOPOGRAFIA

A topografia possui como premissa descrever a superfície terrestre, assim como locar de forma precisa os elementos que fazem uso desta superfície. Conforme o apresentado pela ABNT (2004) em sua norma para execução de levantamentos topográficos, a obtenção dos pontos amostrais representativos do terreno se dá através de medições angulares horizontais e verticais, bem como de distâncias horizontais, verticais e inclinadas.

Considera-se o levantamento topográfico quando é possível desprezar o efeito da curvatura terrestre nas informações obtidas. Assim, o levantamento pode ser tratado como planimétrico, altimétrico ou com a combinação dos dois, caracterizando-o como planialtimétrico. As coordenadas dos vértices que compõem o levantamento podem ser determinadas a partir dos métodos de poligonização, triangulação e irradiação.

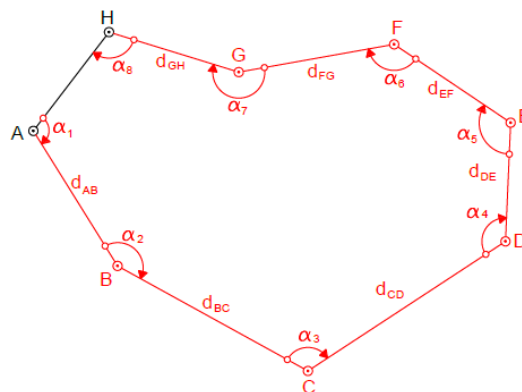
2.2.1. Método da poligonização

Consiste na determinação de vértices através de caminhamento, no qual as observáveis são coletadas locando o equipamento de medição sucessivamente nos vértices que compõe a poligonal, medindo a direção e distância do ponto anterior (Ré) e do ponto posterior (Vante).

No item 6.5.1, da NBR 13.133/1994, está descrito que, no ajustamento de poligonais e no estabelecimento das tolerâncias para o seu fechamento, considera-se, para efeito desta norma, três tipos de poligonais:

- Tipo 1 – Poligonais apoiadas e fechadas numa só direção e num ponto;

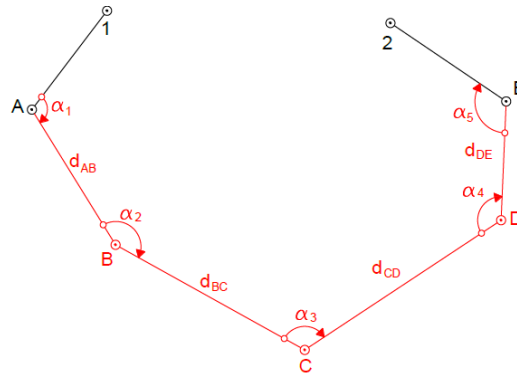
Figura 6 - Poligonal Tipo 1



Fonte: INCRA (2018).

- Tipo 2 – Poligonais apoiadas e fechadas em direções e pontos distintos com desenvolvimento curvo;

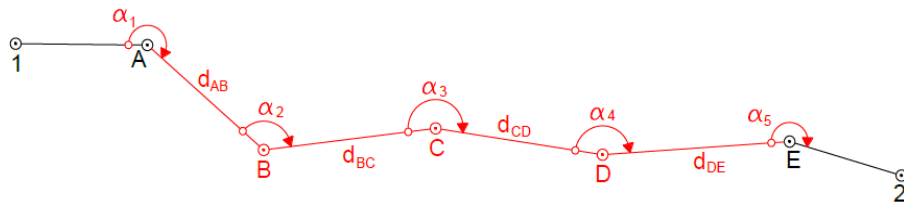
Figura 7 - Poligonal Tipo 2



Fonte: INCRA (2018).

- Tipo 3 – Poligonais apoiadas e fechadas em direções e pontos distintos com desenvolvimento retilíneo.

Figura 8 - Poligonal Tipo 3

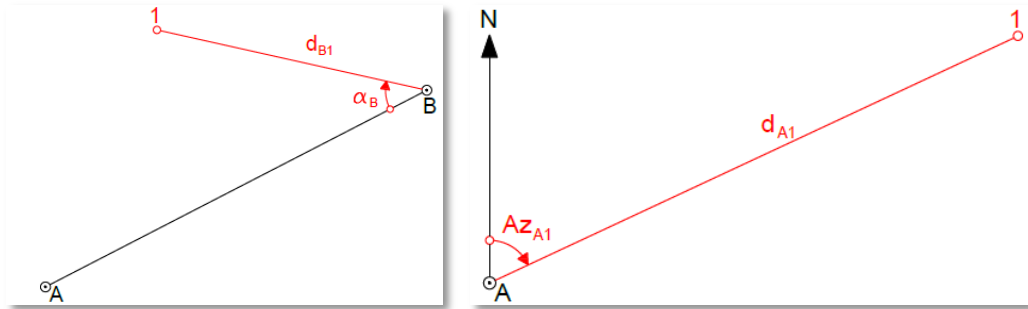


Fonte: INCRA (2018).

2.2.2. Irradiação

Determinar a coordenada do ponto de interesse através da observação da distância de tal ponto a um vértice conhecido, assim como o ângulo formado entre o alinhamento de interesse e o alinhamento conhecido, podendo este alinhamento conhecido estar relacionado entre dois vértices conhecidos ou entre um vértice conhecido e a direção Norte (Figura 9).

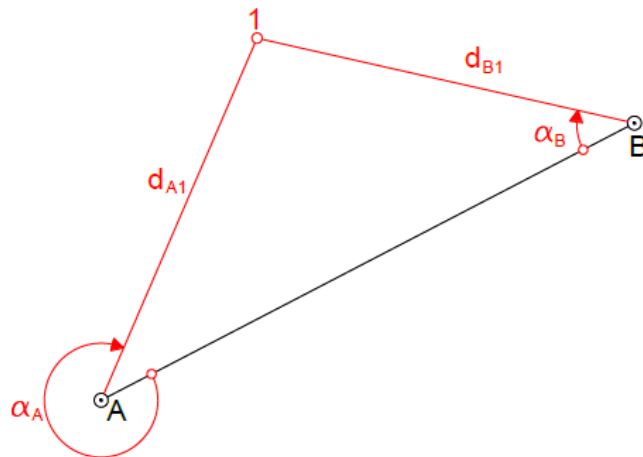
Figura 9 – Irradiação utilizando ângulo interno ou azimute



Fonte: INCRA (2018).

As irradiações podem ser realizadas a partir dos vértices de uma poligonal. Desta forma, um ponto observado pode ser medido de vértices distintos (Figura 10) o que gera abundância de dados possibilitando o ajustamento de observações.

Figura 10 - Irradiação múltipla



Fonte: INCRA (2018).

2.3. POSICIONAMENTO GLOBAL UTILIZANDO GNSS

A Geodésia é a área da cartografia que abrange técnicas de posicionamento global e estudos sobre os fenômenos físicos, os quais influenciam na forma e dimensão do planeta. Num conceito moderno citam-se, ainda, as variações temporais, resultado da existência de bases monitoradas e atualizadas constantemente. Neste quesito é possível dividir a geodésia em três áreas de estudo, geodésia geométrica, geodésia física e geodésia celeste, GEMAEL (1999). Pode-se destacar no mundo moderno a utilização de satélites artificiais (Figura 11) para determinação de tais informações

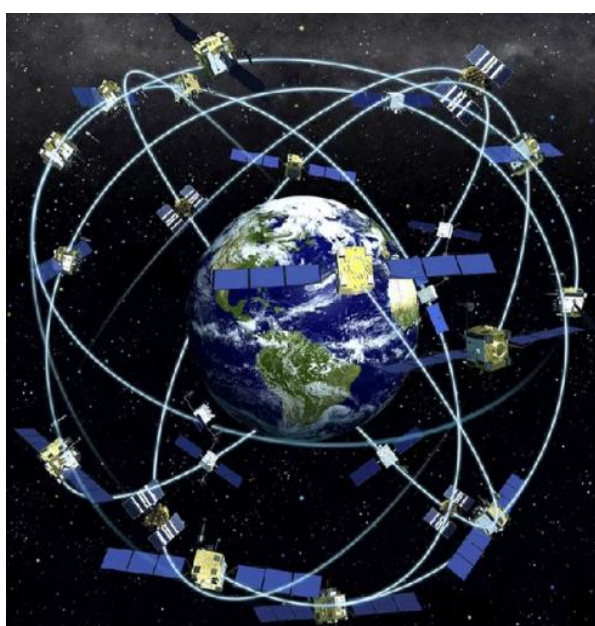
Figura 11 - Satélite artificial NAVSTAR-GPS



Fonte: mundogeo (2018).

As constelações de satélites artificiais (Figura 12) tiveram início, para fins de posicionamento, em 1970 com o sistema GPS de origem norte-americana, que foi o único sistema por aproximadamente 20 anos, pois em 1990 foi incorporado o sistema russo GLONASS (do russo: *Globanaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*). Nos dias atuais o sistema está densificado com o surgimento das constelações Galileo, de origem Europeia, e o Compass/Beidou, de origem chinesa.

Figura 12 - Ilustração da constelação de satélites

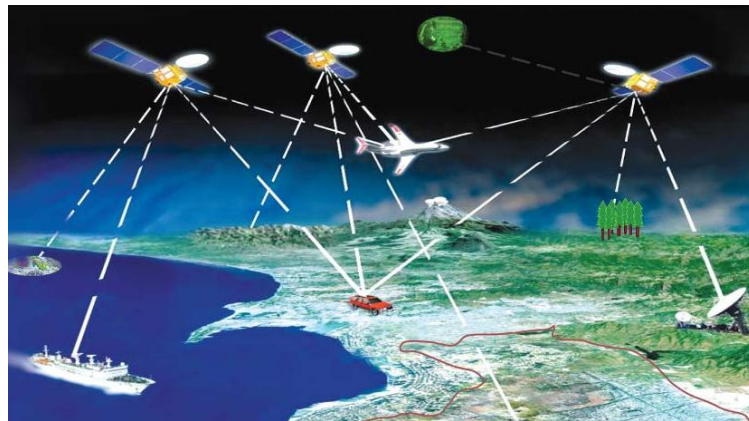


Fonte: hardware (2018).

2.4. GEORREFERENCIAMENTO UTILIZANDO RECEPTORES GNSS

Georreferenciar é determinar a posição de um elemento no globo Terrestre (Figura 13), elencando sua forma e dimensão, com base nas coordenadas dos vértices que o definem. O posicionamento por GNSS pode ser realizado por diferentes métodos e procedimentos (INCRA, 2018).

Figura 13 - Posicionamento Global

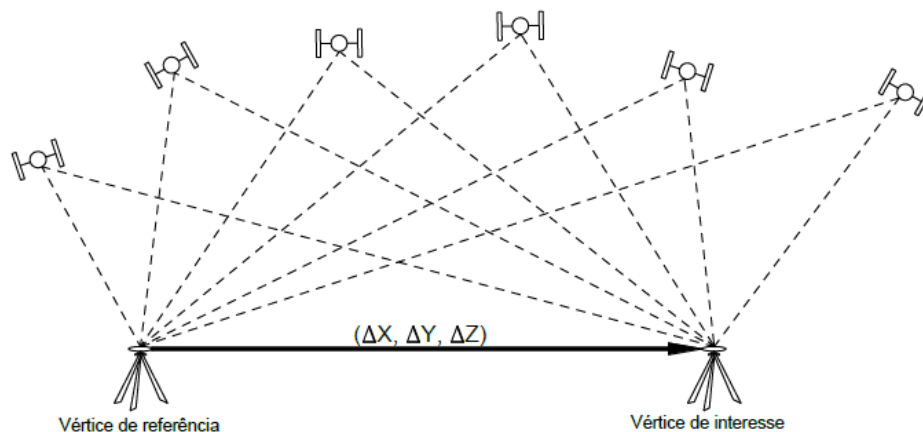


Fonte: rutasandando (2018).

2.4.1. Posicionamento Relativo

Nesta técnica, é necessário o mínimo de um receptor estacionado em um vértice conhecido, onde o mesmo deve permanecer inerte durante todo o levantamento, servindo como base ao(s) receptor(es) de coleta de dados de campo chamado(s) rover (Figura 14) (INCRA,2018).

Figura 14 - Posicionamento Relativo



Fonte: INCRA (2018).

A coleta de dados de campo utilizando o receptor Rover pode ser executada a partir dos posicionamentos:

- **Relativo Estático** - O rover deve permanecer estacionado durante todo o levantamento e o tempo de coleta irá depender da distância com a base, no qual tempo mínimo de rastreamento é de 20 minutos.
- **Estático-Rápido** - Apenas se difere do Relativo Estático pelo tempo de rastreamento que é inferior a 20 minutos;
- **Semicinemático** - Conhecido como “Stop and Go”, neste método o Rover ocupa o vértice de interesse durante um curto período de tempo e permanece coletando dados no deslocamento entre um vértice e outro;
- **Cinemático** - A coleta de dados ocorre de maneira ininterrupta em pequenos intervalos de tempo pré-determinados, onde o Rover mantém-se em movimento;

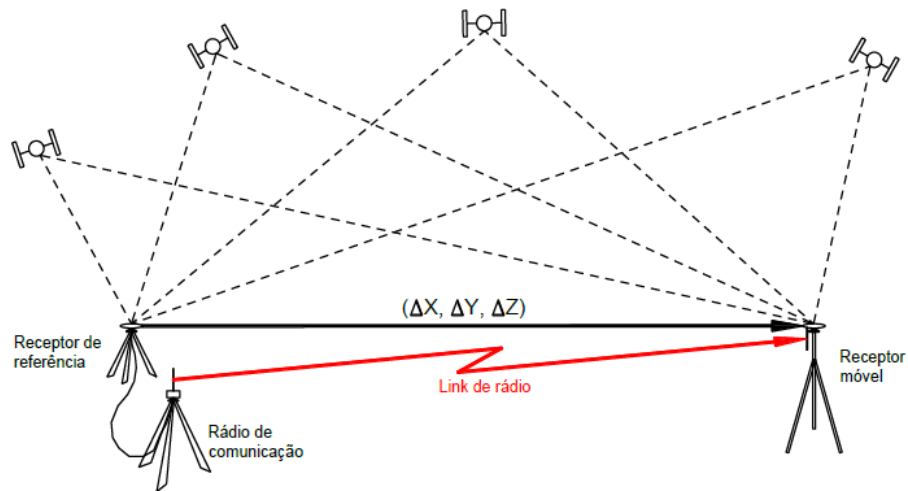
Todos os métodos citados acima não disponibilizam o valor real esperado no momento da aquisição de dados, sendo assim se faz necessário o pós-processamento das informações coletadas.

2.4.2. *Real Time Kinematic (RTK)*

O levantamento em tempo real é executado a partir da transferência das correções, que a base transmite ao rover, para determinação do seu posicionamento. Esta conexão entre a base e o rover pode ser dada através de um link de rádio ou por meio de uma conexão via internet (INCRA, 2018).

O RTK realizado de modo convencional (Figura 15) ocorre de maneira semelhante ao posicionamento Relativo, o que difere é a transferência das correções via link de rádio da base para o rover, o que gera menor tempo na coleta, fazendo com que o operador possa ter volume de dados e obtenha o resultado final da coordenada do ponto de interesse no momento da aquisição.

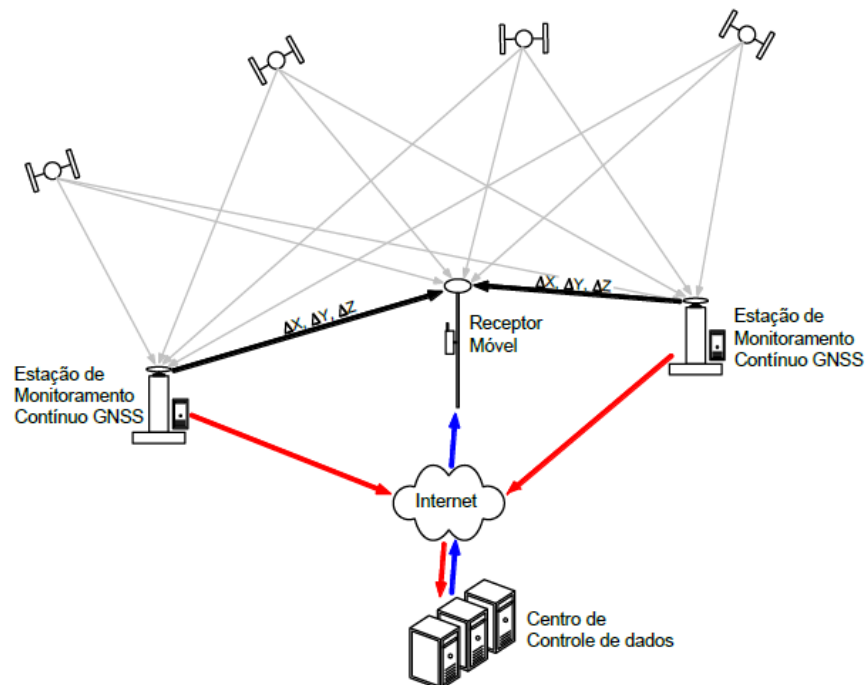
Figura 15 - RTK convencional



Fonte: INCRA (2018).

Este mesmo procedimento pode ser adotado utilizando a conexão via internet. Assim, dispensa-se o uso de um receptor em campo para servir como base do levantamento, e adota-se a RBMC para transmitir tais correções (Figura 16).

Figura 16 - RTK em rede



Fonte: INCRA (2018).

2.5. FOTOGRAMETRIA

Existem diversas definições para Fotogrametria, entretanto segundo a Sociedade Americana de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto (*American Society for Photogrammetry and Remote Sensing – ASPRS*), é a arte, ciência e tecnologia de obtenção e informação confiável sobre objetos físicos e o meio ambiente, através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens e padrões de energia eletromagnéticas radiante.

Esta ciência é muito utilizada para o mapeamento topográfico devido ao abundante número de dados adquiridos em pouco tempo de coleta e a confiabilidade das informações, o que enriquece o produto cartográfico a ser gerado.

2.5.1. Fotogrametria digital

Segundo Schenk (1999), as fotografias são obtidas por câmera digital ou podem ser convertidas em arquivo digital através de scanner e são armazenadas em meio digital no formato matricial, onde cada elemento da matriz é chamado de pixel.

A evolução tecnológica permitiu o avanço exponencial dos equipamentos utilizados na fotogrametria digital, como os hardwares e softwares. Com isso hoje os processamentos passaram a ser muito mais automatizados, entretanto sempre necessitando de uma intervenção manual do operador.

2.5.2. Orientação da câmara

O processo de orientação consiste na aquisição dos parâmetros geométricos em que as imagens foram tomadas, a fim de possibilitar medidas corretas da área de interesse. Para que isto aconteça faz-se o uso de duas orientações, sendo divididas em orientação interior (OI) e orientação exterior (OE).

Orientação Interior (OI) é a operação de recuperação da posição da fotografia em relação a câmara. Dessa maneira é possível realizar a reconstrução do feixe perspectivo da câmara onde a partir daí cada fotografia passa a ter coordenadas milimétricas, ou seja, sai do sistema de linha e coluna para unidades em milímetros (ANDRADE, 1998). Em se tratando de câmaras analógicas, essa transformação é aplicada para corrigir a deformação do filme devido a fatores como a temperatura. Com a utilização de câmara digital os parâmetros dessa

transformação já são conhecidos, pois o conjunto sensor é considerado rígido, e não possui deformações. Depois da obtenção das coordenadas no sistema fiducial, essas coordenadas são transformadas para o sistema fotogramétrico com translações nos eixos x, y e z. O deslocamento do ponto principal corresponde às translações em x e y, e a definição do centro perspectivo (CP) do conjunto de lentes corresponde a translação em z. Após a realização desta etapa faz-se o procedimento de correção dos efeitos sistemáticos de formação da fotografia.

