

## **DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS GEODÉSICAS DE MARCOS DE APOIO GEODÉSICO EM DOIS VIZINHOS**

**Girlaine Glenda Simplicio Brito**

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança  
para obtenção do Grau de Mestre em Gestão de Recursos  
Florestais no âmbito da dupla diplomação com a Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná*

Orientada por

**Maria Madalena Santos da Silva  
João Carlos Martins Azevedo**

**BRAGANÇA  
2021**

GIRLAINE GLENDA SIMPLICIO BRITO

## **DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS GEODÉSICAS DE MARCOS DE APOIO GEODÉSICO EM DOIS VIZINHOS**

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Gestão de Recursos Florestais no âmbito da dupla diplomação com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Madalena Santos da Silva

Coorientador: Prof. Doutor João Carlos Martins Azevedo

BRAGANÇA

2021



[4.0  
Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**GIRLAINE GLENDA SIMPLICIO BRITO**

**DETERMINAÇÃO DAS COORDENADAS GEODÉSICAS DE  
MARCOS DE APOIO GEODÉSICO EM DOIS VIZINHOS**

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Gestão de Recursos Florestais no âmbito da dupla diplomação com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 06/dezembro/2021

---

Maria Madalena Santos da Silva  
Doutora  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

João Paulo Miranda de Castro  
Doutor  
Instituto Politécnico de Bragança – Escola Superior Agrária

---

José Paulo Mendes Guerra Marques Cortez  
Doutor  
Instituto Politécnico de Bragança – Escola Superior Agrária

**BRAGANÇA**

**2021**

A minha mãe, minha família,  
meus amigos, minha orientadora,  
aos meus professores; à UTFPR e a mim mesma.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me dado forças nos momentos mais difíceis.

A mulher mais incrível, minha mãe, Marivalda, que sempre me incentivou a lutar por todos os meus sonhos. Obrigada por todas as conversas e conselhos. Pela criação e ensinamento, você me inspira a viver. Sou grata por ser sua filha, amo você.

Agradeço ao meu pai, Manoel, por sempre apoiar. Agradeço a meu irmão, Gladson e meus sobrinhos, Geovani e Gael, por todas as conversas, incentivos e apoio. Dedico em memória da minha avó, Maria, que sempre lutou por nossa família, mulher guerreira que nunca desistiu. Agradeço à toda a minha família.

A minha professora, orientadora e amiga Dra. Maria Madalena Santos da Silva, por toda sua paciência, ajuda, amizade, aprendizado... sei que não sou fácil em ser orientada, sou um pouco desesperada e maluca. Obrigada por acreditar em mim até quando nem eu mesma acreditava. Sou extremamente grata por tê-la conhecido, tenho uma grande admiração e inspiração. Obrigada por todo o ensinamento e por apresentar a minha paixão que é a Geodésia.

Ao Instituto Politécnico de Bragança, e Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pela oportunidade na realização da graduação e do mestrado. Agradeço ao meu coorientador Dr. João Carlos Martins Azevedo, pela paciência e disponibilidade. Ao Prof. Dr. José Paulo Cortez, pelas conversas e apoio durante a minha estadia em Portugal.

Agradecer ao Prof. Dr. Edgar de Souza Vismara, pela disponibilidade, ajuda e apoio nas análises do trabalho. Agradecer a cada professor que fez parte da minha formação, em especial Prof. Dra. Fabiani das Dores Abati Miranda pelas aulas e ensinamentos de geoprocessamento e topografia.

Ao meu (ex) namorado e amigo, Diego, que sempre me apoiou em todas as minhas decisões, que me aconselhou e me deu suporte, obrigada por acreditar em mim e não desistir de mim até nos piores momentos. Tenho uma grande admiração por você.

Aos amigos (família) que fiz em Portugal, muito obrigada, vocês me deram um apoio muito grande, tive momentos incríveis com vocês. A minha amiga Leticia, que foi minha companheira durante toda a minha estadia em Portugal, você foi a pessoa mais importante e me deu muita força. Aos meus amigos do Brasil, que tenho imensa saudade. Dedico em memória do meu amigo, Cássio, que terei muita saudade.

Amo vocês, e gratidão.

Eu quero me agradecer por acreditar em mim. por nunca desistir, e lutar por mim mesma.

*“Se cuide, se ame, se preserve, se regue.  
Sua única obrigação é ser o melhor para você mesmo.” (Victor Érik)*

*“Que a força esteja com você” (Star Wars)*

## RESUMO

O posicionamento relativo estático é uma das práticas oferecidas pelo sistema global de navegação por satélite e permite determinar qualquer posição no globo terrestre. Este trabalho tem como objetivo determinar coordenadas elipsoidais de marcos geodésicos no município de Dois Vizinhos – Paraná, Brasil, para serem disponibilizados como marcos de apoio a trabalhos científicos e profissionais na região. Para isto, foi definido como marco de referência para os demais pontos determinados o marco homologado pelo IBGE, denominado estação 96153. Além deste, foram utilizadas as estações de referência da Rede Brasileira do Monitoramento Contínuo (RBMC). Os marcos dos quais se determinaram as coordenadas estão localizados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), sendo eles UTFPR 01 e UTFPR 02. Outro marco está localizado na área urbana do município, na Unidade de Pronto Atendimento (UPA), no bairro Sagrada Família. Conforme os critérios estabelecidos pelo IBGE, utilizou-se a técnica de posicionamento relativo estático, onde o receptor de referência e o ponto de interesse permaneceram parados rastreando simultaneamente por no mínimo 6 horas, em quatro sessões. Os processamentos dos dados foram realizados em relação às estações pertencendo à RBMC de Guarapuava (PRGU), Foz do Iguaçu (ITAI), Maringá (PRMA) e Chapecó (SCCH). Não se utilizou a estação 96153 para o processamento dos marcos, UTFPR01 e UTFPR02 por apresentar-se como uma estação de referência muito comprometida devido a suas obstruções ao redor do marco, indicando um erro superior quando comparado aos resultados obtidos pela RBMC. Para o processamento e ajustamento dos dados de campo utilizou-se o *software* Trimble Business Center. O resultado comparativo do marco UPA quando processado em relação às bases RBMC e à estação 96153, resultou em uma discrepância de posicionamento de  $\Delta N = \pm 0,075$  m,  $\Delta E = \pm 0,242$  m e  $\Delta H = \pm 0,857$  m. Considerando que a linha de base entre a estação 96153 e o marco UPA apresenta uma linha de base curta, cerca de 1,5 km. No entanto, a situação de obstrução do marco de referência 96153 resultou em erros superiores ao desvio-padrão permitido pela norma. Enquanto a linha de base entre o marco UPA e as estações RBMC consideradas longas, ou seja, superior a 100km, resultou em erros mínimos comparados ao padrão normatizado pela legislação brasileira para este tipo de posicionamento. Conclui-se, que as coordenadas plano-cartesianas sistema UTM, fuso 22 S, SIRGAS 2000 de cada marco, são: UTFPR01 N 7155400,163m E 289451,357m e H 554,600m; UTFPR02 N 7155427,670m E 289435,482m e H 556,526m; UPA N 7149515,330m E 292797,631m e H 489,073m e a estação 96153 N 7150414,756m E



294021,679m e H 511,542m. Foi realizado uma comparação entre os resultados da estação 96153 do trabalho com o relatório da estação geodésica do IBGE, onde observou-se uma discrepância alta, principalmente no valor da altitude ( $\Delta H = \pm 2,758$  m).

**Palavras-chaves:** GNSS; Geodésica; Coordenadas UTM.

## ABSTRACT

The static relative positioning is one of the practices offered by the global navigation satellite system and allows to determine any position on the terrestrial globe. This work aims to determine ellipsoidal coordinates of geodetic landmarks in the municipality of Dois Vizinhos – Paraná, Brazil, to be made available as support landmarks for scientific and professional work in the region. For this, the landmark approved by the IBGE, called station 96153 was defined as a reference mark for the other points determined. In addition, reference stations of the Brazilian Network for Continuous Monitoring (RBMC) were used. The landmarks from which the coordinates were determined are located at the Federal Technological University of Paraná (UTFPR), which are UTFPR 01 and UTFPR 02. Another landmark is located in the urban area of the municipality, in the Emergency Care Unit (UPA), in the Sagrada neighborhood Family. According to the criteria established by the IBGE, the static relative positioning technique was used, where the reference receiver and the point of interest remained stationary tracking simultaneously for at least 6 hours, in four sessions. Data processing was carried out in relation to the stations belonging to the RBMC of Guarapuava (PRGU), Foz do Iguaçu (ITAI), Maringá (PRMA) and Chapecó (SCCH). Station 96153 was not used for processing the landmarks, UTFPR01 and UTFPR02 because it is a very compromised reference station due to its obstructions around the landmark, indicating a higher error when compared to the results obtained by the RBMC. For the processing and adjustment of field data, the Trimble Business Center software was used. The comparative result of the UPA landmark when processed in relation to the RBMC bases and station 96153, resulted in a positioning discrepancy of  $\Delta N = \pm 0.075$  m,  $\Delta E = \pm 0.242$  m and  $\Delta H = \pm 0.857$  m. Whereas the baseline between station 96153 and the UPA landmark has a short baseline, about 1.5 km. However, the obstruction situation of benchmark 96153 resulted in errors greater than the standard deviation allowed by the norm. While the baseline between the UPA landmark and the RBMC stations considered long, that is, greater than 100km, resulted in minimal errors compared to the standard established by Brazilian legislation for this type of positioning. It is concluded that the UTM plane-Cartesian coordinates, spindle 22 S, SIRGAS 2000 of each landmark are: UTFPR01 N 7155400.163m E 289451.357m and H 554.600m; UTFPR02 N 7155427.670m E 289435,482m and H 556.526m; UPA N 7149515.330m E 292797.631m and H 489.073m and station 96153 N 7150414.756m E 294021.679m and H 511.542m. A comparison was

made between the results of the 96153 work station with the IBGE geodetic station report, where a high discrepancy was observed, mainly in the altitude value ( $\Delta H = \pm 2.758$  m).

**Keywords:** GNSS; Geodesic; Coordinates UTM.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa das redes do Sistema Geodésico Brasileiro 2020. Fonte: IBGE (2020). .....	19
Figura 2 – Rede Planimétrica do SGB. Fonte: IBGE (2019).....	20
Figura 3 – Rede Altimétrica do SGB. Fonte: IBGE (2019). ....	21
Figura 4 – Rede Gravimétrica do SGB. Fonte: IBGE (2019).....	22
Figura 5 – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS. Fonte: IBGE (2019).....	23
Figura 6 – Posicionamento relativo. Fonte: Adaptado do INCRA (2013). ....	26
Figura 7 – Constelação de satélites do sistema GPS. Fonte: GPS, 2019.....	29
Figura 8 – Segmento espacial do GLONASS. Fonte: Kaplan e Hegarty (2006).....	32
Figura 9 – Segmento espacial do BeiDou. Fonte: BeiDou (2018). ....	33
Figura 10 – Fluxograma das atividades a serem desenvolvidas. Fonte: A autora (2021). .....	35
Figura 11 – Mapa de localização. Fonte: A autora (2021).....	36
Figura 12 – Marco geodésico estação 96153 RN 1726F (A) Prefeitura Municipal de Dois Vizinhos (B) Marco Municipal (C) Marco Prefeitura. Fonte: A autora (2018).....	36
Figura 13 – (A) Antigo marco geodésico (UTFPR01), (B) Novo marco geodésico (UTFPR02) e (C) marco UPA. Fonte: A autora (2021).....	37
Figura 14 – (A) GNSS (B) Controladora. Fonte: A autora (2021).....	38
Figura 15 – Posicionamento Relativo Estático, (A) Base de referência estação 96153 (B) Rover Marco UPA. Fonte: A autora (2021).....	39
Figura 16 – Posicionamento da UPA em relação as bases RBMC. Fonte: A autora (2021). .....	40
Figura 17 – Obstruções entorno da estação 96153, (A) Árvores arredores (B) Monumento e edificação próximos ao receptor GNSS. Fonte: A autora (2021).....	50
Figura 19 – Resumo de rastreamento dos satélites do dia 18/10/2021 estação 96153.59	

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais características do sistema GNSS. ....	24
Tabela 2 – Precisão dos métodos de posicionamentos. ....	27
Tabela 3 – Precisão do posicionamento relativo em função do comprimento da linha de base, tempo de observação e equipamento utilizado. ....	28
Tabela 4 – Erros no posicionamento GPS. ....	30
Tabela 5 – Data dos rastreios de cada marco.....	39
Tabela 6 – Arquivos de cada marco.....	48
Tabela 7 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da estação 96153 com base a RBMC. ....	49
Tabela 8 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da UPA com base a RBMC.....	51
Tabela 9 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da UPA com base a estação 96153. ....	52
Tabela 10 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da UTFPR01 com base a RBMC. ....	53
Tabela 11 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da UTFPR02 com base a RBMC. ....	54
Tabela 12 – Processamento linha de base, UPA - RBMC do dia 14 de outubro de 2021. ....	56
Tabela 13 – Processamento linha de base, UPA - RBMC do dia 16 de outubro de 2021. ....	56
Tabela 14 – Processamento linha de base, UPA - RBMC do dia 18 de outubro de 2021. ....	57
Tabela 15 – Processamento linha de base, UPA - RBMC do dia 19 de outubro de 2021. ....	57
Tabela 16 – Processamento linha de base, UPA - Estação 96153 do dia 14 de outubro de 2021. ....	58
Tabela 17 – Processamento linha de base, UPA - Estação 96153 do dia 16 de outubro de 2021. ....	58
Tabela 18 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão em relação UPA - RBMC.....	60
Tabela 19 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão em relação UPA - Estação 96153. ....	60

Tabela 20 – Processamento linha de base, UTFPR01 - RBMC do dia 21 de outubro de 2021. ....	62
Tabela 21 – Processamento linha de base, UTFPR01 - RBMC do dia 22 de outubro de 2021. ....	62
Tabela 22 – Processamento linha de base, UTFPR01 - RBMC do dia 25 de outubro de 2021. ....	63
Tabela 23 – Processamento linha de base, UTFPR01 - RBMC do dia 26 de outubro de 2021. ....	63
Tabela 24 – Processamento linha de base, UTFPR02 - RBMC do dia 21 de outubro de 2021. ....	64
Tabela 25 – Processamento linha de base, UTFPR02 - RBMC do dia 22 de outubro de 2021. ....	64
Tabela 26 – Processamento linha de base UTFPR02 - RBMC do dia 25 de outubro de 2021. ....	65
Tabela 27 – Processamento linha de base UTFPR02 - RBMC do dia 26 de outubro de 2021. ....	65
Tabela 28 – Análise descritiva UTFPR01. ....	66
Tabela 29 – Análise descritiva UTFPR02. ....	67
Tabela 30 – Análise descritiva UPA. ....	67
Tabela 31 – Análise descritiva Estação 96153. ....	68
Tabela 32 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão final da UPA. ....	68
Tabela 33 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão final da Estação 96153. ....	69
Tabela 34 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão final da UTFPR01. ....	69
Tabela 35 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão final da UTFPR02. ....	69
Tabela 36 - Análise de discrepância entre o levantamento e o relatório do IBGE. ....	70

