

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Deison Mathias Konzen

**ESTUDO COMPARATIVO DE MÉTODOS E SERVIÇOS PÚBLICOS DE
POSICIONAMENTO POR GNSS**

Santa Maria, RS

2022

Deison Mathias Konzen

**ESTUDO COMPARATIVO DE MÉTODOS E SERVIÇOS PÚBLICOS DE
POSICIONAMENTO POR GNSS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em **Engenharia Civil.**

Orientador: Prof.º Dr.º Jaime Freiburger Junior

Santa Maria, RS

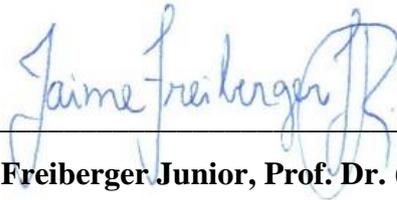
2022

Deison Mathias Konzen

**ESTUDO COMPARATIVO DE MÉTODOS E SERVIÇOS PÚBLICOS DE
POSICIONAMENTO POR GNSS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil, da Universidade
Federal de Santa Maria, como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Aprovado em 18 de fevereiro de 2022:



Jaime Freiburger Junior, Prof. Dr. (UFSM)

(Orientador)



Eno Darci Saatkamp, Prof. Dr. (UFSM)



Leandro de Mello Pinto, Prof. Me. (UFSM)

Santa Maria, RS

2022

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de participar do Curso de Engenharia Civil.

Ao Prof. Jaime Freiburger Junior pela oportunidade de realização deste trabalho, pela orientação, compreensão e disponibilidade, e por ter apresentado a área de Topografia.

Aos professores do curso de Engenharia Civil, pelos conhecimentos adquiridos.

Ao Prof. Eno Darci Saatkamp pelo auxílio no desenvolvimento do trabalho e instruções, especialmente relativas à instrumentação empregada.

Aos membros da comissão examinadora, pela contribuição neste trabalho.

Aos colegas e amigos pela amizade e colaboração.

Aos meus pais, Lino e Marineide, pelo incentivo, amor, dedicação e confiança.

À minha irmã Aline, pelo incentivo e apoio.

Enfim a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

ESTUDO COMPARATIVO DE MÉTODOS E SERVIÇOS PÚBLICOS DE POSICIONAMENTO POR GNSS

AUTOR: Deison Mathias Konzen

ORIENTADOR: Jaime Freiburger Junior

O ramo da Topografia e Geodésia está em constante evolução com o desenvolvimento de técnicas e instrumentos que simplificam o trabalho dos profissionais e melhoram o resultado das medições. Na última década o serviço NTRIP do IBGE têm se popularizado como um complemento à técnica RTK, técnica de posicionamento GNSS baseada no recebimento em tempo real de dados brutos no protocolo RTCM aos quais o aparelho utiliza para cálculo de correções de coordenadas geográficas em tempo real. Este trabalho tem como objetivo comparar os resultados desta técnica com outros métodos que exigem pós-processamento dos dados, como o método relativo estático e o método absoluto com uso do serviço PPP-IBGE. Em uma segunda etapa, realizou-se um levantamento topográfico planialtimétrico por poligonação a fim de se comparar os resultados com as técnicas com geodésia celeste (GNSS). Os resultados demonstram a confiabilidade das coordenadas obtidas com o NTRIP dentro de certa margem de erro. Uma desvantagem é sua dependência com a Internet no momento dos levantamentos em especial no meio rural, que pode inviabilizar levantamentos em virtude da ausência de sinal de telefonia móvel.

Palavras-chave: Georreferenciamento; RTK NTRIP; Topografia; Geodésia.

ABSTRACT

COMPARATIVE STUDY OF GNSS POSITIONING METHODS AND PUBLIC SERVICES

AUTHOR: Deison Mathias Konzen

ADVISOR: Jaime Freiburger Junior

The field of Topography and Geodesy is constantly evolving with the development of techniques and instruments that simplify the work of professionals and improve the results of measurements. Over the last decade, IBGE's NTRIP service has become popular as a complement to the RTK technique, a GNSS positioning technique based on reception of raw data in the RTCM protocol, which the device uses to calculate corrections of geographic coordinates in real time. This paper aims to compare the results of this technique with other methods that require post-processing of data, such as the static relative method and the absolute method using the PPP-IBGE service. In a second stage, a planialtimetric survey was executed by polygonation in order to compare the results with the celestial geodesy (GNSS). The results demonstrate the reliability of the coordinates obtained with NTIP within a certain margin of error. A disadvantage is their dependence on the Internet at the time of surveys, especially in rural areas, which can make surveys unfeasible due to the absence of a mobile phone signal.

Keywords: Georeferencing; RTK NTRIP; Topography; Geodesy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Rede Absoluta.....	14
Figura 2 – Rede Relativa	15
Figura 3 - Distribuição das Estações da RBMC	17
Figura 4 - Estação SMAR/RBMC	18
Figura 5 - Componentes do NTRIP	19
Figura 6 - Organograma dos Métodos e Técnicas de Posicionamento pelo GNSS	20
Figura 7 - Estrutura para execução do PPP	21
Figura 8 - Representação do método DGPS	23
Figura 9 - Precisão do posicionamento GPS conforme comprimento da linha de base	24
Figura 10 - Área de estudos	25
Figura 11 - Rede de marcos geodésicos da UFSM.....	27
Figura 12 - Planta topográfica planialtimétrica do lote no bairro São José.....	28
Figura 13 - Linhas de base formadas com estações do sistema geodésico brasileiro	29
Figura 14 - Receptor Polaris S100 instalado sobre o marco M031	30
Figura 15 - Prisma refletor com bipé.....	33
Figura 16 - Taqueômetro eletrônico FOIF RTS102	33
Figura 17 - Detalhe dos vértices V1N e 30	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aplicativos do RTKLIB	12
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características das Órbitas EMU, EMR e EMF.....	22
Quadro 2 - Coordenadas resultantes do RTK com serviço NTRIP-IBGE	31
Quadro 3 - Comparativo de coordenadas de métodos por GNSS	32
Quadro 4 - Diferenças entre levantamentos Poligonação x RTK (NTRIP)	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APs – Aplicativos Programas

AS – *Anti-spoofing* (Antifraude)

C/A – *Coarse Acquisition* (Fácil aquisição)

CGS – *Canadian Geodetic Survey*

CSRS-PPP – *Canadian Spatial Reference System - Precise Point Positioning*

DGPS – *Differential Global Positioning System*

e.g. – lat. *exempli gratia* (por exemplo)

et al. – lat. *et ali* (e outros)

GLONASS – *GLObalnaya NAVigatsionnaya Sputnikova Sistema*

GNSS – *Global Navigation Satellite System*

GPS – *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global)

i.e. – isto é

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGS – *International GNSS Service*

ingl. – inglês

lat. – latim

NAVSTAR – *Navigation Satellite with Timing and Ranging*

NAVSTAR/GPS – *NAVigation System with Time And Ranging / Global Positioning System*

NRCan – *Natural Resources Canada*

NTRIP – *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*

OTF – *On The Fly*

OTW – *On The Way*

P – *Precise or Protected* (Preciso ou protegido)

p. – página

PDGPS - *Precise Differential Global Positioning System*

PPS – *Precise Positioning Service* (Serviço de Posicionamento Preciso)

ppm – partes por milhão

QZSS – *Quasi-Zenith Satellite System*

RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo

RTCM – *Radio Technical Committee for Maritime Service*

RTK – *Real Time Kinematic*

SA – *Selective Availability* (Disponibilidade Seletiva)

SBAS – *Satellite Based Augmentation System* (Sistema de Aumento Baseado em Satélite)

SCB – Sistema Cartográfico Brasileiro

SGB – Sistema Geodésico Brasileiro

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul

SPS – *Standard Positioning Service* (Serviço de Posicionamento Padrão)

UHF – *Ultra High Frequency*

UTM – *Universal Transverse Mercator*

VHF – *Very High Frequency*

WGS 84 – *World Geodetic System 1984 (Sistema Geodésico Global)*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	JUSTIFICATIVA	11
1.2	MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS	11
1.2.1	Pacote de programas RTK-Lib	12
1.2.2	Programa TopoEVN 6	13
1.2.3	Programa GTR Processor	13
2	CONCEITOS FUNDAMENTAIS	14
2.1	REDE GEODÉSICA	14
2.1.1	Rede absoluta (referência)	14
2.1.2	Rede relativa (objeto)	14
2.2	INSTRUMENTAÇÃO E SERVIÇOS GEODÉSICOS.....	15
2.2.1	Sistema Geodésico Brasileiro.....	15
2.2.2	RBMC.....	16
2.2.3	Estações de Referência	17
2.3	MÉTODOS DE POSICIONAMENTO PELO GNSS	19
3	LEVANTAMENTOS REALIZADOS.....	25
3.1	DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDOS	25
3.1.1	Marco Geodésico na UFSM	26
3.1.2	Terreno urbano no bairro São José	27
3.2	LEVANTAMENTOS GEODÉSICOS NO MARCO M031	29
3.2.1	Método Relativo Estático	29
3.2.2	Método Diferencial.....	30
3.2.3	Método Absoluto	31
3.2.4	Análises	31
3.3	ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE LEVANTAMENTO POR POLIGONAÇÃO TOPOGRÁFICA E RTK-NTRIP.....	32
4	CONCLUSÕES	36
5	REFERÊNCIAS	37
	APÊNDICE A – SUMÁRIO DA LINHA-BASE M031-SMAR	40
	APÊNDICE B – SUMÁRIO DO PPP NO MARCO M013 COM ÓRBITA RÁPIDA	42
	APÊNDICE C – SUMÁRIO DO PPP NO MARCO M013 COM ÓRBITA FINAL	44

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

Com o avanço e popularização das tecnologias que empregam os Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS), surgem opções cada vez mais acessíveis e em diversas atividades do meio técnico, em especial a Engenharia. Esse estudo tem como objetivo empregar o Protocolo “NTRIP” (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*) em substituição ao sistema de comunicação convencional por rádio do RTK (*Real Time Kinematic*). Estes sistemas proporcionam a comunicação de dados brutos de rastreamento da estação de referência para cálculo de correções diferenciais para coordenadas geográficas obtidas em tempo real, tornando-as mais precisas. O custo mais acessível para aquisição dos equipamentos e a operação dos sistemas cada vez mais simplificada tornam o emprego dos sistemas baseados em NTRIP uma alternativa atraente aos técnicos e engenheiros que atuam na Topografia.