A Orientação Exterior (OE) permite a recuperação da posição e altitude de cada imagem segundo um referencial, geralmente aquele no qual se vai realizar o trabalho. Com isso são determinados seis parâmetros, sendo três translações do centro perspectivo (X_{cp} , Y_{cp} e Z_{cp}) e três rotações (ω , ϕ e k), para cada fotografia. Para que isso ocorra é necessário que se tenha pontos de apoio, com coordenadas tridimensionais, no terreno e identificáveis nas imagens obtidas, entretanto estes pontos podem ser dispensados caso as imagens adquiridas contenham coordenadas com precisão centimétrica, oriundas do sistema GNSS embarcado (ANDRADE, 1998).

2.5.3. Fototriangulação

Fototriangulação é o método fotogramétrico para determinação eficiente de coordenadas precisas de pontos no espaço objeto através da relação geométrica de fotografias adjacentes devidamente tomadas, necessitando de um esparso controle de campo e com um conjunto de valores aproximados de parâmetros (LUGNANI, 1987).

O objetivo maior da fototriangulação é fornecer coordenadas precisas para os pontos necessários para orientação de modelos fotogramétricos para restituição ou elaboração de ortofotos. Nesse processo são utilizados os pontos de apoio, geralmente referenciados a um sistema de coordenadas padronizado e compatível com outras fontes de dados, e os pontos de ligação. Os pontos de ligação devem estar localizados na região de sobreposição entre as imagens. Quando se trata de um bloco de fotografias, os pontos de apoio devem estar dispostos nas extremidades do bloco e nas junções das faixas (ANDRADE, 1998).

A fototriangulação pelo método dos feixes perspectivos permite a reconstrução ótima da geometria dos feixes de raios luminosos formadores do espaço-imagem no momento da aquisição das imagens fotográficas. O processo se vale do Método dos Mínimos Quadrados (MMQ) para minimizar a função que quantifica os resíduos do ajustamento, de forma que cada raio ajustado, originando-se em uma posição qualquer do espaço-objeto, passe o mais

próximo possível de seu homólogo no espaço-imagem e do centro de perspectiva da imagem (BRITO e COELHO, 2007), essa condição é expressa pelas equações da colinearidade.

$$x = -c * \frac{[r_{11}(X - X_{CP}) + r_{12}(Y - Y_{CP}) + (r_{13}(Z - Z_{CP}))]}{[r_{31}(X - X_{CP}) + r_{32}(Y - Y_{CP}) + (r_{33}(Z - Z_{CP}))]} \quad (1)$$

$$y = -c * \frac{[r_{21}(X - X_{CP}) + r_{22}(Y - Y_{CP}) + (r_{23}(Z - Z_{CP}))]}{[r_{31}(X - X_{CP}) + r_{32}(Y - Y_{CP}) + (r_{33}(Z - Z_{CP}))]} \quad (2)$$

Onde:

- $x = x' - x_0$;
- $y = y' - y_0$;
- x' e y' - São as fotocoordenadas medidas no sistema fiducial;
- x_0 e y_0 - Correspondem ao deslocamento do ponto principal;
- x e y - Representam as fotocoordenadas no sistema fotogramétrico;
- X, Y, Z - São coordenadas de um ponto no sistema fotogramétrico;
- X_{cp}, Y_{cp}, Z_{cp} - São coordenadas dos centros perspectivos no sistema de coordenadas geodésico;
- c - Distância focal da câmara;
- r_{ij} - Elementos da matriz de rotação, formados pelos ângulos de Euler.

2.5.4. Ortofoto

Uma ortofoto é uma imagem com ortogonalidade, ou seja, os feixes de ondas eletromagnéticas que formam a imagem não convergem para um determinado ponto, elas mantem um paralelismo entre si, como se a distância imagem fosse infinita. A execução deste processo é chamada de ortorretificação.

O processo de ortorretificação consiste em corrigir distorções devido ao relevo, deslocamentos devido aos ângulos de rotação do sensor na aquisição da fotografia e os deslocamentos devido a projeção perspectiva, conforme Coelho (2015).

De acordo com Jensen (2009) as ortofotos podem ser classificadas em tradicionais ou verdadeiras. As ortofotos tradicionais não apresentam projeção ortográfica em elementos com elevação acima do solo, utilizando-se o modelo digital de terreno como base para sua geração,

sendo desconsiderados edificações ou feições naturais que cobrem o solo. Por outro lado, as ortofotos verdadeiras, apresentam a projeção ortográfica em toda a área mapeada, pois utiliza o modelo digital de superfície, considerando o solo e todos os elementos sobre o solo.

Com uma imagem ortorretificada é possível representar os elementos da imagem de forma plana o que torna o produto cartográfico gerado próximo da realidade.

2.6. AJUSTAMENTO DE OBSERVAÇÕES

Na aquisição de dados, precisa-se levar em consideração erros e incertezas que cada observação possui. Logo, quantificar estas informações é necessário para qualificar o produto cartográfico gerado. Para tanto, é necessário a redundância de cada observação. Buscar uma solução única para as diversas observáveis faz do Ajustamento de Observações uma ferramenta essencial da matemática aplicada para saber qual valor a ser adotado e suas incertezas. A solução deste sistema é dada através do método dos mínimos quadrados (MMQ) desenvolvido por GAUSS e LEGENDRE.

O método se divide em duas partes, o primeiro no modelo funcional que representa um sistema físico ou fictício na qual relacionamos às observações realizadas, e no segundo o modelo estocástico, que descreve as propriedades estatísticas das observações, a parte não determinística (Camargo, 2000).

2.6.1. Método dos mínimos quadrados

O método consiste em encontrar uma solução que minimize a soma dos quadrados dos resíduos, e de acordo com Gemael (2015) existem três variantes deste método, sendo elas:

- **Método Paramétrico, $F(\mathbf{Xa})=\mathbf{La}$:** participam os parâmetros e as observações, utilizado para controle de erros em poligonais, ajustamento de redes geodésicas, controle de erros nos dados obtidos por rastreamento GNSS, fototriangulação por feixe de raios, calibração de câmaras, deformação do filme (orientação interior);
- **Método dos Correlatos, $F(\mathbf{La})=\mathbf{0}$:** os parâmetros não participam do ajustamento, apenas as observações. Pode ser utilizado para o cálculo de trilateração topográfica, transformação de coordenadas;
- **Método Combinado, $F(\mathbf{La}, \mathbf{Xa})=\mathbf{0}$:** combinação dos métodos anteriores.

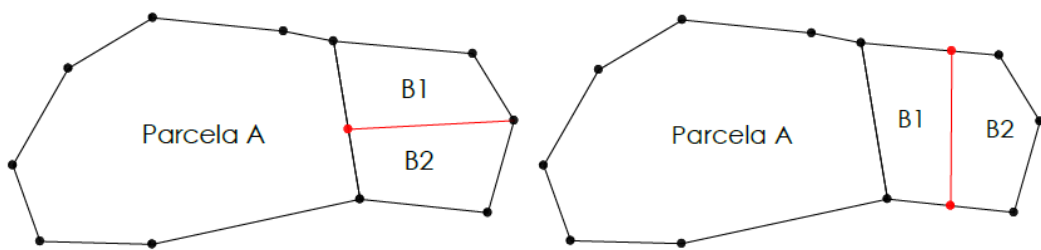
2.7. CADASTRO TÉCNICO

Visando a organização do uso e ocupação do solo, o cadastro técnico territorial é dividido em duas áreas de atuação: o cadastro urbano de responsabilidade e administração dos municípios, onde tem-se a materialização dos elementos que compõem uma região com características de grande densidade populacional e o cadastro rural de responsabilidade e administração do INCRA, onde são materializadas as propriedades rurais (INCRA, 2018).

Além da abertura de uma nova certificação de imóvel no cadastro técnico territorial são observados os seguintes tipos de serviços básicos:

- Desmembramento/Parcelamento - Subdivisão da área de matrícula existente, podendo ou não haver alteração no confrontante;

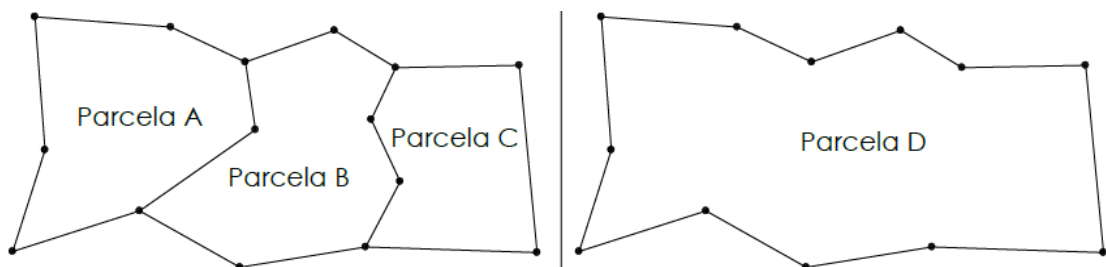
Figura 17 - Desmembramento ou Parcelamento



Fonte: INCRA (2018).

- Remembramento - Fusão de duas ou mais áreas com matrículas distintas e existentes;

Figura 18 - Remembramento



Fonte: INCRA (2018).

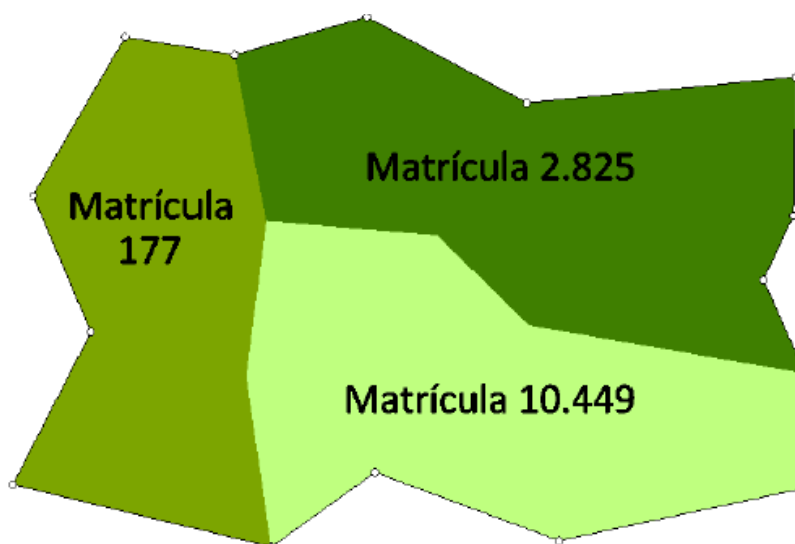
- Cancelamento - Ocorre por motivo de descaracterização do uso do solo, cadastros múltiplos ou decisão judicial.

2.7.1. Cadastro Rural

Segundo a NTGIR, o imóvel rural a ser considerado nos serviços de georreferenciamento é aquele objeto do título de domínio, bem como aquele passível de titulação. Ou seja, imóvel rural conforme a lei dos registros públicos (matrículas ou transcrições) ou ocupação rural em terra pública e que se deseja efetuar regularização fundiária.

Para fins de cadastramento uma propriedade rural pode estar subdividida e possuir mais de um número de matrícula (Figura 19), ficando ao proprietário a incumbência na solicitação do serviço decidir entre a unificação destas áreas ou a execução do trabalho em etapas por número de matrícula (INCRA, 2018).

Figura 19 - Propriedade rural com mais de uma matrícula



Fonte: INCRA (2018).

Cada número de matrícula está vinculado a uma porção de área que é representada através de um polígono, sendo fixado ao INCRA a responsabilidade de verificar sobreposições do polígono descrito com seus confrontantes, conforme instituído no §5º, do art. 176, da Lei nº 6015/73, incluído pela Lei nº 11.952/09.

“§ 5º Nas hipóteses do § 3º, caberá ao INCRA certificar que a poligonal objeto do memorial descritivo não se sobrepõe a nenhuma outra constante de seu cadastro georreferenciado e que o memorial atende às exigências técnicas, conforme ato normativo próprio.”

3. GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS

Para que uma propriedade rural seja devidamente vinculada junto ao banco de dados do INCRA, é necessário a execução de algumas etapas, que devem ser feitas apenas por um profissional apto e credenciado junto ao sistema. Tal profissional deve atender o § 3º, do artigo 176, da Lei nº 6.015/73.

“Nos casos de desmembramento, parcelamento ou remembramento de imóveis rurais, a identificação prevista na alínea a do item 3 do inciso II do § 1º será obtida a partir de memorial descritivo, assinado por profissional habilitado e com a devida Anotação de Responsabilidade Técnica - ART, contendo as coordenadas dos vértices definidores dos limites dos imóveis rurais, georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro e com precisão posicional a ser fixada pelo INCRA, garantida a isenção de custos financeiros aos proprietários de imóveis rurais cuja somatória da área não exceda a quatro módulos fiscais.”

Esta Lei garante a confiabilidade posicional dos vértices que definem a propriedade rural, partindo do princípio que o profissional credenciado possui conhecimento técnico suficiente para analisar as documentações do imóvel e realizar o serviço de georreferenciamento, elencando os elementos que compõem o perímetro de tal propriedade.

Na materialização de um vértice estão estabelecidas precisões posicionais conforme o limite onde o mesmo encontra-se, ficando a cargo do profissional credenciado definir o método de levantamento a ser utilizado para aquisição do dado espacial, de modo a estar de acordo com a NTGIR. Assim, tem-se precisões de 0,5 m, 3,0 m e 7,5m respectivamente para vértices em limites artificiais, naturais e inacessíveis.

3.1. TIPOS DE LIMITES E CONFRONTAÇÕES

3.1.1. Limites

O limite é definido através do segmento de reta que liga dois vértices subsequentes, fazendo a fronteira da propriedade rural com seu lindeiro. É importante que o profissional

credenciado execute uma visita técnica preliminar na propriedade para verificação em campo dos tipos de limites existentes e a veracidade dos mesmos.

Além da confirmação verbal e amigável das partes envolvidas, em casos de propriedade privada, deve-se analisar também as documentações existentes que já determinavam o registro de posse do imóvel, assim como em casos de regularização fundiária onde deve-se verificar o que está determinado em Decreto ou por Lei, com o intuito de eliminar quaisquer que sejam as dúvidas quanto a localização do limite existente.

Conforme o INCRA os tipos de limites existentes são:

- **Elementos artificiais:** cerca, muro, estrada, vala, canal, linha ideal e limite artificial não tipificado;
- **Elementos naturais:** corpo d'água ou curso d'água, linha de cumeada, grotta, crista de encosta, pé de encosta, e limite natural não tipificado.

3.1.2. Confrontações

Nos serviços de georreferenciamento é imprescindível a identificação dos confrontantes. Assim, em casos que o lindeiro já esteja cadastrado no banco de dados do SIGEF (Sistema de Gestão Fundiária), o profissional credenciado deve levar em consideração tais informações. Na falta de registro os confrontantes devem ser classificados conforme o uso do solo, exemplo:

- Rodovias e ferrovias;
- Logradouros;
- Cursos ou corpos d'água;
- Terrenos de Marinha;
- Áreas com registro desconhecido.

3.2. TIPOS DE VÉRTICES

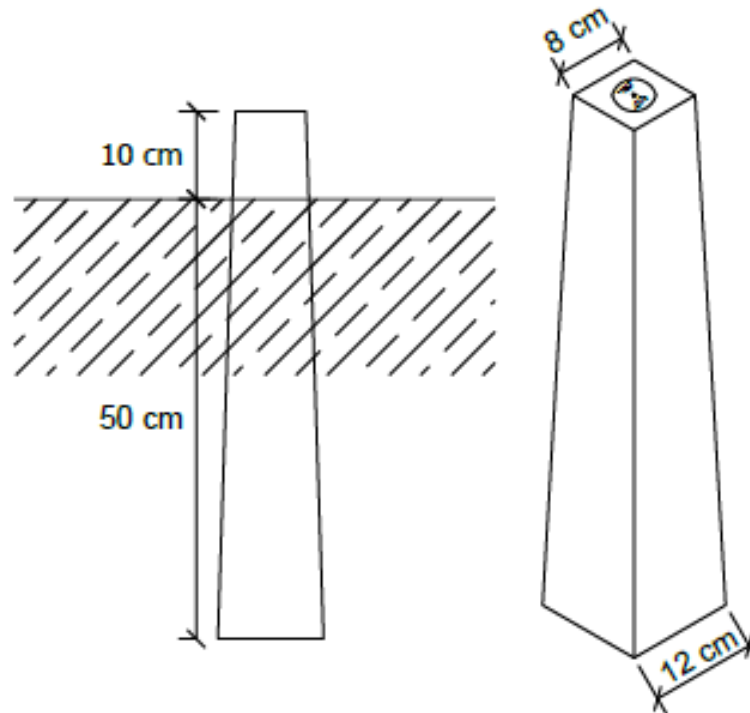
Os vértices possuem uma padronização e precisam seguir rigorosamente o padrão determinado pelo o INCRA. Sendo assim, existem três tipos de vértices possíveis nos serviços de georreferenciamento de imóveis rurais, o vértice tipo “M” (Marco), vértice tipo “P” (Ponto) e vértice tipo “V” (Virtual).

3.2.1. Vértices tipo “M”

Os vértices tipo “M” são elementos físicos com dimensões e formas pré-determinadas, podendo um elemento ser confeccionado em estrutura de concreto, granito, metal ou sintética. Conforme o INCRA, os tipos de Marcos são:

- **Marco de concreto:** traço 1:3:4, alma de ferro com diâmetro de 4,2 mm, em forma de tronco de pirâmide, com seguintes dimensões 8 x 12 x 60 cm;

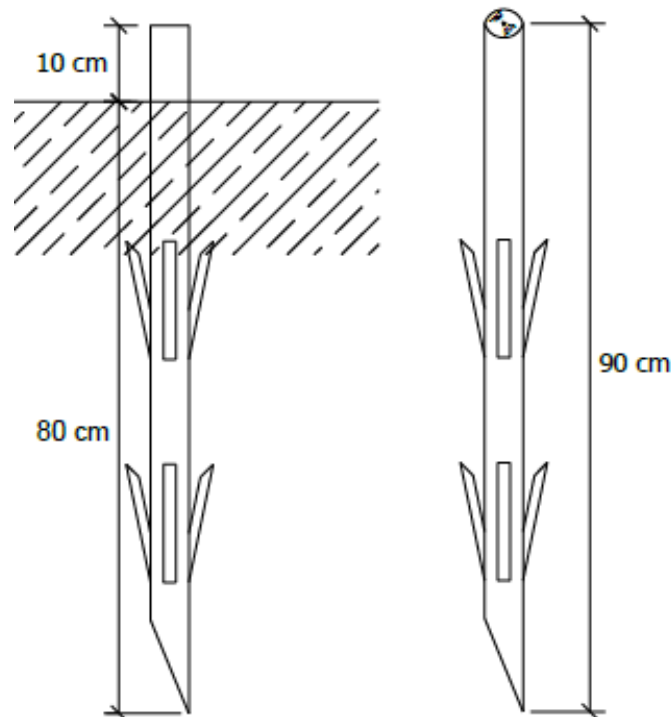
Figura 20 - Marco de concreto



Fonte: INCRA (2018).

- **Marco de granito:** em forma de tronco de pirâmide, com as seguintes dimensões 8 x 12 x 60 cm.
- **Marco de ferro:** tubo de ferro galvanizado com diâmetro de 4,95 cm, 90 cm de comprimento e base pontiaguda, com dispositivo que dificulte sua retirada (espinha de peixe);

Figura 21 - Marco de ferro

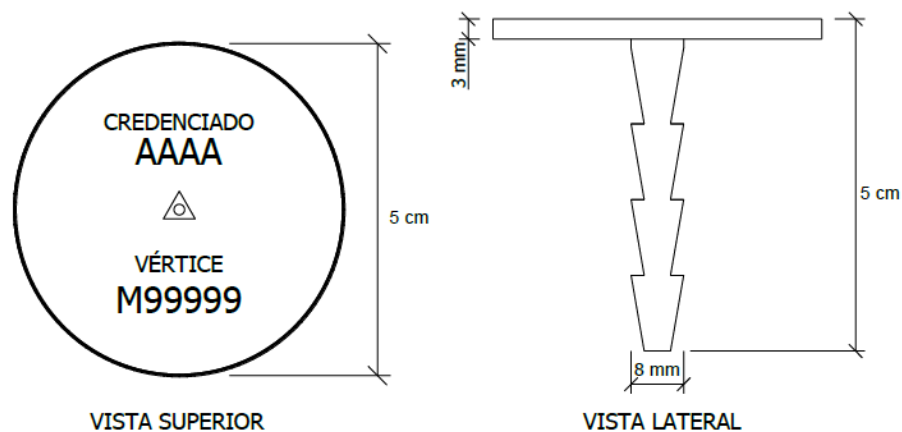


Fonte: INCRA (2018).

