

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

GREGORY LIPPERT DALOSTO

**ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE LATITUDE E ERRO POSICIONAL DE
DADOS OBTIDOS POR RECEPTORES GNSS GEODÉSICOS**

**Itaqui - RS
2020**

GREGORY LIPPERT DALOSTO

**ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE LATITUDE E ERRO POSICIONAL DE
DADOS OBTIDOS POR RECEPTORES GNSS GEODÉSICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Cartográfica e Agrimensura.

Orientador: Me. Marcelo Jorge de Oliveira

**Itaqui - RS
2020**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

D148a Dalosto, Gregory Lippert

Análise de correlação entre latitude e erro posicional de
dados obtidos por receptores gnss geodésicos / Gregory Lippert
Dalosto.

31 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA,
2020.

"Orientação: Marcelo Jorge de Oliveira".

1. Geodésia. 2. RBMC-Rede Brasileira de Monitoramento
Contínuo. 3. Latitude. I. Título.

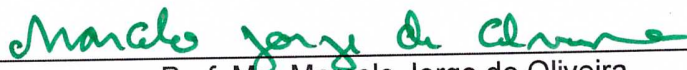
Gregory Lippert Dalosto

**ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE LATITUDE E ERRO POSICIONAL DE
DADOS OBTIDOS POR RECEPTORES GNSS GEODÉSICOS**

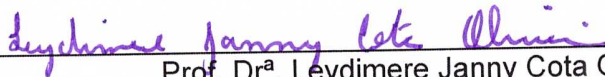
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Cartográfica e de Agrimensura da
Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Cartográfica e de
Agrimensura.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 1, dezembro de 2020.

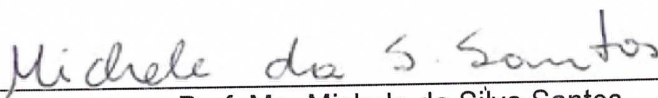
Banca examinadora:



Prof. Me. Marcelo Jorge de Oliveira
Orientador
Unipampa



Prof. Dr.ª. Leydimere Janny Cota Oliveira
UNIPAMPA – Itaqui - RS



Prof. Ma. Michele da Silva Santos
UNIPAMPA – Itaqui - RS

AGRADECIMENTO

A Deus;

Minha família;

Meus amigos(as), sendo principalmente dedicado a Evelyn e Marcela;

Minha namorada;

A Satoshi Nakamoto;

E a todos professores.

“Ideias e somente ideias podem iluminar a
escuridão”.

Ludwig Von Mises

RESUMO

A rede brasileira de monitoramento contínuo (RBMC) é a rede de referência mais importante do País, sendo um conjunto de receptores GNSS coletando e disponibilizando dados diários ou em tempo real. Conhecendo a grande extensão do território brasileiro, foi feito um estudo para analisar a qualidade posicional levando como variável a posição da latitude. Foram utilizadas as estações (APS1-96264, MABB-96561, PISR-96521, BABJ-93331, MGTO-96329, CHPI-93920, SCCH-94026 e RSPE-96172), sendo escolhidas devido a uma melhor distribuição no território nacional com dados referente às datas 15/11/2019, 15/02/2020, 15/05/2020 e 15/08/2020, pela ampla variação temporal e dados com mais de um mês para realização de processamento PPP com correções mais confiáveis. Os dados obtidos da RBMC foram processados via PPP-IBGE, e comparados com seus relatórios oficiais. Os resultados encontrados sugerem que não há correlação entre a qualidade das coordenadas e sua latitude, como sugestão para trabalhos futuros novas análises devem ser efetuadas para tempo de observação menores.

Palavras-Chave: Geodésia. Latitude. Erro.