1.2 MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS

Para realização desse trabalho foram utilizados recursos e instrumentos da Universidade Federal de Santa Maria (vinculados ao Departamento de Engenharia Rural), alguns programas computacionais de uso livre e outras ferramentas emprestadas de apoiadores deste trabalho. Dentre os meios utilizados vale citar:

- a) receptor Polaris GNSS RTK S100 L1/L2 – NTRIP;
- b) receptor TechGeo GNSS GTR-G² L1/L2;
- c) taqueômetro eletrônico FOIF RTS102;
- d) prisma refletor com bipé;
- e) tablet Samsung Tab A 8” 4G;
- f) computador Acer com sistema operacional Windows 10, 64 bits;
- g) aplicativo Polaris Connect for S100 RTK Receiver;
- h) aplicativo Mobile Topographer Free;
- i) pacote de programas RTK-Lib;
- j) programa TopoEVN6;

- k) programa NovAtel Connect;
- l) programa GTR Processor.

1.2.1 Pacote de programas RTK-Lib

RTKLIB é um pacote de programas de código aberto para posicionamento e processamento de dados GNSS que consiste em de uma biblioteca de programas e vários aplicativos (APs) que utilizam esta biblioteca. O RTKLIB suporta algoritmos de posicionamento padrão e posicionamento preciso com GPS, GLONASS, Galileo, QZSS, BeiDou e SBAS. Além disso conta com vários modos de posicionamento com GNSS para tempo real e pós-processamento tais como: Simples, DGPS/DGNSS, Cinemático, Estático, Linha de Base Móvel, Fixo, PPP-Cinemático, PPP-Estático e PPP-Fixo.

O programa processa arquivos de diversos formatos e protocolos padrão para GNSS, sendo compatível com a maioria dos protocolos mais usuais. Tem compatibilidade com mensagens proprietárias de vários modelos de receptores GNSS, tais como os das marcas NovAtel, Hemisphere, u-blox, SkyTraQ, JAVAD e Furuno. Suporta comunicação externa via porta Serial, TCP/IP, NTRIP, arquivo de log local (gravação e reprodução) e FTP/HTTP (download automático). Fornece muitas funções de biblioteca e APIs para processamento de dados GNSS que permitem o processamento versátil e preciso dos dados. Por fim, o programa inclui os seguintes APs GUI (graphical user interface) e CUI (command-line user interface).

Tabela 1 - Aplicativos do RTKLIB

	Função	GUI AP	CUI AP
(a)	<i>AP Launcher</i>	RTKLAUNCH	-
(b)	<i>Real-Time Positioning</i>	RTKNAVI	RTKRCV
(c)	<i>Communication Server</i>	STRSVR	STR2STR
(d)	<i>Post-Processing Analysis</i>	RTKPOST	RNX2RTKP
(e)	<i>RINEX Converter</i>	RTKCONV	CONVBIN
(f)	<i>Plot Solutions and Observation Data</i>	RTKPLOT	-
(g)	<i>Downloader of GNSS Data</i>	RTKGET	-
(h)	<i>NTRIP Browser</i>	SRCTBLBROWS	-

Fonte: RTKLIB <<http://www.rtklib.com/>>

1.2.2 Programa TopoEVN 6

O processamento da poligonal topográfica foi executado com o programa TopoEVN 6, desenvolvido pela empresa Métrica Tecnologia. Ele utiliza biblioteca CAD para elaboração dos desenhos vetoriais.

1.2.3 Programa GTR Processor

O programa GTR Processor 2.94 é um programa comercial que acompanha os receptores da marca Novatel. O programa interpreta as frequências e sinais dos satélites GNSS atualmente ativos. Nos levantamentos foram rastreados os satélites das constelações GPS, Glonass, Beidou e Galileo. O programa oferece a possibilidade de busca automática de estações da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) e a edição de tempo de rastreamento e satélites.

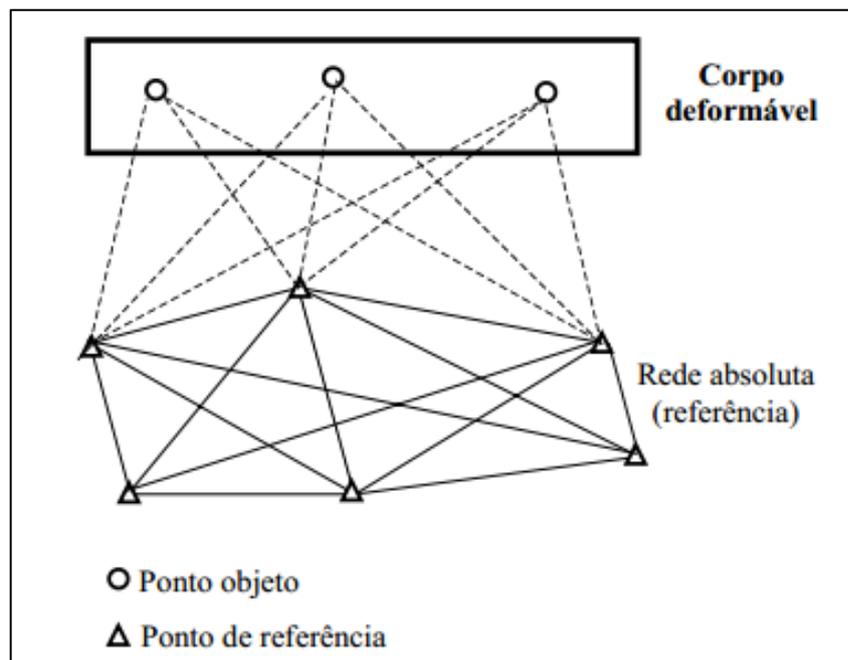
2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

2.1 REDE GEODÉSICA

2.1.1 Rede absoluta (referência)

A rede absoluta se baseia em pontos de referência, fixos e indeformáveis, a uma certa distância do objeto monitorado. Os pontos de referência podem determinar os deslocamentos de pontos anexos ao corpo deformável. O grande desafio em analisar geometricamente uma rede absoluta (ou uma rede de referência) é definir pontos que de fato permaneçam estáveis (CHAVES, 2001). Uma representação dessa rede é apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Rede Absoluta



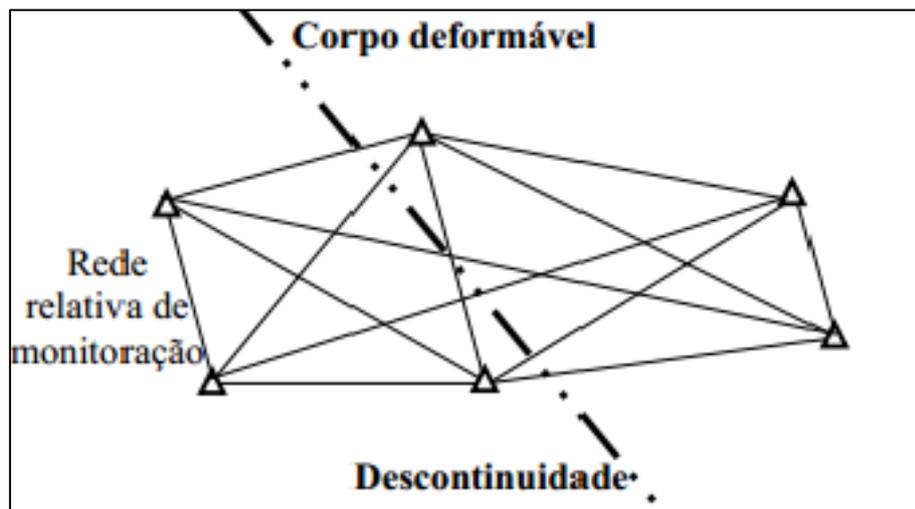
Fonte: Chaves (2001, p.27).

2.1.2 Rede relativa (objeto)

Na rede relativa todos os pontos estão no corpo da estrutura investigada, não havendo referências fora dela, com o objetivo de identificar o modelo provocado pelas deformações,

deslocamentos pontuais e deslocamentos relativos do corpo. Ao proceder com uma rede relativa são determinados modelos de deformação nos domínios espaciais e temporais (CHAVES, 2001). Um exemplo dessa rede pode ser vista na Figura 2.

Figura 2 – Rede Relativa



Fonte: Chaves (2001, p. 27).