- **Marco de material sintético:** resistente ao fogo, em forma de tronco de pirâmide, com as seguintes dimensões 8 x 12 x 60 cm.

Para fins de titularidade o Marco tipo “M” deve ser identificado com uma chapa metálica padronizada (Figura 22) com diâmetro de 5 cm, espessura de 3 mm e com elemento fixador com diâmetro de 8 mm e comprimento de 5 cm, contendo o código do profissional credenciado e sua numeração que é unívoca, no topo de sua estrutura.

Figura 22 - Chapa de identificação



Fonte: INCRA (2018).

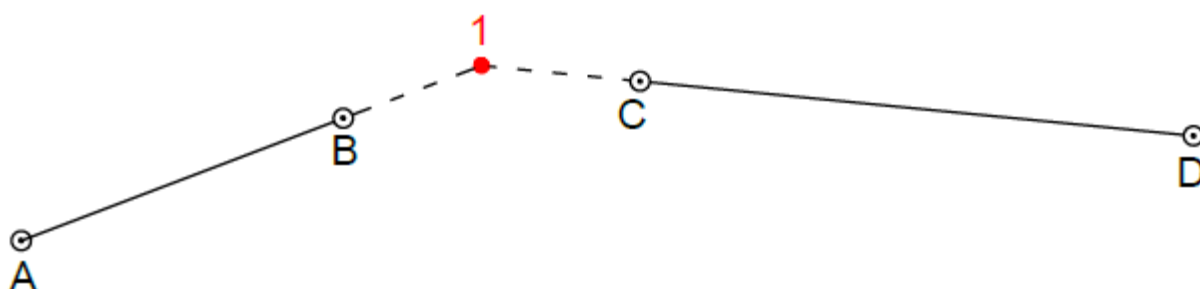
3.2.2. Vértices tipo “P”

Os vértices tipo “P” são definidos a partir de elementos físicos já existentes que limitam a propriedade rural como cercas, muros e cursos d’água.

3.2.3. Vértices tipo “V”

Os vértices tipo “V” são pontos virtuais determinados através de técnicas de geometria analítica (Figura 23), gerados por meio da interseção do alinhamento de dois segmentos de reta. Este tipo de vértice é utilizado quando não à possibilidade da fixação de um elemento físico devido as condições do terreno ou tipo de uso do solo.

Figura 23 - Vértice virtual



Fonte: INCRA (2018).

3.3. FOTOGRAMETRIA APLICADA A NTGIR

Em 19 de fevereiro de 2018, foi regulamentada a norma de execução INCRA/DF/Nº2, que estabelece critérios para aplicação e avaliação das coordenadas de vértices definidores de limites de imóveis rurais, em atendimento ao §3º, do artigo 176, da Lei Nº 6.015, gerados por aerofotogrametria. Dentre alguns requisitos para aplicação da norma estão:

- Utilizar somente quando as feições definidoras dos limites forem foto identificáveis;
- Definir somente vértices do tipo “P” em limites por cerca e mudanças de confrontações;
- Realizar testes estatísticos, com no mínimo vinte pontos de checagem, para avaliar a normalidade com 95% e a tendenciosidade com 90% de confiança das discrepâncias planimétricas, pelos métodos de Shapiro-Wilk e t-student.

4. SISTEMA DE GESTÃO FUNDIÁRIA (SIGEF)

É um sistema desenvolvido em plataforma digital que serve para validação e disponibilização dos dados levantados em campo (Figura 24), referentes ao cadastro de imóveis rurais. A validação se dá a partir do upload da planilha de formato “ods” que foi desenvolvida no software livre LibreOffice, o qual deve ser obrigatoriamente o software de manipulação da planilha eletrônica.

Figura 24 - Página inicial do site do SIGEF



Fonte: Os autores (SIGEF, 2018).

4.1. CREDENCIAMENTO

Caso não seja credenciado para acessar o sistema, o responsável técnico, deve possuir habilitação junto ao CREA e solicitar seu credenciamento no site do SIGEF.

Para ter acesso as funcionalidades do SIGEF (Figura 25) o usuário tem que possuir um certificado digital segundo os padrões da Infraestrutura de Chaves Públicas (ICP, Brasil). O mecanismo funciona como uma chave de identificação pessoal e valida o acesso de usuários a sistemas digitais protegidos como Bancos e Receita Federal. Este tipo de chave pode ser adquirido em qualquer estabelecimento que comercialize e geralmente é encontrado no formato físico tipo cartão inteligente ou *token*, e sua validação é feita através das autoridades certificadoras (AC) como Correios e SERPRO (Serviço Federal de Processamento de Dados).

Figura 25 - Pagina do Site do SIGEF com uso de *token*



Fonte: Os autores (SIGEF, 2018).

Com a chave *token* validada o usuário terá autorização para acessar as funcionalidades do SIGEF, possibilitando seu credenciamento (Figura 26) e a solicitação do serviço de georreferenciamento de imóvel rural a partir do upload da planilha que contém os dados dos vértices definidores do imóvel.

Figura 26 - Cadastro de usuário do SIGEF

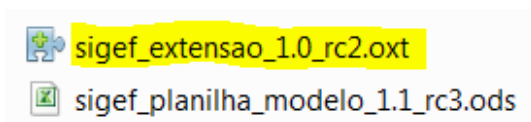
Fonte: Os autores (SIGEF, 2018).

O credenciado é o total responsável por quaisquer tipos de informações que estejam na planilha eletrônica, ficando aos cuidados do mesmo certificar-se que as informações contidas na planilha estão corretas, arcando com possíveis punições caso seja constatado pela equipe de certificação do INCRA qualquer irregularidade.

4.2. PREENCHIMENTO DA PLANILHA ELETRÔNICA

Antes de abrir a planilha eletrônica o usuário deve certificar-se que está sendo usada a quarta versão do LibreOffice ou uma versão superior.

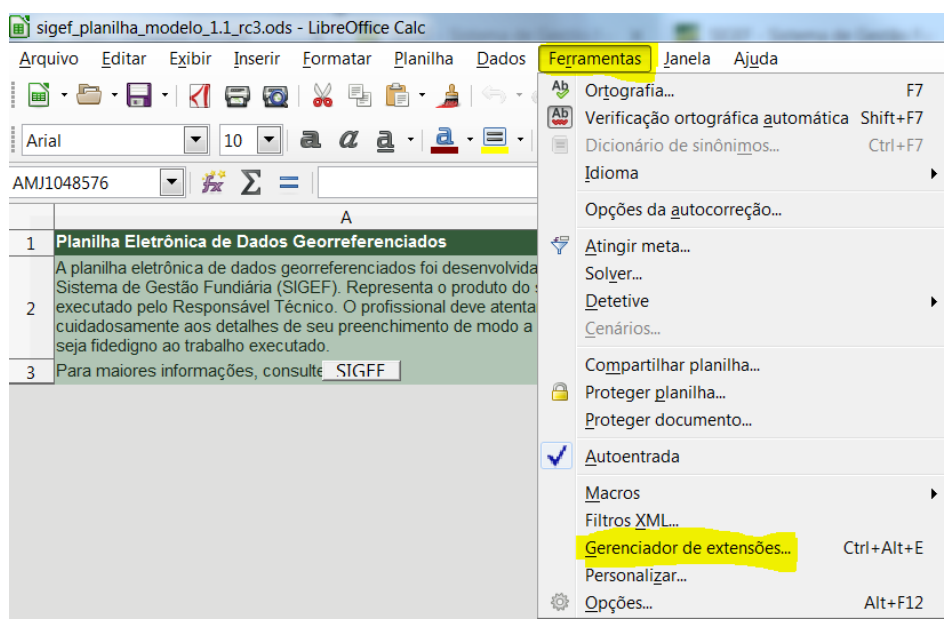
Figura 27 – Extensão SIGEF



Fonte: Os autores

Ao abrir a planilha é preciso instalar a extensão disponibilizada pelo SIGEF que atua como um validador offline de dados (Figura 27), verificando se os campos estão preenchidos de maneira correta. A instalação desta extensão é feita através da Ribbon de comando no menu “Ferramentas” no item “Gerenciador de extensões” (Figura 28).

Figura 28 - Instalação da extensão SIGEF



Fonte: Os autores

A planilha deve possuir os dados posicionais dos vértices do imóvel e seus limites, assim como a identificação do responsável técnico do levantamento de campo e informações referentes ao imóvel (Figura 29).

Figura 29 - Identificação da propriedade

Identificação do Serviço de Georreferenciamento	
Natureza do serviço:	Particular
Identificação do Detentor	
Tipo pessoa:	Física
Nome:	
CPF:	
Identificação da Área	
Denominação:	
Situação:	Imóvel Registrado
Natureza da área:	Particular
Código do Imóvel(SNCR/INCRA):	12345678901-23
Código do cartório (CNS):	00.000-0
Matrícula:	1
Município(s):	Adicionar Município
	Abadia de Goiás-GO

Fonte: Os autores

É importante salientar que a os valores das coordenadas podem ser dadas tanto no sistema geodésico quanto no sistema UTM, entretanto os valores das precisões devem sempre estar descritos em metros, que é uma medida linear. Assim caso o credenciado utilize coordenadas geodésicas para descrever a propriedade, o mesmo deve certificar-se que as precisões estarão de acordo com a NTGIR (Figura 30).

Figura 30 - Identificação dos vértices definidores da propriedade

Tabela de Perimetro												
Denominação:	Parte 1											
Parcela número:	001											
Lado:	Externo											
Sistema de Referência:	SIRGAS 2011											
Tipo de Coordenada:	UTM - Meridiano Central: -51 - Hemisfério: Sul											
Vértice	E/Long	Sigma long	N/Lat	Sigma lat	h	Sigma h	Método Posicionamento	Tipo Limite	CNS	Matrícula	Confrontante	Descritivo
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												

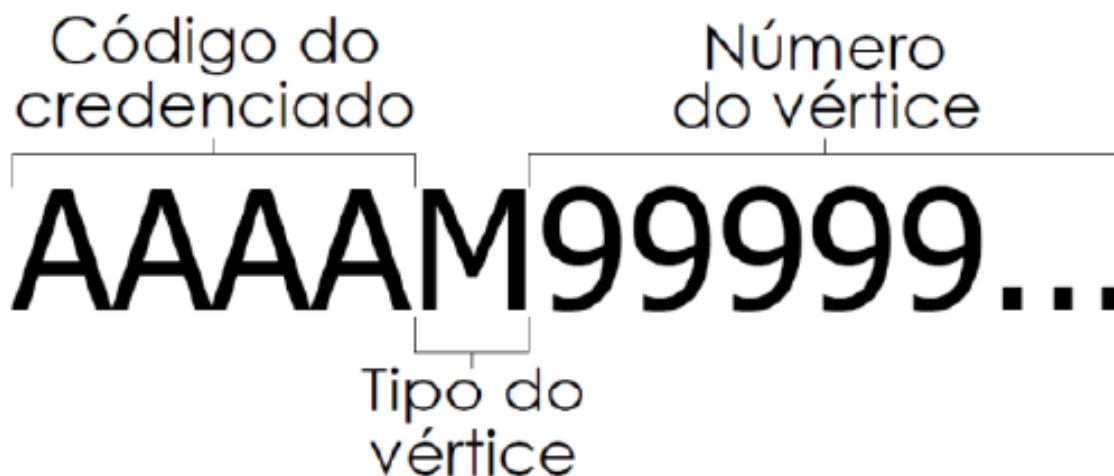
Fonte: Os autores

4.2.1. Códigos de identificação

Cada vértice determinado pelo profissional credenciado possui uma identificação única, tal código informa ao analista do INCRA o técnico responsável pela coleta de dados, o tipo de limite e vértice que está sendo representado, o tipo de levantamento executado e o número relativo à quantidade de vértices já coletado pelo profissional credenciado por determinado método de levantamento. Na planilha de preenchimento os códigos estão dispostos na seguinte sequência, conforme a nomeação da coluna a ser preenchida:

- **Vértice:** deve ser indicado o código que identifica o profissional credenciado, o tipo de vértice e a numeração que quantifica os vértices levantados por determinado tipo de levantamento (Figura 31);

Figura 31 - Codificação do vértice



Fonte: INCRA (2018).

- **Método Posicionamento:** deve ser indicado o código referente ao método de levantamento de dados, conforme sua aplicação;

Quadro 1 - Codificação para o tipo de levantamento

Código	Método de Posicionamento	Aplicação	
		Tipo de limite	Tipo de vértice
PG1	Relativo estático	Limite Artificial ou Natural	M,P
PG2	Relativo estático-rápido	Limite Artificial ou Natural	M,P
PG3	Relativo semicinemático	Limite Artificial ou Natural	M,P
PG4	Relativo cinemático	Limite Artificial ou Natural	P
PG5	Relativo a partir do código C/A	Limite Natural	P
PG6	RTK convencional	Limite Artificial ou Natural	M,P
PG7	RTK em rede	Limite Artificial ou Natural	M,P
PG8	Differential GPS (DGPS)	Limite Natural	P
PG9	Posicionamento por Ponto Preciso	Limite Artificial ou Natural	M,P
PT1	Poligonação	Limite Artificial ou Natural	M,P
PT2	Triangulação	Limite Artificial ou Natural	M,P
PT3	Trilateração	Limite Artificial ou Natural	M,P
PT4	Triangulateração	Limite Artificial ou Natural	M,P
PT5	Irradiação	Limite Artificial ou Natural	M,P
PT6	Interseção linear	Limite Artificial ou Natural	M,P,V
PT7	Interseção angular	Limite Artificial ou Natural	M,P,V
PT8	Alinhamento	Limite Artificial ou Natural	M,P
PA1	Paralela	Limite Artificial ou Natural	V
PA2	Interseção de Retas	Limite Artificial ou Natural	V
PS1	Aerofotogrametria	Limite Artificial, Natural ou Inacessível	P,V
PS2	Radar aerotransportado	Limite Artificial, Natural ou Inacessível	V
PS3	Laser scanner aerotransportado	Limite Artificial, Natural ou Inacessível	V
PS4	Sensores orbitais	Limite Artificial, Natural ou Inacessível	V

Fonte: INCRA (2018).

- **Tipo de limite:** deve ser indicado o código referente ao tipo de limite onde encontra-se o vértice.

Quadro 2 - Codificação para o tipo de limite

Código	Tipos de limites
LA1	Cerca
LA2	Muro
LA3	Estrada
LA4	Vala
LA5	Canal
LA6	Linha ideal
LA7	Limite artificial não tipificada
LN1	Corpo d'água ou curso d'água
LN2	Linha de cumeada
LN3	Grota
LN4	Crista de encosta
LN5	Pé de encosta
LN6	Limite natural não tipificado

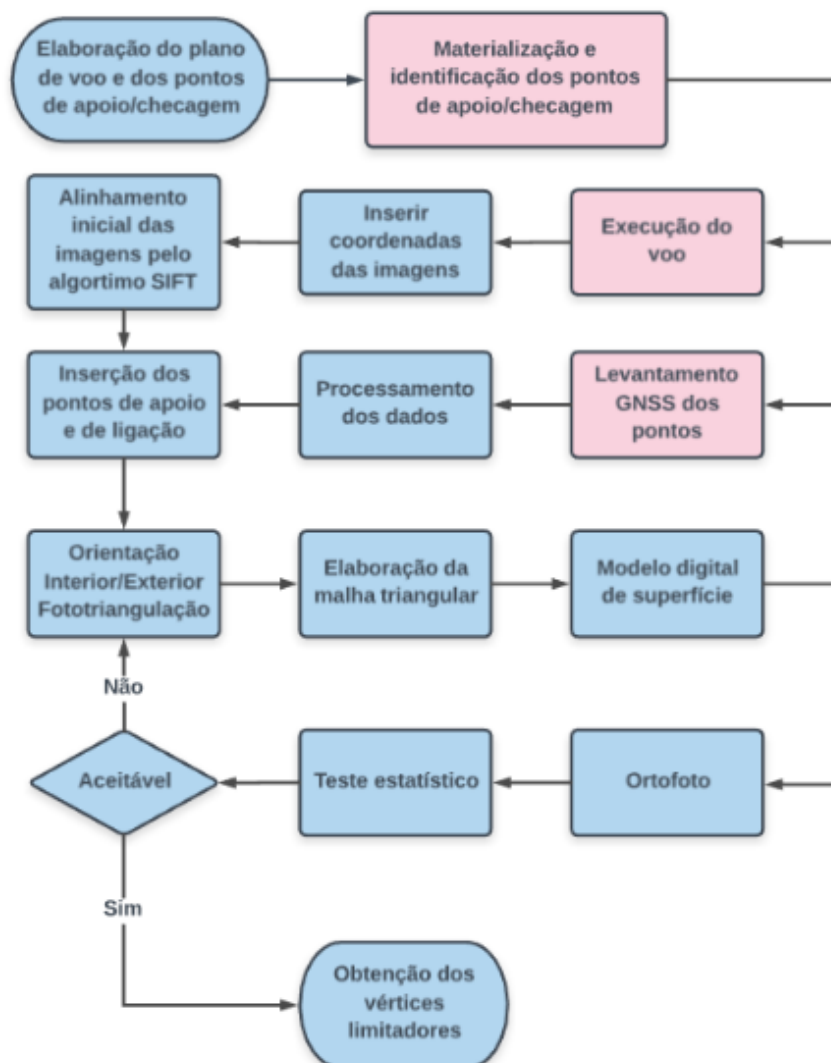
Fonte: INCRA (2018).

5. METODOLOGIA E MATERIAIS

5.1. FLUXOGRAMA

Para que um trabalho ocorra de maneira concisa e organizada é necessário que se elabore um fluxo com as atividades que serão desempenhadas. No presente trabalho, o fluxograma representado pode ser segregado em dois processos, sendo um realizado em escritório e o outro em campo. A etapa de aquisição dos dados topográficos não está descrita, pois ela ocorreu no semestre anterior a elaboração do trabalho.

Figura 32 - Fluxograma



Fonte: Os autores

5.2. EQUIPAMENTOS E SOFTWARES

Foram utilizados equipamentos do departamento de Geodésia, locado no Instituto de Geociências da Universidade, tendo em vista a familiaridade de uso e o acesso para manipulação dos dados.

- Para aquisição das imagens aéreas foi utilizado um RPA com câmara fotogramétrica, modelo Ebee fabricado pela SenseFly (Figura 33), e que, conforme o manual, possui as seguintes características:
 - i) 96 cm de envergadura;
 - ii) Raio de alcance de 3 km;
 - iii) Velocidade de cruzeiro de 10 a 16 m/s;
 - iv) Resistência a ventos de até 12 m/s;
 - v) 630 g de peso, quando pronto para decolagem;
 - vi) Sensor de altura e reverso para pousos lineares;
 - vii) Bateria de lithium com aproximadamente 30 min de voo
 - viii) Câmara RGB ou NIR, eletronicamente integrada e controlada, para o presente trabalho foi utilizada uma Canon PowerShot ELPH 110 HS, que possui 16 MP de resolução com uma focal nominal de 4,37 mm.

Figura 33 – RPA modelo eBee



Fonte: Os autores (sensefly, 2018).

- Computador possuindo processador Intel Core i7 3,20 GHz, memória RAM de 32 GB, placa de vídeo NVIDIA GeForce GTX 1050 TI.