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>AS</b>	Anti-Spoofing
<b>BDG</b>	Bancos de Dados Geodésicos
<b>BeiDou</b>	Sistema de Navegação Regional Chinês.
<b>C/A</b>	Coarse/Aquisition.
<b>CNG</b>	Conselho Nacional de Geografia
<b>GLONASS</b>	Global Navigation Satellite Systems
<b>GNSS</b>	<i>Global Navigation Satellitte System</i>
<b>GPS</b>	<i>Global Positioning System</i>
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IGS</b>	<i>International GNSS Service</i>
<b>INCRA</b>	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
<b>INDE</b>	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
<b>INPE</b>	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
<b>P</b>	Precision
<b>PDOP</b>	<i>Positional Dilution od Precision</i>
<b>PRN</b>	<i>Pseudo Random Noise</i>
<b>RBMC</b>	Rede Brasileira de Monitoramento Continuo
<b>RINEX</b>	<i>Receiver Independent Exchange</i>
<b>RMS</b>	<i>Root Mean Square</i>
<b>SA</b>	<i>Selective Availabitily</i>
<b>SBAS</b>	Satellite Based Augmentation System
<b>SGB</b>	Sistema Geodésico Brasileiro
<b>SGR</b>	Sistema Geodésico de Referência
<b>SIRGAS</b>	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
<b>TBC</b>	Trimble Business Center
<b>UPA</b>	Unidade de Pronto Atendimento
<b>UTFPR</b>	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
<b>UTM</b>	Universal Transverse Mercator

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2. OBJETIVO.....</b>	<b>18</b>
2.1. Objetivo Geral.....	18
2.2. Objetivos Específicos .....	18
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>19</b>
3.1. Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).....	19
3.1.1. Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) .....	22
3.2. Sistema Global de Navegação por Satélite – GNSS .....	23
3.2.1. Posicionamento relativo.....	25
3.2.2. Sistema de Posicionamento Global – GPS.....	28
3.2.3. GLONASS.....	31
3.2.4. BeiDou .....	32
3.3. Sistema de Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) .....	33
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>35</b>
4.1. Fluxograma das Atividades .....	35
4.2. Localização da área de estudo.....	35
4.3. Metodologia .....	36
4.3.1. Definição do ponto de referência .....	36
4.3.2. Aquisição de dados de campo com equipamento GNSS.....	37
4.3.3. Processamento e Ajustamento dos Dados .....	40
4.3.3.1. Processamento estação 96153 em relação à RBMC. ....	41
4.3.3.2. Processamento UPA em relação à RBMC. ....	41
4.3.3.3. Processamento estação 96153 em relação à UPA. ....	42
4.3.3.4. Processamento UTFPR01 em relação à RBMC.....	42
4.3.3.5. Processamento UTFPR02 em relação à RBMC.....	43
4.3.4. Cálculo da precisão do posicionamento.....	44
4.3.5. Análise descritiva.....	44
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>46</b>



5.2. Aquisição de dados do campo com GNSS.....	46
5.3. Pós-processamento e ajustamento .....	48
5.3.1. Comparativo da base UPA com as bases RBMC e a estação 9615356	
5.3.2. Processamento linha de base UTFPR01 e UTFPR02 .....	62
5.3.3. Análise descritiva dos marcos.....	66
5.4. Coordenadas finais.....	68
<b>6. Conclusão.....</b>	<b>71</b>
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>75</b>
ANEXOS I .....	76
ANEXO II .....	79

## 1. INTRODUÇÃO

Antigamente, era árduo o trabalho para determinar qualquer posição no globo, por muito tempo eram utilizados como orientação, sol, planetas e estrelas. Atualmente, já é uma tarefa relativamente fácil de ser realizada, devido as melhorias tecnológicas que ocorreram ao longo dos anos.

Ultimamente, vários avanços tecnológicos permitiram o surgimento de uma nova geração de equipamentos de medições topográficas e geodésicas, tais como, estação total, nível, scanner e trenas a laser, ecobatímetros, sistemas de medição por satélite, incluindo sistemas de posicionamento global (GPS) e RTK.

A revolução tecnológica provocou uma mudança na utilização da tecnologia GNSS (*Global Navigation Satellite System*), tanto nas atividades de navegação, quanto de posicionamento. Por meio desta tecnologia os trabalhos se tornaram mais rápidos e econômicos, além de sua confiabilidade.

O sistema de posicionamento global, conhecido como GPS, sendo ele um sistema de radionavegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América, teve como objetivo atender aos interesses da força militar americana. Atualmente, é empregado para o auxílio à navegação em três dimensões, sendo essa navegação em tempo real, de rápida obtenção das informações e transmitido pelos satélites.

Nesse contexto, a utilização das Geotecnologias se tornou obrigatório para estudos relacionados à Gestão de Recursos Florestais, podendo influenciar, inclusive, a estrutura de uma floresta. Sendo assim, atualmente ela vem sendo uma ferramenta fundamental para qualquer tomada de decisão e projetos florestais, civis, entre outros.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1. Objetivo Geral**

Com este trabalho pretendeu-se determinar as coordenadas elipsoidais de marcos geodésicos implantados no município de Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. A partir disso, verificar a qualidade das coordenadas já homologadas pelo IBGE para a estação de referência 96153, para que esta sirva como apoio geodésico além de topográfico. E também, desenvolveu-se uma análise das coordenadas de novos marcos geodésicos que podem servir como apoio geodésico, tendo como bases as estações de referência 96153 e demais estações da RBMC, considerando a geometria de distribuição espacial das mesmas.

### **2.2. Objetivos Específicos**

O presente trabalho tem como objetivos específicos:

- Identificar os marcos geodésicos, já implantados no município de Dois Vizinhos e que serão alvo de estudo nesse trabalho considerando sua importância para trabalhos de pesquisa e profissionais na região;
- Implementar a coleta de dados campo, conforme normativa brasileira para estabelecimento de coordenadas oficiais de marcos geodésicos;
- Avaliar a qualidade das coordenadas da estação de referência 96153 como apoio geodésico, a partir de nova ocupação e utilizando como referência as bases da RBMC;
- Avaliar a qualidade dos resultados obtidos para os pontos já implantados no município e estabelecidos para esta pesquisa, para serem utilizados como apoio geodésico.









Figura 4 – Rede Gravimétrica do SGB. Fonte: IBGE (2019).

### 3.1.1. Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC)

O IBGE implantou no ano 1996 a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), sendo esta uma rede que possui estações de coleta permanente de dados GNSS. Esta rede está ligada ao Sistema de Referência Geocêntrico das Américas (SIRGAS) e utiliza o *datum* WGS84 (World Geodetic System 1984) e o elipsoide SGR 1980 (CARVALHO, 2003). Atualmente, segundo INDE (2020), existem 112 estações de rastreamento da RBMC distribuídas por todo território brasileiro e nas capitais dos estados ao menos uma estação está implantada (Figura 5).

Esta rede tem como objetivo a materialização da estrutura geodésica no Brasil, além de servir de ligação com redes geodésicas internacionais. Estas estações representam pontos de coordenadas conhecidas e fazem parte do SGB. Desta forma, o usuário do sistema pode utilizar as estações como ponto base, dispensando a necessidade de empregar um receptor GNSS neste ponto, e mesmo assim obter





atmosféricas (MONICO, 2008; SEEBER, 2003). O GNSS envolve um sistema de posicionamento a partir de uma ou mais constelações de satélites de sistemas globais de navegação. O Global Positioning System (GPS), dos Estados Unidos da América, e o *Global Navigational Satellite System* (tradução para inglês do russo) (GLONASS), da Rússia, foram pioneiros, sendo os que possuem constelação completa e operantes a nível global. Os outros sistemas ativos são o sistema europeu Galileo e o sistema chinês BeiDou. A tabela 1 indica as principais características dos 4 sistemas globais.

Tabela 1 – Principais características do sistema GNSS.

Parâmetro	GPS	GLONASS	Galileo	BeiDou
	EUA	Rússia	Europa	China
Constelação nominal	24	24+3	24+6	27 MEO
Satélites operacionais	31	24	22	21 MEO
Planos orbitais	6	3	3	3
Inclinação	55°	64,8°	56°	55°
Altitude (km)	20200	19100	23222	21500
Frequências (MHz)	L1: 1575,42	L1: 1597-1617	E1: 1575,42 E5a: 1176,45	B1: 1561,098
	L2: 1227,60	L2: 1240-1260	E5b: 1207,14	B2: 1207,14
	L5: 1176,45	L3: 1202,025	E5: 1191,795	B3: 1268,52
			E6: 1278,75	
Identificação dos satélites	CDMA	FDMA/CDMA	CDMA	CDMA
Efemérides	Elementos keplerianos	PVT	Elementos keplerianos	Elementos keplerianos
Sistema de referência	WGS84	PZ-90	GTRF	CGCS2000

Nota: MEO (*Medium Earth orbits*); CDMA (*Code Division Multiple Access*); FDMA (*Frequency Division Multiple Access*); PVT (Position, Velocity and Precise Time). Fonte: Adaptado de Langley, Teunissen e Montenbruck (2017).

O termo GNSS tem por finalidade agrupar sob essa designação os sistemas de posicionamento por satélites artificiais de cobertura mundial, formando uma constelação que propicia a cobertura de toda a superfície terrestre com no mínimo 4 satélites disponíveis a qualquer tempo. Para a determinação das coordenadas de um ponto empregam-se os dados de rastreamento de no mínimo 3 satélites, sendo que o quarto satélite é utilizado para sincronizar o tempo, pois não há sincronismo entre o relógio do receptor do usuário e o relógio do satélite, devido aos diferentes materiais utilizados na fabricação (DOMPIERI, et al 2015).

A metodologia de posicionamento relativo pelo GNSS pode-se empregar em diferentes procedimentos e técnicas, tais como, podem ser vistos a seguir (INCRA, 2013).

### 3.2.1. Posicionamento relativo.

Nesta técnica podem-se determinar as coordenadas de um ponto desconhecido ou ponto de interesse a partir de um ponto com coordenadas conhecidas e utilizado como ponto base ou ponto de referência. Para isso empregam-se dois ou mais receptores GNSS que coletarão simultaneamente dados da constelação de satélites disponíveis naquele local devendo ao menos um dos receptores ocupar um ponto de referência, ou seja, um ponto com coordenada conhecida que denomina-se base (Figura 6) (INCRA, 2013).

O posicionamento relativo pelo GNSS pode ser realizado em diferentes procedimentos e metodologias, tais como: posicionamento relativo, relativo estático, relativo estático-rápido e relativo semicinemático (*stop and go*) e relativo cinemático (INCRA, 2013).

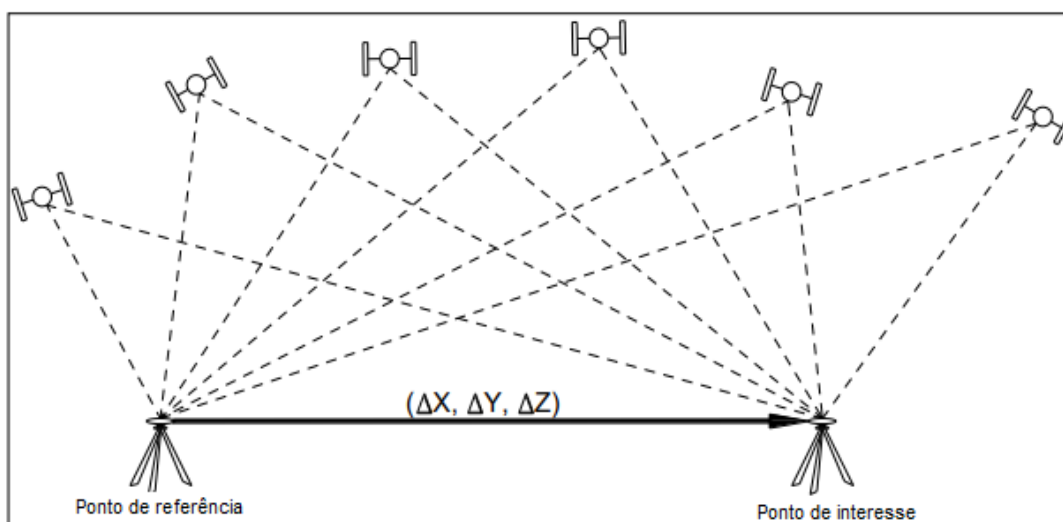


Figura 6 – Posicionamento relativo. Fonte: Adaptado do INCRA (2013).

- a) Posicionamento relativo estático: nesta técnica de campo os dados são coletados com um receptor GNSS instalado no ponto de referência e outro receptor ocupando o ponto de interesse. Ambos os receptores permanecem estacionários durante todo o levantamento, podendo durar a coleta de dados de uma hora a várias horas, sendo esse tempo determinado em função das distâncias entre ambos os receptores, o que denomina-se linha de base. Para os levantamentos com linhas de base curtas, ou seja, inferiores a 10 km, o tempo de permanência varia de 30 min a 1 h. Já para linhas de base longas, acima de 100 km, o tempo de permanência indicado é de 2 a 6 horas e utilizando receptores de dupla frequência (L1 e L2) (IBGE, 2008).
- b) Posicionamento relativo estático-rápido: esta técnica é similar a técnica estática, diferenciando-se pelo intervalo de tempo da coleta de dados, que deve variar de 5 a 20 minutos. Esta técnica é uma alternativa quando se deseja alta produtividade em locais onde não há obstruções (INCRA, 2013).
- c) Posicionamento relativo semicinemático (*stop and go*): esta técnica de campo é utilizada para coleta de dados pontuais e contínuas simultaneamente, por exemplo, pontos cadastrais e linhas de divisa. Neste procedimento um receptor ocupa o ponto de referência (base) e outro(s) receptor(es) ocupa(m) demais pontos de interesse. O tempo de

permanência para determinação de pontos é de 1 a 2 minutos de forma estática sobre o ponto de interesse, na sequência do levantamento inicia-se o caminhamento até o próximo ponto de interesse, formando assim uma linha de caminhamento. É indicado para locais com poucas obstruções (INCRA, 2013).