2.2 INSTRUMENTAÇÃO E SERVIÇOS GEODÉSICOS

Para execução dos levantamentos topográficos por método clássico (poligonal topográfica) utilizou-se um taqueômetro eletrônico (estação total) e acessórios (bastão e prisma, tripé). Para determinação das coordenadas geodésicas dos pontos foram empregados os receptores GNSS/RTK (Polaris S100) pertencentes ao DER/UFSM. São receptores de duas frequências (L1 e L2) cuja interface com o usuário pode ser um aparelho celular (*smartphone*) conectado à internet, no qual deve ser instalado um aplicativo de controle do receptor GNSS.

2.2.1 Sistema Geodésico Brasileiro

Assim como em outros países, no Brasil há uma rede de marcos de referência que compõe o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Basicamente o SGB é composto pelas redes: planimétrica, altimétrica e gravimétrica. O órgão responsável pela implantação, manutenção e

gerenciamento do SGB, assim como do Sistema Cartográfico Nacional (SCN), é o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A rede planimétrica pode ser subdividida em passiva e ativa. A rede passiva é constituída por marcos geodésicos engastados na superfície física do território nacional, os quais possuem coordenadas georreferenciadas e publicadas no sistema de referência oficialmente vigente. A sub-rede ativa é igualmente constituída por marcos georreferenciados, sobre os quais há um equipamento receptor GNSS de alta qualidade rastreando continuamente. Os dados de rastreamento nas estações ativas são públicos, acessáveis via portal de internet na página do IBGE. No Brasil essa rede ativa é denominada Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC). (MELLO, 1981)

2.2.2 RBMC

A RBMC é uma rede de estações geodésicas que começaram a ser implantadas em 1996 para operarem continuamente na recepção e armazenamento de dados dos satélites do GNSS. Sua concepção é geocêntrica e integra o Sistema Geodésico de Referência, como é o caso do SIRGAS 2000, o qual foi adotado oficialmente no Brasil em 2005.

De acordo com COSTA (2008), a RBMC é atualmente a estrutura geodésica de referência mais confiável e precisa do Brasil, suas informações trazem subsídios tanto para comunidade científica quanto às aplicações profissionais, permitindo que os usuários tenham contato direto com o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e as redes geodésicas internacionais. Com a disponibilidade pública dos dados da RBMC, novos serviços são estudados e propostos, de modo a facilitar cada vez mais o acesso do usuário ao sistema de maneira eficiente. (Figura 3)

Figura 4 - Estação SMAR/RBMC



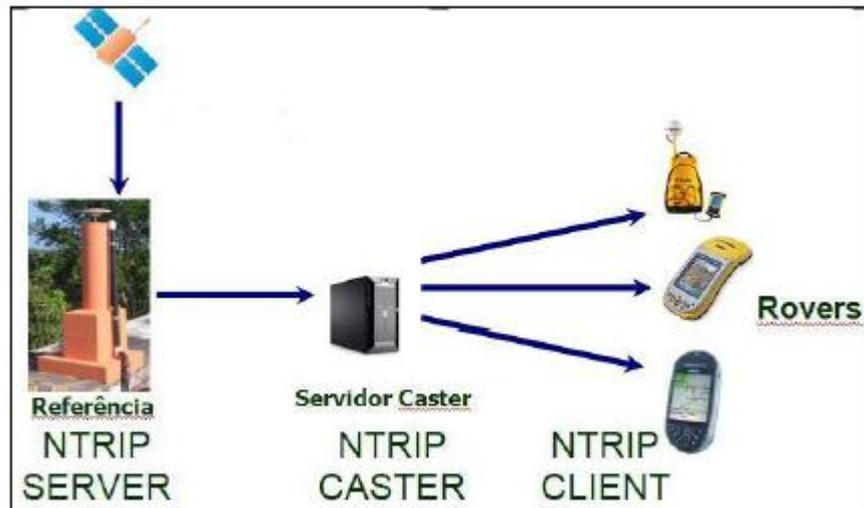
Fonte: SAATKAMP, E. D. (2020)

A estação SMAR é uma das estações RBMC que também envia dados brutos de rastreamento GNSS (correções diferenciais) pelo sistema NTRIP (seção 2.2.4) publicamente aos usuários que desejam ou necessitam realizar levantamento ou locação precisos em tempo real.

2.2.4 NTRIP

De acordo com Costa et al. (2008), a popularização de serviços de internet *wireless* por meio de *smartphones* tornou viável o desenvolvimento da tecnologia de correção de coordenadas conhecida por NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*). O NTRIP distribui dados GNSS continuamente a um receptor estático ou móvel via internet sendo composto por três componentes: NTRIP Server, NTRIP Caster e NTRIP Cliente, como ilustra a Figura 5.

Figura 5 - Componentes do NTRIP

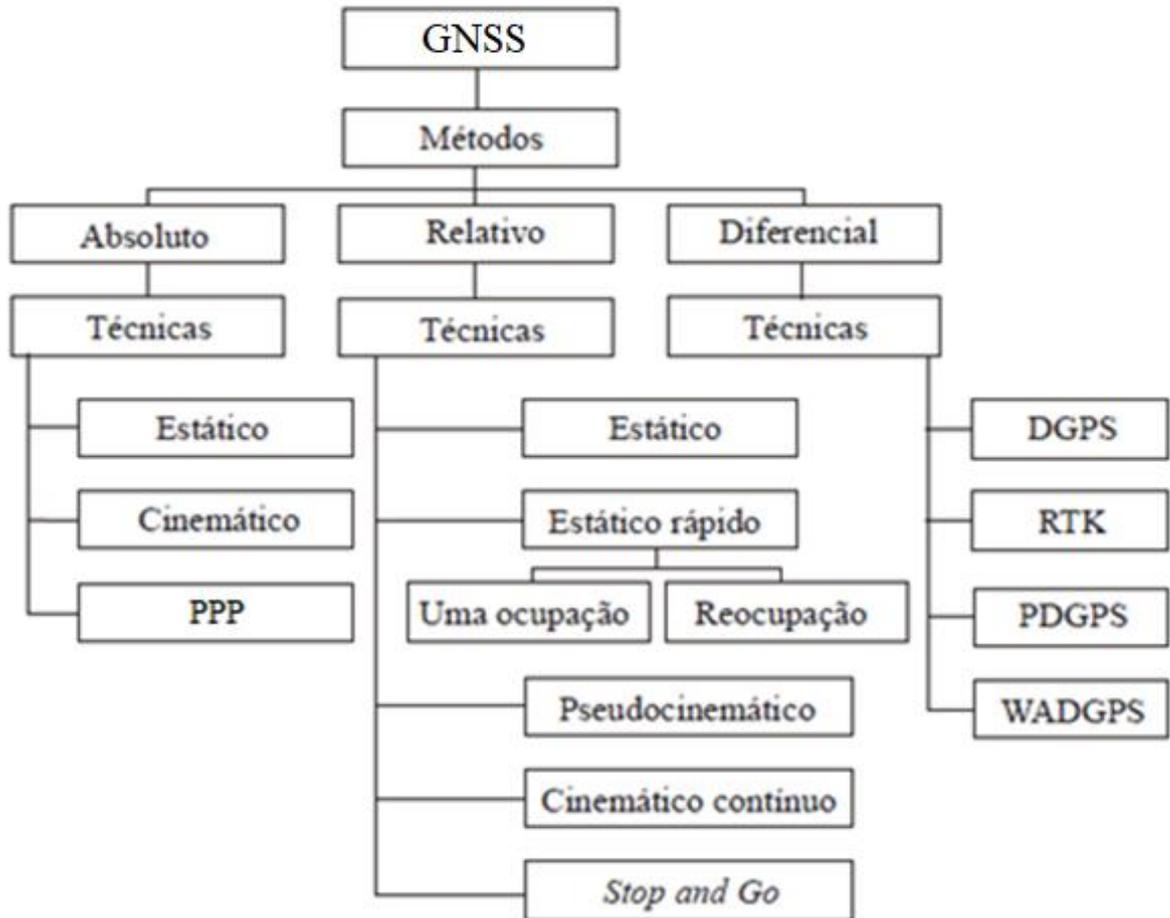


Fonte: Costa (2008)

2.3 MÉTODOS DE POSICIONAMENTO PELO GNSS

O termo posicionamento tem relação com a determinação da posição de objetos em relação a um referencial específico. Conforme MONICO (2000, p. 181), o posicionamento GNSS classifica-se em: posicionamento absoluto, se as coordenadas estão associadas ao geocentro; e posicionamento relativo, se as coordenadas são determinadas em relação a um referencial materializado por vértices de coordenadas conhecidas (Figura 6).

Figura 6 - Organograma dos Métodos e Técnicas de Posicionamento pelo GNSS



Fonte: FREIBERGER JUNIOR (2002). Adaptado e atualizado pelo autor

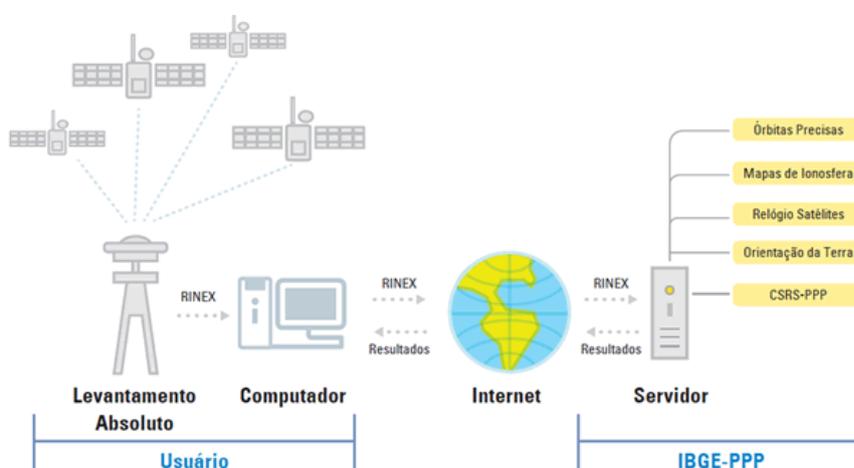
2.3.1 Método Absoluto

No método absoluto, conhecido também como posicionamento por ponto, a determinação de coordenadas tridimensionais é feita com o uso de um receptor isolado que realiza medições de pseudodistâncias com base em observações de código ou de fase das portadoras (HOFMANN-WELLENHOF et al., 1994, p.130). O posicionamento absoluto de pontos tem como base efemérides transmitidas e o ponto é determinado em relação ao sistema de referência vinculado ao GPS, ou seja, o WGS84.