ABSTRACT

The Brazilian continuous monitoring network (RBMC) is the most important reference network in the country, being a set of GNSS receivers collecting and making available daily or real time data. Knowing the great extent of the Brazilian territory, a study was made to analyze the positional quality taking the position of latitude as a variable. The stations (APS1-96264, MABB-96561, PISR-96521, BABJ-93331, MGTO-96329, CHPI-93920, SCCH-94026 and RSPE-96172) were used, being chosen due to a better distribution in the national territory with data referring to the dates 15/11/2019, 15/02/2020, 15/05/2020 and 15/08/2020, due to the wide temporal variation and data with more than one month to perform PPP processing with more reliable corrections. The data obtained from the RBMC were processed via PPP-IBGE, and compared with its official reports. The results found suggest that there is no correlation between the quality of the coordinates and their latitude, as a suggestion for future work, new analyzes should be carried out for shorter observation times.

Keywords: Geodesy. Latitude. Error.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Distribuição da RBMC | 18 |
| Figura 2 – Estações RBMC utilizadas | 22 |
| Figura 3 – Relação Latitude X Erro | 28 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Informações sobre as estações limites | 21 |
| Tabela 2 – Latitudes Teóricas | 25 |
| Tabela 3 – Estações e suas latitudes | 25 |
| Tabela 4 – Processamento PPP | 25 |
| Tabela 5 – Média das latitudes em grau decimal | 26 |
| Tabela 6 – Módulo da diferença da Média PPP e relatório RBMC | 27 |
| Tabela 7 – Erros em milímetros utilizando relatório das RBMCs | 27 |
| Tabela 8 – Desvio Padrão..... | 27 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APS1 – Santana (AP)

BABJ – Bom Jesus da Lapa (BA)

CHPI – Cachoeira Paulista (SP)

GNSS – *Global Navigation Satellite System* (Sistema Global de Navegação por Satélite)

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

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MABB – Bacabal (MA)

MGTO – Teófilo Otoni (MG)

PISR – São Raimundo Nonato (PI)

PPP – Posicionamento por Ponto Preciso

RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo

RSPE – Capão do Leão (RS)

SCCH – Chapecó (SC)

SGB – Sistema Geodésico Brasileiro

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas)

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 2 OBJETIVOS | 14 |
| 3 REVISÃO DE LITERATURA | 15 |
| 3.1 Geodésia..... | 15 |
| 3.2 Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC)..... | 16 |
| 3.3 Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)..... | 18 |
| 3.4 Erros | 19 |
| 4 METODOLOGIA..... | 20 |
| 4.1 Obtenção dos dados..... | 20 |
| 4.2 Cálculos | 22 |
| 5 RESULTADOS | 24 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 28 |
| REFERÊNCIAS | 29 |

1 INTRODUÇÃO

As redes geodésicas são de grande importância para a representação do território brasileiro e têm grande valor geoestratégico. Desta forma, o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) objetiva promover referências geométricas para o posicionamento preciso sobre a superfície terrestre, essencial ao atendimento das demandas da sociedade e, portanto, aos processos de gestão política e econômica do País, tais como: à representação do Território (mapeamento), ao ordenamento de sua ocupação (cadastro técnico multifinalitário), à implantação e manutenção da infraestrutura logística nacional (rodo/ferro/hidro/aerovias, geração e distribuição de energia elétrica, saneamento básico, comunicações, segurança nacional, etc.) e ao monitoramento da crosta terrestre e das mudanças globais (IBGE, 2010). E segundo Cordini (2014), o SGB é constituído pelas redes planimétrica, altimétrica e gravimétrica.

Com o advento das técnicas espaciais, tem sido cada vez maior o interesse em se realizar o posicionamento de feições na superfície terrestre ou próxima a ela com alta precisão. Nesse sentido, estas tecnologias vêm sendo amplamente empregadas. O *Global Navigation Satellite System* (GNSS) é uma das tecnologias espaciais de posicionamento e tem revolucionado as atividades relacionadas ao tema (RAMIREZ, 2017).