- d) Posicionamento relativo cinemático: para execução desta técnica, enquanto o receptor do ponto de referência permanecer estático e o receptor de interesse permanece em movimento durante todo o levantamento (IBGE, 2008).

A precisão obtida pelos diferentes métodos de posicionamento citados é indicada tabela 2.

Tabela 2 – Precisão dos métodos de posicionamentos.

	<b>Método</b>	<b>Observação</b>	<b>Precisão (nível de confiança de 68,2 %)</b>
Relativo	Estático	DD pseudodistância e fase	0,01 a 1 ppm
	Estático-rápido	DD pseudodistância e fase	1 a 10 ppm
	Semicinemático	DD pseudodistância e fase	1 a 10 ppm
	Cinemático	DD pseudodistância e fase	1 a 10 ppm

Fonte: IBGE, 2008.

Em decorrência da grande dificuldade em definir valores que representam a precisão do posicionamento geodésico com GPS, os pesquisadores estão em busca da melhor maneira para obter valores confiáveis para a precisão posicional em função do comprimento da linha de base, tempo de observação e o tipo de equipamento utilizado (L1 ou L1/L2) (IBGE, 2008).

Em princípio, para que o usuário possa planejar seus levantamentos e obter a melhor precisão, deve-se levar em consideração os parâmetros apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Precisão do posicionamento relativo em função do comprimento da linha de base, tempo de observação e equipamento utilizado.

<b>Linha de Base (km)</b>	<b>Tempo de observação</b>	<b>Equipamento Utilizado</b>	<b>Precisão</b>
0 – 5	5 – 10 min	L1 ou L1/L2	5 – 10 mm + 1ppm
5 – 10	10 – 15 min	L1 ou L1/L2	5 – 10 mm + 1ppm
10 – 20	10 – 30 min	L1 ou L1/L2	5 – 10 mm + 1ppm
20 – 50	2 – 3 h	L1/L2	5 mm + 1ppm
50 – 100	mínimo 3 h	L1/L2	5 mm + 1ppm
>100	mínimo 4 h	L1/L2	5 mm + 1ppm

Fonte: IBGE, 2008.

### 3.2.2. Sistema de Posicionamento Global – GPS

O sistema GPS é resultado de uma fusão de dois programas financiados pelos EUA, inicialmente sob a responsabilidade da Marinha e Força Aérea e declarado operacional em abril de 1995. Este sistema permite determinar a velocidade de um ponto ou a sua posição na superfície terrestre ou próximo a ela a partir de observações à satélites artificiais (DOMPIERI et al., 2015). Atualmente o sistema é monitorado e controlado pela Força Espacial dos Estados Unidos (AFE).

O sistema é composto por uma constelação nominal de 24 satélites em operação, transmitindo sinais de rádio aos usuários, sendo que esse sistema possui 31 satélites operacionais (Figura 7) (SEEBER, 2003). O sistema passou por projetos de modernização, sendo as atualizações nos centros de controle e nos blocos de satélites. Dentre estas alterações, houve a desativação da disponibilidade seletiva (SA – *Selective Availability*) em 2000, a qual fazia com que os sinais transmitidos para usos civis eram degradados como forma de segurança nacional. Outra alteração foi a inclusão de novas estações ao segmento de controle (MONICO, 2008).

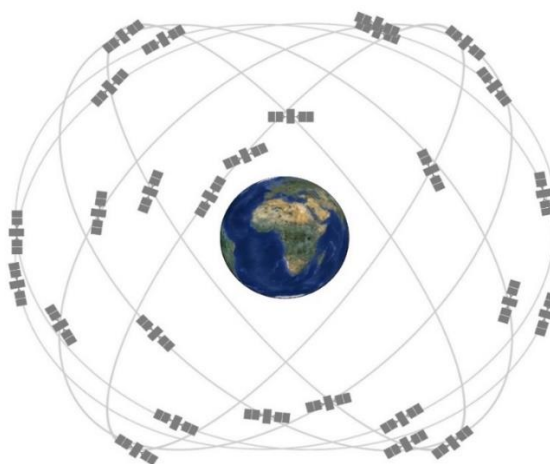


Figura 7 – Constelação de satélites do sistema GPS. Fonte: GPS, 2019.

Em relação as frequências de transmissão dos sinais deste sistema, são denominadas L1 (1575,42 MHz) e a L2 (1227,60 MHz), ambas derivadas da frequência fundamental do sistema de 10,23 MHz. As duas frequências são geradas, moduladas e transmitidas nas mensagens de navegação, o que permite através de algoritmos do sistema corrigir grande parte dos efeitos provocados pela ionosfera. Junto as frequências são moduladas os códigos pseudoaleatórios (PRN – *Pseudo Random Noise*), diferenciados em dois tipos de códigos, P (*Precise* ou *Protected*) e C/A (*Course/Acquisition*) (MONICO, 2008).

A melhoria da precisão do posicionamento está relacionada a capacidade do receptor em receber as frequências L1 e L2, simultaneamente, denominados receptores geodésicos. Já os receptores topográficos decodificam apenas a frequência L1.

O sistema GPS é estabelecido em três segmentos: espacial, controle e usuário (MONICO, 2008):

- 1) Segmento espacial, constitui-se de uma constelação de satélites que orbitam a Terra transmitindo os sinais usados no posicionamento, são distribuídos em 6 diferentes órbitas inclinadas em  $55^\circ$  em relação ao Equador.
- 2) Segmento de controle, é responsável pelo monitoramento e controle contínuo do sistema de satélites. É neste segmento que são realizadas as análises de estabilidade do sistema, são emitidos comandos para funcionamento da constelação dentro de suas órbitas, feita a

decodificação das efemérides emitidas pelos satélites, além da realização do cálculo das correções dos relógios dos satélites. As estações monitoradoras possuem receptores de alta precisão, rastreando os sinais e enviando os dados gerados para a estação central diariamente.

- 3) Segmento de usuário é associado ao receptor, sendo que os receptores são utilizados conforme a necessidade do usuário, como navegação, geodésia, agricultura de precisão ou qualquer outra atividade que requeira posicionamento espacial na superfície terrestre.

De acordo com Seeber (2003), os principais componentes de um receptor GPS são:

- antena com pré-amplificador;
- seção de radiofrequência para identificação e processamento do sinal;
- microprocessador para controle do receptor, amostragem e processamento de dados;
- oscilador;
- interface para o usuário, painel de exibição e comandos;
- provisão de energia; e
- memória para armazenar os dados.

As ondas eletromagnéticas detectadas pela antena são emitidas pelos satélites, convertidas a energia da onda em corrente elétrica, amplificando o sinal e que é enviado para o receptor. Em levantamentos geodésicos, a antena garante alta estabilidade e proteção dos sinais refletidos (MONICO, 2008).

Pode-se citar algumas fontes de erros no posicionamento com GPS, aponta Monico (2000), tais como: satélite, propagação do sinal, receptor/antena e estação. A tabela 4 apresenta alguns dos erros que interferem diretamente no posicionamento.

Tabela 4 – Erros no posicionamento GPS.

<b>Fontes</b>	<b>Erros</b>
Satélite	Atraso entre as duas portadoras no hardware do satélite

	Erro de órbita
	Erro do relógio
Propagação do sinal	Refração troposférica
	Refração ionosférica
	Perdas de ciclos
	Multicaminho
Receptor/antena	Erro do relógio
	Erro entre os canais
	Variação do centro de fase da antena
Estação	Erro nas coordenadas
	Multicaminho

Fonte: Monico, 2000.

As efemérides disponibilizam informações da posição dos satélites e relógios, elas trazem as coordenadas dos satélites expressas em elementos keplerianos. Também são transmitidos coeficientes que descrevem a ionosfera e podem ser utilizados para a correção do atraso ionosférico por usuários de simples frequência. O IGS (*International GNSS Service*) é responsabilizado pelas efemérides precisas, reunindo dados de diversos centros de análise para a produção de arquivos (SETTI JÚNIOR, 2019).

### 3.2.3. GLONASS

*Global Navigational Satellite System* (GLONASS) teve início na década de 70 sendo criado para proporcionar posicionamento 3D e informações de tempo, em níveis globais e regionais. Atualmente é desenvolvido e operado pela *Russian Federation Space Forces*, sendo um sistema militar, mas após alguns acordos do governo russo passou a ser disponibilizado para o uso civil (MONICO, 2008). A figura 8 representa seu segmento espacial, seu primeiro satélite foi lançado em 1982 e entrou em operação em 1993.





Figura 8 – Segmento espacial do GLONASS. Fonte: Kaplan e Hegarty (2006).

Segundo Monico (2008), o GLONASS é dividido em três segmentos: controle, usuários e espacial. O segmento espacial consiste em uma constelação de vinte e quatro satélites e três de reserva, distribuídos em três planos orbitais, cada um com 8 satélites. O segmento de controle é composto por uma base de controle central, central para sincronização de tempo, estações de comando e rastreamento. O segmento de usuários está associado aos receptores e seus usuários.

O sistema GLONASS transmite sinais em duas bandas codificadas em frequências L1 e L2, formadas por dois códigos binários e mensagens de navegação (MONICO, 2008). Como as frequências do GPS e do GLONASS são próximas, Seeber (2003) relata que é possível utilizar uma antena combinada e um amplificador comum no mesmo equipamento, sendo que somente o processamento do sinal é diferente e requer ajustes.

#### 3.2.4. BeiDou

O *BeiDou Navigation Satellite System*, aponta Monico (2008), que teve início em 1983, com o objetivo de utilização de satélites geoestacionários para a melhoria do seu sistema de navegação e posicionamento. Seu primeiro satélite foi lançado no ano 2000, e atualmente opera uma constelação de 35 satélites, sendo que 30 estão em órbita ao redor da Terra e 5 geoestacionários (Figura 9).



Figura 9 – Segmento espacial do BeiDou. Fonte: BeiDou (2018).

Os satélites do BeiDou transmitem sinais de navegação numa frequência de 2491,75 MHz e o equipamento do usuário transmite de volta em 1615,68 MHz, muito semelhante as frequências dos sistemas já citados (GROVES, 2008).

### **3.3. Sistema de Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM)**

Este sistema de projeção é definido como uma projeção cilíndrica transversa de representação global da superfície terrestre, graças as diversas posições que o cilindro pode assumir com esse objetivo. As coordenadas plano-retangulares geradas por essa projeção constroem cartas de grande a média escalas, e são divididas em 60 fusos distintos com amplitude de 6° de longitude cada e limitados pelos paralelos 84°N e 80°S. A projeção UTM utiliza como unidade de medida o metro (CERQUEIRA, 1991).

A característica desta projeção cilíndrica conforme é a preservação dos ângulos das figuras representadas, sendo que a forma é inalterada na representação. Com isso, existe uma facilidade de obtenção de medidas de distância em objetos por ela projetados. (MIRANDA, 2005).

No Brasil temos o fuso 18 passando pelo Acre até o fuso 25 em Fernando de Noronha. Pode-se identificar o fuso a partir da numeração de seu Meridiano Central que fica exatamente no centro do fuso (CEUB/ICPD, 2021).

A cada sistema de projeção associa-se um sistema de coordenadas, sendo que para o sistema UTM a origem das abscissas, eixo E (Leste), é a linha imaginária

que representa o Meridiano Central do fuso em questão. Já a origem das ordenadas, eixo N (Norte) é a linha imaginária que representa a linha do Equador. A contagem dessas coordenadas foi elaborada para que nos hemisférios Sul e Norte não houvesse coincidência de coordenadas N e tão pouco coordenadas negativas. Sendo assim, para o hemisfério Sul a contagem inicia-se na linha do Equador com 10.000.000m e decrescendo no sentido do Pólo Sul. E para o hemisfério Norte, inicia-se na linha do Equador com 0,00 m e crescendo em direção ao Polo Norte. Já para o eixo E, as coordenadas iniciam no Meridiano Central do fuso em questão com 500.00,00 m e decrescendo na direção oeste até a borda do fuso com aproximadamente 250.000,00m. No sentido oposto, ou seja, para leste as coordenadas crescem na mesma proporção chegando na borda oriental do fuso com 750.000,00 m aproximadamente. (CERQUEIRA, 1991).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Fluxograma das Atividades

O presente trabalho foi desenvolvido de acordo com o fluxograma apresentado na figura 10.

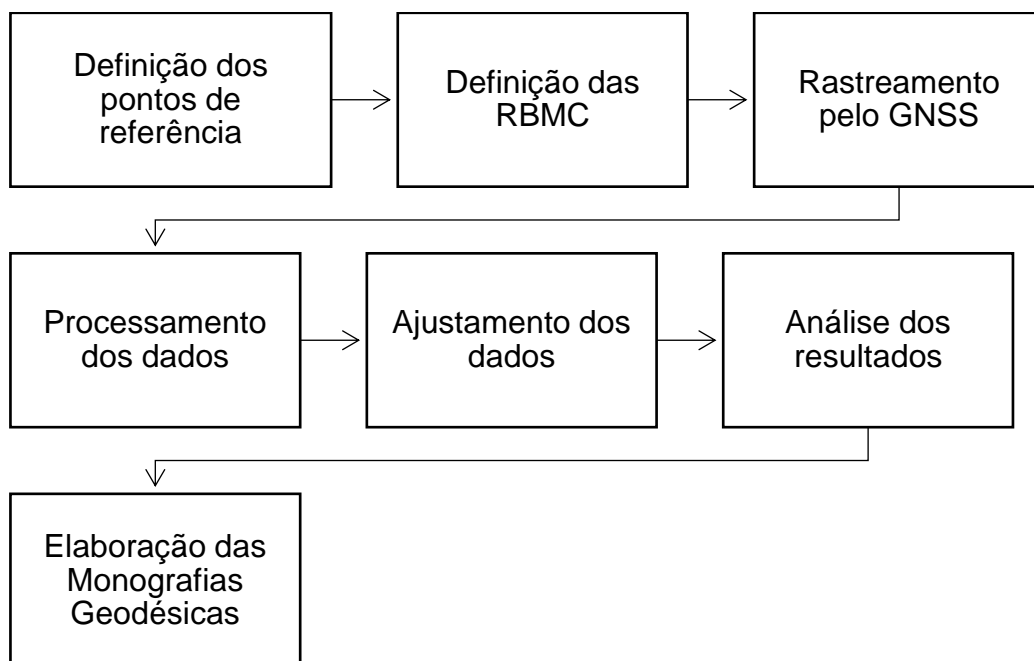


Figura 10 – Fluxograma das atividades a serem desenvolvidas. Fonte: A autora (2021).

### 4.2. Localização da área de estudo

O estudo foi realizado no município de Dois Vizinhos – Paraná (Figura 11), com as seguintes coordenadas geográficas aproximadas 25° 44' 59" Sul e 53° 03' 12" Oeste, com altitude de aproximadamente 515 m, conforme o relatório do IBGE para a estação 96153.