2.3.1.1 Posicionamento Preciso por Ponto (PPP)

O serviço de Posicionamento por Ponto Preciso (IBGE-PPP) foi implantado em abril de 2009 de maneira a suprir a demanda de dados para posicionamento de precisão de profissionais que atuam com topografia e geodésia. O PPP é um serviço online e gratuito para pós-processamento de dados GNSS, que permite referenciar coordenadas ao Sistema Geodésico Brasileiro (IBGE, 2020) (Figura 7).

Figura 7 - Estrutura para execução do PPP



Fonte: IBGE (2020)

Um predecessor do serviço brasileiro foi o *Canadian Spatial Reference System - Precise Point Positioning (CSRS-PPP)*¹, que serviu como base para a criação do IBGE-PPP através da parceria entre os IBGE e o NRCan. O CSRS-PPP surge em outubro de 2003 com o objetivo de dar acesso a usuários canadenses e do exterior a dados de correção para coordenadas do GPS. (TÉTREAULT, 2005)

O IBGE-PPP faz uso de arquivos de órbitas e correções dos relógios dos satélites disponibilizados pelo *International GNSS Service (IGS)* e pelo NRCan. Essas órbitas, ditas precisas, possuem três categorias: Ultra-Rápida, Rápida e Final. Cada órbita possui uma precisão associada e é disponibilizada em um diferente momento. O IBGE-PPP faz uso da

¹ CSRS-PPP: *Canadian Geodetic Survey (CGS), Natural Resources Canada (NRCan)*.

órbita mais precisa disponível no momento do processamento. As características das órbitas utilizadas para o PPP estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1 - Características das Órbitas EMU, EMR e EMF

Produto NRCan				
Órbitas / Intervalo	Relógios / Intervalo	Constelação	Quando o IBGE-PPP irá utilizar?	Precisão da órbita
Ultra-Rápida (EMU) 15 minutos	EMU 30 segundos	GPS (1h) e GPS+ GLONASS (3h)	a partir de 1h30m-2h30m após o fim do rastreamento até a disponibilidade das órbitas EMR	± 15 cm
Rápida (EMR) 15 minutos	EMR 30 segundos	GPS e GLONASS	a partir de 12-36 horas após o fim do rastreamento até a disponibilidade das órbitas EMF	± 5 cm
Final (EMF) 15 minutos	EMF 30 segundos	GPS e GLONASS	a partir de 11-17 dias após o fim do rastreamento	± 2 cm

Fonte: IBGE (2020); adaptado pelo autor

2.3.2 Método Relativo

De acordo com definição proposta por Hofmann-Wellenhof (2001) método relativo é aquele que se baseia no cálculo do vetor resultante entre a diferença de posição entre uma estação de referência (estação base) e uma estação itinerante (estação móvel, *rover*). Para tanto, a estação base possui coordenadas conhecidas e com base nelas se determina o vetor que representa a posição relativa entre as estações, por consequência são obtidas as coordenadas da estação móvel (MONICO, 2000).

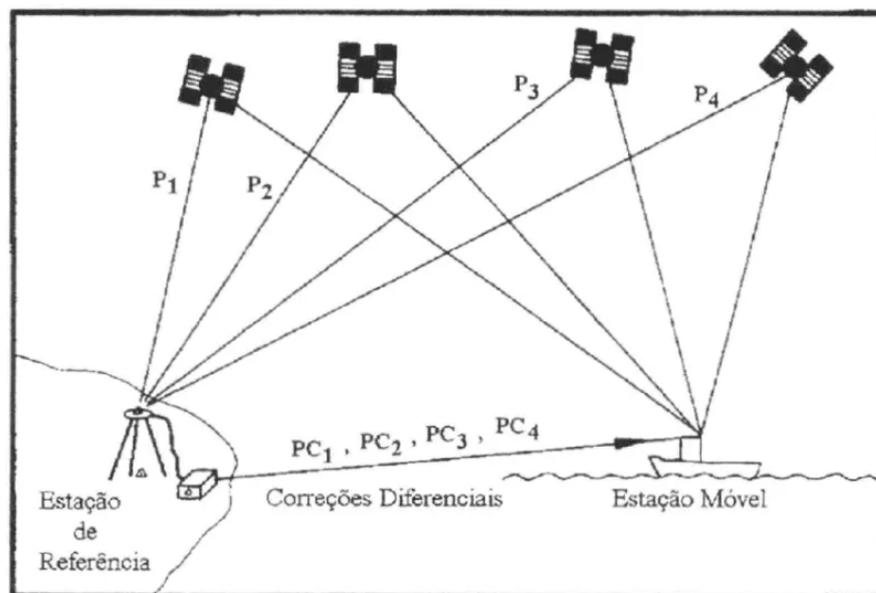
O posicionamento relativo ameniza a amplitude dos erros, em especial o erro relativo aos relógios do satélite, o erro das efemérides e o erro de propagação do sinal na atmosfera. Para realizar o cálculo das pseudodistâncias é possível utilizar as observações da fase do código, do código suavizado pela portadora e da portadora (KRUEGER, 1996).

A precisão do método relativo é uma função do comprimento da linha de base e pode atingir a ordem centimétrica para as linhas de até 20 km (HOFMANN-WELLENHOF, 2001).

2.3.3 Métodos Diferenciais

Conforme Hofmann-Wellenhof (2001), o GPS Diferencial (DGPS) foi criado com o objetivo de mitigar a degradação da precisão do posicionamento absoluto causada sobretudo pelo efeito da Disponibilidade Seletiva (SA). O DGPS tem como fundamento considerar que há forte correlação entre os erros de posicionamento entre uma estação de referência e uma estação móvel, sendo eles minimizados com uso de correções diferenciais calculadas com base na estação de referência (MONICO, 2000, p. 220). Essas correções diferenciais são calculadas e enviadas em tempo real para a estação móvel utilizando um sistema de comunicação (mais usualmente rádio de transmissão, sinal de internet ou por satélite) e conforme um formato apropriado que é definido pela *Radio Technical Committee for Maritime Service* (RTCM) (KRUEGER, 1996) (Figura 8).

Figura 8 - Representação do método DGPS



Fonte: GIOVANI, A. (2021)

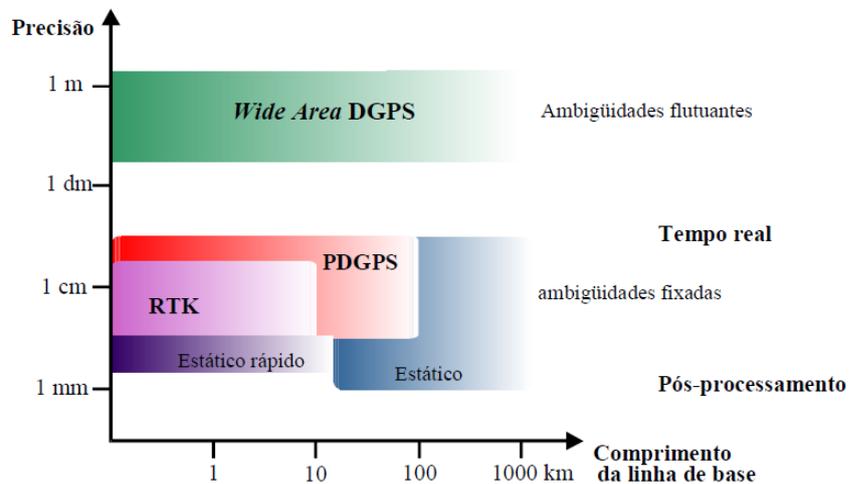
As correções do DGPS só têm eficácia quando tanto as estações de referência quanto as estações móveis (*rover*) utilizam os mesmos satélites, pois as correções de posição dependem da configuração dos satélites no momento do posicionamento.

Com base nas coordenadas de uma estação de referência e nas posições precisas dos satélites, é possível determinar matematicamente a distância geométrica entre a estação e satélite. A essa dimensão, que é afetada por erros sistemáticos, dá-se o nome de pseudodistância. Sendo assim, as correções de pseudodistâncias são definidas pelas diferenças entre as pseudodistâncias verdadeiras e as calculadas até cada um dos satélites que a estação de referência rastreia. Comparando essa distância com as respectivas distâncias estimadas até os satélites rastreados são geradas as correções (BAUER, 1997, p. 235).

Como explica Krueger (1996), diversos fatores influenciam na precisão do DGPS, tais como: a qualidade do sistema de comunicação, taxa de atualização e transferência dos dados, o comprimento da linha de base e o cálculo das correções.