Desde 1996, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) junto com o seu departamento de Geodésia estabeleceu a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), promovendo a aplicação em diferentes áreas em todo território brasileiro. A RBMC é um conjunto de receptores GNSS, também chamados de estações de referência, que possuem alta capacidade para rastrear satélites de forma contínua. Tais receptores possuem alta precisão e alto desempenho, sendo que suas observações para a determinação de coordenadas são disponibilizadas em arquivos diários ou em tempo real (SANTIAGO E CINTRA, 2019).

2 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é analisar o erro posicional de dados obtidos através de receptores GNSS e verificar a existência de uma influência da latitude na qualidade posicional dos dados.

Sendo definidos os seguintes objetivos específicos para este estudo:

- Buscar Estações RBMCs com maior disparidade em relação à latitude;
- Analisar a distribuição do erro encontrado por meio de um gráfico;
- Analisar a qualidade posicional dos dados verificando sua aplicação em trabalhos profissionais.

3 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura contribui na obtenção de informações sobre a situação atual do tema ou problema pesquisado; no conhecimento das publicações existentes sobre o tema e os aspectos que já foram abordados; e na verificação das opiniões similares e divergentes, além dos aspectos relacionados ao tema ou ao problema de pesquisa (SILVA E MENEZES, 2005). Deste modo, segue alguns tópicos que o autor considera importante para melhor entendimento do artigo, como: Geodésica, RBMC, Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) e Erros.

3.1 Geodésia

A Geodésia pode ser compreendida, de forma singela, como a ciência que estuda a forma, dimensões e o movimento de rotação da Terra, com identificação da localização de objetos em sua superfície e do campo gravitacional terrestre, além da variação dessas características no decorrer do tempo e ao longo do espaço (MOREIRA, 2016).

Segundo Zanetti (2007), para atingir seus objetivos a Geodésia utiliza operações de diferentes tipos, de onde surgiu a divisão: Geodésia Geométrica: realiza operações geométricas sobre a superfície terrestres (medidas angulares e de distâncias) associadas a poucas determinações astronômicas; Geodésia Física: realiza medidas gravimétricas que conduzem ao conhecimento detalhado do campo da gravidade; Geodésia Celeste: utiliza técnicas espaciais de posicionamento, como satélites artificiais.

Compreende-se que, nos dias atuais, a Geodésia está envolvida diretamente em atividades de diversos ramos de outras ciências, principalmente a partir do uso de GNSS a se destacar a aplicação de conceitos de geodésia em estudos que envolvem a meteorologia, sismologia, geofísica, entre outras atividades de geociências e engenharia (MOREIRA, 2016).

3.2 Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC)

O estabelecimento da RBMC foi oficialmente iniciado no final de 1996 com a estação de Curitiba (UFPR). Em sua configuração inicial, cada estação possuía um receptor *Global Positioning System* (GPS) e um microcomputador no qual os dados do receptor eram reformatados e transferidos através de uma conexão telefônica para o Centro de Controle. A partir de 2007, com a densificação e modernização da RBMC, novos modelos de receptores foram incorporados à rede, dispensando a necessidade de um microcomputador na estação e possibilitando o controle e a configuração remotos (IBGE, 2013).

A RBMC (Figura 1) é a principal rede ativa do Brasil e tem um importante e fundamental papel nas atividades e aplicações geodésicas e topográficas do país. Suas estações disponibilizam gratuitamente aos seus usuários observações de grande confiabilidade e qualidade (SANTIAGO E CINTRA, 2019).

Segundo o IBGE (2019) as estações da RBMC são materializadas através de:

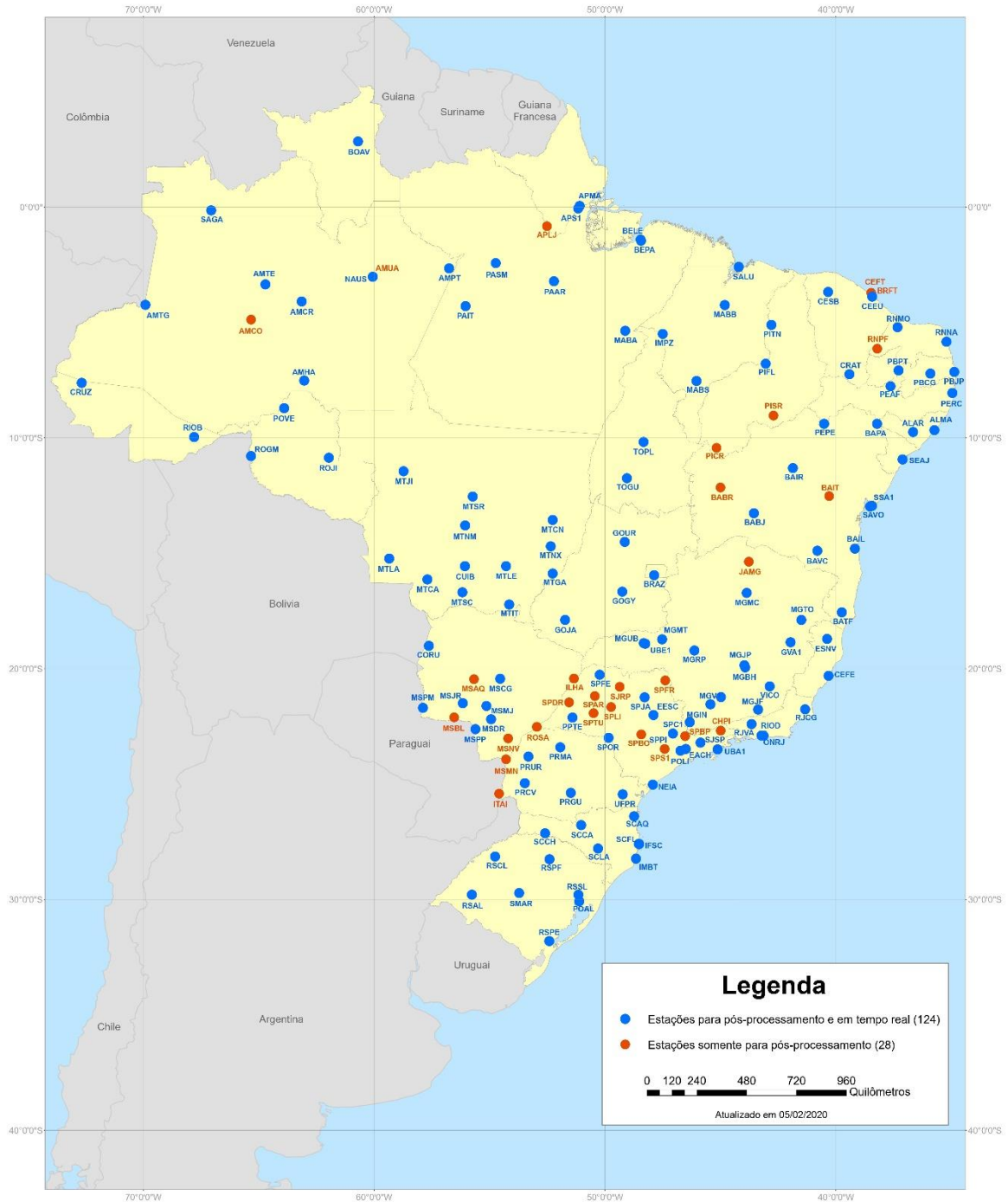
Pinos de centragem forçada, especialmente projetados, e cravados em pilares estáveis. Além dos receptores – que coletam e armazenam continuamente observações do código e da fase da onda portadora, transmitidos pelos satélites GPS –, as estações são dotadas de: antenas do tipo "choke-ring"; micro-computadores do tipo PC, responsáveis pelo controle da operação automatizada e transmissão diária das observações; e sistemas diversos de fornecimento de energia elétrica, que garantem a operação contínua das estações. As coordenadas das estações da RBMC são outro componente importante na composição dos resultados finais dos levantamentos a ela referenciados. Nesse aspecto, a grande vantagem da RBMC é que todas as suas estações fazem parte do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), cujas coordenadas finais têm precisão da ordem de ± 5 mm, configurando-se como uma das redes mais precisas do mundo. Outra característica importante da RBMC é que suas observações vêm contribuindo, desde 1997, para a densificação regional da rede do *International GPS Service for Geodynamics* (IGS), garantindo uma maior precisão dos produtos do IGS – tais como órbitas precisas – sobre o território brasileiro.