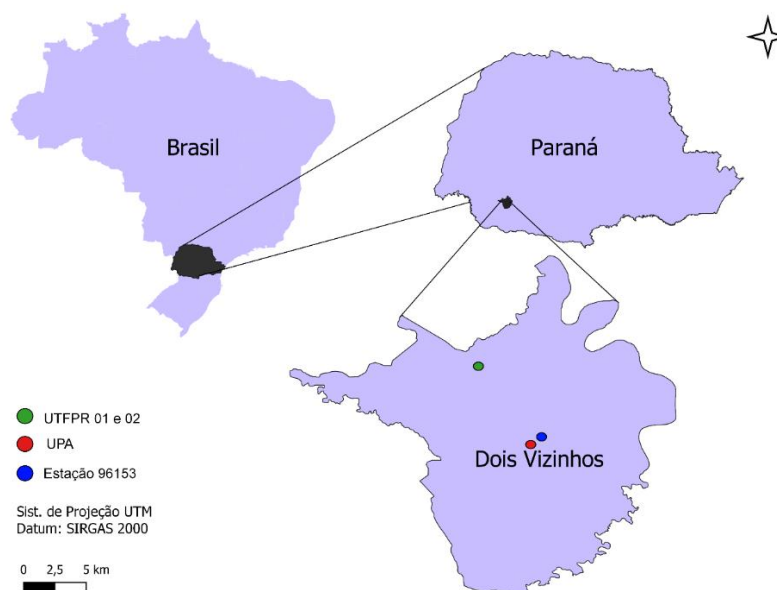


Figura 11 – Mapa de localização. Fonte: A autora (2021).

### 4.3. Metodologia

#### 4.3.1. Definição do ponto de referência

Para isso verificou-se junto ao IBGE, estações homologadas no município. Foram listadas um total de treze estações, no entanto, apenas a estação 96153 foi localizada na região do município (Anexo II). Sendo esta situada na entrada principal da Prefeitura Municipal de Dois Vizinhos (Figura 12).



Figura 12 – Marco geodésico estação 96153 RN 1726F (A) Prefeitura Municipal de Dois Vizinhos (B) Marco Municipal (C) Marco Prefeitura. Fonte: A autora (2018).

Como objetivo deste trabalho definiu-se determinar as coordenadas elipsoidais de marcos geodésicos implantados no município de Dois Vizinhos. Sendo que um encontra-se em frente ao laboratório de Fisiologia Vegetal na UTFPR denominado como marco de referência UTFPR01 e também o marco de referência localizado atrás do bloco K1 da UTFPR denominado UTFPR02. Também foi escolhido o ponto de apoio que se encontra na Unidade de Pronto Atendimento (UPA) na região centro sul do município (Figura 13).



Figura 13 – (A) Antigo marco geodésico (UTFPR01), (B) Novo marco geodésico (UTFPR02) e (C) marco UPA. Fonte: A autora (2021).

#### 4.3.2. Aquisição de dados de campo com equipamento GNSS.

O levantamento de campo foi realizado com um auxílio de dois receptores GNSS A90 RTK de 336 canais, da marca FOIF (Figura 14). Visando o objetivo deste trabalho, é importante ressaltar as informações abaixo:

- Precisão autônoma vertical de 150 cm e horizontal de 100 cm;
- Precisão em tempo real SBAS (WAAS/EGNOS/MSAS) horizontal de aproximadamente 50cm e vertical de 85cm;
- Precisão DGNSS horizontal de 25cm e vertical de 50cm;
- Tempo real cinemático fino horizontal de 0,8cm e vertical de 1,5cm;
- Confiabilidade RTK de 99,9%;
- Precisão de pós-processamento (Estático e rápido estático) horizontal de 2.5mm + 0,5ppm e vertical e 5mm + 0,5ppm;
- Taxa de gravação de 0,1 a 999 segundos.

O levantamento de campo iniciou-se no dia 14 de outubro de 2021 e estendeu-se até 19 de outubro de 2021, para a estação 96153 e o marco UPA. Conforme os critérios estabelecidos no IBGE (2018) para estabelecimento de marcos geodésicos, foram realizadas quatro sessões de duração mínima de 6 horas, com intervalos médios de 30 horas entre sessões.

O levantamento iniciou-se com a instalação do receptor base (estação 96153) com suas devidas configurações, sendo elas: altura da antena, informe das coordenadas conforme o relatório do IBGE (Anexo II) e a verificação da data e horário configurados no receptor. Logo após, instalou-se o *rover* no marco UPA e realizou-se as suas configurações tais quais na estação base (Figura 15).

A metodologia adotada para o levantamento foi o posicionamento relativo estático, ou seja, o receptor de referência e do ponto de interesse permanecem rastreando simultaneamente durante todo o levantamento. O intervalo de coleta de dados foi fixado em 15 segundos e tempo de permanência no ponto 6 horas. Esta metodologia utiliza-se uma combinação linear livre de ionosfera, independente do seu comprimento e quantidade de linhas de base envolvidas, é o método de posicionamento mais acurado com GNSS (ALMEIDA; POZ, 2016).



Figura 14 – (A) GNSS (B) Controladora. Fonte: A autora (2021).



Figura 15 – Posicionamento Relativo Estático, (A) Base de referência estação 96153 (B) *Rover* Marco UPA. Fonte: A autora (2021).

A coleta de dados dos marcos UTFPR01 e UTFPR02 foram realizadas entre os dias 21 de outubro de 2021 a 26 de outubro de 2021 e neste caso, ambos os pontos foram tratados como *rover* e as bases utilizadas foram as da RBMC anteriormente listadas.

Para ambos os pontos a metodologia de configuração de receptores e coleta de dados de campo foram similares ao procedimento acima descrito.

A tabela 5 apresenta as datas das coletas, sendo que os levantamentos foram divididos em 4 dias.

Tabela 5 – Data dos rastreios de cada marco.

Coleta	Data			
	Est. 56153	UPA	UTFPR01	UTFPR02
1	14/10/2021	14/10/2021	21/10/2021	21/10/2021
2	16/10/2021	16/10/2021	22/10/2021	22/10/2021
3	18/10/2021	18/10/2021	25/10/2021	25/10/2021
4	19/10/2021	19/10/2021	26/10/2021	26/10/2021

Fonte: A autora, 2021.



#### 4.3.3. Processamento e Ajustamento dos Dados

Os dados coletados com os receptores GNSS foram descarregados e convertidos para o formato RINEX 2.10. Na sequência, para o processamento dos dados utilizou-se o *software Trimble Business Center (TBC)*, contendo as configurações de máscara de elevação de 15° acima do horizonte, solução das ambiguidades fixas e ajustamento a nível de confiança 1 sigma.

Os processamentos dos dados coletados foram realizados individualmente para cada ponto de interesse e em relação às estações pertencente à RBMC de PRGU (Guarapuava-PR), ITAI (Foz do Iguaçu-PR), PRMA (Maringá-PR) e SCCH (Chapecó-SC). Essas estações da RBMC foram escolhidas para propiciar a melhor geometria entre elas os marcos de interesse (Figura 16). Realizou-se também processamento da UPA em relação a estação 96153, para a verificação dos resultados entre os dois processamentos.

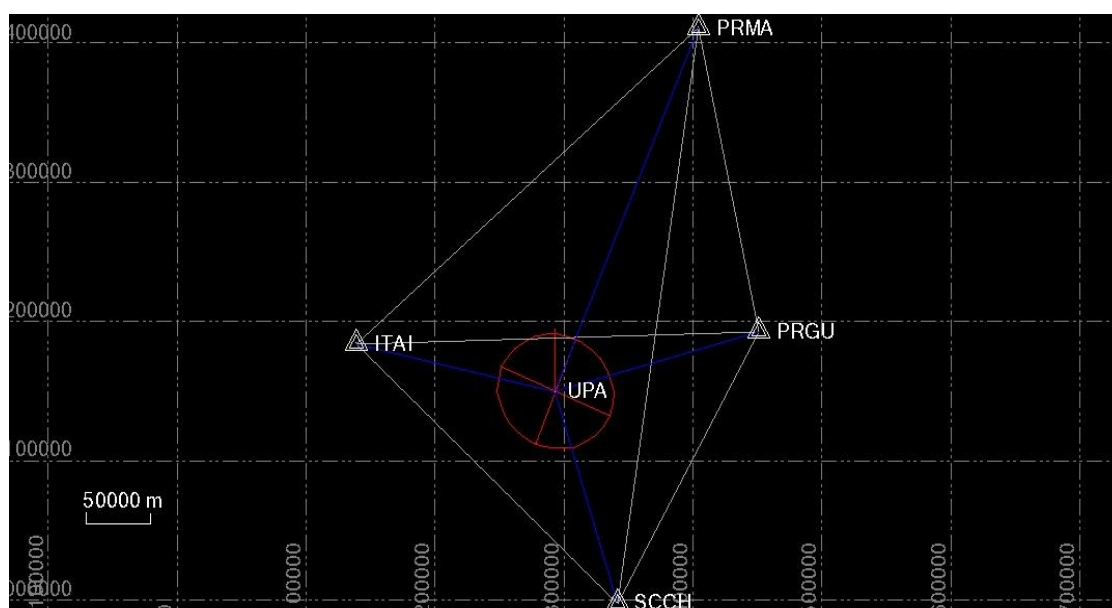


Figura 16 – Posicionamento da UPA em relação as bases RBMC. Fonte: A autora (2021).

Desde modo, foi possível processar e ajustar as informações no *software TBC*, resultando em relatórios de ajuste de rede em relação à RBMC e os marcos rastreados, relatórios de processamento das linhas de base em relação aos marcos, estação 96153 e UPA, e relatório de lista de pontos de cada marco de interesse.

#### 4.3.3.1. *Processamento estação 96153 em relação à RBMC.*

Este levantamento, teve por objetivo a obtenção das coordenadas geodésicas ( $\varphi, \lambda$  e  $h$ ) e coordenadas UTM (E, N e H), para comparativo com o relatório disponibilizado para esta estação junto ao IBGE. Os levantamentos correspondentes a esta estação foram realizados nos dias abaixo listados, bem como suas informações de campo:

- 14 de outubro, iniciou-se às 9h40min15seg e finalizou às 15h31min31seg, com altura da antena 1,345m;
- 16 de outubro, iniciou-se às 12h22min00seg e finalizou às 18h21min17seg, com altura da antena 1,355m;
- 18 de outubro, iniciou-se às 09h08min38seg e finalizou às 15h15min14seg, com altura da antena 1,355m;
- 19 de outubro, iniciou-se às 08h48min05seg e finalizou às 14h19min00seg, com altura da antena 1,350m;

Em todos os dias de levantamento desta estação, o processamento resultou em todas as soluções fixas, portanto não houve perda de sinal em nenhum momento do rastreamento.

#### 4.3.3.2. *Processamento UPA em relação à RBMC.*

Este levantamento, teve por objetivo a obtenção das coordenadas geodésicas ( $\varphi, \lambda$  e  $h$ ) e coordenadas UTM (E, N e H) do marco UPA utilizando como base as estações RBMC. Os levantamentos correspondentes a este marco foram realizados nos dias abaixo listados:

- 14 de outubro, iniciou-se às 10h14min41seg e finalizou às 15h42min02seg, com altura da antena 2,049m;
- 16 de outubro, iniciou-se às 12h29min03seg e finalizou às 18h38min10seg, com altura da antena 2,049m;
- 18 de outubro, iniciou-se às 08h33min32seg e finalizou às 15h27min19seg, com altura da antena 2,049m;

- 19 de outubro, iniciou-se às 08h28min42seg e finalizou às 15h01min00seg, com altura da antena 2,049m;

Em todos os dias de levantamento deste marco, o processamento resultou em todas as soluções fixas, portanto não houve perda de sinal em nenhum momento do rastreamento.

#### 4.3.3.3. *Processamento estação 96153 em relação à UPA.*

Este levantamento, teve por objetivo a obtenção das coordenadas geodésicas ( $\varphi, \lambda$  e  $h$ ) e coordenadas UTM (E, N e H) do marco UPA tomando-se como base a estação 96153. Os levantamentos correspondentes a este marco foram realizados nos dias abaixo listados:

- 14 de outubro, iniciou-se às 10h14min41seg e finalizou às 15h31min31seg, com altura de antena na base 1,345m e na UPA 2,049m;
- 16 de outubro, iniciou-se às 12h29min03seg e finalizou às 18h21min17seg, com altura das antenas da base 1,355m e da UPA 2,049m;
- 18 de outubro, não foi possível o processamento;
- 19 de outubro, não foi possível o processamento;

No dia 14 de outubro a solução foi fixa. Já para o dia 16 a solução foi flutuante, devido a perdas de sinal durante o rastreio. Nos dias 18 e 19 de outubro, as perdas de sinal foram significativas e não havendo dados suficientes para o processamento final da coordenada.

#### 4.3.3.4. *Processamento UTFPR01 em relação à RBMC.*

Este levantamento, teve por objetivo a obtenção das coordenadas geodésicas ( $\varphi, \lambda$  e  $h$ ) e coordenadas UTM (E, N e H) do marco UTFPR01, tendo como base as estações da RBMC. Os levantamentos correspondentes a este marco foram realizados nos dias abaixo listados:

- 21 de outubro, iniciou-se às 10h08min54seg e finalizou às 16h34min20seg, com altura da antena 2,049m;
- 22 de outubro, iniciou-se às 09h24min31seg e finalizou às 16h15min44seg, com altura da antena 2,049m;
- 25 de outubro, iniciou-se às 09h03min37seg e finalizou às 15h10min46seg, com altura da antena 2,049m;
- 26 de outubro, iniciou-se às 08h24min44seg e finalizou às 15h48min56seg, com altura da antena 2,049m;

Em todos os dias de levantamento deste marco, o processamento resultou em todas as soluções fixas, portanto não houve perda de sinal em nenhum momento do rastreamento.

#### 4.3.3.5. *Processamento UTFPR02 em relação à RBMC.*

Este levantamento, teve por objetivo a obtenção das coordenadas geodésicas ( $\varphi, \lambda$  e  $h$ ) e coordenadas UTM (E, N e H) do marco UTFPR02, tendo como base as estações da RBMC. Os levantamentos correspondentes a este marco foram realizados nos dias abaixo listados:

- 21 de outubro, iniciou-se às 09h57min05seg e finalizou às 16h32min13seg, com altura da antena 1,350m;
- 22 de outubro, iniciou-se às 09h07min30seg e finalizou às 16h17min14seg, com altura da antena 1,350m;
- 25 de outubro, iniciou-se às 08h54min38seg e finalizou às 15h11min47seg, com altura da antena 1,350m;
- 26 de outubro, iniciou-se às 08h17min02seg e finalizou às 15h51min49seg, com altura da antena 1,350m;

Em todos os dias de levantamento deste marco, o processamento resultou em todas as soluções fixas, portanto não houve perda de sinal em nenhum momento do rastreamento.