- Par de receptores GNSS Topcon Hiper Lite+ (Figura 34) que, conforme o manual, tem como principais características:
- i) Dupla frequência L1/L2, com 40 canais universais;
 - ii) Compatibilidade com as constelações GPS e GLONASS;
 - iii) Bateria interna com autonomia de mais de 9 h;
 - iv) Rádio interno com alcance de 2,5 km em RTK;
 - v) Precisão horizontal de 3mm + 0,5 ppm com estático ou 10 mm + 1ppm com RTK;
 - vi) Precisão vertical de 5mm + 0,5 ppm com estático ou 15 mm + 1ppm com RTK;

Figura 34 - Receptor GNSS



Fonte: Os autores (mundogeo, 2018).

- Estação Total Topcon modelo GPT-7500 (Figura 35), com as seguintes características:
 - i) Precisão angular de 1''
 - ii) Precisão de distâncias com prisma de 2 mm + 2ppm*D
 - iii) Precisão de distâncias sem prisma de 10 mm + 10ppm*D
 - iv) 6,6 kg de peso, com baterias;
 - v) Autonomia de no mínimo 6 h.

Figura 35 - Estação Total



Fonte: Os autores (mundogeo, 2018).

- Software, eMotion, para planejamento de voo e geotagging das imagens.
- Alvos fotogramétricos.
- PhotoScan para processamento das imagens e elaboração do ortofotomosaico.
- Topcon Tools para processamento dos dados GNSS e de topografia.
- QGIS para manipulação de dados GIS.
- Excel para realização de testes estatísticos.
- LibreOffice para preenchimento da planilha do SIGEF.

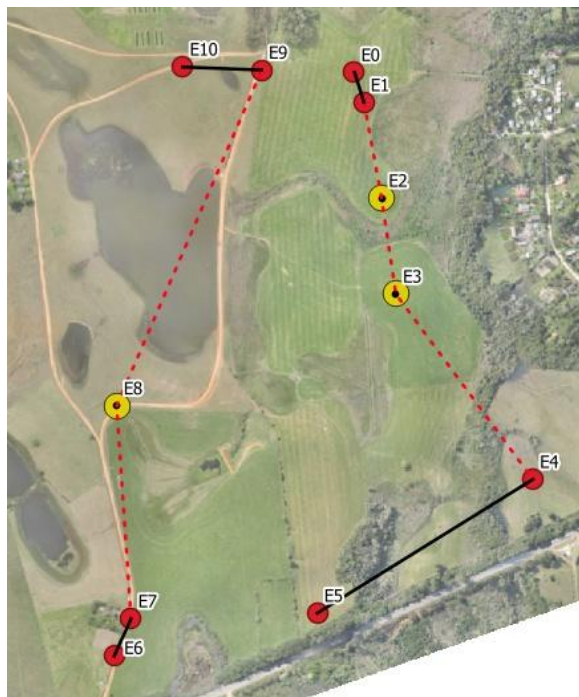
6. DESENVOLVIMENTO

6.1. AQUISIÇÃO DE DADOS TOPOGRÁFICOS

As poligonais (Figura 36) foram planejadas de modo a identificar os alvos e determina-los por meio de irradiação direta. Os vértices de saída e chegada foram materializados com pares de piquetes onde suas coordenadas preliminares foram arbitrárias devido ao fato de não se ter tal informação, que posteriormente seria adquirida com o levantamento geodésico através do método Estático Rápido.

Os vértices de caminhamento foram determinados utilizando uma Estação Total através de medidas de Ré e Vante, e assim como os vértices de referência foram materializados no terreno com o uso de piquetes.

Figura 36 - Poligonal



Fonte: Os autores

As irradiações (Figura 37) foram feitas conforme o caminhamento da poligonal, buscando contemplar todos os alvos que obtivessem intervisibilidade com a estação de onde era executada a medição.

Figura 37 - Irradiação dos alvos

Fonte: Os autores

Foram necessários quatro auxiliares para realizar o levantamento topográfico (Figura 38), um operador para Estação Total, um agente para auxiliar nas medições de Ré e Vante e dois agentes balizadores para identificar os alvos a serem medidos. Esta quantidade de auxiliares foi necessária devido ao pouco tempo para realização do serviço em uma área extensa e acidentada, fazendo com que os percursos entre as estações e os alvos fossem longos. Entretanto, a comunicação via rádio possibilitou a sincronia do trabalho em grupo agilizando o levantamento.

Figura 38 - Nuvem de pontos do Levantamento Topográfico



Fonte: Os autores

É importante salientar que os dados obtidos neste serviço de levantamento topográfico foram adquiridos no semestre 2018/1, com objetivo de realizar o levantamento cadastral do local. Logo foram selecionadas, para auxiliar no trabalho presente, apenas alguns pontos medidos. Como critério de escolha utilizou-se aqueles que serviriam para complementar os limites da propriedade rural, devido ao fato de que nem todos os vértices são fotoidentificáveis e também se selecionou pontos que teriam a função de ser pontos de checagem entre pontos fotoidentificáveis, a fim de obter-se uma análise estatística.

6.2. AQUISIÇÃO DE DADOS GEODÉSICOS

6.2.1. Posicionamento relativo estático

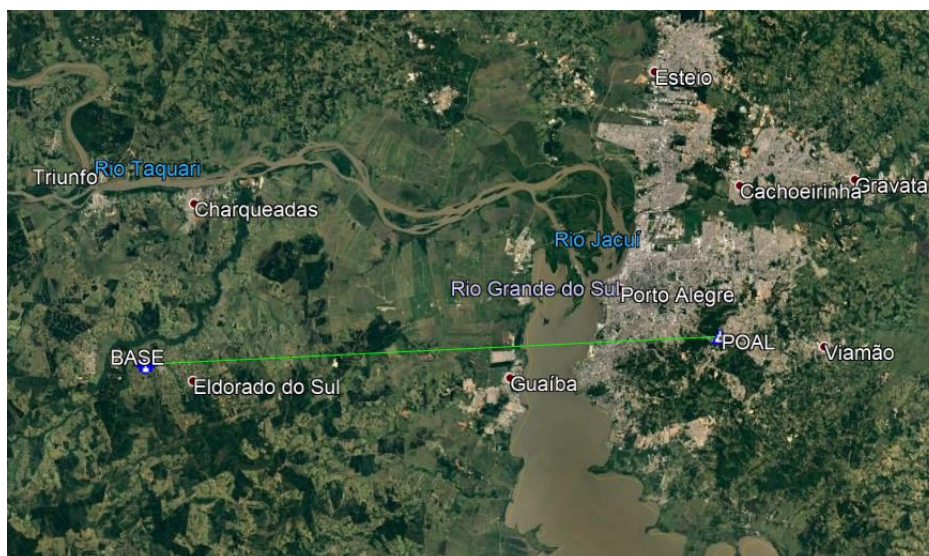
Sabendo que o tempo de rastreamento de um receptor de coleta de dados está relacionado com a sua distância do receptor base, foi preciso materializar uma base de apoio (Figura 39) ao levantamento geodésico em campo, com o intuito de otimizar o tempo de trabalho e obter volume de dados medidos, tendo em vista a distância do nosso local de estudo em relação as antenas que fazem parte da RBMC

Figura 39 - Base Geodésica



Fonte: Os autores

Para materialização da base foi instalado um receptor GNSS junto ao marco tronco piramidal, que fica na região central do local de estudo próximo a uma estrada bifurcada. Como o local é protegido, o mesmo pode ficar rastreando durante todo o tempo de serviço, o que durou aproximadamente 5 horas, sem necessitar de vigilância, apenas vistorias periódicas para verificação do nível da bateria e nivelamento do equipamento.

Figura 40 - Estação POAL

Fonte: Os autores

O levantamento relativo foi obtido através da Estação POAL (Figura 40) que faz parte da RBMC e encontra-se no Departamento de Geodésia do Instituto de Geociências da UFRGS, estando a aproximadamente a uma distância de 54 km do marco tronco piramidal da EEA. Tendo em vista o tempo de rastreo e a distância entre as antenas foi possível determinar a coordenada da base realizando o pós-processamento dos dados.

6.2.2. *Posicionamento relativo estático rápido*

Com a base fixada, foi utilizado um segundo receptor para medição em campo para a obtenção das coordenadas dos pares de vértices que serviram de apoio a poligonal e a determinação de alguns vértices definidores da propriedade rural, sejam eles fotoidentificáveis ou não.

A posição espacial dos pares de vértices de referência da poligonal foi obtida estacionando o receptor de coleta de dados por meio de um bastão e um bipé nos piquetes. O tempo aproximado de coleta de dados para cada ponto foi de aproximadamente 10 minutos, levando em consideração a maior distância entre as estações e a base que era de aproximadamente 1200 metros, o tempo de coleta foi suficiente.

As feições determinadas a partir do método estático rápido foram obtidas com rastreios de 5 minutos, com os mesmos equipamentos utilizados na determinação dos vértices da poligonal. Foram escolhidos alguns vértices definidores da propriedade rural que poderiam

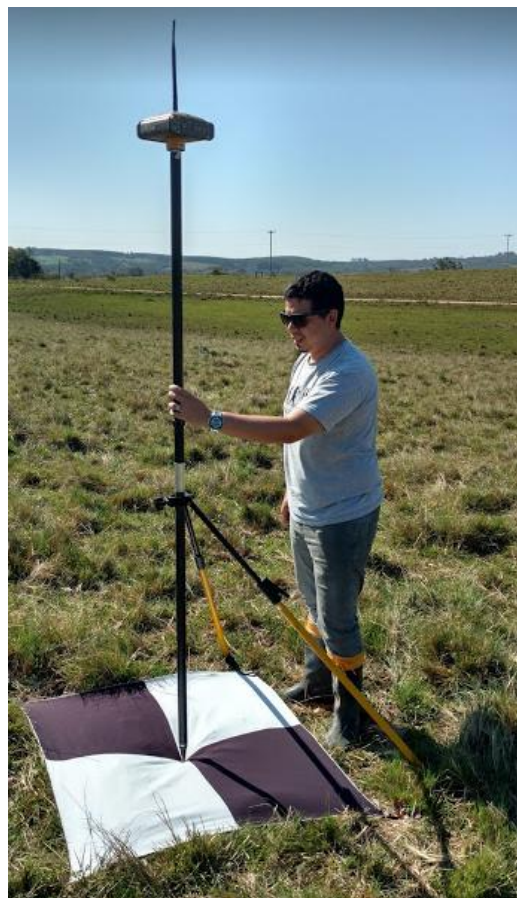
não ser identificados no produto fotogramétrico para auxiliar no georreferenciamento da propriedade, assim como vértices definidores que fossem fotoidentificáveis com o intuito de os mesmos servirem como apoio no teste de qualidade do produto fotogramétrico.

6.2.3. *Posicionamento relativo em tempo real*

Este método de levantamento foi utilizado através da conexão de rádio entre o receptor base e o receptor de coleta de dados rover (Figura 41), para determinar as coordenadas do centro geométrico dos alvos de apoio do levantamento fotogramétrico, assim como dos alvos utilizados como pontos de checagem do produto fotogramétrico gerado.

Como no levantamento estático rápido, utilizou-se um bastão e um bipé para manter a estabilidade do equipamento, foi preciso dobrar a atenção na aquisição destes dados pois o objetivo era obter as coordenadas sem a necessidade da realização do pós-processamento e a determinação das coordenadas dos alvos era parte crucial do serviço.

Figura 41 - RTK



Fonte: Os autores

Todas as coordenadas coletadas foram obtidas apenas com a solução fixa das correções enviadas do receptor base para o rover, com o intuito de evitar qualquer perda de informação, pois os dados eram unívocos.

6.3. AQUISIÇÃO DE DADOS FOTOGRAMÉTRICOS

Antes do voo para tomada das fotografias, determinamos a área de execução do serviço buscando abranger uma região de modo que a área que representa a propriedade rural ficasse no centro da área total de voo (Figura 42), com o objetivo de eliminar qualquer efeito de borda no processamento fotogramétrico.

Figura 42 - Área de interesse do Voo

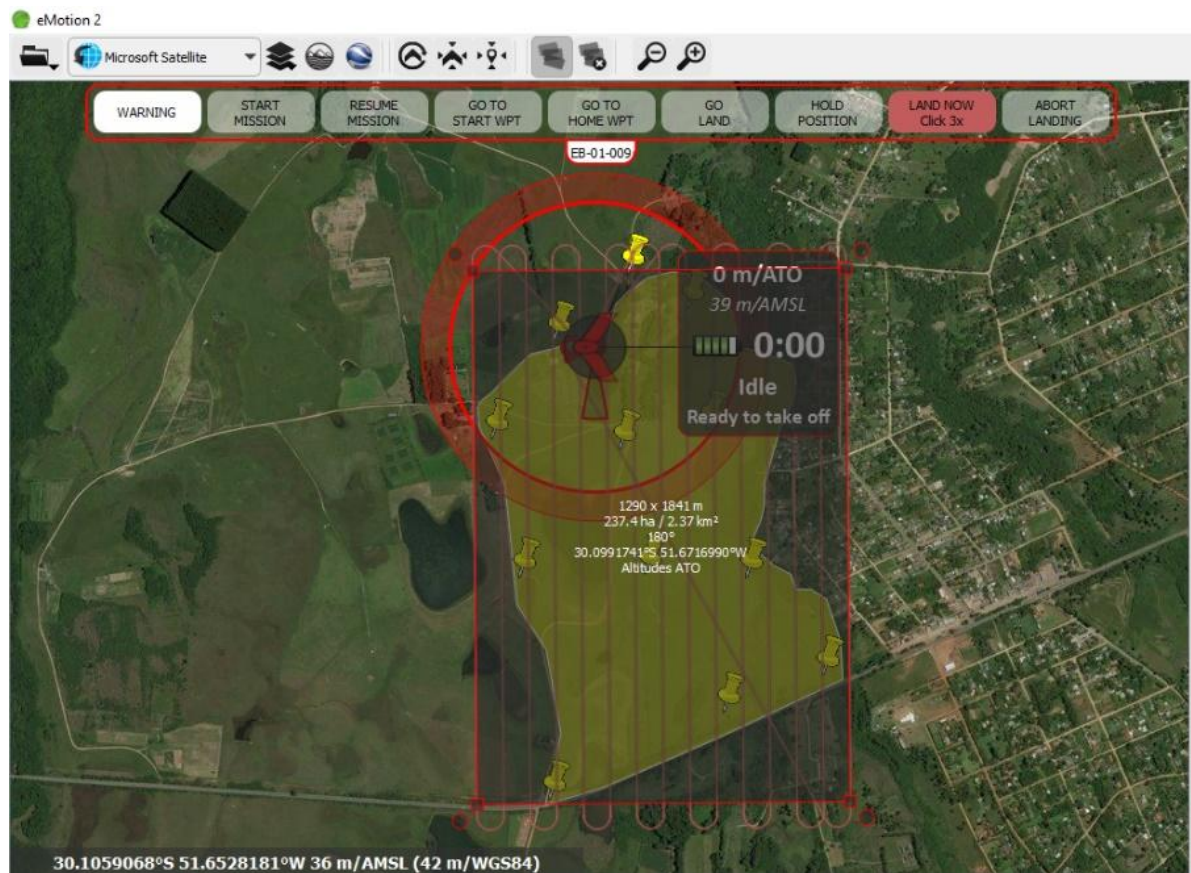


Fonte: Os autores

O plano de voo (Figura 43) teve como referência o menor valor de GSD com base nas precisões exigidas pela NTGIR. Foi utilizado o software eMotion para elaboração do plano onde obteve-se os seguintes parâmetros:

- GSD - 5 cm;
- Altura de voo – 160 m;
- Sobreposição lateral – 60%;
- Sobreposição longitudinal – 75%
- Focal da câmera – 4,37 mm;
- Cobertura de uma foto no terreno – 230,4 x 169,9 m.

Figura 43 - Plano de Voo

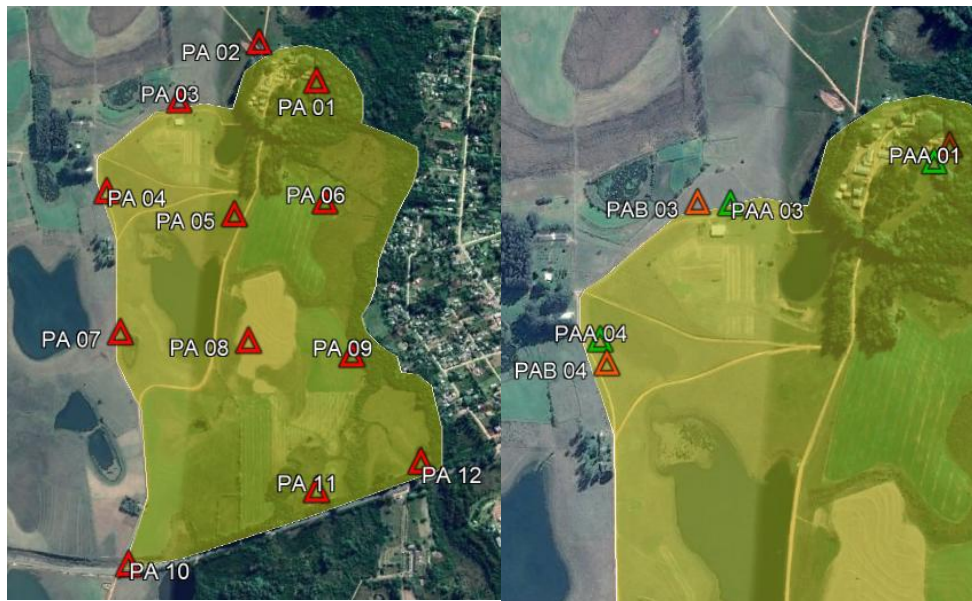


Fonte: Os autores

6.3.1. Implantação dos pontos de apoio

Para realizar o georreferenciamento do produto fotogramétrico foram distribuídos alvos fotoidentificáveis (Figura 44) de forma homogênea ao longo da área de execução do voo.

Figura 44 - Distribuição dos pontos de apoio e checagem



Fonte: Os autores

Foram implantados um total de 18 alvos (Figura 45), 12 alvos para fins de georreferenciamento (pontos de apoio - PA) e mais 6 alvos para realização do controle de qualidade (pontos de checagem – PAA e PAB). Os alvos utilizados no georreferenciamento possuem maior dimensão em relação aos alvos restantes, sua confecção é de pano e seu desenho geométrico é de forma quadriculada nas cores preto e branco o que facilitou a identificação dos mesmos nas fotografias.

Os alvos utilizados para auxiliar no controle de qualidade do produto fotogramétrico possuíam uma pequena diferença de tamanho, ambos são confeccionados com material de lona e sua diferença se dá na representação de seus desenhos geométricos: um apresentava uma coloração preta predominante com um círculo branco no centro do alvo e o outro foi confeccionado com uma coloração branca predominante com codificações circulares na cor preta.

Figura 45 - Implantação dos Alvos

Fonte: Os autores

6.3.2. Execução de voo

O voo foi realizado no dia 12 de Setembro de 2018 em um local que atendesse o pouso e decolagem do RPA (Figura 46), com o intuito de facilitar a ação destas manobras e evitar colisões com possíveis obstáculos. A aquisição de fotos se deu a partir de voos cruzados, dois voos no sentido norte/sul e dois voos no sentido leste/oeste obtendo-se um total de 1094 fotos.