Figura 1 - Distribuição da RBMC



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
 Diretoria de Geociências - DGC
 Coordenação de Geodésia - CGED

REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO DOS SISTEMAS GNSS



Fonte: IBGE, 2020.

3.3 Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

O PPP consiste no uso das observáveis pseudodistância e/ou fase da onda portadora, coletadas por receptores de simples ou dupla frequência e com o uso de efemérides precisas. Nas efemérides precisas, ou pós-processadas, a órbita (posição) e o erro do relógio (tempo) dos satélites são aferidos com alta precisão e disponibilizados por um meio de comunicação, como, por exemplo, a Internet (Monico, 2008).

Segundo Matsuoka (2009) PPP é empregado desde a década de 1990, primeiramente limitando-se a aplicações científicas. Nos últimos anos esta técnica passou a ser empregada mais amplamente, também no Brasil.

Tradicionalmente o posicionamento relativo tem sido empregado em levantamentos de alta precisão, alcançando níveis milimétricos. Contudo, recentemente, estão disponíveis os denominados serviços de PPP online, que vem ganhando destaque na geodésia, em razão da praticidade e bons resultados oferecidos, onde se destacam: CSRS-PPP, disponibilizado pelo *Natural Resources Canadá* (NRCan); *GPS Analysis and Positioning Software* (GAPS), da *University of New Brunswick* (UNB); *Automatic Precise Positioning Service* (APPS) do *JPL Jet Propulsion Laboratory* (JPL); *magicGNSS* da *GMV Aerospace and Defense*, e do próprio IBGE-PPP, que faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP (ALMEIDA E POZ, 2016).

Segundo Rosa (2008) a qualidade das coordenadas estimadas está relacionada principalmente aos erros considerados no processamento dos dados cuja remoção parcial ou completa dos efeitos é realizada através de modelos matemáticos. A maioria dos modelos foi desenvolvida com base em teorias enquanto outros tiveram seus parâmetros determinados empiricamente, como é o caso de alguns modelos da troposfera.

3.4 Erros

O valor de uma medida seja ângulo, distância, etc., mesmo obtido por uma série de repetições em condições supostamente idênticas, não é considerado como valor verdadeiro da medida, pois estas possuem erros inevitáveis advindos de: falha humana; imperfeição do equipamento; influência das condições ambientais (SANTOS, 2016).

Segundo Silva et al. (2007) dentro da Geodésia e áreas afins os erros seguem a seguinte classificação: erros grosseiros, erros sistemáticos e erros acidentais.

Erros grosseiros são causados na maioria das vezes pela desatenção do observador, como por exemplo, a inversão de dígitos ao se anotar uma medida. Em algumas situações, a detecção desses erros é facilmente perceptível. Em outros casos os erros podem ser sutis e se transformam em um grande problema, devido a sua dificuldade de identificação (GEMAEL, 1994). E Santos (2016) ressalta que são resultantes de falhas do operador, onde com o advento de tecnologias mais automatizadas esses erros vêm se reduzindo.

Erros sistemáticos podem ser descritos por uma função matemática, pois conserva os erros em sucessivas observações e em iguais condições os erros ocorrem em um mesmo sentido (Santos, 2016). Essa classe de erro é originada por alguma causa conhecida e pode ser minimizada com a utilização de técnicas de observação e modelos matemáticos (Silva et al., 2007)

Erros acidentais também são conhecidos como aleatórios, pois não se conhece suas causas e assim impossíveis de serem eliminados, podendo somente ser estimados por estatística. (Santos, 2006). E segundo Gemael (1994) esses erros são detectados após o tratamento dos erros grosseiros e sistemáticos.