#### 4.3.4. Cálculo da precisão do posicionamento

O cálculo da precisão planimétrica ( $P_{E,N}$ ) foi realizado da seguinte forma:

$$P_{E,N} = \frac{\sum \bar{P}_{lb}}{n} \quad (1)$$

Onde:

$\bar{P}_{lb}$  : média das precisões em função dos comprimentos das linhas de base longas;

$n$ : número de observações.

Para o cálculo do desvio-padrão médio (2) deste posicionamento temos:

$$\bar{\sigma} = \sum \frac{((\sigma N^2 + \sigma E^2)^{1/2})}{n} \quad (2)$$

Onde:

$\sigma N$ = desvio-padrão da coordenada UTM Norte;

$\sigma E$ = desvio-padrão da coordenada UTM Leste;

$n$ = número de observações.

#### 4.3.5. Análise descritiva.

Após o processamento dos dados e a elaboração do relatório que o próprio *software* disponibilizou, foi possível observar as coordenadas UTM e o desvio padrão de cada dia de coleta. Dessa forma, realizou-se a análise descritiva no *software Excel*, calculando a média a priori (3), desvio-padrão (4) e média classificada (5).

$$\tilde{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \tilde{X})^2 + (x_2 - \tilde{X})^2 + \dots + (x_n - \tilde{X})^2}{n-1}} \quad (4)$$

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (5)$$

Sendo:  $n$ = número de dados amostrados;

$x$ = valor de cada amostra;

$\tilde{X}$ = média a priori;

$\sigma$ = desvio-padrão;

$\bar{X}$ = média classificada.

Para o cálculo da média a priori, utilizou-se os valores das coordenadas (N, E e H) dos 4 dias de observações. A partir do valor obtido da média a priori foi possível calcular o desvio-padrão de cada amostra, sendo que cada amostra contém os dados dos quatro dias de observações. Também se calculou o limite superior e inferior para os valores de coordenadas de cada ponto, que foi estabelecido a partir da média a priori e do desvio-padrão. Com isso, a partir do intervalo entre os limites superior e inferior das coordenadas, fez-se a classificação das coordenadas pertencentes a este intervalo (limite superior e inferior), então excluindo-se os valores fora do intervalo, gerou-se a média classificada.

Com base na análise descritiva foi elaborado para cada marco geodésico (UPA, UTFPR01 e UTFPR02) uma monografia contendo informações das coordenadas geodésicas e coordenadas cartesianas em SIRGAS 2000 e dentre outras informações (ANEXOS I)

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. Definição do ponto de referência

A definição dos pontos de referência teve como base a análise da situação de marcos geodésicos implantados no município. De acordo com o IBGE, existem 13 marcos implantados, no entanto, a maioria deles não foram localizados, somente localizou-se a estação 96153.

A estação 96153 está localizada na região urbana central do município, situado na entrada principal da Prefeitura Municipal de Dois Vizinhos (Figura 12). E observou-se através de visita ao local que o marco está viável para rastreamento com GNSS. Porém, também se observou a grande quantidade de obstáculos em seu entorno, tais como: árvores e o prédio da Prefeitura Municipal. Esses obstáculos podem gerar dificuldades para observação dos sinais GNSS resultando em um levantamento não confiável.

Sugere-se por esta pesquisa a implantação dos marcos UPA, UTFPR01 e UTFPR 02 para servirem de apoio geodésico no município e homologá-los juntos ao IBGE. Estes marcos citados estão localizados em áreas abertas e com mínimas obstruções.

### 5.2. Aquisição de dados do campo com GNSS

Nesta etapa do trabalho obteve-se como resultado um conjunto de dados do levantamento para cada ponto observado, chamados dados brutos. Esses são dados de observação e divididos em cinco extensões, conforme se demonstra a seguir para o ponto *rover* UPA do dia 14/10/2021:

Pto\_upa00\_R\_20212871907\_000\_01S.21C

Pto\_upa00\_R\_20212871907\_000\_01S.21G

Pto\_upa00\_R\_20212871907\_000\_01S.21L

Pto\_upa00\_R\_20212871907\_000\_01S.21N

Pto\_upa00\_R\_20212871907\_000\_01S.21O

onde:

Pto\_upa00: nome do ponto;

R: receptor GNSS;

2021: ano da coleta;

287: dia Juliano de 2021 correspondente ao dia da coleta;

C: Arquivamento de dados do relógio do satélite;

G: Arquivos com informações da constelação GLONASS;

L: Arquivos com informações da constelação GALILEO;

N: Arquivo com as mensagens de Navegação GPS;

O: Arquivo de observações armazenadas.

As bases RBMC geram arquivos com o seguinte formato:

Itai2871.21d

Itai2871.21g

Itai2871.21l

Itai2871.21m

Itai2871.21n

onde:

Itai: base RBMC Foz do Iguaçu

287: dia Juliano de 2021 correspondente ao dia da coleta

1: sessão única de observação

Para cada marco observado é gerado um grupo de arquivos como esses acima demonstrados e que contém os dados que serão processados em conjunto com as bases definidas para gerar as coordenadas finais dos marcos.

No *software Trimble Business Center*, são importados os arquivos correspondentes ao *rover* do ponto de interesse e as bases RBMC do dia Juliano correspondente ao levantamento.

Ao final dos levantamentos foram gerados os seguintes arquivos (Tabela 6).



Tabela 6 – Arquivos de cada marco.

<b>Data</b>	<b>RBMC</b>	<b>96153</b>	<b>UPA</b>
14/10/2021	Itai2871,scch2871, prma2871,prgu2871	Base_14102021_093 544	pto_upa00_R_20212870907_0 00_01S
16/10/2021	Itai2891,scch2891, prma2891,prgu2891	base_16102021_121 757	pto_upa10_R_20212891229_0 00_01S
18/10/2021	Itai2911,scch2911, prma2911,prgu2911	base_18102021_090 222	pto_upa00_R_20212910833_0 00_01S
19/10/2021	Itai2921,scch2921, prma2921,prgu2921	base_19102021_084 234	pto_upa00_R_20212920827_0 00_01S
<b>Data</b>	<b>RBMC</b>	<b>UTFPR01</b>	<b>UTFPR02</b>
21/10/2021	Itai2941,scch2941, prma2941,prgu2941	base_Amer_R_2021 2941008_000_01S	base2942_RINEX210
22/10/2021	Itai2951,scch2951, prma2951,prgu2951	base_Amer_R_2021 2950924_000_01S	base2952_RINEX210
25/10/2021	Itai2981,scch2981, prma2981,prgu2981	base_Amer_R_2021 2980903_000_01S	base2982_RINEX210
26/10/2021	Itai2991,scch2991, prma2991,prgu2991	base_Amer_R_2021 2990824_000_01S	base2992_RINEX210

Fonte: A autora, 2021.

### 5.3. Pós-processamento e ajustamento

O processamento e ajustamento dos dados foi realizado no *software Trimble Business Center* com auxílio da ferramenta “Levantamento”. Para isso, inicialmente importou-se os dados do ponto e da base respectiva. Verificaram-se no programa as configurações de campo dos receptores e antenas respectivos ao equipamento utilizado. Na sequência verificaram-se as informações das coordenadas UTM das bases utilizadas, analisando se os dados importados estavam corretos e na continuidade definiu-se esses pontos da RBMC como “pontos de controle”, ou seja, ponto com coordenada conhecida para processamento do ponto de interesse.

Ao finalizar o processamento dos dados selecionados, realizou-se o ajustamento das coordenadas finais do ponto, utilizando-se a ferramenta “Ajuste”.

Ao final deste processo foram emitidos relatórios com todas as informações pertinentes ao processamento das linhas de base, do ajustamento da rede e coordenadas finais dos pontos. Neste relatório de linha de base as informações de

precisão horizontal e vertical, comprimentos de linha de base, RMS do processamento, PDOP do levantamento e informações sobre satélites que foram rastreados.

As tabelas 7, 8, 9, 10 e 11 informam as coordenadas cartesianas ajustadas e desvios-padrão de cada um dos marcos para cada dia de levantamento.

Tabela 7 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da estação 96153 com base a RBMC.

Data	Coordenadas (m)			Desvio-padrão (m)		
	N	E	H	$\sigma\Delta N$	$\sigma\Delta E$	$\sigma\Delta H$
14/10/2021	7150414,731	294021,689	511,541	0,013	0,005	0,048
16/10/2021	7150414,775	294021,678	511,526	0,033	0,029	0,024
18/10/2021	7150414,757	294021,680	511,559	0,013	0,006	0,048
19/10/2021	7150414,754	294021,687	511,476	0,012	0,005	0,048

Fonte: A autora, 2021.

Na tabela 7 encontram-se os resultados do processamento utilizando como bases a RBMC para determinar as coordenadas SIRGAS 2000 da estação 96153, a fim de comparar se os dados publicados pelo IBGE são equivalentes aos determinados a partir de 4 dias de rastreamento de 6 horas cada sessão e utilizando como bases as redes de Chapecó (SSCH), Foz do Iguaçu (ITAI), Guarapuava (PRGU) e Maringá (PRMA).

Silva et al. (2012) aponta, que o planejamento para rastreamento GNSS é fundamental, deve-se levar em consideração o melhor horário, se há existências de obstruções ao redor, pois podem acarretar perdas de sinais e prejudicar o levantamento. A localização da estação 96153 é bastante comprometida devido sua localização muito próxima a edificação da sede da Prefeitura municipal e de grandes árvores no entorno (Figura 17), como citado anteriormente. Certamente essa configuração da localização espacial da estação indicam que os desvios padrão das medidas se elevam provocando uma discrepância nas medidas, caso considere-se um levantamento de alta precisão.



Figura 17 – Obstruções entorno da estação 96153, (A) Árvores arredores (B) Monumento e edificação próximos ao receptor GNSS. Fonte: A autora (2021).

Em relação as linhas de base deste processamento consideram-se Foz do Iguaçu com comprimento de 158.439,831 m (158,440 km); Guarapuava 162.489,034 m (162,489 km), Chapecó 160.283,097 m (160,283 km) e Maringá 282.748,043 m (282,748 km). Sabendo-se desses comprimentos de linha de base e a formação de uma distribuição espacial estável, em relação aos marcos e as estações da RBMC, pode-se obter resultados satisfatórios e dentro da precisão almejada para este levantamento. Considerando as linhas de base superiores a 100 km, conforme norma IBGE, a precisão deste levantamento deve seguir a precisão planimétrica de 5mm + 1ppm (Tabela 3).

A precisão planimétrica do posicionamento entre a estação 96153 e as bases da RBMC, é de 195,990 mm para posicionamento de alta precisão e foi calculado a partir dos comprimentos de linha de base somando-se 5mm+1ppm, unidade em milímetros:

$$P_{lb} = 163,439 + 167,489 + 165,283 + 287,74 = 763,960 \text{ mm}$$

$$P_{E,N} = \frac{763,960}{4} = 195,990 \text{ mm}$$

Para o cálculo do desvio-padrão médio deste posicionamento temos:

$$\bar{\sigma} = \frac{((0,013^2 + 0,005^2) + (0,033^2 + 0,029^2) + (0,013^2 + 0,006^2) + (0,012^2 + 0,005^2))^{1/2}}{4}$$

$\bar{\sigma} = 0,021 \text{ m ou } 21 \text{ mm}$

Conforme observado pelos resultados da tabela 7, o desvio-padrão planimétrico médio foi de 21 mm, conforme cálculo demonstrado acima e enviado pelo relatório de processamento GNSS. Sendo assim, comparando-se a precisão exigida para este processamento ( $P_{E,N}$ ) calculada de acordo com recomendação da norma brasileira (195 mm) e o desvio-padrão calculado acima (21mm), percebe-se que o levantamento foi realizado de forma satisfatória e atendendo aos preceitos da norma técnica. Atentando que todos os cuidados para redução de erros nas medidas foram tomados, é possível relacionar esse erro com a posição do marco, devido as suas obstruções.

Pelos motivos acima expostos pode-se dizer que a estação 96153, a princípio, é adequada para posicionamentos de alta precisão.

Para a determinação das coordenadas do marco UPA, foram realizados dois processamentos, sendo eles: RBMC de base longa (Tabela 8) e a outra com a estação RN96153 de base curta (Tabela 9).

Tabela 8 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da UPA com base a RBMC.

Data	Coordenadas (m)			Desvio-padrão (m)		
	N	E	H	$\sigma\Delta N$	$\sigma\Delta E$	$\sigma\Delta H$
14/10/2021	7149515,329	292797,620	489,060	0,006	0,004	0,026
16/10/2021	7149515,317	292797,634	489,062	0,006	0,004	0,026
18/10/2021	7149515,331	292797,628	489,097	0,006	0,004	0,029
19/10/2021	7149515,329	292797,635	489,131	0,007	0,004	0,030

Fonte: A autora, 2021.

Este processamento (tabela 8) foi feito utilizando como bases a RBMC para determinar as coordenadas SIRGAS 2000 do marco de apoio geodésico denominado UPA. Foram realizados 4 dias de rastreamento de 6 h cada sessão e utilizando como bases Chapecó, Foz do Iguaçu, Guarapuava e Maringá. Em relação as linhas de base deste

processamento consideram-se Foz do Iguaçu com 157435,355 m (157,435 km); Guarapuava 163904,913 m (163,905 km), Chapecó 159792,500 m (159,792 km) e Maringá 284053,591 m (284,053 km). Desta forma, precisão planimétrica exigida deste processamento fica em torno de 196,3 mm para posicionamento de alta precisão, conforme a norma brasileira.

Conforme a tabela 8, o desvio-padrão planimétrico final foi de 7 mm, ou seja, resultou em um valor bastante preciso ao valor esperado e recomendado pela norma do IBGE. Tendo em conta, que o marco é livre de obstruções próximas, pois fica no estacionamento da Unidade de Pronto Atendimento do bairro Sagrada Família, além de todos os cuidados para redução de erros nas medidas foram tomados, é possível afirmar que mesmo obtendo essas observações em horários e dias com nebulosidade foi possível alcançar o objetivo da precisão da posição do marco.

Com isso, pode-se concluir que esse marco UPA é adequado para posicionamentos de alta precisão utilizando equipamento GNSS, com expectativa de fazer desse ponto um apoio geodésico, com coordenadas confiáveis, precisas e ajustadas.

Tabela 9 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da UPA com base a estação 96153.