Figura 46 – Decolagem do RPA



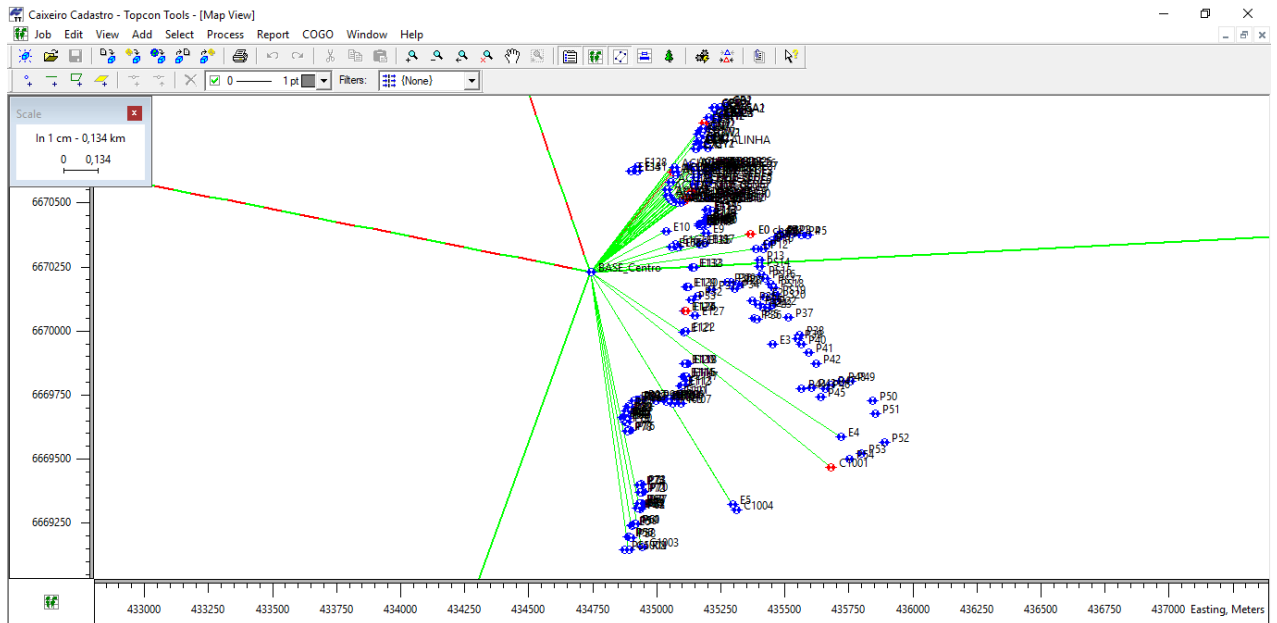
Fonte: Os autores

6.4. PROCESSAMENTO DE DADOS

6.4.1. *Processamento topográfico e geodésico do levantamento realizado em 2018/1*

Todas as informações da primeira etapa do trabalho foram processadas utilizando o software Topcon Tools. Nesta etapa, foi executada a poligonal por meio de levantamento topográfico utilizando a Estação Total e um par de receptores GNSS, onde as informações foram processadas de forma híbrida (Figura 47).

Figura 47 - Processamento híbrido



Fonte: Os autores

As estações da RBMC (POAL, SMAR, RSPE e RSPF) foram fixadas e conectadas ao receptor base através da linha criada entre eles devido ao fato de possuírem o mesmo dado temporal.

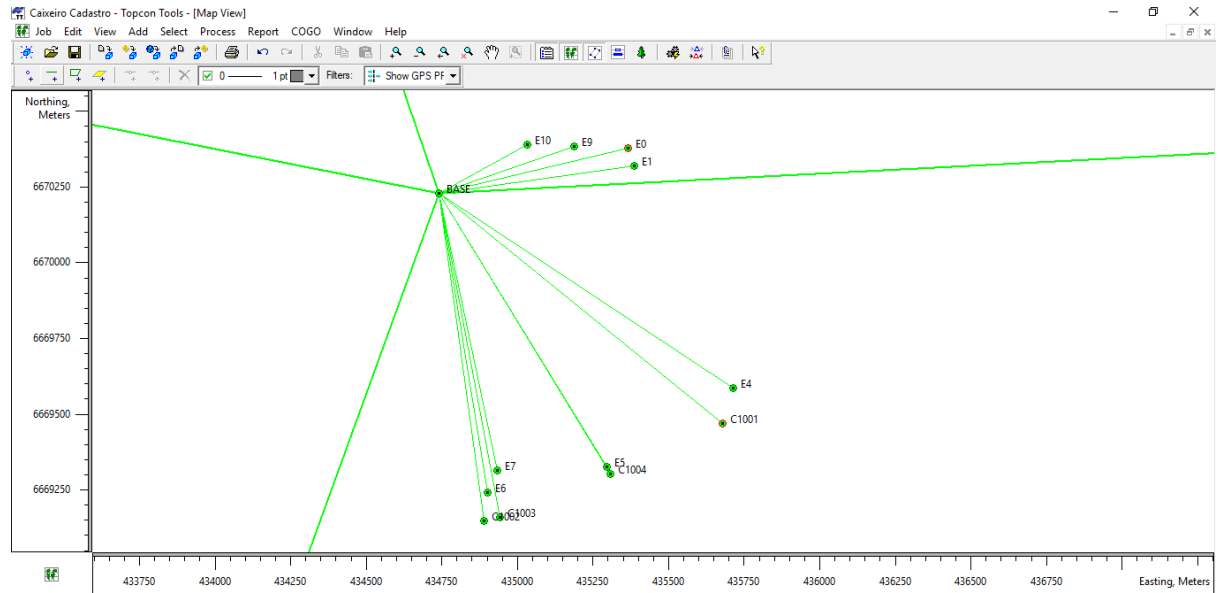
Tabela 1 – Resultado do processamento da base do levantamento 2018/1

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevatio n (m)	Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev u (m)	Std Dev Hz (m)
POAL	6673004,054	488457,544	76,744	0,001	0,001	0,001	0,001
RSPE	6480585,96	365804,97	37,129	0,004	0,005	0,004	0,006
RSPF	6876741,701	363552,3	710,741	0,002	0,003	0,002	0,004
SMAR	6709269,527	237205,247	113,106	0,001	0,001	0,001	0,001
BASE	6670229,927	434741,189	53,916	0,005	0,005	0,012	0,007

Fonte: Os autores

A mesma relação temporal foi feita entre o receptor de coleta de dados e o receptor base (Figura 48). A conexão dos dados da Estação Total se deu a partir da nomeação dos pontos, ou seja, os pares de vértices de saída e chegada da poligonal possuem o mesmo nome tanto nos arquivos dos receptores GNSS quanto nos arquivos da Estação Total.

Figura 48 - Determinação da base e vértices de apoio da poligonal



Fonte: Os autores

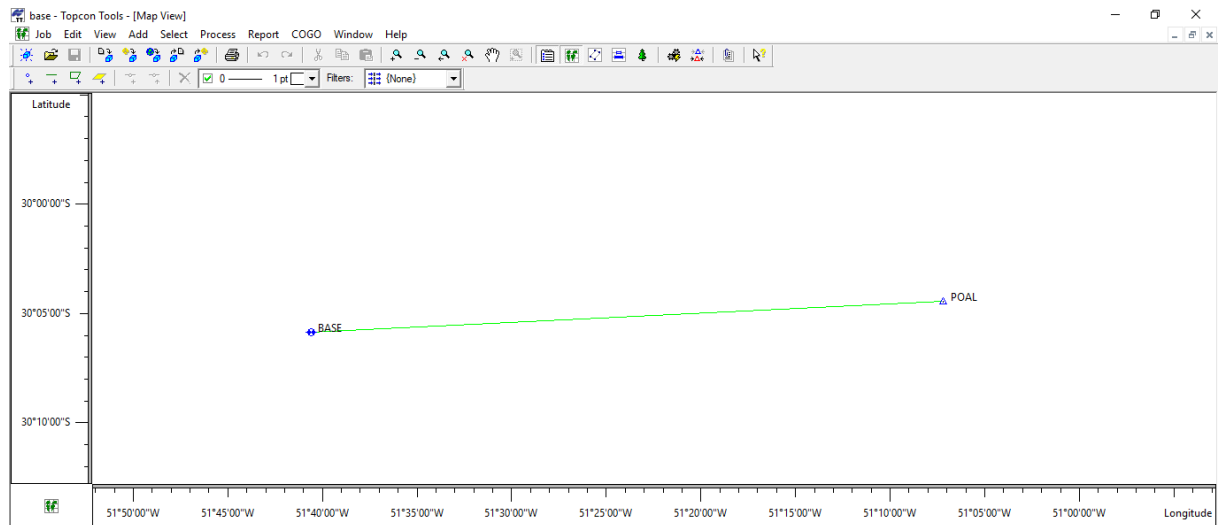
Coordenadas que poderiam de alguma forma enaltecer a segunda etapa de trabalho foram selecionadas, tanto para determinação de vértices da área de estudo em regiões cobertas por vegetação, onde apenas o método da irradiação poderia determinar a coordenada do alvo, quanto na determinação de feições para obter abundância de informações para comparações e controle de qualidade.

6.4.2. *Processamento geodésico do levantamento realizado em 2018/2*

Na segunda etapa de trabalho onde foi realizado o voo fotogramétrico, o processamento de dados se deu por etapas de execução:

- **Determinação da base:** este processamento foi feito utilizando como referência apenas a Estação da RBMC POAL (Figura 49). Entretanto, esta informação já era conhecida tendo em vista o levantamento de dados da primeira etapa. Assim, foi realizada uma análise estatística para saber qual coordenada adotar.

Figura 49 - Determinação da Base



Fonte: Os autores

Tabela 2 - Resultado do processamento da base do levantamento 2018/2

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev u (m)	Std Dev Hz (m)
POAL	6673004,054	488457,543 7	76,745	0,001	0,001	0,001	0,0014
BASE	6670229,93	434741,169 5	53,874	0,0101	0,0099	0,034	0,0142

Fonte: Os autores

- **Escolha das coordenadas a serem adotadas para base:** para dar-se continuidade no trabalho foi necessário determinar qual coordenada adotar para a base. Assim, foi adotada a coordenada do levantamento 2018/1 por possuir menor discrepância dos dados, e maior confiabilidade devido ao fato de ter sido processada com mais de uma estação da RBMC.

Tabela 3 - Comparação das coordenadas da base

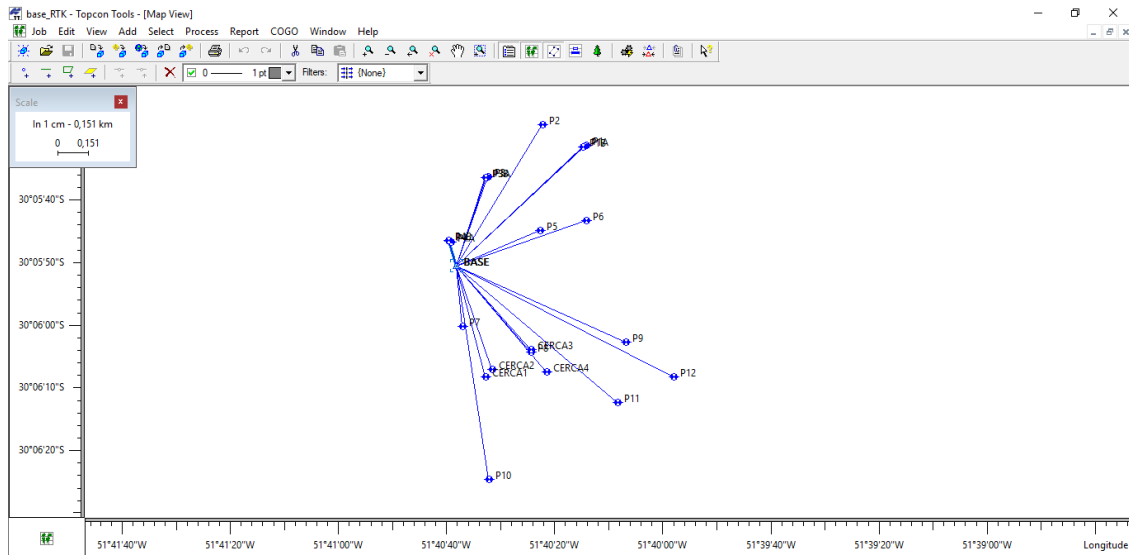
BASE	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevatio n (m)	Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev u (m)	Std Dev Hz (m)
Base Lev 2018/1	6670229,927	434741,189	53,916	0,005	0,005	0,012	0,007
Base Lev 2018/2	6670229,93	434741,1695	53,874	0,0101	0,0099	0,034	0,0142
ΔBase	0,002	0,019	0,042	0,005	0,005	0,022	0,007

Fonte: Os autores

- **Determinação das coordenadas dos pontos de apoio:** com a base materializada, as coordenadas do centro geométrico dos alvos foram obtidas

apenas recalculando sua posição (Figura 50), devido a coleta de dados ter ocorrido a partir do método RTK.

Figura 50 - Processamento dos Pontos de apoio



Fonte: Os autores

Tabela 4 - Coordenadas dos pontos de apoio

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev u (m)	Std Dev Hz (m)
P1	6670819,123	435364,3067	49,773	0,0086	0,0089	0,025	0,0124
P2	6670930,415	435159,7209	46,975	0,0086	0,009	0,025	0,0124
P3	6670670,006	434892,5711	52,785	0,0085	0,009	0,025	0,0124
P3	6670665,476	434879,8312	52,778	0,0084	0,0088	0,025	0,0122
P4	6670351,584	434703,0442	49,156	0,0084	0,0088	0,025	0,0122
P4	6670359,131	434697,9723	48,948	0,0084	0,0088	0,025	0,0122
P5	6670408,315	435151,8002	53,279	0,0086	0,0089	0,025	0,0124
P6	6670459,764	435381,9178	31,721	0,0087	0,0091	0,026	0,0126
P7	6669936,649	434773,0803	55,595	0,0084	0,0089	0,025	0,0122
P8	6669811,431	435111,6051	47,684	0,0084	0,0088	0,025	0,0122
P9	6669863,139	435579,1941	35,465	0,0084	0,0088	0,025	0,0122
P10	6669184,045	434905,3301	63,096	0,0085	0,0089	0,025	0,0123
P11	6669565,528	435541,7459	31,769	0,0085	0,009	0,025	0,0124
P12	6669693,502	435818,8067	30,444	0,0084	0,0089	0,025	0,0122

Fonte: Os autores

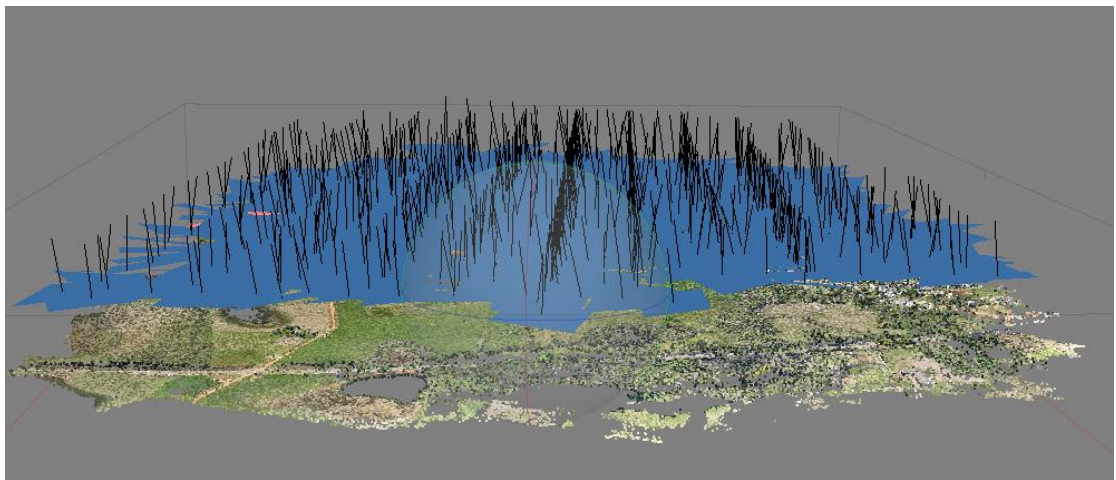
6.4.3. Fotogramétricos

Com as imagens adquiridas, o primeiro passo do processo fotogramétrico é associar as fotografias com suas coordenadas e orientações, oriundas do sistema de navegação do RPA. Este procedimento é executado utilizando o software eMotion e facilita muito o processo de fototriangulação, pois mesmo que o sistema GNSS embarcado não possua precisão

centimétrica, o mesmo auxilia a busca por pontos homólogos, reduzindo o tempo de processamento. Após o *geotagging* (procedimento para inserir as coordenadas do sistema embarcado no centro das fotos) das imagens segue-se o seguinte fluxo no PhotoScan:

- **Alinhamento:** etapa em que as fotografias são alinhadas e orientadas, por meio da correspondência de pontos homólogos (*tie points*) identificados automaticamente pelo algoritmo SIFT (do inglês: *Scale Invariant Feature Transform*). Neste processo são determinados parâmetros de busca, como a precisão, que define a região de procura de pontos homólogos na imagem, e que no trabalho foi escolhida alta, pois realiza a busca por toda fotografia. A pré seleção de pares foi definida como referência, pois considera as coordenadas inseridas pelo sistema embarcado. Com isso o algoritmo gera uma nuvem de pontos, onde já é possível obter-se uma formato prévio do modelo.

Figura 51 - Alinhamento das imagens



Fonte: Os autores

- **Fototriangulação:** neste processo são medidos os pontos de apoio nas fotografias e densificados os pontos homólogos através de pontos de ligação medidos manualmente pelo operador (Figura 52), de modo que o valor de erro não ultrapasse 0,5 pixel, definido assim para que se obtivesse um modelo mais conciso, entretanto o erro poderia ter sido maior visto que a norma do INCRA especifica 50 cm e o pixel possui 5 cm. Como a região de interesse do trabalho possui feições muito homogêneas como vegetação, ficou difícil a identificação dos pontos homólogos, sendo necessário utilizar como referência para medição

dos mesmos os pontos já evidenciados pelo SIFT. Assim ficou determinado a utilização do prefixo “P” para pontos de apoio e do prefixo “L” para ponto de ligação.

Figura 52 - Fototriangulação



Fonte: Os autores

Com a medição dos pontos finalizada são realizados os processos de calibração de câmara em serviço e fototriangulação, esses procedimentos determinam os parâmetros de orientação interior e exterior da maneira correta, utilizando o método de ajustamento por feixes perspectivas. Com isso por meio da equação da colinearidade é realizado o

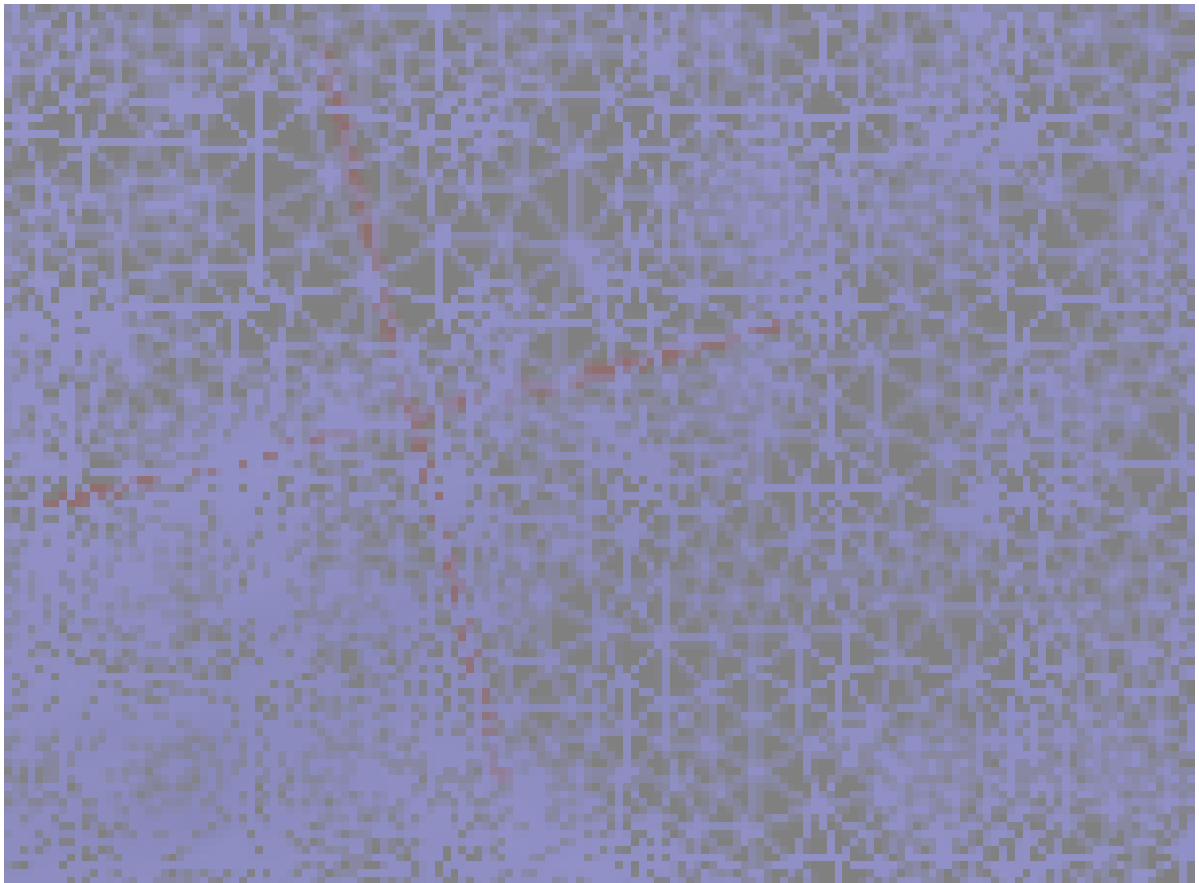
georreferenciamento do modelo ao terreno criando-se uma nuvem densa de pontos (Figura 53).