Outra técnica que se enquadra nos métodos diferenciais é a PDGPS (*Precise Differential Global Positioning System*) que, conforme WILLGALIS (2002), emprega observações de várias estações de referência para determinar a correlação espacial e temporal na definição das coordenadas geodésicas de precisão.

Figura 9 - Precisão do posicionamento GPS conforme comprimento da linha de base



Fonte: WILLGALIS et al. (2002, p. 4); adaptado e traduzido por FREIBERGER JUNIOR (2002)

Seguindo os mesmos princípios do método DGPS, outra técnica de posicionamento em tempo real é o RTK (*Real Time Kinematic*) que, de acordo com Wübbena e Bagge (1995), recorre ao uso da medida da fase da onda portadora ao invés do código C/A conforme o DGPS tradicional, solucionando as ambigüidades para determinação das precisas pseudodistâncias.

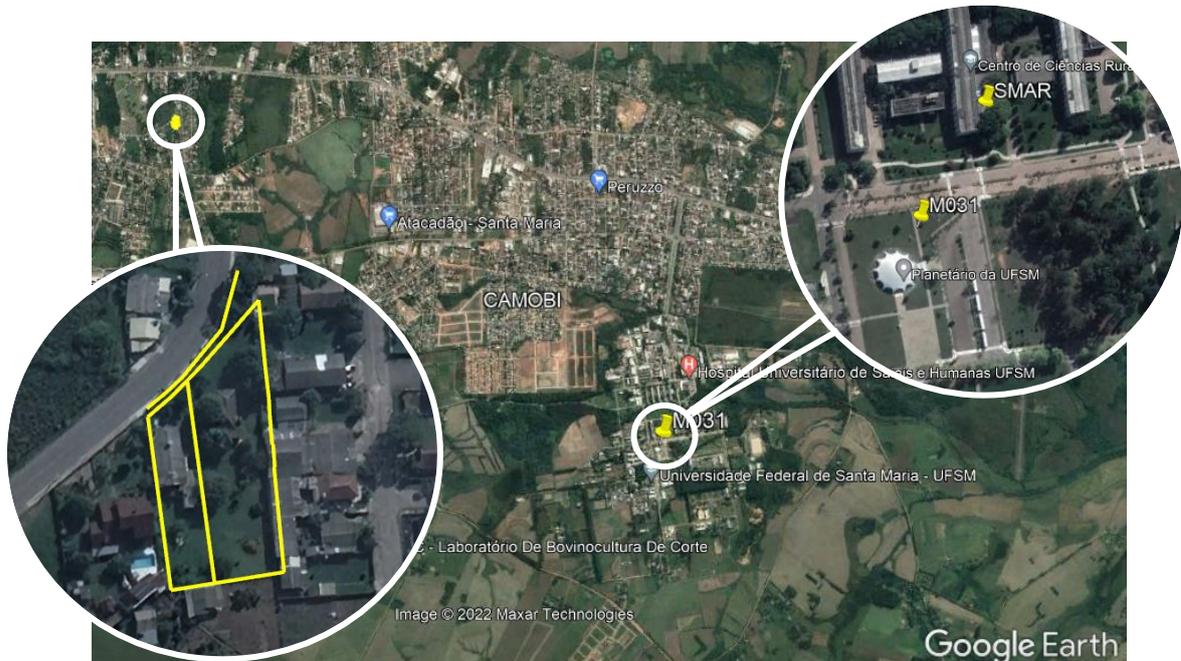
3 LEVANTAMENTOS REALIZADOS

Os levantamentos para determinação de coordenadas foram realizados por dois métodos geodésicos distintos: o método clássico por poligonização topográfica e o método por geodésia celeste, com emprego do GNSS.

3.1 DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDOS

Foram definidas duas áreas de estudo: um ponto da rede geodésica interna do campus da UFSM, localizado na área no entorno do planetário; e um terreno residencial no bairro São José. Para definição dessas áreas foram consideradas as condições desejáveis aos levantamentos tais como sinal de telefonia para uso do sistema NTRIP, áreas relativamente limpas que facilitam as visadas com estação total e proximidade com a estação de referência para maior precisão nos resultados (Figura 10).

Figura 10 - Área de estudos



Elaborada pelo autor com o uso do aplicativo Google Earth Pro

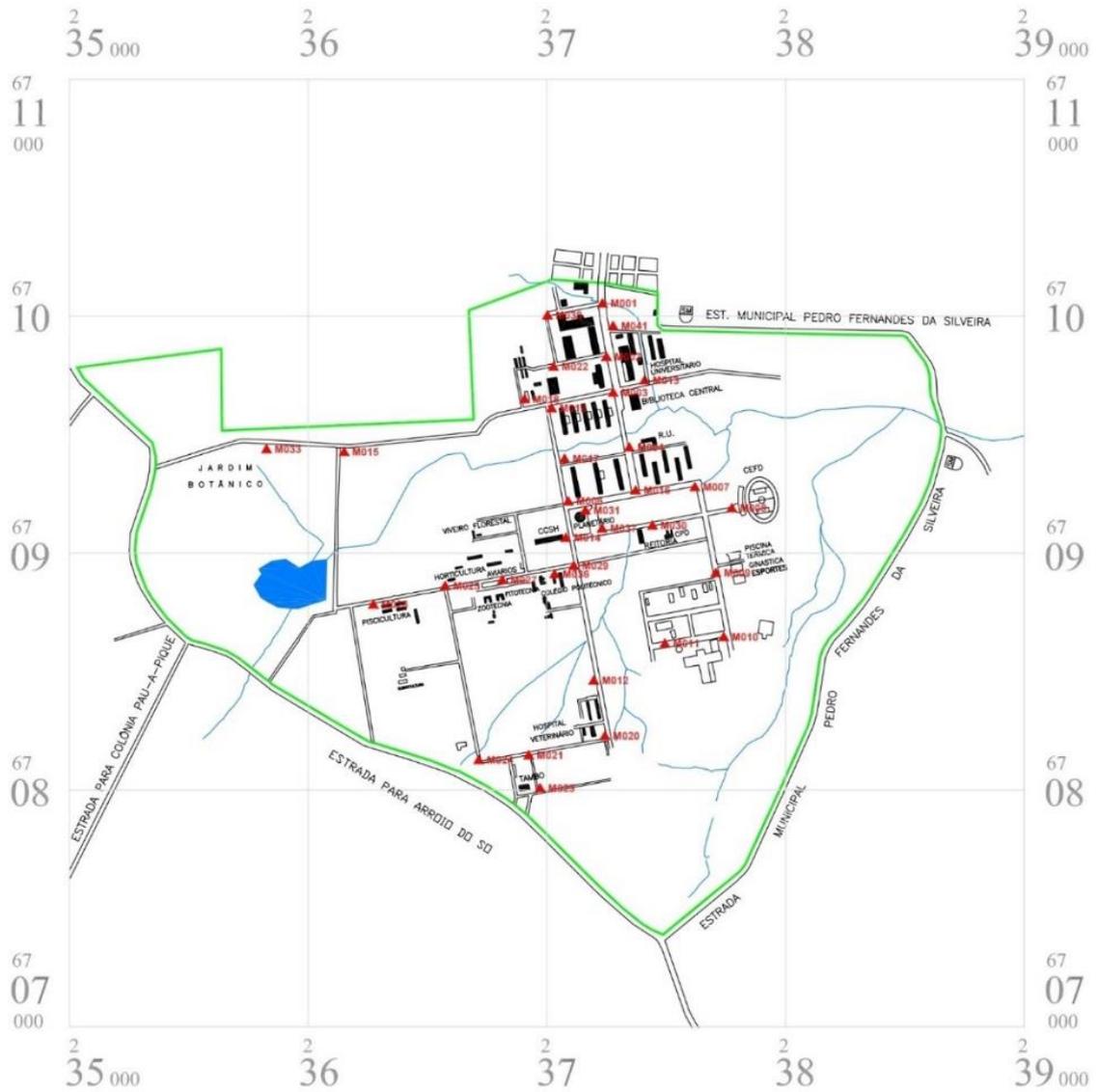
No lado esquerdo da Figura 10 está destacado o lote cujos trabalhos estão detalhados nos itens 3.1.2 e 3.3. No lado direito, do marco M031 a ser trabalhados nos itens 3.1.1 e 3.2.

3.1.1 Marco Geodésico na UFSM

Neste trabalho foi utilizado o marco M031 para os levantamentos com receptores GNSS. Está localizado próximo ao planetário e pertencente à rede interna de marcos geodésicos² do campus da Universidade Federal de Santa Maria. A localização dos marcos desta rede está representada na Figura 11.

² No ano de 2007, participantes do curso técnico em Geomática, do Colégio Politécnico da UFSM, materializaram 36 marcos geodésicos no campus Sede da UFSM (SEBEM et al., 2008). Desde então eles vêm sendo utilizados para diversas pesquisas na área de Geodésia, como referência para demarcação de áreas do campus e nas aulas práticas das disciplinas do ramo de topografia e geodésia.

Figura 11 - Rede de marcos geodésicos da UFSM



Mapa produzido por Antão Leonir Langendolff Moreira em junho de 2008.