Data	Coordenadas (m)			Desvio-padrão (m)		
	N	E	H	$\sigma\Delta N$	$\sigma\Delta E$	$\sigma\Delta H$
14/10/2021	7149515,371	292797,554	488,894	0,007	0,006	0,049
16/10/2021	7149515,283	292797,567	488,613	0,053	0,014	0,102
18/10/2021	7149516,996	292798,797	489,078	-	-	-
19/10/2021	7149513,956	292797,566	489,194	-	-	-

Fonte: A autora, 2021.

Este processamento foi feito utilizando como base a estação 96153 para determinar as coordenadas SIRGAS 2000 do marco de apoio geodésico denominado UPA. Tendo como objetivo averiguar o transporte de coordenadas utilizando base estação 96153 (base curta).

A linha de base deste processamento considera-se a distância aproximada de 1518,785 m (1,518 km). Acatando a linha de base curta inferior a 5 km, conforme norma IBGE, a precisão deste levantamento deve seguir a precisão planimétrica de

5mm + 1ppm. Desta forma, precisão planimétrica deste posicionamento é de 6,52 mm para posicionamento de alta precisão.

De acordo com os resultados da tabela 9, os desvios-padrão planimétrico final foi de 32 mm, ou seja, superior ao valor esperado e recomendado pela norma do IBGE. Dessa forma, mesmo com todos os cuidados para redução de erros nas medidas sendo tomados, é possível afirmar que a posição da estação 96153 comprometeu o posicionamento do ponto UPA. Com isso pode-se concluir que a estação 96153 não deve ser utilizada para apoio geodésico, empregando GNSS, somente como apoio topográfico e por técnicas terrestres.

Tabela 10 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da UTFPR01 com base a RBMC.

Data	Coordenadas (m)			Desvio-padrão (m)		
	N	E	H	$\sigma\Delta N$	$\sigma\Delta E$	$\sigma\Delta H$
21/10/2021	7155400,180	289451,339	554,595	0,008	0,004	0,035
22/10/2021	7155400,164	289451,356	554,596	0,007	0,004	0,032
25/10/2021	7155400,157	289451,362	554,544	0,007	0,004	0,032
26/10/2021	7155400,167	289451,353	554,610	0,005	0,007	0,034

Fonte: A autora, 2021.

Este processamento foi feito utilizando como bases as estações RBMC para determinar as coordenadas SIRGAS 2000 do marco UTFPR01. Objetivo foi determinar as coordenadas deste marco a partir de 4 dias de rastreamento de 6 horas cada sessão e utilizando como bases Chapecó, Foz do Iguaçu, Guarapuava e Maringá. A localização deste ponto fica no campus da UTFPR livre de obstruções próximas. Considera-se então, um levantamento de alta precisão (>100 km 5mm+1ppm) com base longa.

Em relação as linhas de base deste processamento consideram-se Foz do Iguaçu com 158439,831 m (158,440 km); Guarapuava 162489,034 m (162,489 km), Chapecó 160283,097 m (160,283 km) e Maringá 282748,043 m (282,748 km). Com esses comprimentos de linha de base e a formação de uma distribuição espacial estável entre as estações da RBMC e o ponto de interesse, pode-se obter resultados satisfatórios e dentro da precisão almejada para este levantamento. Considerando as linhas de base superiores a 100 km, conforme norma IBGE, a precisão deste

levantamento deve seguir a precisão planimétrica de 5mm + 1ppm. Desta forma, precisão planimétrica deste posicionamento fica em torno de 195,5 mm para posicionamento de alta precisão.

Conforme se observa pelos resultados da tabela 10, o desvio-padrão planimétrico final calculado foi de 8 mm, ou seja, inferior ao recomendado pela norma brasileira. Com isso pode-se concluir que esse marco UTFPR 01 é adequado para posicionamentos de alta precisão utilizando equipamento GNSS.

Tabela 11 – Coordenadas UTM e os desvios-padrão da UTFPR02 com base a RBMC.

Data	Coordenadas (m)			Desvio-padrão (m)		
	N	E	H	$\sigma\Delta N$	$\sigma\Delta E$	$\sigma\Delta H$
21/10/2021	7155427,665	289435,481	556,563	0,007	0,004	0,033
22/10/2021	7155427,667	289435,487	556,534	0,007	0,004	0,033
25/10/2021	7155427,679	289435,484	556,517	0,012	0,012	0,048
26/10/2021	7155427,683	289435,480	556,495	0,005	0,008	0,035

Fonte: A autora, 2021.

Este processamento foi feito utilizando como bases a RBMC para determinar as coordenadas SIRGAS 2000 do marco UTFPR02. Objetivo foi determinar as coordenadas deste marco a partir de 4 dias de rastreamento de 6 horas cada sessão e utilizando como bases Chapecó, Foz do Iguaçu, Guarapuava e Maringá. A localização deste ponto fica no campus da UTFPR livre de obstruções próximas. Considera-se então, um levantamento de alta precisão (>100 km 5mm+1ppm) com base longa.

Em relação as linhas de base deste processamento, adotou-se os mesmos de UTFPR01 correspondendo os mesmos comprimentos de linha de base, levando em consideração que os marcos UTFPR01 e UTFPR02 são bem próximos. Atentando que as linhas de base superiores a 100 km, conforme norma IBGE, a precisão deste levantamento deve seguir a precisão planimétrica de 5mm + 1ppm. Desta forma, precisão planimétrica deste posicionamento fica em torno de 196,3 mm para posicionamento de alta precisão.

De acordo com os resultados da tabela 11, o desvio-padrão planimétrico final calculado foi de 10 mm, ou seja, inferior ao recomendado pela norma brasileira. Considerando que todos os cuidados para redução de erros nas medidas foram

tomados e com isso pode-se concluir que esse marco UTFPR02 é adequado para posicionamentos de alta precisão utilizando equipamento GNSS.



### 5.3.1. Comparativo da base UPA com as bases RBMC e a estação 96153

Com base nos resultados do relatório de processamento das linhas de base de cada dia de rastreamento, pode-se observar nas tabelas 12, 13, 14, 15, 16 e 17, as informações de PDOP, RMS, precisões planimétricos e altimétricos e o erro planimétrico calculado.

Tabela 12 – Processamento linha de base, UPA - RBMC do dia 14 de outubro de 2021.

<b>UPA – RBMC</b>							
<b>Pontos</b>	<b>Solução processamento</b>	<b>Linha de base (m)</b>	<b>PDOP</b>	<b>RMS (m)</b>	<b>Precisão planimétrica (m)</b>	<b>Precisão altimétrica (m)</b>	<b>Erro planimétrico calculado (m)</b>
UPA - ITAI	Fixa	157435,338	3,042	0,015	0,006	0,026	0,162
UPA - PGRU	Fixa	163904,901	2,929	0,015	0,006	0,027	0,164
UPA - PRMA	Fixa	284053,580	3,579	0,015	0,007	0,029	0,289
UPA - SCCH	Fixa	159792,511	2,464	0,015	0,006	0,026	0,165

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 13 – Processamento linha de base, UPA - RBMC do dia 16 de outubro de 2021.

<b>UPA – RBMC</b>							
<b>Pontos</b>	<b>Solução processamento</b>	<b>Linha de base (m)</b>	<b>PDOP</b>	<b>RMS (m)</b>	<b>Precisão planimétrica (m)</b>	<b>Precisão altimétrica (m)</b>	<b>Erro planimétrico calculado (m)</b>
UPA - ITAI	Fixa	157435,355	2,208	0,016	0,006	0,026	0,162
UPA - PGRU	Fixa	163904,913	2,197	0,018	0,007	0,031	0,169
UPA - PRMA	Fixa	284053,591	2,372	0,017	0,007	0,031	0,289
UPA - SCCH	Fixa	159792,500	2,197	0,016	0,006	0,028	0,165

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 14 – Processamento linha de base, UPA - RBMC do dia 18 de outubro de 2021.

<b>UPA – RBMC</b>							
<b>Pontos</b>	<b>Solução processamento</b>	<b>Linha de base (m)</b>	<b>PDOP</b>	<b>RMS (m)</b>	<b>Precisão planimétrica (m)</b>	<b>Precisão altimétrica (m)</b>	<b>Erro planimétrico calculado (m)</b>
UPA – ITAI	fixa	157435,346	2,442	0,014	0,007	0,029	0,162
UPA – PGRU	fixa	163904,928	2,455	0,019	0,007	0,031	0,169
UPA – PRMA	fixa	284053,575	3,082	0,016	0,007	0,031	0,289
UPA – SCCH	fixa	159792,521	2,440	0,021	0,007	0,029	0,165

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 15 – Processamento linha de base, UPA - RBMC do dia 19 de outubro de 2021.

<b>UPA – RBMC</b>							
<b>Pontos</b>	<b>Solução processamento</b>	<b>Linha de base (m)</b>	<b>PDOP</b>	<b>RMS (m)</b>	<b>Precisão planimétrica (m)</b>	<b>Precisão altimétrica (m)</b>	<b>Erro planimétrico calculado (m)</b>
UPA – ITAI	fixa	157435,354	2,442	0,014	0,007	0,030	0,162
UPA – PGRU	fixa	163904,911	2,815	0,015	0,007	0,032	0,169
UPA – PRMA	fixa	284053,580	2,821	0,018	0,008	0,035	0,289
UPA – SCCH	fixa	159792,506	2,815	0,018	0,007	0,031	0,165

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 16 – Processamento linha de base, UPA - Estação 96153 do dia 14 de outubro de 2021.

<b>UPA – Estação 96153</b>							
<b>Pontos</b>	<b>Solução processamento</b>	<b>Linha de base (m)</b>	<b>PDOP</b>	<b>RMS (m)</b>	<b>Precisão planimétrica (m)</b>	<b>Precisão altimétrica (m)</b>	<b>Erro planimétrico calculado (m)</b>
UPA – 96153	fixa	1518,785	7,151	0,020	0,007	0,049	0,007 a 0,012

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 17 – Processamento linha de base, UPA - Estação 96153 do dia 16 de outubro de 2021.

<b>UPA – Estação 96153</b>							
<b>Pontos</b>	<b>Solução processamento</b>	<b>Linha de base (m)</b>	<b>PDOP</b>	<b>RMS (m)</b>	<b>Precisão planimétrica (m)</b>	<b>Precisão altimétrica (m)</b>	<b>Erro planimétrico calculado (m)</b>
UPA – 96153	flutuante	1518,827	3,772	0,029	0,053	0,102	0,007 a 0,012

Fonte: A autora, 2021.

Os dias 18 e 19 de outubro não processaram suas observações de campo, em virtude a estação 96153 apresentar muitas obstruções em seu entorno. O IBGE (2008), aponta que a escolha da localização da estação de referência é fundamental. Deve-se levar em consideração nessa escolha que não haja nenhum elemento natural ou artificial que possa ser entendido como uma obstrução ao recebimento dos sinais de satélites para um posicionamento geodésico com GNSS. A existência de um obstáculo

próximo ao marco, pode acarretar em perdas de ciclo ou multicaminhamento. Pode-se observar na figura 19, que houve oscilação na recepção dos sinais de satélites durante o rastreamento do receptor posicionado na estação 96153. Essa oscilação na recepção dos sinais comprometeu de forma definitiva os resultados dos dias de rastreamento, bem como a qualidade final das coordenadas deste marco e também das coordenadas dos marcos que o utilizaram como estação base.

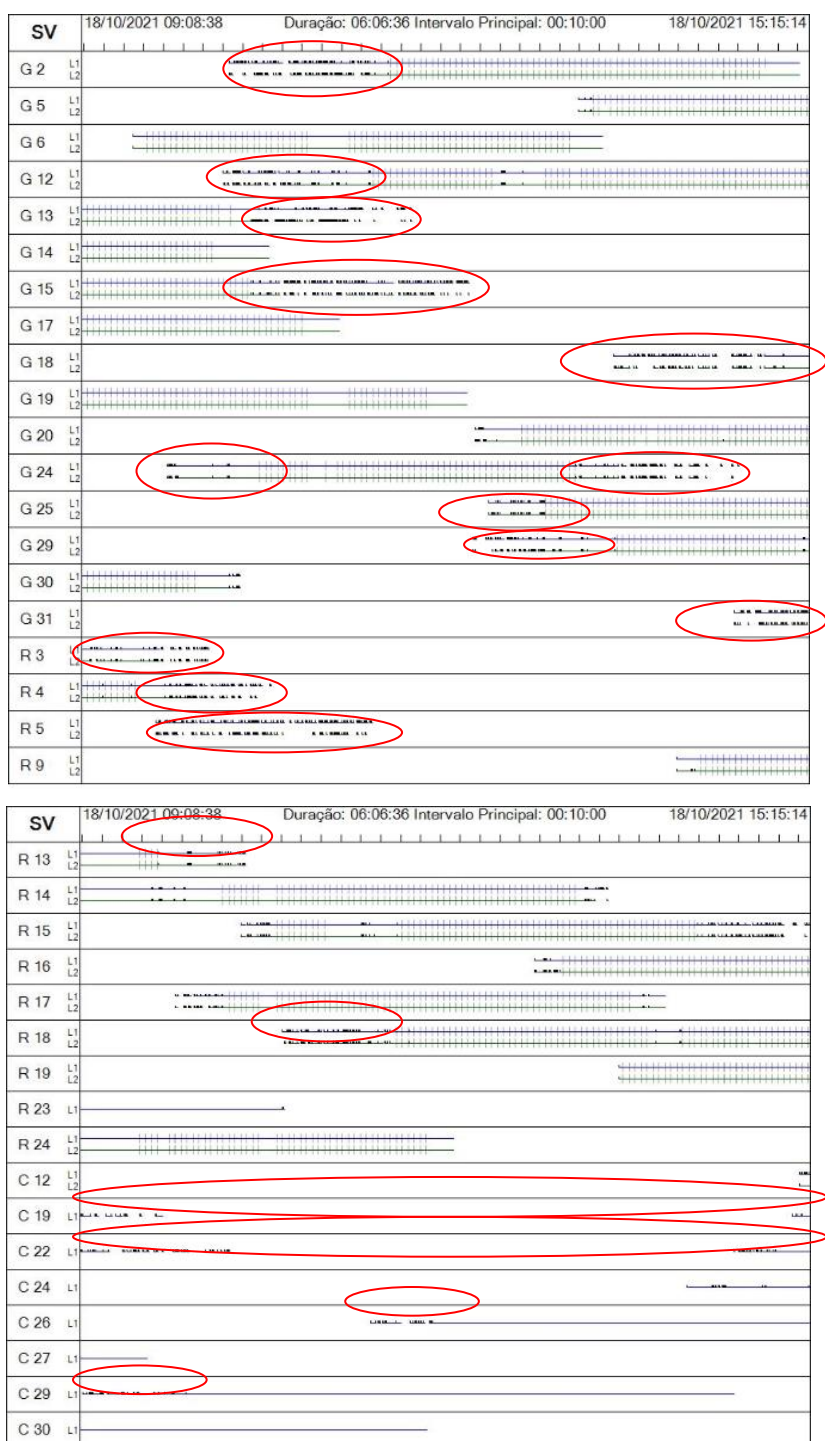


Figura 18 – Resumo de rastreamento dos satélites do dia 18/10/2021 estação 96153. Nota: Os rastreamentos dos satélites correspondem ao, G (GPS); R (GLONASS) e C (COMPASS-BeiDou). Fonte: A autora, 2021.