Figura 53 - Nuvem de pontos



Fonte: Os autores

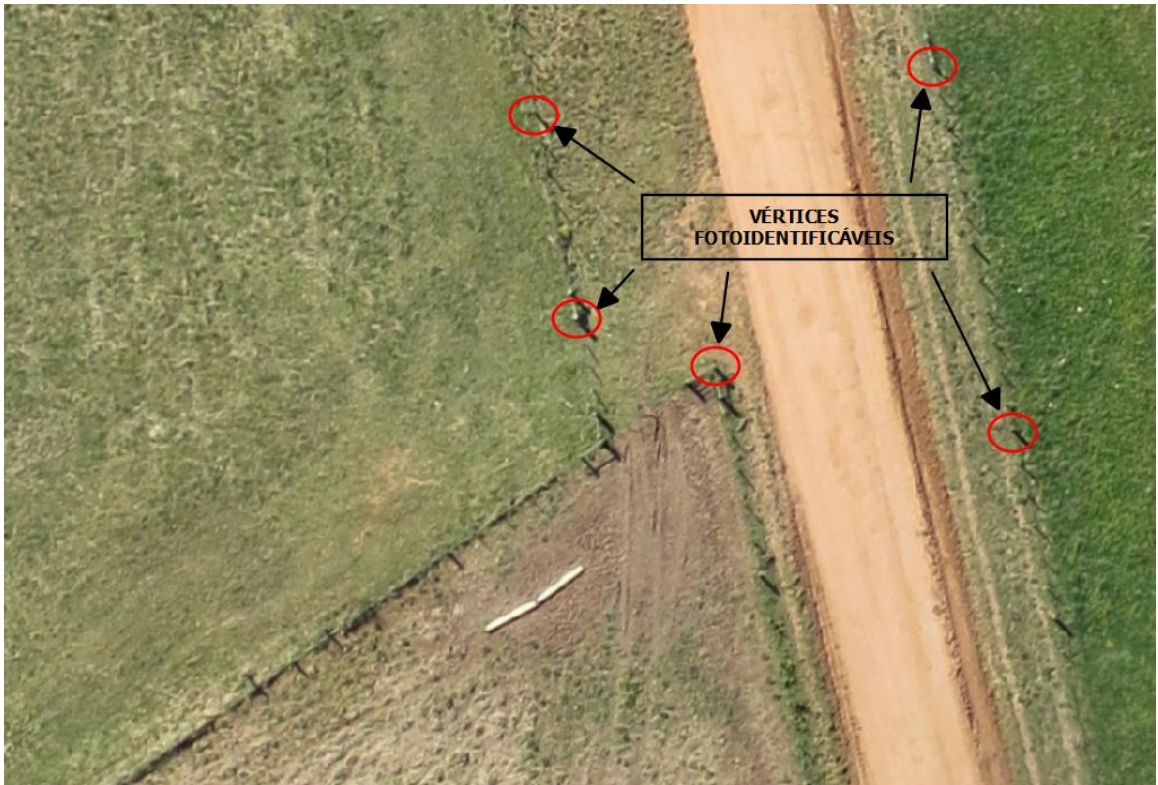
- **Criação da malha triangular:** Por meio da nuvem densa é possível construir uma rede de triângulos (Figura 54) que representa de maneira concisa o modelo fotogramétrico. E é com essa malha que é obtido o MDS (modelo digital de superfície), processo que é pré-requisito para construção da ortofoto.

Figura 54 - Malha Triangular

Fonte: Os autores

➤ **Ortofoto:** as ortofotos podem ser classificadas em tradicionais ou verdadeiras. As ortofotos tradicionais não apresentam projeção ortográfica em elementos com elevação acima do solo, utilizando-se o modelo digital de terreno como base para sua geração, sendo desconsiderados edificações ou feições naturais que cobrem o solo. Por outro lado, as ortofotos verdadeiras (true-ortofotos) apresentam a projeção ortográfica em toda a área mapeada, pois utiliza o MDS, considerando o solo e todos os elementos sobre o solo (Jensen, 2009). Com um GSD de 5 cm, resolução que atende a identificação de vértices delimitadores, a ortofoto criada pode ser chamada de true-ortofoto, pois foi elaborada a partir da malha que representa o MDS.

Figura 55 - Vértices Fotoidentificáveis



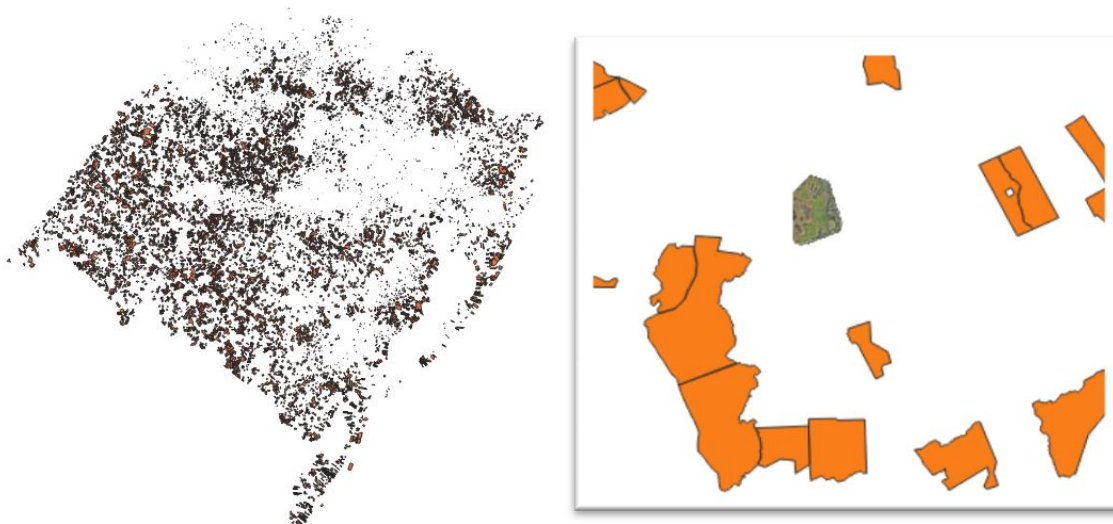
Fonte: Os autores

7. CUIDADOS PRÉVIOS NA ELABORAÇÃO DA PLANILHA DO SIGEF

7.1. DETERMINAÇÃO DOS CONFRONTANTES

Determinar os imóveis confrontantes é parte fundamental do serviço de georreferenciamento, pois as informações já fixadas sobre ele podem ser o limitante do imóvel a ser medido. Com isso antes de executar o preenchimento da planilha eletrônica do SIGEF, foi preciso realizar uma pesquisa junto ao site “http://certificacao.incra.gov.br/csv_shp/export_shp.py” onde é possível baixar o arquivo *shapefile* dos imóveis já cadastrados no sistema (Figura 56).

Figura 56 - Propriedades rurais já cadastradas



Fonte: Os autores (certificacaoincra, 2018)

Foi averiguado, no sistema do INCRA, que não há confrontantes ao longo de todo o perímetro da área de estudo, denominada como propriedade rural. Entretanto em um trabalho mais minucioso deve-se atentar em buscar registros nos cartórios da região, bem como no cadastro do município.

8. RESULTADOS

8.1. CONTROLE DE QUALIDADE

Por meio da coleta de vinte e dois pontos de checagem, que foram adquiridos por Topografia e Geodésia, foi realizado o controle de qualidade na estimativa dos erros posicionais associado as componentes de cada coordenada analisada. A fim de atender as especificações dos testes estatísticos presentes na norma, que exigem as seguintes condições para as discrepâncias planimétricas:

- Utilização de no mínimo vinte pontos de verificação;
- Teste de normalidade ao nível de confiança de 95%, utilizando o método Shapiro-Wilk;
- Teste de tendência ao nível de confiança de 90%, utilizando o teste t-student;
- 100% dos resíduos serem menores ou iguais à precisão posicional correspondente a cada tipo de limite.

Então para execução dos testes foram desenvolvidas pelas tabelas (5) e (6), nas quais todos os valores possuem unidade de medida em metros:

Tabela 5 - Coordenadas planimétricas dos pontos de checagem

COORDENADAS PLANIMÉTRICAS DOS PONTOS DE CHECAGEM - UTM FUSO 22S				
ID	E(m) – Produto	N(m) – Produto	E(m) – Referência	N(m) – Referência
ck1	434888,270	6669148,143	434888,206	6669148,181
ck2	434932,196	6669306,748	434932,250	6669306,819
ck3	434933,494	6669306,236	434933,482	6669306,380
ck4	434943,655	6669374,085	434943,655	6669373,980
ck5	434890,831	6669612,505	434890,754	6669612,693
ck6	434886,862	6669686,457	434886,794	6669686,379
ck7	434920,603	6669722,936	434920,588	6669722,839
ck8	435190,043	6669715,489	435189,957	6669715,52
ck9	435111,637	6669821,380	435111,558	6669821,377
ck10	435184,748	6670341,774	435184,723	6670341,763
ck11	434941,014	6669158,923	434940,988	6669158,996
ck12	434710,022	6670349,217	434710,076	6670349,083
ck13	434702,962	6670351,742	434703,044	6670351,584
ck14	434887,374	6670667,222	434887,332	6670667,075
ck15	434892,584	6670670,148	434892,571	6670670,006
ck16	435376,746	6670827,362	435376,787	6670827,585
ck17	435369,857	6670823,045	435369,897	6670823,262
ck18	435091,632	6669718,176	435091,672	6669718,175
ck19	435059,420	6669719,003	435059,351	6669719,003
ck20	435144,810	6670061,858	435144,674	6670061,859
ck21	434923,505	6669309,128	434923,527	6669309,211
ck22	434928,268	6669307,786	434928,236	6669307,640

Fonte: Os autores

Tabela 6 - Discrepâncias planimétricas

DISCREPÂNCIAS PLANIMÉTRICAS			
ID	ΔE(m)	ΔN(m)	RESULTANTE(m)
ck1	0,064	-0,038	0,006
ck2	-0,054	-0,071	0,008
ck3	0,012	-0,144	0,021
ck4	0,000	0,105	0,011
ck5	0,077	-0,188	0,041
ck6	0,068	0,078	0,011
ck7	0,015	0,097	0,010
ck8	0,086	-0,031	0,008
ck9	0,079	0,003	0,006
ck10	0,025	0,011	0,001
ck11	0,026	-0,073	0,006
ck12	-0,053	0,135	0,021
ck13	-0,082	0,158	0,032
ck14	0,042	0,147	0,023
ck15	0,013	0,143	0,020
ck16	-0,041	-0,223	0,051
ck17	-0,039	-0,217	0,049
ck18	-0,040	0,001	0,002
ck19	0,069	0,000	0,005
ck20	0,136	-0,001	0,018
ck21	-0,022	-0,083	0,007
ck22	0,032	0,146	0,022

Fonte: Os autores

Para testar se os dados seguem uma distribuição normal, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk, proposto em 1965, baseado na estatística dada por:

$$W = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2} \quad (3)$$

Em que “ x_i ” são os valores da amostra ordenados de forma crescente. Já a constante “ b ” é determinada pela expressão (4).

$$b = \sum_{i=1}^m a_i (x_{n+1-i} - x_i) \quad (4)$$

Onde “ $m=n/2$ ” e “ a_i ” são constantes geradas pelas médias, variâncias e covariâncias das estatísticas de ordem de uma amostra de tamanho n de uma distribuição normal, e tem seus valores tabelados conforme “anexo 1”. Com isso a formulação da hipótese segue que:

H_0 : A amostra provém de uma população normal

H_1 : A amostra não provém de uma população normal

Tomar a decisão de rejeitar H_0 ao nível de significância α caso $W_{calc} < W_\alpha$, onde os valores críticos de W são demonstrados conforme o “anexo 2”. O teste de Shapiro-Wilk também pode ser avaliado pelo P-Value, onde é aceitado a normalidade no caso de $P\text{-Value} > \alpha$.

O teste de tendência é baseado no cálculo das discrepâncias de cada componente, considerando a média, desvio padrão e os graus de liberdade, com o seguinte embasamento de hipótese:

$H_0=0$, trata-se da primeira hipótese, e significa que os dados da amostra estão dentro de um intervalo de confiança analisado, sendo assim a hipótese básica.

$H_0>0$, consiste na hipótese alternativa, e significa que os dados da amostra estão fora de um intervalo de confiança determinado, sendo a hipótese básica é rejeitada.

$$\Delta x_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta x_i \quad (5)$$

$$\sigma_{\Delta x_m} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta x_i - \Delta x_m)^2} \quad (6)$$

$$T_{calc} = \frac{\Delta x_m}{\sigma^2 * \Delta x_m} * \sqrt{gl} \quad (7)$$

A decisão de tendência é tomada ao nível de significância α caso $T_{calc} > T\alpha$, onde os valores críticos de T encontram-se no “anexo 3”.

Para o completo preenchimento da tabela do SIGEF é necessário informar as acurácias planimétricas dos vértices. Conforme a FGDC (do inglês: *Federal Geographic Data Committee*) tais informações são adquiridas pelo cálculo do erro médio quadrático (EMQ) e expandidos a um nível de confiança de 95% pelas equações (8) e (9). Na norma presente não é necessário realizar os testes de normalidade e tendenciosidade para os resíduos verticais. Entretanto para o completo preenchimento da planilha do SIGEF é necessário informar a altitude geométrica com sua acurácia. Com isso para obter-se a informação com confiança de 95% foi implementado para os resíduos da coordenada altimétrica a equação (10), resultando em uma acuraria vertical de 43,9 cm.

$$EMQ = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta x_i^2}{n} \quad (8)$$

$$AP = 2,447 \frac{EMQ_x + EMQ_y}{2} \quad (9)$$

$$AV = 1,96 * EMQ_z \quad (10)$$

Os resultados dos testes podem ser observados na tabela abaixo, na qual é possível analisar que os dados provêm de uma população normal. Não há tendência nas discrepâncias, somado ao fato que, nenhum resíduo ultrapassou o valor máximo da precisão imposta pela NTGIR, que é de 50 cm, conforme o tipo de limite, que neste caso para todos os vértices fotoidentificáveis se trata de uma cerca. Sendo assim, o produto está apto para a execução do processo de medição dos vértices definidores, os quais assumirão o valor de AP (Acurácia Planimétrica) como sua precisão.

Tabela 7 - Resultados dos Testes

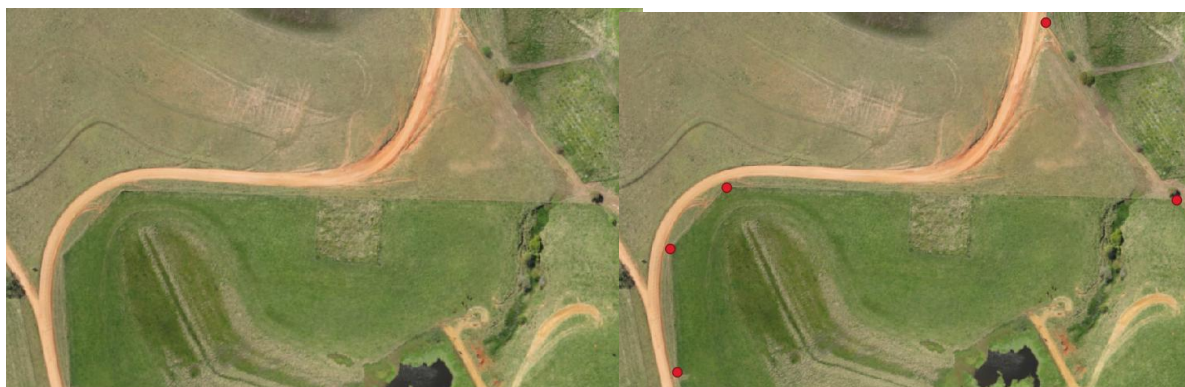
RESULTADO DOS TESTES PLANIMÉTRICOS		
	$\Delta E(m)$	$\Delta N(m)$
Média	0,019	-0,002
Desvio Padrão	0,056	0,121
Variância	0,003	0,015
Amostras	22	22
Graus de Liberdade	21	21
Shapiro-Wilk 95% conf.	0,911	0,911
Shapiro-Wilk calculado	0,971	0,930
Normalidade	Sim	Sim
T Student 90% conf.	1,721	1,721
T Student Calculado	1,527	0,079
Tendencioso	Não	Não
EMQ	0,058	0,118
AP com 95% conf.		0,215

Fonte: Os autores

8.2. DETERMINAÇÃO DOS VÉRTICES FOTOIDENTIFICÁVEIS

Após a validação da exatidão posicional concluída, foi possível realizar o procedimento de identificação dos vértices de interesse, demarcando-os de maneira fotointerpretativa (Figura 57).

Figura 57 - Medição dos vértices fotoidentificáveis



Fonte: Os autores

Com um GSD de 5cm, os vértices de interesse foram representados em média por uma matriz de 3x3. Para a definição do mesmo foi escolhido o pixel central (Figura 58).

Figura 58 - Detalhe do vértice



Fonte: Os autores

8.3. ELABORAÇÃO DA PLANILHA DO SIGEF

Após medição dos vértices fotoidentificáveis, foram utilizados como complemento ao georreferenciamento, os pontos definidos por Topografia e Geodésia. Isto ocorreu devido a limitações fotogramétricas ocasionadas por obstáculos naturais. Com isso se definiu a propriedade rural através do preenchimento da planilha eletrônica de certificação de imóveis rurais do SIGEF, “anexo 4”.

Figura 59 - Vértice obtido por Levantamento Topográfico



Fonte: Os autores

8.4. CUSTOS

A fim de obter-se uma precificação dos levantamentos executados foi realizado uma comparação entre os levantamentos topográficos e fotográficos. Para delimitação dos custos dos produtos foi realizado uma pesquisa com alguns prestadores de serviço, e com isso foi considerado um valor médio.