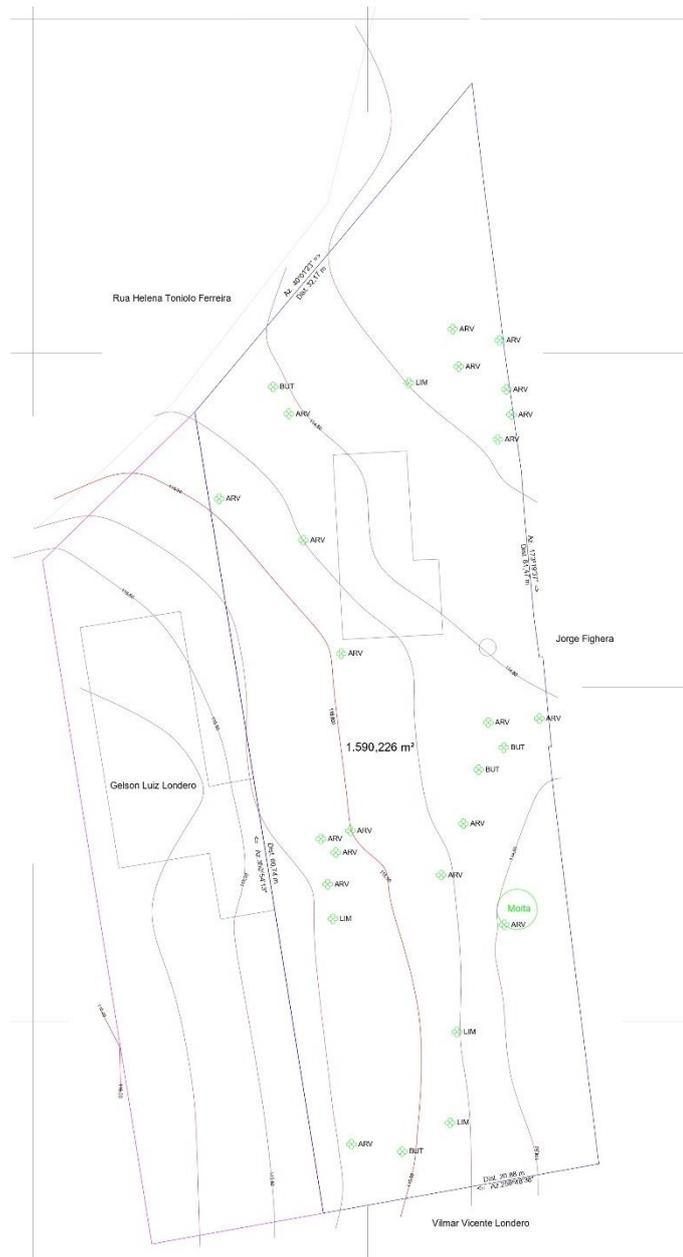
3.1.2 Terreno urbano no bairro São José

Como parte de um projeto de extensão³ foi realizado um levantamento topográfico planialtimétrico cadastral em lote urbano no bairro São José em Santa Maria. Nesta oportunidade percebeu-se o potencial para um estudo comparativo entre os dados obtidos pelo

³ Projeto de Extensão GAP/DER nº051121: "Assistência em Levantamentos Topográficos para Obras de Engenharia: Aplicações Urbanas e Rurais". O autor foi bolsista do projeto e desempenhou trabalhos na área de medição e levantamentos.

método da poligonização topográfica, e os dados obtidos por método celeste, neste caso, o RTK com serviço de correções do NTRIP. Essas comparações foram feitas sobre as coordenadas dos vértices, a área e o perímetro do lote (Figura 12).

Figura 12 - Planta topográfica planialtimétrica do lote no bairro São José



Fonte: Autor

O objetivo de mapear o lote de forma completa foi cumprido, registrando todas as características do imóvel. Dessa forma, foi possível a elaboração de uma planta topográfica

capaz de fornecer informações como área e curvas de nível, além de detalhes cadastrados como árvores, cercas, poço, dentre outras particularidades pertinentes.

3.2 LEVANTAMENTOS GEODÉSICOS NO MARCO M031

3.2.1 Método Relativo Estático

No dia 24 de maio de 2021 foi realizado um levantamento das coordenadas precisas do marco M031 utilizando-se um receptor GNSS-RTK L1/L2 modelo GTR-G² que coletou dados durante 4 horas e intervalo de gravação de 1 s.

Empregou-se como estações de referência as estações da RBMC de Santa Maria (SMAR), Porto Alegre (POAL) e Chapecó (SCCH) para composição das linhas de base. Os resultados estão expressos no apêndice A. Na Figura 13 estão representadas as linhas de base formadas com o marco M031 e estas três estações da RBMC.

Figura 13 - Linhas de base formadas com estações do sistema geodésico brasileiro



Elaborada pelo autor com o uso do aplicativo Google Earth Pro

3.2.2 Método Diferencial

Foi realizado um levantamento com GNSS RTK no marco M031, utilizando-se o serviço público NTRIP do IBGE. Após instalado o receptor Polaris S100 (Figura 14) no ponto de interesse, o aplicativo Polaris Connect é configurado para receber as correções, e na sequência o aplicativo Mobile Topographer é iniciado para obtenção das coordenadas do ponto.

Figura 14 - Receptor Polaris S100 instalado sobre o marco M031



Fonte: Autor

Quando se atinge o status de coordenadas “fixadas” (*fixed*), o aplicativo pode executar um tratamento estatístico para melhora da acurácia do posicionamento. Para esse trabalho foram feitos testes com diversos tempos de rastreo, com incrementos de 15 segundos entre si. Em cada período correspondente ao tempo de rastreo, o receptor calculava a coordenada instantânea a cada segundo. Estipulou-se como a coordenada resultante a média dos valores nesses intervalos. As coordenadas estão organizadas no Quadro 2. Nas duas últimas colunas na direita estão representadas as diferenças entre o resultado no correspondente tempo de rastreo e o resultado após 90 segundos.

Quadro 2 - Coordenadas resultantes do RTK com serviço NTRIP-IBGE

Tempo de Rastreio	Latitude	Longitude	Altitude (m)	E (m)	N (m)	ΔE (mm)	ΔN (mm)
15s	-29,71974182	-53,71712667	101,45	237155,746	6709177,630	-3	+7
30s	-29,71974185	-53,71712663	101,44	237155,753	6709177,627	+4	+4
45s	-29,71974185	-53,71712664	101,45	237155,752	6709177,627	+3	+4
60s	-29,7197419	-53,71712667	101,43	237155,749	6709177,621	0	-2
75s	-29,71974189	-53,71712665	101,44	237155,751	6709177,623	+2	0
90s	-29,71974189	-53,71712667	101,44	237155,749	6709177,623	-	-

Fonte: Autor

Notou-se que, após o momento em que a solução RTK está fixa, o resultado da coordenada média não sofre alteração prática com o aumento do tempo de rastreio, (item 3.2.4). Nota-se uma variação de apenas 9 milímetros para as coordenadas no eixo norte-sul e 7 milímetros no eixo oeste-leste. A altitude apresenta uma diferença de 20 milímetros entre o maior e o menor valor.

3.2.3 Método Absoluto

No dia 13 de maio de 2021 foi realizado um levantamento estático de 3 horas com o receptor Polaris S100 sobre o marco M031. No dia 19 de maio foi executado o processamento pelo método PPP-IBGE, quando havia somente disponíveis parâmetros rápidos de órbita. E posteriormente executou-se um novo processamento destes dados com os parâmetros finais de órbita. Os resultados de ambos os processamentos PPP-IBGE estão apresentados nos apêndices B e C, respectivamente. As coordenadas são apresentadas na seção seguinte.

3.2.4 Análises

Os resultados dos levantamentos por GNSS para o ponto serão analisados neste item do trabalho. Antes de apresenta-los é importante fazer as seguintes observações:

- a) As coordenadas obtidas no método relativo estático com o uso do programa GTR Processor foram convertidas de geográficas no formato grau sexagesimal (grau, minuto e segundo) para as correspondentes coordenadas de projeção cartográfica, no sistema UTM;
- b) Pela técnica RTK foram obtidos seis resultados de coordenadas do ponto (M031) e para essa comparação foi utilizado apenas o resultado após 90 segundos de rastreamento;
- c) Foram realizados dois processamentos pelo método PPP (IBGE) (Quadro 3).

Quadro 3 - Comparativo de coordenadas de métodos por GNSS

Método	UTM N (m)	UTM E (m)	Altitude (m)
Relativo Estático	6709177,618	237155,762	101,496
Diferencial (RTK)	6709177,623	237155,749	101,440
Absoluto – PPP Rápido	6709177,619	237155,741	101,530
Absoluto – PPP Final	6709177,616	237155,741	101,530

Fonte: Autor

Observa-se uma variação de 7 milímetros para a componente norte-sul e 21 milímetros no componente oeste-leste entre o maior e o menor valor. A altitude apresenta maior variação, com uma diferença de 90 milímetros entre o maior e o menor valor.

3.3 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE LEVANTAMENTO POR POLIGONAÇÃO TOPOGRÁFICA E RTK-NTRIP.

No dia 11 de agosto de 2021 foi realizado um serviço de levantamento topográfico planialtimétrico no qual, além do objetivo citado em 3.1.2, teve como propósito a comparação de resultados obtidos via poligonação topográfica e com o uso da técnica RTK com serviço NTRIP. Portanto, o levantamento se dividiu basicamente em duas etapas.

Inicialmente construiu-se a rede de pontos, materializados por piquetes no solo, de modo a se estabelecer uma poligonal fechada de três pontos, sobre os quais o aparelho estação total

foi instalado ao longo do levantamento. Após definida a poligonal procedeu-se ao levantamento por irradiação de pontos com uso de prisma refletor (Figura 15) e taqueômetro eletrônico (estação total) (Figura 16) a fim de calcular suas coordenadas polares. Estes pontos são referentes a objetos e feições a serem representados bem como pontos definidores da área do lote.