Neste comparativo da UPA com as bases RBMC e a estação 96153, pode-se observar nas tabelas 18 e 19 contendo as coordenadas finais de cada processamento. Dessa forma, os resultados para o ponto UPA resultou em uma discrepância entre os

valores obtidos utilizando-se como base RBMC e a estação 96153. Sendo elas:  $\Delta N = \pm 0,075$  m,  $\Delta E = \pm 0,242$  m e  $\Delta H = \pm 0,857$  m.

Tabela 18 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão em relação UPA - RBMC.

<b>UPA – RBMC</b>			
Coordenadas cartesianas (m)		Desvio-padrão (m)	Erros (m)
N	7149515,327	0,006	0,007
E	292797,629	0,004	
H	489,088	0,028	0,028
<b>Coordenadas Geográficas</b>			
Latitude	25°45'28,04" S		
Longitude	53°3'57,32" W		
Altitude (m)	489,088		

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 19 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão em relação UPA - Estação 96153.

<b>UPA – Estação 96153</b>			
Coordenadas cartesianas (m)		Desvio-padrão (m)	Erros (m)
N	7149515,402	0,030	0,032
E	292797,871	0,010	
H	488,945	0,076	0,076
<b>Coordenadas Geográficas</b>			
Latitude	25°45'28,04" S		
Longitude	53°3'57,29" W		
Altitude (m)	488,945		

Fonte: A autora, 2021.

Sendo uma linha de base curta ( $\pm 1518,806$  m) com precisão de 5 mm + 1ppm a 10mm +1ppm (0,007 a 0,012 m) observa-se que o posicionamento com a estação 96153 inseriu erros de discrepância entre as medidas obtidas pelos processamentos distintos, muito superiores aos desvios-padrão permitidos pela norma brasileira, tanto na planimetria quanto na altimetria. Os processamentos com base estação 96153 tiveram dificuldades em processar e fixar as ambiguidades, isto pode ser comprovado

pelo processamento flutuante do dia 16/10/2021 e pelo não processamento dos dias 18 e 19/10/2021. Mesmo com seis horas de observação a configuração do local da estação 96153 não permite a melhora da qualidade de dados devido ao grande número de obstruções no seu entorno. Lembrado que o processamento foi realizado com máscara de elevação de obstrução de 15°.

### 5.3.2. Processamento linha de base UTFPR01 e UTFPR02

De acordo com as tabelas 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 e 27, pode-se observar os resultados de cada processamento dos dias de rastreamento em relação as linhas de base RBMC, contendo informações de PDOP, RMS, precisões planimétricos e altimétricos e o erro planimétrico calculado.

Tabela 20 – Processamento linha de base, UTFPR01 - RBMC do dia 21 de outubro de 2021.

<b>UTFPR01 – RBMC</b>							
<b>Pontos</b>	<b>Solução processamento</b>	<b>Linha de base (m)</b>	<b>PDOP</b>	<b>RMS (m)</b>	<b>Precisão planimetrica (m)</b>	<b>Precisão altimétrica (m)</b>	<b>Erro planimetrico calculado (m)</b>
UTFPR1 - ITAI	Fixa	152978,115	3,231	0,015	0,008	0,035	0,158
UTFPR1 - PGRU	Fixa	165721,847	3,231	0,016	0,008	0,034	0,171
UTFPR1 – PRMA	Fixa	280000,516	3,266	0,018	0,008	0,036	0,285
UTFPR1 - SCCH	Fixa	166421,553	3,231	0,014	0,007	0,030	0,171

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 21 – Processamento linha de base, UTFPR01 - RBMC do dia 22 de outubro de 2021.

<b>UTFPR01 – RBMC</b>							
<b>Pontos</b>	<b>Solução processamento</b>	<b>Linha de base (m)</b>	<b>PDOP</b>	<b>RMS (m)</b>	<b>Precisão planimetrica (m)</b>	<b>Precisão altimétrica (m)</b>	<b>Erro planimetrico calculado (m)</b>
UTFPR1 - ITAI	Fixa	152978,135	3,075	0,015	0,007	0,032	0,157
UTFPR1 - PGRU	Fixa	165721,840	2,999	0,018	0,007	0,031	0,171
UTFPR1 – PRMA	Fixa	280000,532	3,545	0,016	0,008	0,034	0,285
UTFPR1 - SCCH	Fixa	166421,536	2,450	0,017	0,007	0,032	0,171

Fonte: A autora, 2021.



Tabela 22 – Processamento linha de base, UTFPR01 - RBMC do dia 25 de outubro de 2021.

<b>UTFPR01 – RBMC</b>							
<b>Pontos</b>	<b>Solução processamento</b>	<b>Linha de base (m)</b>	<b>PDOP</b>	<b>RMS (m)</b>	<b>Precisão planimétrica (m)</b>	<b>Precisão altimétrica (m)</b>	<b>Erro planimétrico calculado (m)</b>
UTFPR1 - ITAI	Fixa	152978,143	2,956	0,017	0,007	0,032	0,157
UTFPR1 - PGRU	Fixa	165721,842	2,965	0,017	0,009	0,036	0,171
UTFPR1 – PRMA	Fixa	280000,537	3,039	0,016	0,009	0,038	0,285
UTFPR1 - SCCH	Fixa	166421,519	2,956	0,014	0,007	0,030	0,171

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 23 – Processamento linha de base, UTFPR01 - RBMC do dia 26 de outubro de 2021.

<b>UTFPR01 – RBMC</b>							
<b>Pontos</b>	<b>Solução processamento</b>	<b>Linha de base (m)</b>	<b>PDOP</b>	<b>RMS (m)</b>	<b>Precisão planimétrica (m)</b>	<b>Precisão altimétrica (m)</b>	<b>Erro planimétrico calculado (m)</b>
UTFPR1 - ITAI	Fixa	152978,147	5,432	0,017	0,010	0,038	0,157
UTFPR1 - PGRU	Fixa	165721,843	5,001	0,015	0,010	0,035	0,171
UTFPR1 – PRMA	Fixa	280000,525	9,226	0,016	0,008	0,034	0,285
UTFPR1 - SCCH	Fixa	166421,524	4,280	0,014	0,006	0,010	0,171

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 24 – Processamento linha de base, UTFPR02 - RBMC do dia 21 de outubro de 2021.

<b>UTFPR02 – RBMC</b>							
<b>Pontos</b>	<b>Solução processamento</b>	<b>Linha de base (m)</b>	<b>PDOP</b>	<b>RMS (m)</b>	<b>Precisão planimétrica (m)</b>	<b>Precisão altimétrica (m)</b>	<b>Erro planimétrico calculado (m)</b>
UTFPR2 - ITAI	Fixa	152957,470	3,059	0,016	0,007	0,034	0,158
UTFPR2 - PGRU	Fixa	165731,163	3,231	0,016	0,008	0,037	0,171
UTFPR2 – PRMA	Fixa	279981,918	3,266	0,018	0,010	0,041	0,285
UTFPR2 - SCCH	Fixa	166452,610	3,156	0,019	0,007	0,033	0,171

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 25 – Processamento linha de base, UTFPR02 - RBMC do dia 22 de outubro de 2021.

<b>UTFPR02 – RBMC</b>							
<b>Pontos</b>	<b>Solução processamento</b>	<b>Linha de base (m)</b>	<b>PDOP</b>	<b>RMS (m)</b>	<b>Precisão planimétrica (m)</b>	<b>Precisão altimétrica (m)</b>	<b>Erro planimétrico calculado (m)</b>
UTFPR2 - ITAI	Fixa	152957,477	3,056	0,017	0,007	0,033	0,158
UTFPR2 - PGRU	Fixa	165731,156	2,969	0,016	0,007	0,032	0,171
UTFPR2 – PRMA	Fixa	279981,926	3,620	0,017	0,009	0,035	0,285
UTFPR2 - SCCH	Fixa	166452,617	2,599	0,018	0,008	0,034	0,171

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 26 – Processamento linha de base UTFPR02 - RBMC do dia 25 de outubro de 2021.

<b>UTFPR02 – RBMC</b>							
<b>Pontos</b>	<b>Solução processamento</b>	<b>Linha de base (m)</b>	<b>PDOP</b>	<b>RMS (m)</b>	<b>Precisão planimétrica (m)</b>	<b>Precisão altimétrica (m)</b>	<b>Erro planimétrico calculado (m)</b>
UTFPR2 - ITAI	Fixa	152957,484	2,437	0,019	0,006	0,030	0,158
UTFPR2 - PGRU	Fixa	165731,157	3,090	0,016	0,008	0,035	0,171
UTFPR2 – PRMA	Fixa	279981,915	3,006	0,032	0,012	0,048	0,285
UTFPR2 - SCCH	Fixa	166452,616	2,439	0,017	0,007	0,031	0,171

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 27 – Processamento linha de base UTFPR02 - RBMC do dia 26 de outubro de 2021.

<b>UTFPR02 – RBMC</b>							
<b>Pontos</b>	<b>Solução processamento</b>	<b>Linha de base (m)</b>	<b>PDOP</b>	<b>RMS (m)</b>	<b>Precisão planimétrica (m)</b>	<b>Precisão altimétrica (m)</b>	<b>Erro planimétrico calculado (m)</b>
UTFPR2 - ITAI	Fixa	152957,478	2,924	0,018	0,003	0,016	0,158
UTFPR2 - PGRU	Fixa	165731,158	2,490	0,016	0,007	0,031	0,171
UTFPR2 – PRMA	Fixa	279981,913	2,924	0,014	0,009	0,035	0,285
UTFPR2 - SCCH	Fixa	166452,616	2,771	0,016	0,007	0,031	0,171

Fonte: A autora, 2021.

Sendo linhas de bases longas entre o *campus* da UTFPR e as bases da RBMC, observa-se que o posicionamento com a RBMC foi satisfatório em todos os dias. Em todos os processamentos distintos, mantiveram-se uma constante entre aos desvios-padrão permitidos pela norma brasileira, tanto na planimetria quanto na altimetria. Foram realizadas 6 horas de observação na coleta de dados para os pontos UTFPR01 e UTFPR02 e máscara de elevação de obstrução de 15° para processamento.

Outra consideração a ser feita para os pontos UTFPR01 E UTFPR02 e base RBMC é que mesmo os comprimentos de linhas de base serem superiores a 100 km, os desvios-padrão, PDOP (quanto menor o valor de PDOP melhor geometria do posicionamento, sendo que o limite máximo é o valor 4), RMS e os erros planialtimétricos foram mínimos quando comparados aos erros planimétricos calculados em função das linhas de base e considerando a norma brasileira.

Com esses resultados pode-se dizer que os pontos acima denominados atendem aos critérios de precisão e qualidade pré-estabelecidos pela norma técnica do IBGE para a implantação de marcos geodésico.

### 5.3.3. Análise descritiva dos marcos

Com base nos dados obtidos das coordenadas cartesianas e seus respectivos desvios-padrão (tabela 10 e 11), foi possível realizar estatisticamente uma análise descritiva para detectar observações discrepantes (tabela 28, 29, 30 e 31).

Com a análise da tabela 28 os limites máximo e mínimo de intervalo, observou-se que 75% dos dados encontram-se dentre destes limites máximo e mínimo. Então para gerar a coordenada final de cada ponto utilizou-se os 75% dos valores amostrais que estavam contidos nesses limites resultando nas coordenadas finais com seus respectivos desvios-padrão.

Tabela 28 – Análise descritiva UTFPR01.

Variáveis	N (m)	$\sigma N$ (m)	E (m)	$\sigma E$ (m)	H (m)	$\sigma H$ (m)
-----------	-------	----------------	-------	----------------	-------	----------------

Média (m)	7155400,167	0,007	289451,3525	0,005	554,5863	0,033
Média final	7155400,163	0,006	289451,357	0,005	554,600	0,034
Dp da amostra	0,010	0,001	0,010	0,002	0,029	0,002
Limite superior	7155400,177		289451,362		554,615	
Limite inferior	7155400,157		289451,343		554,557	

Fonte: A autora, 2021.

Em análise da tabela 29 os limites máximo e mínimo de intervalo são que 75% dos dados encontram-se dentre destes limites máximo e mínimo e na altitude 50% da amostra. Então para gerar a coordenada final do ponto UTFPR 02 utilizou-se os 75% dos valores amostrais que estavam contidos nesses limites resultando nas coordenadas finais com seus respectivos desvios-padrão, e para altitude foram utilizados 50% dos valores aptos.

Tabela 29 – Análise descritiva UTFPR02.

<b>Variáveis</b>	<b>N (m)</b>	<b><math>\sigma</math>N (m)</b>	<b>E (m)</b>	<b><math>\sigma</math>E (m)</b>	<b>H (m)</b>	<b><math>\sigma</math>H (m)</b>
Média (m)	7155427,674	0,008	289435,483	0,007	556,527	0,037
Média final	7155427,670	0,009	289435,482	0,008	556,515	0,040
Dp da amostra	0,009		0,003		0,029	
Limite superior	7155427,682		289435,486		556,556	
Limite inferior	7155427,665		289435,480		556,499	

Fonte: A autora, 2021.

Com a análise da tabela 30 os limites máximo e mínimo de intervalo, observou-se que 66,6% dos dados encontram-se dentre destes limites máximo e mínimo.

Tabela 30 – Análise descritiva UPA.

<b>Variáveis</b>	<b>N (m)</b>	<b><math>\sigma</math>N (m)</b>	<b>E (m)</b>	<b><math>\sigma</math>E (m)</b>	<b>H (m)</b>	<b><math>\sigma</math>H (m)</b>
------------------	--------------	---------------------------------	--------------	---------------------------------	--------------	---------------------------------

Média (m)	7149515,327	0,0063	292797,629	0,004	489,087	0,0277
Média final	7149515,330	0,0063	292797,631	0,004	489,073	0,027
Dp da amostra	0,0064		0,0069		0,0337	
Limite superior	7149515,333		292797,636		489,121	
Limite inferior	7149515,32		292797,622		489,053	

Fonte: A autora, 2021.

Com a análise da tabela 31 os limites máximo e mínimo de intervalo, observou-se que 58,33% dos dados encontram-se dentre destes limites máximo e mínimo.