Tabela 8 - Custo com mão-de-obra

Custo com mão-de-obra		
Função	Salário Base	Salário Dia
Eng. Cartógrafo	R\$ 7.500,00	R\$ 357,14
Topógrafo	R\$ 2.500,00	R\$ 119,04
Auxiliar	R\$ 1.500,00	R\$ 71,43

Fonte: Os autores

Tabela 9 - Custo com aluguel de equipamentos

Custo com aluguel de equipamentos	
Equipamento	Aluguel diário
RPA	R\$ 800,00
Par GNSS RTK	R\$ 350,00
Estação Total	R\$ 180,00

Fonte: Os autores

Tabela 10 - Valor dos levantamentos

Valor dos levantamentos	
Método	Valor
Aerolevantamento	R\$ 30,00/ha
Pontos GNSS	R\$ 40,00/un
Levantamento Topográfico Planimétrico	R\$ 500,00/ha

Fonte: Os autores

Tabela 11 - Custo do levantamento fotogramétrico

Custo do Levantamento Fotogramétrico				
Item	Qnt.	Dias/Campo	Dias/Escritório	Total
Eng. Cartógrafo	1	0	3	R\$ 1.071,42
Topógrafo	1	2	1	R\$ 476,04
Auxiliar	2	2	0	R\$ 285,72
RPA	1	2	0	R\$ 1.600,00
Par GNSS RTK	1	2	0	R\$ 700,00
Aerolevanteamento	85	x	x	R\$ 2.550,00
Pontos GNSS	34	x	x	R\$ 1.360,00
Custo Total				R\$ 8.043,18

Fonte: Os autores

Tabela 12 - Custo do levantamento topográfico

Custo do Levantamento Topográfico				
Item	Qnt.	Dias/Campo	Dias/Escritório	Total
Eng. Cartógrafo	1	0	1	R\$ 357,14
Topógrafo	1	4	1	R\$ 595,20
Auxiliar	3	4	0	R\$ 857,16
Estação Total	1	4	0	R\$ 720,00
Par GNSS RTK	1	1	0	R\$ 350,00
Levantamento Topográfico	85	x	x	R\$ 42.500,00
Pontos GNSS	8	x	x	R\$ 1.360,00
Custo Total				R\$ 46.739,50

Fonte: Os autores

Nota-se que o custo total do levantamento topográfico ficou bem acima do custo do levantamento fotogramétrico. Isto ocorreu devido ao fato de se ter utilizado um valor médio no serviço do levantamento topográfico planimétrico, entretanto o mercado de trabalho geralmente trabalha com a redução desse valor conforme o número de hectares a serem levantados.

9. CONCLUSÕES

Os objetivos do trabalho proposto foram todos alcançados, sendo possível realizar o georreferenciamento de vértices fotoidentificáveis da área interesse. Assim, nota-se que através de levantamentos aerofotogramétricos é possível gerar produtos cartográficos que auxiliam no cadastro de imóveis rurais.

Mesmo com os objetivos atingidos, na execução de levantamento aerofotogramétrico em serviços de georreferenciamento de imóveis rurais, é necessário realizar uma prévia análise técnica, visando amenizar os custos de serviço, tendo em vista que, em alguns casos, ainda há a necessidade do complemento da topografia convencional, devido à falta de visibilidade de algumas feições de interesse.

Por fim se pode afirmar que os produtos oriundos das imagens obtidas por meio de RPA possuem suas limitações, mas possibilitam a rápida aquisição dos dados de forma remota além da geração de produtos com uma quantidade de informações maior do que se comparados com outros métodos como os topográficos.

9.1. DIFICULDADES

Ao longo deste trabalho, evidenciou-se algumas dificuldades, que ocorreram na execução do serviço.

No processo de aquisição de dados, percebeu-se a necessidade de uma visita técnica no local para realizar o planejamento das atividades de distribuição de alvos e medição dos mesmos. Pois esta atividade mostrou-se mais complexa do que o planejado, devido ao fato de que alguns alvos tiveram que ser deslocados, em alguns metros, por causa de obstáculos naturais como curso d'água e obstáculos animais, ocasionados pela presença de vacas no pasto.

Notou-se também a necessidade de um treinamento pré campo, pois ao utilizar o RPA, foram encontrados problemas em relação a configuração da câmara fotogramétrica e a autonomia das baterias, ocasionando um atraso na execução do serviço e um segundo dia de trabalho de campo.

9.2. RECOMENDAÇÕES

Com base na experiência realizada e com o intuito de melhorar o processo de execução do serviço de georreferenciamento de imóveis rurais, são elencadas as seguintes recomendações:

- Verificar no local se os vértices definidores da área a ser georreferenciada são fotoidentificáveis;
- Determinar a menor feição de interesse a ser identificada no terreno para elaboração do plano de voo;
- Analisar a real necessidade de um levantamento fotogramétrico, através de tabelas de custos e valores;
- Sugerir ao INCRA detalhamento maior sobre a distribuição dos pontos de checagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J. B. *Fotogrametria*. Curitiba: SBEE. (1998).

BRITO, J. N.; COELHO, L. *Fotogrametria Digital*. Rio de Janeiro. UERJ. (2007).

COELHO, I. A. *Avaliação da qualidade posicional de dados oriundos de RPA para mapeamento fotogramétrico aplicado em projetos rodoviários*. UFRGS. (2015).

GEMAEL, C.; MACHADO, A. L.; WANDRESEN, R. *Introdução ao Ajustamento de Observações - Aplicações Geodésicas*. Curitiba: UFPR. (2015).

Hardware. Acesso em 25/10/2018, disponível em <https://www.hardware.com.br/artigos/vulneravel-sistema-gps/>

IBGE, *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Acesso em 15/09/2018, disponível em <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm>

INCRA, *Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais*. Acesso em 07/09/2018, disponível em <http://www.incra.gov.br/media/institucional/norma%20tecnica%20para%20georreferenciamento%20de%20imoveis%20rurais%203%20edi%C3%A7ao.pdf>.

JENSEN, J. R. *Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. (J. C. Epiphanyo, Ed.) São José Dos Campos. (2009).

LUGNANI, J. B. *Introdução a Fototriangulação*. Curitiba: UFPR. (1987).

Mundo Geo. Acesso em 25/10/2018, disponível em <https://mundogeo.com/blog/2012/04/19/novos-satelites-e-controle-do-sistema-gps-sao-testados/>

PALERMO, R. D; LEITE, T. C. *Integração de Levantamento Fotogramétrico Aéreo com o uso de RPA e Levantamento Fotogramétrico Terrestre para o Mapeamento Tridimensional das Ruínas de São Miguel das Missões*. UFRGS Porto Alegre. (2013).

Rutasandando. Acesso em 25/10/2018, disponível em <http://www.rutasandando.es/como-funciona-sistema-posicionamiento-gps/>

SCHENK, T.. Digital *Photogrammetry*. Laurelville: Terra Science. (1999).

SIRGAS, Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas. Acesso em 25/10/2018, disponível em <http://www.sirgas.org/en/sirgas-con-network/>

TOMMASELLI, A. M. *Fotogrametria Básica*. Notas de Aula. (2017).

UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Acesso em 25/10/2018, disponível em <http://www.ufrgs.br/engcart/Teste/conceitos.html>

ZAIONTZ, Shapiro-Wilk Original Test. Acesso em 01 de 11 de 2018, disponível em <http://www.real-statistics.com/tests-normality-and-symmetry/statistical-tests-normality-symmetry/shapiro-wilk-test/>

ANEXOS

Tabela dos coeficientes da equação de Shapiro-Wilk

n =	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
a1	0.5150	0.5056	0.4968	0.4886	0.4808	0.4734	0.4643	0.4590	0.4542	0.4493	0.4450	0.4407
a2	0.3306	0.3290	0.3273	0.3253	0.3232	0.3211	0.3185	0.3156	0.3126	0.3098	0.3069	0.3043
a3	0.2495	0.2521	0.2540	0.2553	0.2561	0.2565	0.2578	0.2571	0.2563	0.2554	0.2543	0.2533
a4	0.1878	0.1939	0.1988	0.2027	0.2059	0.2085	0.2119	0.2131	0.2139	0.2145	0.2148	0.2151
a5	0.1353	0.1447	0.1524	0.1587	0.1641	0.1686	0.1736	0.1764	0.1787	0.1807	0.1822	0.1836
a6	0.0890	0.1005	0.1109	0.1197	0.1271	0.1334	0.1399	0.1443	0.1480	0.1512	0.1539	0.1563
a7	0.0433	0.0593	0.0725	0.0837	0.0932	0.1013	0.1092	0.1150	0.1201	0.1245	0.1283	0.1316
a8		0.0196		0.0359	0.0496	0.0612	0.0711	0.0804	0.0878	0.0941	0.0997	0.1046
a9				0.0163	0.0303	0.0422	0.0530	0.0618	0.0696	0.0764	0.0823	0.0876
a10						0.0140	0.0263	0.0368	0.0459	0.0539	0.0610	0.0672
a11								0.0122	0.0228	0.0321	0.0403	0.0476
a12									0.0000	0.0107	0.0200	0.0284
a13											0.0000	0.0094

Tabela dos valores críticos de Shapiro-Wilk

$n \setminus P$	0.01	0.02	0.05	0.1	0.5	0.9	0.95	0.98	0.99
3	0.753	0.756	0.767	0.789	0.959	0.998	0.999	1.000	1.000
4	0.687	0.707	0.748	0.792	0.935	0.987	0.992	0.996	0.997
5	0.686	0.715	0.762	0.806	0.927	0.979	0.986	0.991	0.993
6	0.713	0.743	0.788	0.826	0.927	0.974	0.981	0.986	0.989
7	0.730	0.760	0.803	0.838	0.928	0.972	0.979	0.985	0.988
8	0.749	0.778	0.818	0.851	0.932	0.972	0.978	0.984	0.987
9	0.764	0.791	0.829	0.859	0.935	0.972	0.978	0.984	0.986
10	0.781	0.806	0.842	0.869	0.938	0.972	0.978	0.983	0.986
11	0.792	0.817	0.850	0.876	0.940	0.973	0.979	0.984	0.986
12	0.805	0.828	0.859	0.883	0.943	0.973	0.979	0.984	0.986
13	0.814	0.837	0.866	0.889	0.945	0.974	0.979	0.984	0.986
14	0.825	0.846	0.874	0.895	0.947	0.975	0.980	0.984	0.986
15	0.835	0.855	0.881	0.901	0.950	0.975	0.980	0.984	0.987
16	0.844	0.863	0.887	0.906	0.952	0.976	0.981	0.985	0.987
17	0.851	0.869	0.892	0.910	0.954	0.977	0.981	0.985	0.987
18	0.858	0.874	0.897	0.914	0.956	0.978	0.982	0.986	0.988
19	0.863	0.879	0.901	0.917	0.957	0.978	0.982	0.986	0.988
20	0.868	0.884	0.905	0.920	0.959	0.979	0.983	0.986	0.988
21	0.873	0.888	0.908	0.923	0.960	0.980	0.983	0.987	0.989
22	0.878	0.892	0.911	0.926	0.961	0.980	0.984	0.987	0.989
23	0.881	0.895	0.914	0.928	0.962	0.981	0.984	0.987	0.989
24	0.884	0.898	0.916	0.930	0.963	0.981	0.984	0.987	0.989
25	0.888	0.901	0.918	0.931	0.964	0.981	0.985	0.988	0.989
26	0.891	0.904	0.920	0.933	0.965	0.982	0.985	0.988	0.989
27	0.894	0.906	0.923	0.935	0.965	0.982	0.985	0.988	0.990
28	0.896	0.908	0.924	0.936	0.966	0.982	0.985	0.988	0.990
29	0.898	0.910	0.926	0.937	0.966	0.982	0.985	0.988	0.990
30	0.900	0.912	0.927	0.939	0.967	0.983	0.985	0.988	0.990
31	0.902	0.914	0.929	0.940	0.967	0.983	0.986	0.988	0.990
32	0.904	0.915	0.930	0.941	0.968	0.983	0.986	0.988	0.990
33	0.906	0.917	0.931	0.942	0.968	0.983	0.986	0.989	0.990
34	0.908	0.919	0.933	0.943	0.969	0.983	0.986	0.989	0.990
35	0.910	0.920	0.934	0.944	0.969	0.984	0.986	0.989	0.990
36	0.912	0.922	0.935	0.945	0.970	0.984	0.986	0.989	0.990
37	0.914	0.924	0.936	0.946	0.970	0.984	0.987	0.989	0.990
38	0.916	0.925	0.938	0.947	0.971	0.984	0.987	0.989	0.990
39	0.917	0.927	0.939	0.948	0.971	0.984	0.987	0.989	0.991
40	0.919	0.928	0.940	0.949	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
41	0.920	0.929	0.941	0.950	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
42	0.922	0.930	0.942	0.951	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
43	0.923	0.932	0.943	0.951	0.973	0.985	0.987	0.990	0.991
44	0.924	0.933	0.944	0.952	0.973	0.985	0.987	0.990	0.991
45	0.926	0.934	0.945	0.953	0.973	0.985	0.988	0.990	0.991
46	0.927	0.935	0.945	0.953	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
47	0.928	0.936	0.946	0.954	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
48	0.929	0.937	0.947	0.954	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
49	0.929	0.939	0.947	0.955	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
50	0.930	0.938	0.947	0.955	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991

Tabela dos valores críticos de T-Student

Critical values of Student's *t*-distribution.

$\nu \backslash \alpha$	0.9	0.5	0.4	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001	$\alpha \backslash \nu$
1	.158	1.000	1.376	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619	1
2	.142	.816	1.061	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598	2
3	.137	.765	.978	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.924	3
4	.134	.741	.941	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610	4
5	.132	.727	.920	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.869	5
6	.131	.718	.906	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959	6
7	.130	.711	.896	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.408	7
8	.130	.706	.889	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041	8
9	.129	.703	.883	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781	9
10	.129	.700	.879	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587	10
11	.129	.697	.876	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437	11
12	.128	.695	.873	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318	12
13	.128	.694	.870	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221	13
14	.128	.692	.868	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140	14
15	.128	.691	.866	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073	15
16	.128	.690	.865	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015	16
17	.128	.689	.863	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965	17
18	.127	.688	.862	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922	18
19	.127	.688	.861	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883	19
20	.127	.687	.860	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850	20
21	.127	.686	.859	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819	21
22	.127	.686	.858	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792	22
23	.127	.685	.858	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767	23
24	.127	.685	.857	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745	24
25	.127	.684	.856	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725	25
26	.127	.684	.856	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707	26
27	.127	.684	.855	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690	27
28	.127	.683	.855	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674	28
29	.127	.683	.854	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659	29
30	.127	.683	.854	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646	30
40	.126	.681	.851	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551	40
60	.126	.679	.848	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460	60
120	.126	.677	.845	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.373	120
∞	.126	.674	.842	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.291	∞

Tabela de Perímetro

Denominação:	Parte 1
Parcela número:	001
Lado:	Externo

Sistema de referência
SIRGAS2000

Tipo de Coordenada: UTM Meridiano Central (°) -51 Hemisfério: Sul

Vértice	E/Long	Sigma long	N/Lat	Sigma lat	h	Sigma h	Método	Posicionamento	Tipo Limite	CNS	Matricula	Confrontante	Descritivo
TLV-P-0001	435.885,242	0,006	6.669.563,878	0,007	31.662	0,015		PT5	LA1			Área com registro desconhecido	
TLV-P-0002	435.306.912	0,005	6.669.302.543	0,005	52.407	0,013		PG2	LA1			Área com registro desconhecido	
TLV-P-0003	434.940.988	0,005	6.669.158.996	0,005	61.583	0,012		PG2	LA1			Área com registro desconhecido	
TLV-P-0004	434.888.188	0,215	6.669.147.870	0,215	61.920	0,439		PS1	LA1			Área com registro desconhecido	
TLV-P-0005	434.932.196	0,215	6.669.306.748	0,215	67.532	0,439		PS1	LA1			Área com registro desconhecido	
TLV-P-0006	434.933.789	0,216	6.669.306.168	0,215	67.348	0,439		PS1	LA1			Área com registro desconhecido	
TLV-P-0007	434.938.993	0,005	6.669.325.780	0,006	66.959	0,012		PT5	LA1			Área com registro desconhecido	
TLV-P-0008	434.943.655	0,215	6.669.374.085	0,215	66.322	0,439		PS1	LA1			Área com registro desconhecido	
TLV-P-0009	434.890.886	0,215	6.669.612.500	0,215	62.642	0,439		PS1	LA1			Área com registro desconhecido	
TLV-P-0010	434.886.800	0,215	6.669.686.232	0,215	61.382	0,439		PS1	LA1			Área com registro desconhecido	
TLV-P-0011	434.920.531	0,215	6.669.722.853	0,215	60.440	0,439		PS1	LA1			Área com registro desconhecido	
TLV-P-0012	435.190.105	0,215	6.669.715.399	0,215	47.917	0,439		PS1	LA1			Área com registro desconhecido	
TLV-P-0013	435.111.786	0,215	6.669.821.440	0,215	46.941	0,439		PS1	LA1			Área com registro desconhecido	
TLV-P-0014	435.184.723	0,005	6.670.341.763	0,006	51.284	0,013		PT5	LA1			Área com registro desconhecido	
TLV-P-0015	435.476.212	0,006	6.670.374.936	0,007	28.462	0,014		PT5	LN6			Área com registro desconhecido	
TLV-P-0016	435.837.359	0,007	6.669.726.977	0,007	30.639	0,016		PT5	LN6			Área com registro desconhecido	

Planilha eletrônica SIGEF

Relatório Agisoft Photoscan

Agisoft PhotoScan

**Processing Report
23 December 2018**



Survey Data

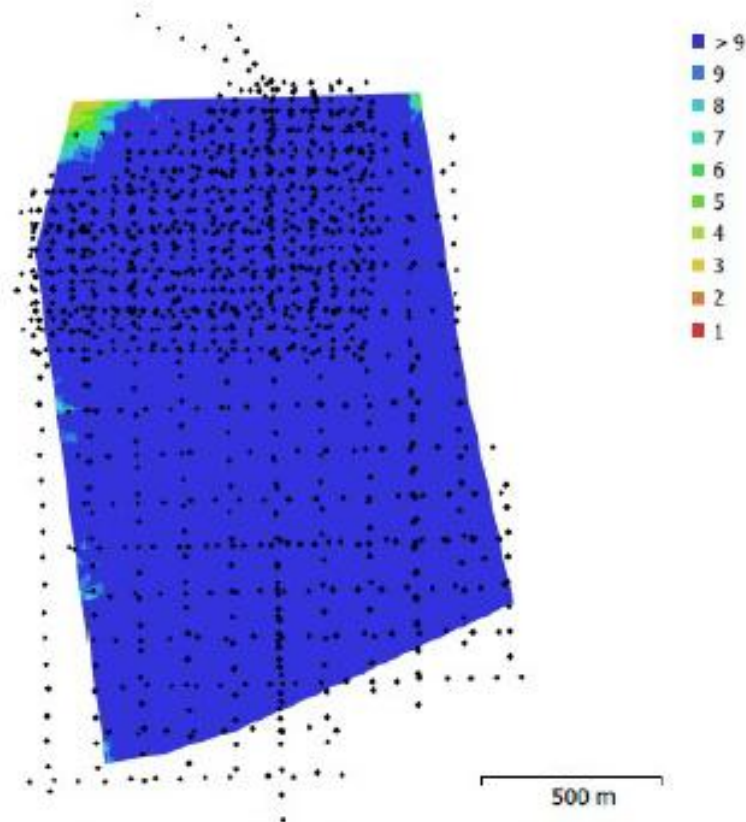


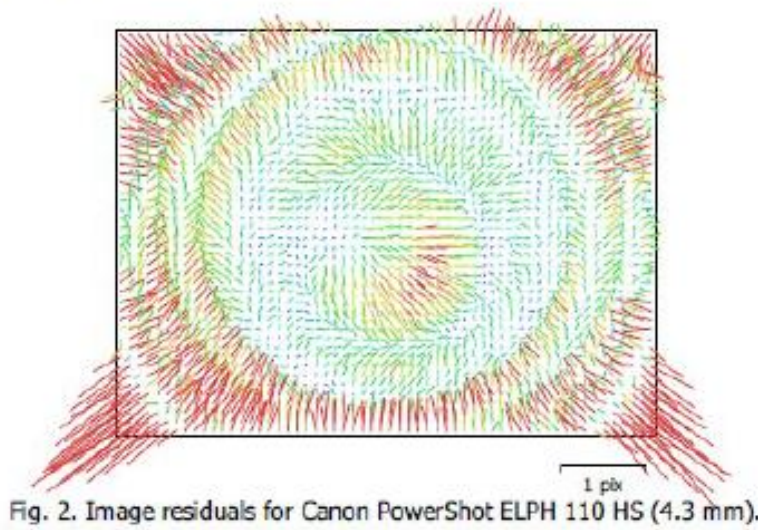
Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of Images:	1,094	Camera stations:	1,094
Flying altitude:	174 m	Tie points:	898,278
Ground resolution:	5.35 cm/pix	Projections:	3,572,030
Coverage area:	1.9 km ²	Reprojection error:	1.7 plx

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
Canon PowerShot ELPH 110 HS (4.3 mm)	4608 x 3456	4.3 mm	1.34 x 1.34 μ m	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration



Canon PowerShot ELPH 110 HS (4.3 mm)

1094 images

Type Resolution Focal Length Pixel Size
Frame 4608 x 3456 4.3 mm 1.34 x 1.34 μm

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	3246.59	0.077	1.00	0.22	-0.72	0.48	0.12	-0.19	0.14	-0.13	-0.01	0.29
Cx	9.50259	0.019		1.00	-0.17	0.06	0.68	-0.02	0.01	-0.01	0.41	0.04
Cy	90.0668	0.026			1.00	-0.79	-0.15	0.07	-0.04	0.03	-0.00	-0.05
B1	-0.751743	0.0039				1.00	0.08	-0.03	-0.00	0.01	0.02	0.11
B2	0.302999	0.0035					1.00	-0.01	0.00	-0.00	0.09	0.05
K1	-0.0406753	2.2e-05						1.00	-0.97	0.91	-0.00	-0.02
K2	0.0456691	6.3e-05							1.00	-0.98	0.01	-0.01
K3	-0.0233559	5.5e-05								1.00	-0.02	0.02
P1	0.000680205	1.2e-06									1.00	-0.05
P2	0.00572134	1e-06										1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Ground Control Points

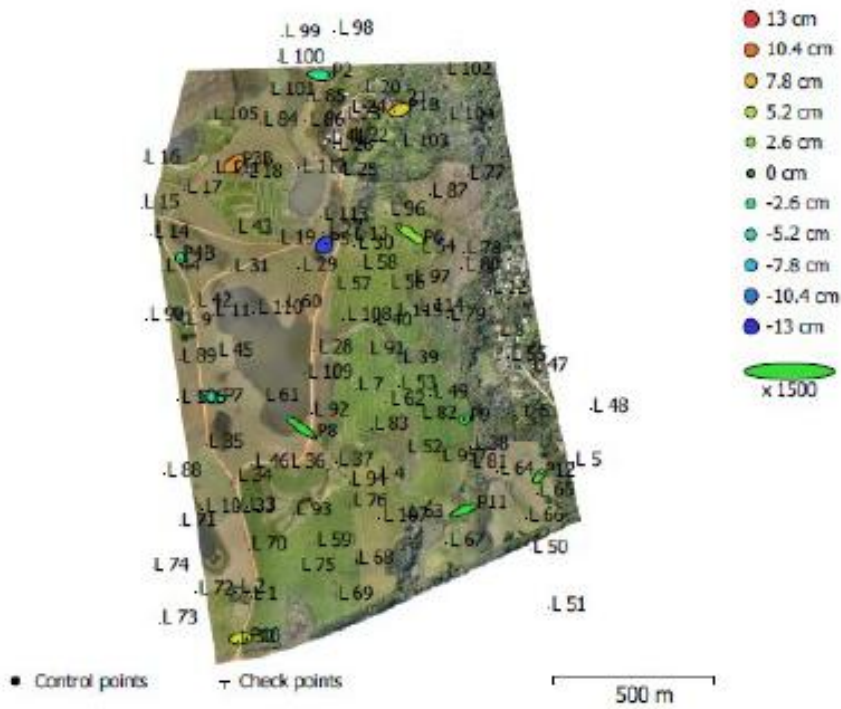


Fig. 3. GCP locations and error estimates.

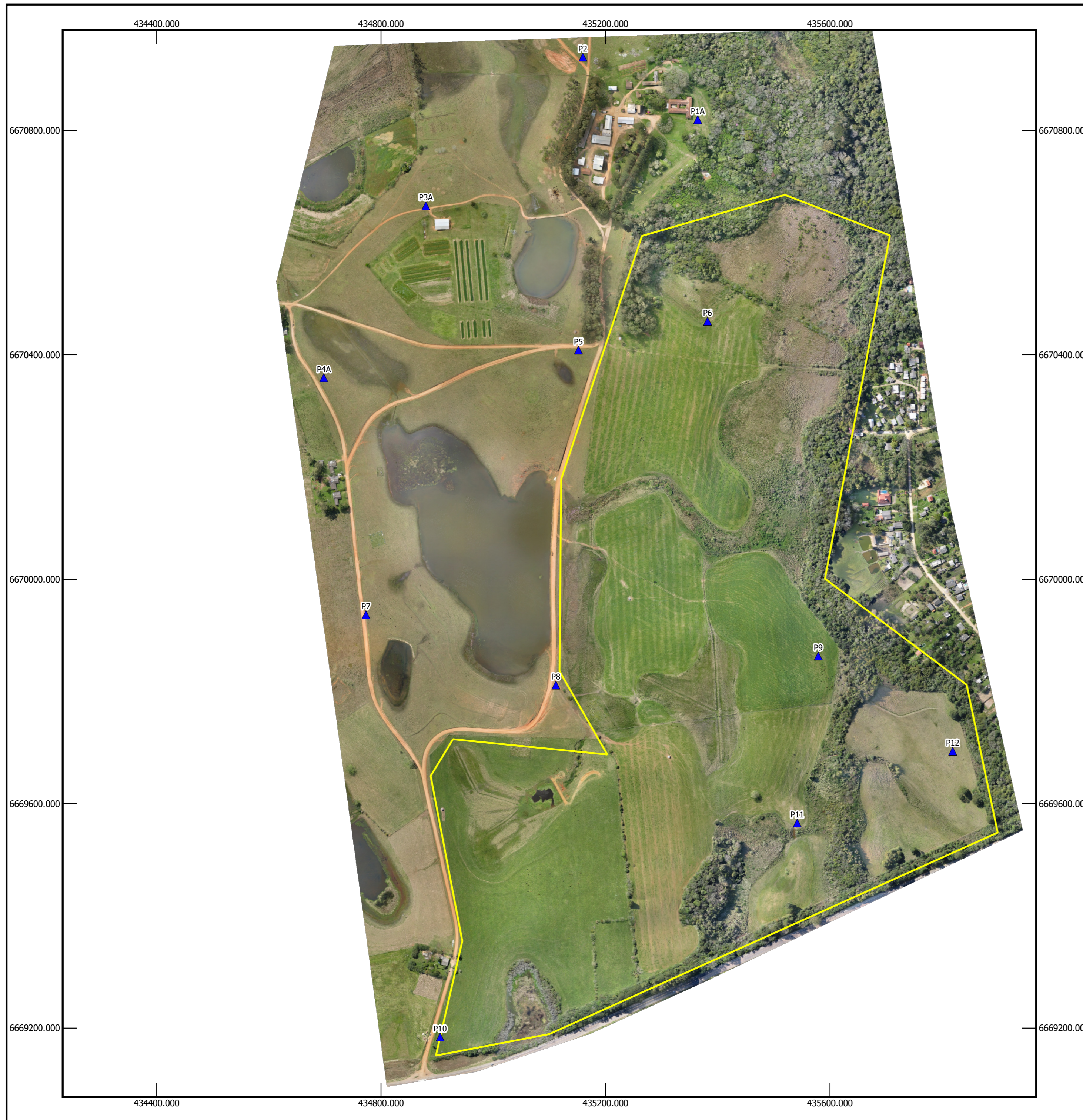
Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.

Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

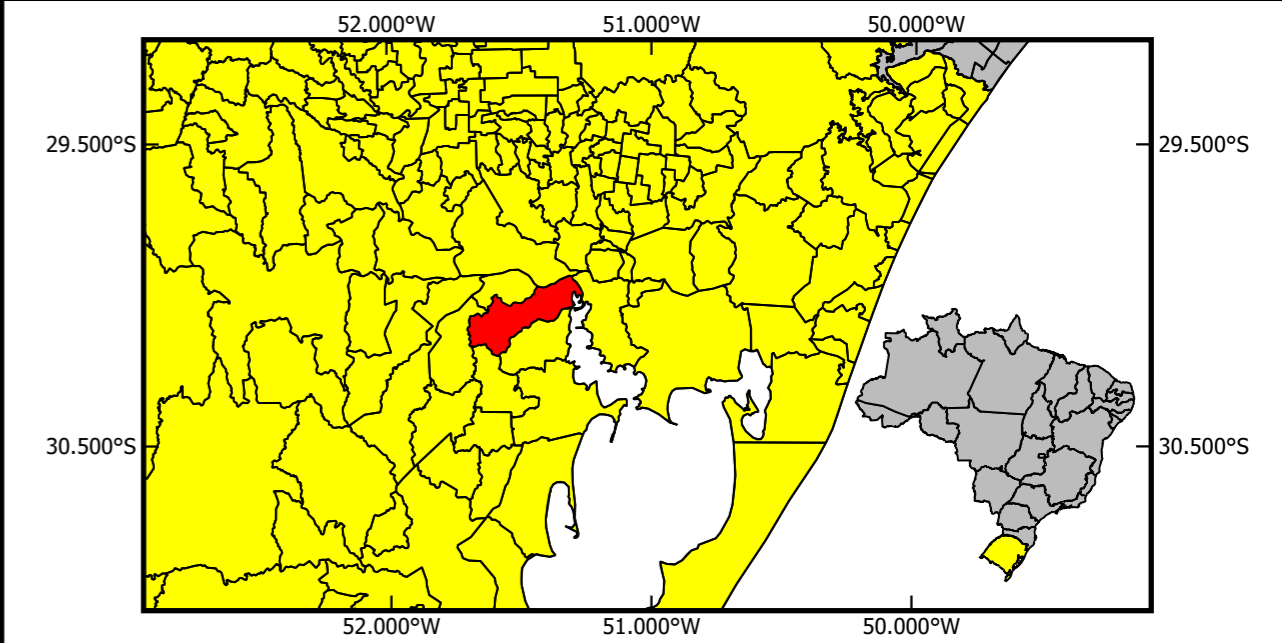
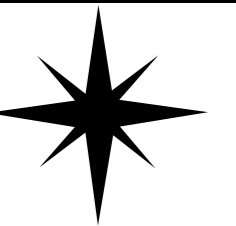
Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
12	2.85144	1.49718	5.62728	3.2206	6.48371

Table 3. Control points RMSE.

X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.



TOPOBROTHERS



Legenda

- ▲ Pontos de Apoio
- Área de Interesse

Informações Cartográficas

Escala: 1:5.000

Declinação magnética em 2015
Convergência meridiana do
centro da folha

A declinação varia a uma taxa de
0° 9' W /ano

Sistema de Referência: SIRGAS 2000

Sistema de Projeção: UTM - Fuso 22 S

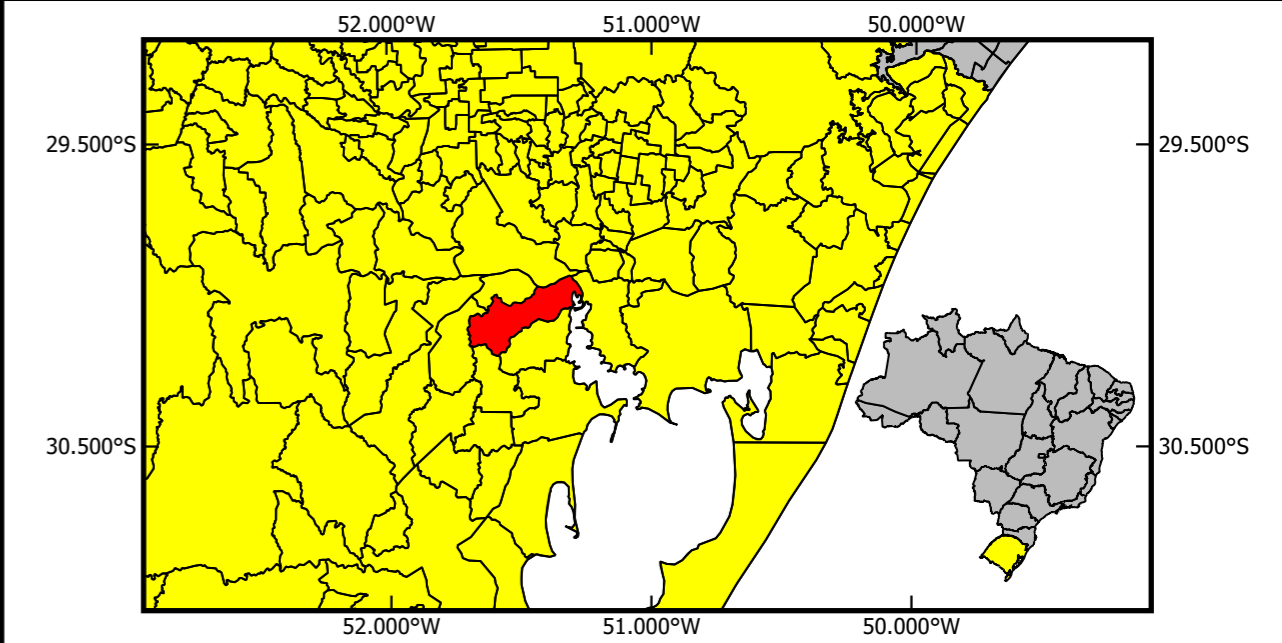
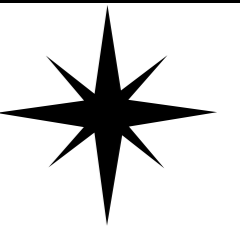
Data do Voo: 12/09/2018

Tamanho do GSD: 5 cm

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
ENGENHARIA CARTORÁFICA

GEOCIÊNCIAS

Produto: Ortofotocarta da Estação Experimental Agronômica da UFRGS		Folha: <div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">01</div>
Local: Eldorado do Sul - RS	Data: 12/12/2018	
Equipe: Leonardo Menezes, Vinicius Caixeiro		



Legenda

- ✕ Vértices SIGEF
- Limites

Informações Cartográficas

Escala: 1:5.000

Declinação magnética em 2015
Convergência meridiana do centro da folha

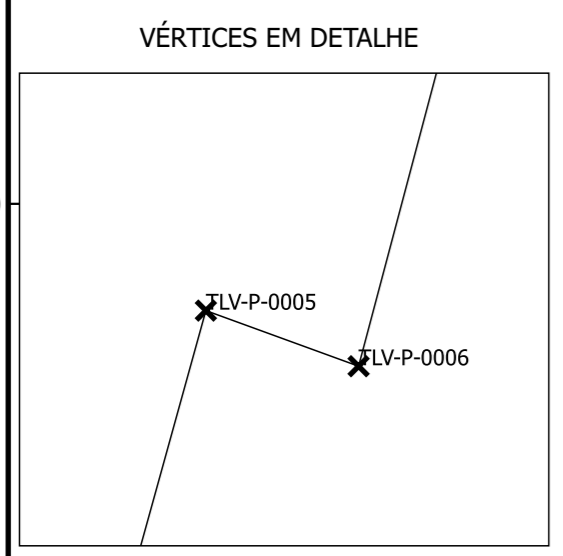
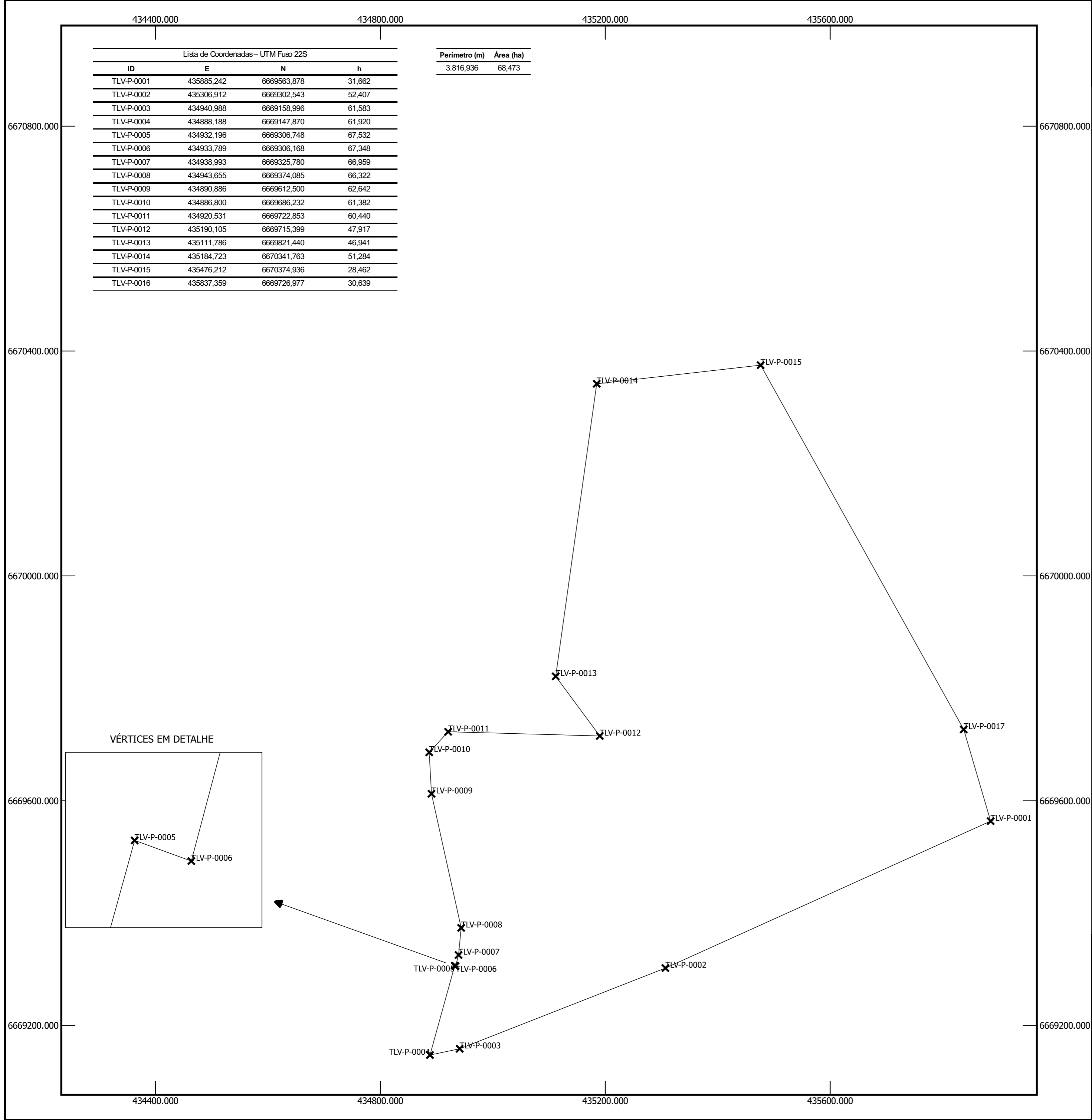
A declinação varia a uma taxa de 0° 9' W /ano

Sistema de Referência: SIRGAS 2000
Sistema de Projeção: UTM - Fuso 22 S

Lista de Coordenadas – UTM Fuso 22S

ID	E	N	h
TLV-P-0001	435885,242	6669563,878	31,662
TLV-P-0002	435306,912	6669302,543	52,407
TLV-P-0003	434940,988	6669158,996	61,583
TLV-P-0004	434888,188	6669147,870	61,920
TLV-P-0005	434932,196	6669306,748	67,532
TLV-P-0006	434933,789	6669306,168	67,348
TLV-P-0007	434938,993	6669325,780	66,959
TLV-P-0008	434943,655	6669374,085	66,322
TLV-P-0009	434890,886	6669612,500	62,642
TLV-P-0010	434886,800	6669686,232	61,382
TLV-P-0011	434920,531	6669722,853	60,440
TLV-P-0012	435190,105	6669715,399	47,917
TLV-P-0013	435111,786	6669821,440	46,941
TLV-P-0014	435184,723	6670341,763	51,284
TLV-P-0015	435476,212	6670374,936	28,462
TLV-P-0016	435837,359	6669726,977	30,639

Perímetro (m)	Área (ha)
3.816,936	68,473



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
ENGENHARIA CARTORÁFICA

UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

UFRGS
GEOCIÊNCIAS

Produto: Planta Cadastral da Área de Interesse - EEA - UFRGS	Folha: 02
Local: Eldorado do Sul - RS	Data: 12/12/2018
Equipe: Leonardo Menezes, Vinicius Caixeiro	