Figura 15 - Prisma refletor com bipé



Fonte: Autor

Figura 16 - Taqueômetro eletrônico FOIF RTS102



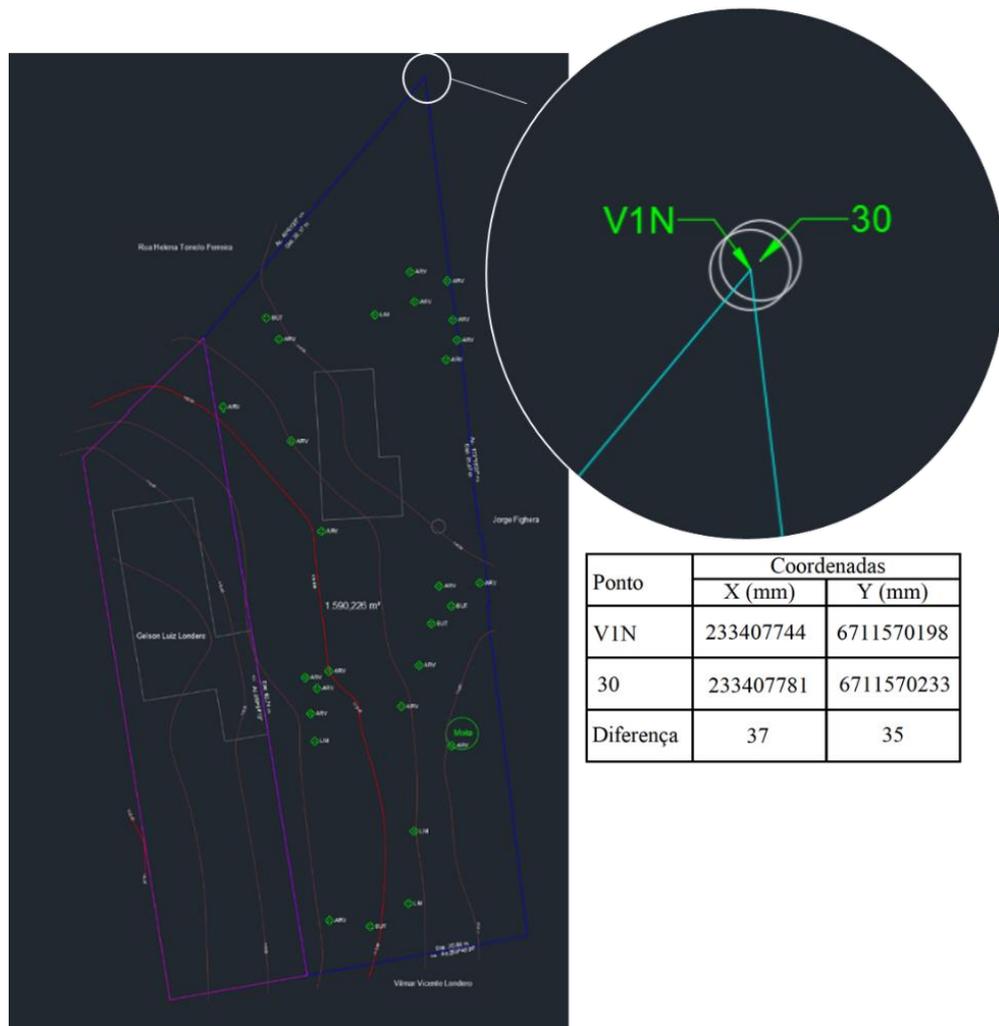
Fonte: Autor

Como segunda etapa do levantamento foram feitas ocupações dos pontos definidores de vértices do lote com o receptor Polaris S100 para determinação de suas coordenadas geodésicas. Nesta etapa foi empregada a técnica RTK e serviço NTRIP-IBGE.

Além de diversos pontos nos limites do lote, dois dos três pontos materializados com piquetes foram ocupados com o receptor. Em posse das coordenadas desses dois pontos, calculou-se o azimute verdadeiro do alinhamento inicial da poligonal a fim de se calcular a orientação do levantamento.

A caderneta de campo digital contendo os dados planialtimétricos dos pontos medidos foi processada no programa topográfico TopoEVN®, que por fim gerou o desenho vetorial do terreno. Na sequência, as coordenadas do levantamento por RTK foram introduzidas nesta planta digital e assim os resultados dos dois levantamentos puderam ser comparados graficamente (Figura 17).

Figura 17 - Detalhe dos vértices V1N e 30



Fonte: Autor

No Quadro 4 são apresentadas as diferenças entre as coordenadas obtidas por meio do levantamento com a poligonal com uso do RTK e serviço NTRIP. A comparação dos resultados mostra que o levantamento com uso do serviço NTRIP fornece coordenadas com precisão

suficientes para finalidades que não exigem alta precisão. As maiores variações encontradas são de 42 e 43 mm.

Quadro 4 - Diferenças entre levantamentos Poligonação x RTK (NTRIP)

Ponto GPS-RTK	Ponto Topografia	Δx (mm)	Δy (mm)	Δ horizontal (mm)
V1N	30	37	35	51
V2N	Projeção divisa	27	2	27
V1O	Projeção divisa	6	1	6
V2O	Projeção divisa	2	0	2
V3O	Projeção divisa	0	0	0
V1S	Divisa Sul	12	42	43
V2S	1	16	8	18
V1L	Divisa Leste	0	0	0
V2L	Divisa Leste	43	4	43

Fonte: Autor

4 CONCLUSÕES

A área de topografia e geodésia apresenta uma gama muito grande de soluções para as demandas de levantamentos, georreferenciamentos, demarcações e locações. Esse trabalho teve como objetivo comparar algumas das soluções para situações do dia-a-dia do profissional de topografia.

O uso dos aparelhos que utilizam a técnica RTK se mostrou muito prático e preciso, sendo uma ferramenta bastante adequada para a produção de peças técnicas tanto em ambientes urbanos quanto em ambientes rurais. Ainda dentro da técnica RTK, foi explorado o uso do serviço NTRIP, que envia dados de rastreamento da estação de referência para o receptor, o qual processa as coordenadas instantaneamente durante o rastreamento dos pontos, entregando resultados que não necessitam de pós-processamento para obtenção das coordenadas finais. Em ambientes rurais, onde o sinal de telefonia não costuma ser confiável, o uso do serviço NTRIP pode não ser viável pois depende da conexão com a internet. Existe a possibilidade de uso de internet via rádio ou via satélite e cabe ao profissional avaliar nesses casos a aplicabilidade da técnica.

Por fim, a comparação de resultados de levantamento por um método topográfico tradicional, com o uso do aparelho estação total, e dos resultados obtidos via RTK NTRIP reforça a praticidade deste método, que fornece coordenadas com precisão suficientes para inúmeros usos tais como demarcação e georreferenciamento de lotes urbanos, levantamento de curvas de nível para obras de grande porte e locações que não necessitem de altíssima precisão.

5 REFERÊNCIAS

BAUER, M. (1997). Vermessung und Ortung mit Satelliten: NAVSTAR-GPS und andere satellitengestützte Navigationssysteme. 4. Aufl. Heidelberg: Wichmann.

CHAVES, J. C. (2001). Uso da Tecnologia GPS na Monitoração de Deformação: Sistemas, Etapas e Experimentos. Tese (Doutorado)–Escola de Engenharia de São Carlos

COSTA, S. M. A.; LIMA, M. A. A.; MOURA JÚNIOR, N. J.; ABREU, M. A.; SILVA, A. L.; FORTES, L. P. S. RBMC em tempo real, via NTRIP, e seus benefícios nos levantamentos RTK e DGPS. 2º Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife, 2008.

FREIBERGER JUNIOR, J. (2002). Análise da Degradação do Posicionamento em Tempo Real com o Emprego do GNRT. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geomática, Setor de Ciências da Terra, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, PR.

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; COLLINS, J. (1994). **GPS:** theory and practice. 3.ed. Wien: Springer.

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; COLLINS, J. (2001). **GPS:** theory and practice. 3.ed. Wien: Springer.

IBGE (2020). IBGE-PPP: Serviço on-line para Pós-Processamento de dados GNSS (Manual do Usuário). Rio de Janeiro.

IBGE (2021). Solução Multianual das Estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS No Período de 2000 a 2019. (Série Relatórios Metodológicos volume 49). Rio de Janeiro.

KRUEGER, C. P. (1996). Investigações sobre aplicações de alta precisão do GPS no âmbito marinho. Curitiba, 1996. 267 f. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Departamento de Geociências, Universidade Federal do Paraná.

MELLO, M. P. de (1981). O Sistema Geodésico Brasileiro. Rio de Janeiro: IBGE.

MONICO, J. F. G. (2000). Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo: UNESP.

RTKLIB: An Open-Source Program Package for GNSS Positioning. Disponível em: <<http://www.rtklib.com/>>. Acesso em 24 de janeiro de 2022.

SAATKAMP, E. D. (2020). Notas de aula de elementos de geodésia. Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal de Santa Maria. RS

SEBEM, E.; LANGENDOLFF, A.; PELLEGRINI, G. C; CATEN, A. T.; (2008). Rede de referência cadastral como base para qualificar a geoinformação no Campus da UFSM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO, 2., Recife, 2008. *Anais...* (CD-ROM) Recife.

TÉTREAU, P.; KOUBA, J.; HÉROUX, P.; LEGREE P. (2005). CSRS-PPP: An Internet Service for GPS User Access to the Canadian Spatial Reference Frame. Geodetic Survey Division, Natural Resources Canada.