Tabela 31 – Análise descritiva Estação 96153.

Variáveis	N (m)	$\sigma N$ (m)	E (m)	$\sigma E$ (m)	H (m)	$\sigma H$ (m)
Média (m)	7150414,754	0,01775	294021,6835	0,0112	511,5255	0,042
Média final	7150414,756	0,0125	294021,679	0,0175	511,542	0,040
Dp da amostra	0,0180		0,0053		0,036	
Limite superior	7150414,772		294021,688		511,561	
Limite inferior	7150414,736		294021,678		511,489	

Fonte: A autora, 2021.

#### 5.4. Coordenadas finais

Os valores das tabelas 32, 33, 34 e 35, são as coordenadas finais de cada marco.

Tabela 32 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão final da UPA.

Coordenada cartesiana (m)		Desvio-padrão (m)
N	7149515,330	0,0063
E	292797,631	0,004
H	489,073	0,027
Coordenada Geográfica		
Latitude	25°45'28,03724" S	
Longitude	53°3'57,29911" W	

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 33 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão final da Estação 96153.

<b>Coordenada cartesiana (m)</b>		<b>Desvio-padrão (m)</b>
N	7150414,756	0,0125
E	294021,679	0,0175
H	511,542	0,04
<b>Coordenada Geográfica</b>		
Latitude	25°44'59,43822" S	
Longitude	53°03'12,90741" W	

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 34 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão final da UTFPR01.

<b>Coordenada cartesiana (m)</b>		<b>Desvio-padrão (m)</b>
N	7155400,163	0,006
E	289451,357	0,005
H	554,600	0,033
<b>Coordenada Geográfica</b>		
Latitude	25°42'15,14505" S	
Longitude	53°05'54,00103" W	

Fonte: A autora, 2021.

Tabela 35 – Sistemas de coordenadas e desvio-padrão final da UTFPR02.

<b>Coordenada cartesiana (m)</b>		<b>Desvio-padrão (m)</b>
N	7155427,670	0,009
E	289435,482	0,008
H	556,526	0,040
<b>Coordenada Geográfica</b>		
Latitude	25°42'14,25964" S	
Longitude	53°05'54,55937" W	

Fonte: A autora, 2021.

Em análise na tabela 36, apresentam-se as coordenadas geodésicas geradas pelos levantamentos a campo e esse resultado comparado com o relatório da estação geodésica do IBGE (Anexo II).

Tabela 36 - Análise de discrepância entre o levantamento e o relatório do IBGE.

<b>Coordenada UTM</b>	<b>Coordenadas levantamento</b>	<b>Coordenadas Relatório IBGE</b>	<b>Discrepâncias (m)</b>
E (m)	7150414,756	7150.414,742	0,014
N (m)	294021,679	294.021,657	0,022
H (m)	511,542	514,300	2,758

Fonte: A autora, 2021.

Frente as discrepâncias apresentadas na tabela 26, sugere-se uma dúvida quanto a qualidade da estação 96153 para apoio geodésico. Nas três coordenadas as discrepâncias foram superiores aos desvios-padrão calculados para essa classe de posicionamento, ou seja, marco geodésico de alta precisão. Sendo assim, recomenda-se que esta estação seja utilizada para apoio topográfico e não geodésico, pois apresentam-se muitas obstruções ao redor da estação interferindo no rastreamento por GNSS. No entanto, esta estação encontra-se apta para apoio geodésico por técnicas terrestres, por exemplo, transporte de coordenadas utilizando estação total.

Desta forma, pode-se afirmar que a discrepância indicada acima não é causada pelo modelamento matemático do processamento. Então, evidencia-se a necessidade de um novo cálculo por parte do IBGE para esta estação, considerando-se que a determinação destas coordenadas foram obtidas em 1981 ainda com equipamentos de tecnologia defasada em comparação aos atuais e ajuste da rede em 2010, mas sem a informação de como foi realizado.

As condições meteorológicas durante o mês de outubro de 2021 foi um fator que dificultou na coleta dos dados. Houveram seguidos dias de chuvas intensas que impediram a realização do levantamento em um único dia de coleta. Também deve-se ressaltar que em alguns dos dias de levantamento o céu encontrava-se nublado, o que provavelmente pode ter interferido na qualidade do resultado, devido a carga eletromagnética na atmosfera. Este fator pode atrasar o sinal GNSS ou até obstruí-lo ocasionando perdas de ciclos. Cogita-se a possibilidade e alternar a coleta com outros horários objetivando menor índices de refração atmosférica (por exemplo, final da tarde e início da noite).



## 6. CONCLUSÃO

Pode-se confirmar que a estação 96153 não está localizada em um local adequado para ser utilizada como uma estação de referência, em razão das condições ao redor do marco, contendo muitas obstruções e grande movimentação de pessoas, tendo em conta que ele é localizado próximo a entrada do prédio da prefeitura do município. Os resultados de suas coordenadas indicaram erros ou imprecisões superiores aos valores obtidos pelo rastreamento quando comparado aos dados utilizando como base as estações da RBMC.

As coordenadas finais dos marcos UTFPR01 são de N=7.155.400,163m, E=289.451,357m e H= 554,600m; UTFPR02 N=7.155.427,670m, E=289.435,482m e H=556,526m; UPA N=7.149.515,330m, E=292.797,631m e H=489,073m e a estação 96153 N=7.150.414,756m E=294.021,679m e H=511,542m.

Em comparação com o resultado da estação 96153 obtido por este trabalho ao do divulgado pelo relatório da estação geodésica do IBGE, houve uma discrepância muito grande no valor da altitude ( $\Delta H = \pm 2,758$  m). Sabe-se que os levantamentos feitos por GNSS apresentam dificuldades com o processamento da altitude, visto que utiliza o modelo matemático de superfície terrestre, o elipsóide. No entanto, os levantamentos são realizados na superfície física. Porém, os modelos matemáticos adotados para compatibilização do elipsóide adotado (GRS80), o sistema de referência atual do Brasil (SIRGAS 2000) e o modelos altimétricos implementados nos softwares de processamento, para este trabalho o TBC, minimizam de forma significativamente essa diferença entre as superfícies.

## 7. REFERÊNCIAS

ALENCAR, J. C. M. de. **Datum altimétrico brasileiro**. **Cadernos de Geociências, Rio de Janeiro**: IBGE, n. 5, p. 69-73, jul. 1990.

ALMEIDA, M. S.; POZ, W. R. D. **Posicionamento por Ponto Preciso e Posicionamento Relativo com GNSS: qual é o método mais acurado atualmente?** Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, v. 22, n.1, p.175 - 195, 2016.

BEIDOU. **BeiDou Navigation Satellite System**. 2018. Disponível em: <<http://en.beidou.gov.cn/SYSTEMS/System/>>. Acesso em: outubro, 2021.

CARVALHO, P. R. C. **Estudo das distorções do sistema geodésico de referência da região metropolitana do Recife**. Dissertação ao Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2003.

CERQUEIRA, F. C. **Sistema de Coordenadas UTM**. Revista Tecnológica. 47-49p. dezembro, 1991.

CEUB/ICPD. Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento. **Curso de GPS e Cartografia básica**. Disponível em: <[http://www.fernandoquadro.com.br/files/cartografia\\_e\\_gps.pdf](http://www.fernandoquadro.com.br/files/cartografia_e_gps.pdf)> Acesso em: outubro, 2021.

DOMPIERI, M. H. G. SILVA, M. A. S. NOGUEIRA JÚNIOR, L. R **Sistemas de Referência Terrestre e Posicionamento por Satélite**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.

GPS. **Space segment**. 2019. Disponível em: <<https://www.gps.gov/systems/gps/space/>>. Acesso: agosto, 2021.

GROVES, P. D. **Principles of GNSS, Inertial and Multisensor Integrated Navigation Systems**. Norwood: Artech House, 2008.

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H. e WASLE, E. **GNSS – Global Navigation Satellite Systems, GPS, GLONASS, Galileo and more**. Springer-Verlag Wien, 2008.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos Associados ao Sistema Geodésico Brasileiro**, Rio de Janeiro, 2017.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Especificações e Normas ao Sistema Geodésico Brasileiro**, Rio de Janeiro, 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Reajustamento da rede altimétrica com números geopotenciais**. IBGE, Coordenação de Geodésia. - 2. ed. - Rio de Janeiro, 2019.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos – GPS**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

INCRA, Instituto Nacional de Colonização e reforma Agrária. **Manual Técnico de Posicionamento, Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. 1<sup>2</sup> Ed. Brasília, 2013.

INDE. Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. **Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS**. 2020. Disponível em: <<https://inde.gov.br/Noticias/Detalhe/16>>. Acesso: setembro, 2021.

KAPLAN, E. D.; HEGARTY, C. J. **Understanding GPS: principles and applications**. Artech House, 2006.

LANGLEY, R.B.; TEUNISSEN, P. J. G.; MONTENBRUCK, O. **Introduction to GNSS**. In: TEUNISSEN, P. J. G.; MONTENBRUCK, O. (eds) Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems. Springer, Berlin, 2017.

MARINI, M, C, **Integração da Rede GPS ITESP ao Sistema Geodésico Brasileiro**, Dissertação de Mestrado em Ciências Cartográficas, 146p, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Unesp, Presidente Prudente, São Paulo, 2002.

MIRANDA, José I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2ª ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR – GPS**. Descrição, Fundamentos e aplicações. 1º edição. Presidente Prudente: Editora Unesp, 2000.



SILVA, G. P. da; GONÇALVES, R. M.; TANAJURA, E. L. X. **Levantamento Geodésico GNSS-RTK para o mapeamento da linha de costa**. IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação. Recife – PE. 2012.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy**. 2. Ed. Berlin: Walter de Gruyter, 2003.

SETTI JÚNIOR, P. T. **Posicionamento por Ponto Multi-GNSS: Análise dos Sistemas, Sinais e Modelos Ionosféricos**. Presidente Prudente – SP, 2019.

**ANEXOS**

## ANEXOS I

 <p>UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CÂMPUS DOIS VIZINHOS</p>	<p>Universidade Tecnológica Federal do Paraná</p> <p><b>Monografia de Marco Geodésico</b></p>	 <p>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA</p>
--	---	--

Datum: SIRGAS 2000	Data: Outubro/2021	Localidade: Dois Vizinhos
	Latitude	25°42'15,14505" S
	Longitude	53°5'54,00103" W
Projeção: UTM Fuso: 22 Meridiano Central: -51	N (m)	7155400,167
	E (m)	289451,353
Ponto Visado: UTFPR01	Altitude elipsoidal (m):	554,586

Foto Localização:



Foto Detalhe:



Descrição: Em frente ao laboratório de fisiologia vegetal da universidade.

 UTFPR1



Datum: SIRGAS 2000	Data: Outubro/2021	Localidade: Dois Vizinhos
	Latitude	25°42'14,25964"
	Longitude	53°5'54,55937"
Projeção: UTM Fuso: 22 Meridiano Central: -51	N (m)	7155427,672
	E (m)	289435,486
Ponto Visado: UTFPR02	Altitude elipsoidal (m):	556,511

Foto Localização:



Foto Detalhe:



Descrição: Atrás do bloco K, onde encontra-se a direção da universidade.

 **UTFPR2**


Datum: SIRGAS 2000	Data: Outubro/2021	Localidade: Dois Vizinhos
	Latitude	25°45'28,03724" S
	Longitude	53°3'57,29911
Projeção: UTM Fuso: 22 Meridiano Central: -51	N (m)	7149515,330
	E (m)	292797,631
Ponto Visado: UPA	Altitude elipsoidal (m):	489,073

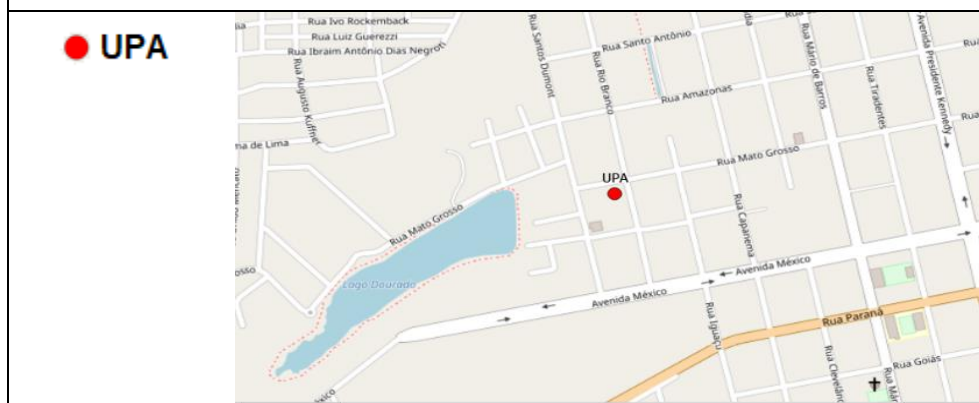
Foto Localização:



Foto Detalhe:



Descrição: Encontra-se no estacionamento da Unidade de Pronto Atendimento, esquina com as ruas Mato Grosso e Rio Branco, bairro Sagrada Família, zona sul.





## ANEXO II



## Relatório de Estação Geodésica

Estação :	96153	Nome da Estação :	96153	Tipo :	Estação GPS
Município :	DOIS VIZINHOS			UF :	PR
Última Vista:	11/08/2010	Situação Marco Principal :	Bom		
Conexões :	RN : 1726F				

DADOS PLANIALTIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	25 ° 44 ' 59,43901 " S	Altitude Ortométrica(m)	511,4725	Gravidade(mGal)	
Longitude	53 ° 03 ' 12,88386 " W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Datum	
Altitude Geométrica(m)	514,300	Sigma Altitude(m)	0,06	Data Medição	
Fonte	GPS Geodésico	Datum	Imbituba	Data Cálculo	
Origem	Ajustada	Data Medição	18/02/1981		
Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo	15/06/2011		
Data Medição	11/08/2010				
Data Cálculo	22/09/2010				
Sigma Latitude(m)	0,003				
Sigma Longitude(m)	0,003				
Sigma Altitude Geométrica(m)	0,019				
UTM(N)	7.150.414,742				
UTM(E)	294.021,657				
MC	-51				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/06/2011 - Relatório em <http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/relatorioajustamento.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em [http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/rel\\_sirgas2000.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/rel_sirgas2000.pdf)
- Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGEO2015 disponível em [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo\\_geoidal.shtml](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtml)
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015.

## Localização

Na base de um pequeno monumento que sustenta uma placa memorial, ao lado da entrada principal do prédio da Prefeitura Municipal, Avenida Rio Grande do Sul, com a Travessa cinco, Dois Vizinhos, PR.

## Descrição

Chapa padrão IBGE.

Foto(s)