WILLGALIS, S.; SEEBER, G.; KRUEGER, C. P.; ROMÃO, V. M. C. (2002). A real time reference network for Recife, Brazil, enabling precise and reliable cadastral surveys. In: FIG XXII INTERNATIONAL CONGRESS, 2002, Washington, D.C. USA. Presented paper, p. 1-14.

WÜBBENA, G.; BAGGE, A. (1995). Präzises DGPS in Echtzeit für Vermessung und GIS-Anwendungen. Beitrag zum: DVW-Praxisseminar DGPS-Anwendungen, 1995, Hamburg. Garbsen: Geo++, p. 1-16.

APÊNDICE A – SUMÁRIO DA LINHA-BASE M031-SMAR

Linha-Base	M031-SMAR(01)
Data de processamento	28/05/2021 16:38:36.86 ((LOCAL))
Órbitas	Transmitidas
Modelo do relógio	Transmitido
Sistema de coordenadas	Geo SIRGAS
Modelo de Projeção	Geographic
Datum	Geocentric Reference System for the Americas
Modelo de Geóide	<Nenhum>
Ângulo de máscara	10°

ESTAÇÃO BASE	
Marco Base	SMAR(01)
Modelo da antena	TRM59800.00*
Altura da antena	0.008 m
Intervalo de gravação	15 segundos
Constelações	GPS, GLONASS
Latitude	S 29°43'08.12599"
Longitude	O 53°42'59.73531"
Altura Elipsoidal	113.107 m
Ondulação	0.000 m
Nível Médio do Mar	113.107 m

ESTAÇÃO REMOTA	
Marco Remoto	M031(01)
Modelo da antena	Zenite2Reta
Altura da antena	2.015 m
Intervalo de gravação	1 segundo
Constelações	GPS
Latitude	S 29°43'11.07095" +/- 0.005 m
Longitude	O 53°43'01.65554" +/- 0.003 m
Altura Elipsoidal	101.496 m +/- 0.009 m
Ondulação	0.000 m
Nível Médio do Mar	101.496 m

RESULTADOS DA LINHA-BASE	
Tipo de solução	L1 (fixada)
Modo de Processamento	Estático
Intervalo de processamento	15 segundos
Constelações usadas	GPS
Início	24/05/2021 10:57:14.00 ((LOCAL))
Duração	04:07:00.00
Épocas Totais	989
Épocas Resolvidas	989
% Épocas Resolvidas	100.00%
RMS	0.012 m
Fator de qualidade	78.5
RDOP	0.09
Satélites GPS (G) usados	G01 G02 G03 G04 G06 G07 G09 G14 G16 G17 G21 G22 G26 G30 G31

Vetor ECEF	
DX	-74.174 m
DY	13.825 m
DZ	-72.996 m
Distância 3D	104.983 m

Dados geodésicos	
Azimute de Frente	209°38'46.50815"
Azimute de Trás	29°38'47.46010"
Ângulo zenital de Frente	96°21'01.81505"
Ângulo zenital de Trás	83°39'01.56930"
Distância geo	104.337 m

ECEF Parte inferior da matriz de covariância (m ²)		
4.303878e-05		
-4.060425e-05	5.784533e-05	
-8.787477e-06	1.193632e-05	1.638029e-05

APÊNDICE B – SUMÁRIO DO PPP NO MARCO M013 COM ÓRBITA RÁPIDA



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Sumário do Processamento do marco: 0000

Início:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2021/05/13 13:23:17,00
Fim:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2021/05/13 16:24:50,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	NÃO DISPONÍVEL
Órbitas dos satélites: ¹	RÁPIDA
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	1,00
Sigma ² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena ³ (m):	1,500
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	2,90 GPS 3,86 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,59 GPS 1,04 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (E a que deve ser usada) ⁴	-29° 43' 11,0709"	-53° 43' 01,6563"	101,53	6709177.619	237155.741	-51
Na data do levantamento ⁵	-29° 43' 11,0627"	-53° 43' 01,6574"	101,53	6709177.871	237155.706	-51
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,006	0,009	0,021			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	9,47					
Altitude Ortométrica (m)	92,06					

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

² O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

³ Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

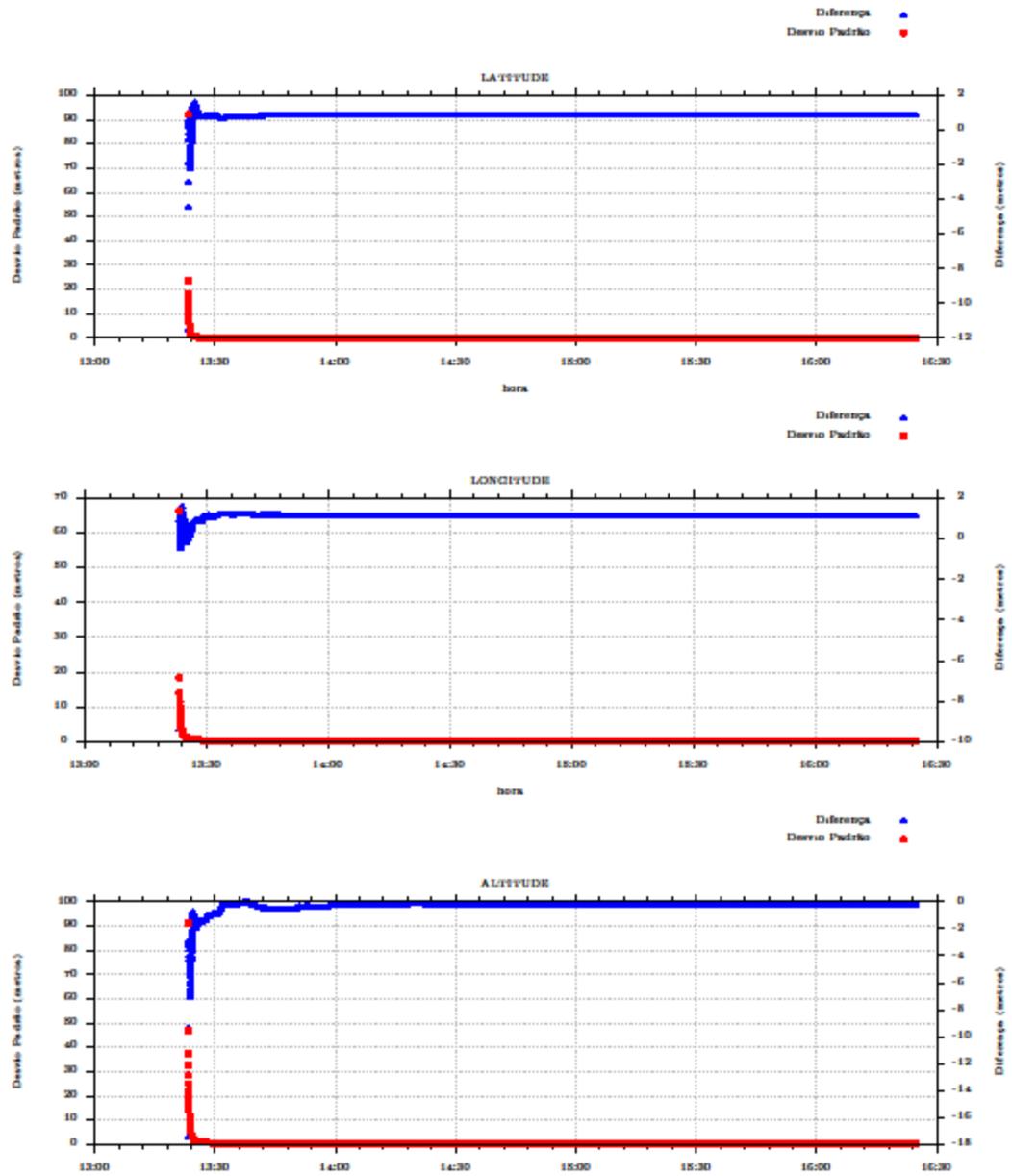
⁵ A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: ibge@ibge.gov.br ou pelo telefone 0800-7218181. Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CORS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN).

Processamento autorizado para uso do IBGE.

Dados Padrão e Diferença de Coordenada a Posição
 Rover-2021-05-19-13_22_82Lobs



APÊNDICE C – SUMÁRIO DO PPP NO MARCO M013 COM ÓRBITA FINAL



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Sumário do Processamento do marco: 0000

Início:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2021/05/13 13:23:17,00
Fim:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2021/05/13 16:24:50,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	NÃO DISPONÍVEL
Órbitas dos satélites: ¹	FINAL
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	1,00
Sigma ² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena ³ (m):	1,500
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	2,91 GPS 3,86 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,59 GPS 1,04 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo. (m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (e a que deve ser usado) ⁴	-29° 43' 11,0710"	-53° 43' 01,6563"	101,53	6709177.616	237155.741	-51
Na data do levantamento ⁵	-29° 43' 11,0628"	-53° 43' 01,6574"	101,53	6709177.868	237155.706	-51
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,006	0,009	0,021			

Coordenada Altimétrica

Modelo:	hgs0HNOR_IMBITUBA	
Fator para Conversão (m):	9,51	Incerteza (m): 0,07
Altitude Normal (m):	92,02	

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

² O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

³ Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

⁵ A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto processamento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: ibge@ibge.gov.br ou pelo telefone 0800-7218181. Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CORS-PPP desenvolvido pelo Canadian Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN).

Processamento autorizado para uso do IBGE.

Desvio Padrão e Diferença da Coordenada e Posição
Rover-2021-05-13-13_23_R2Lob