4 METODOLOGIA

4.1 Obtenção dos dados

A fase preliminar desse trabalho consistiu em selecionar RBMCs distribuídas pelo País com latitudes diversificadas. A princípio foram escolhidas duas estações: a RSPE por estar situada mais ao sul do Brasil e a APS1 por ser a RBMC do hemisfério sul mais próxima a linha do Equador.

Tabela 1: Informações sobre as estações limites

| Estação | Sinal | Grau | Minuto | Segundo | Grau Decimal |
|----------------|--------------|-------------|---------------|----------------|---------------------|
| APS1 | - | 0 | 3 | 34,24879 | -0,0595135528 |
| RSPE | - | 31 | 48 | 8,818 | -31,8024494444 |

Fonte: IBGE, 2020.

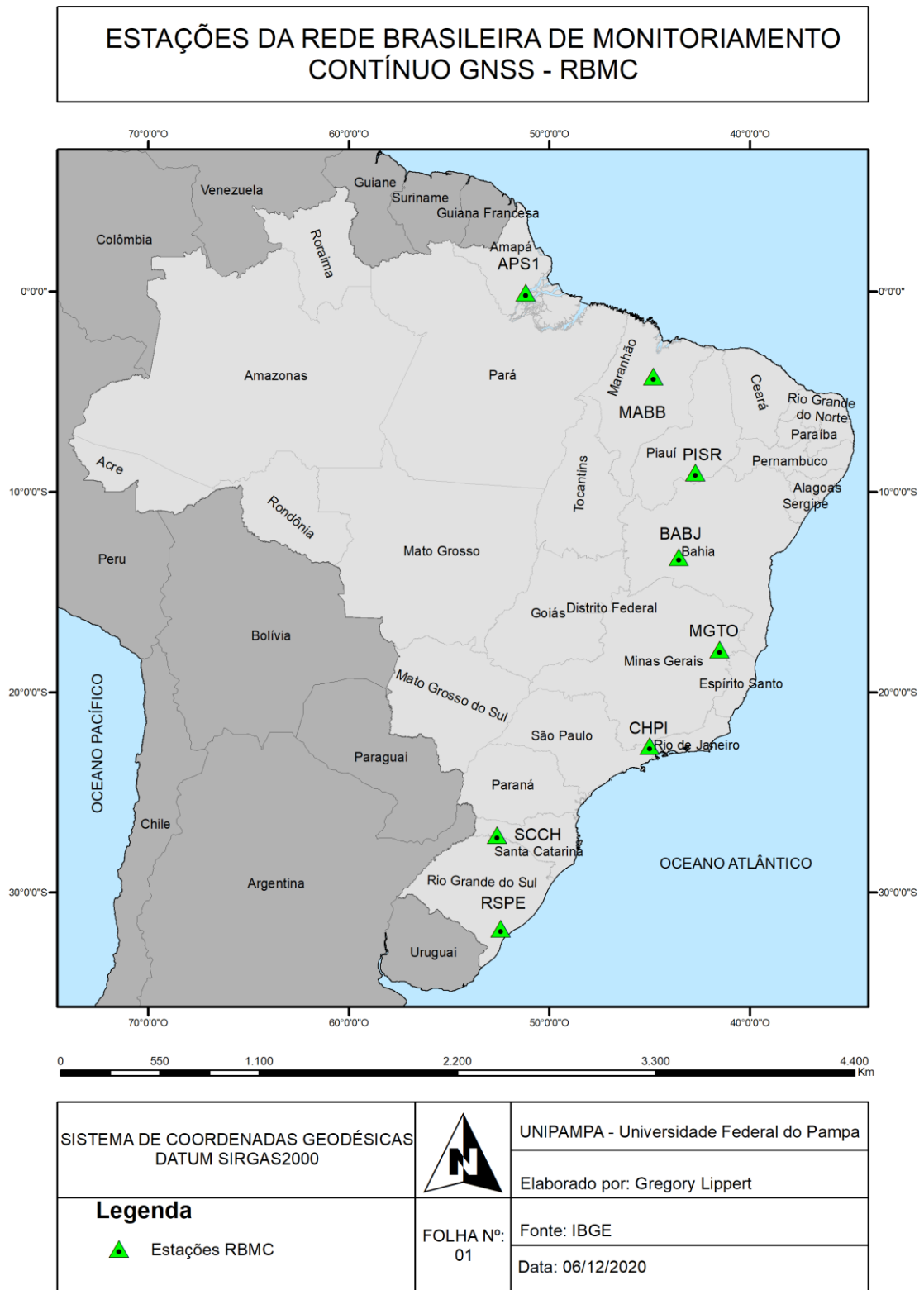
Logo após foi calculado o intervalo utilizando a Equação 1:

$$Intervalo = \frac{\text{Grau Decimal}_{RSPE} - \text{Grau Decimal}_{APS1}}{7} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde foi subtraído o valor do grau decimal das duas estações e dividido por 7, encontrando o intervalo entre as latitudes, podendo assim utilizar como a média de variação, deixando homogênea a distribuição entre as outras estações e encontrando as latitudes teóricas.

Identificadas às latitudes teóricas foi necessário buscar RBMCs ativas mais próximas a esses valores, resultando em mais seis estações: MABB, PISR, BABJ, MGTO e CHPI. Na Figura 2 é possível verificar a localidade de cada estação.

Figura 2 - Estações RBMC utilizadas.



Fonte: Autor, 2020.

No site do IBGE foi feito o *download* dos dados das estações para as datas de interesse: 15/11/2019, 15/02/2020, 15/05/2020 e 15/08/2020 (intervalo de três meses). Antes de fazer o *download* é possível verificar se os dados estão disponíveis para a data específica e depois de confirmada foi baixado o relatório das estações.

Após ter todos dados inicia o processamento por PPP, esse também pode ser feito pelo serviço online do IBGE, onde você indica o modo de processamento (estático ou cinemático), seleciona o arquivo RBMC gerado anteriormente e se for necessário modifica a altura da antena. Nesse trabalho o modo de processamento foi estático e não precisou modificar a altura da antena, pois já foi considerado no arquivo *RINEX*. O produto gerado é um arquivo com os resultados do processamento, esse pode ser baixado pelo *link* ou pelo arquivo enviado para o *email*, nele contem os seguintes arquivos:

- ARQUIVO.pdf - Resumo do relatório em PDF;
- ARQUIVO.sum - Relatório do resultado (Contem as coordenadas do processamento estatico);
- ARQUIVO.pos - Arquivo de posição ao longo do tempo (Mais interessante para processamento cinemático).
- ARQUIVO.kml - Arquivo Google Earth que indica o local aproximado do rastreio, caso opte por processamento estático, ou que mostra o trajeto percorrido, caso opte por processamento cinemático.
- ARQUIVO_LEIAME.txt - Texto explicando arquivos enviados.

Os arquivos utilizados para esse trabalho foram somente os ARQUIVO.pdf onde aparece as coordenadas pós processadas no modelo SIRGAS 2000.

4.2 Cálculos

Para a realização dos cálculos desse trabalho foi empregado o *software Excel*. O primeiro cálculo feito foi da média das latitudes obtidas em dias diferentes, provenientes do relatório PPP (ARQUIVO.pdf), onde as latitudes foram transformadas em grau decimal e feita a média, conforme equação 2:

$$média_{lat\ ppp} = \frac{\sum lat}{4} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde \sum_{lat} é o somatório das latitudes.

Após, foi transformada a latitude do relatório da RBMC para grau decimal, podendo assim utilizar esses dois resultados para encontrar o módulo da diferença, onde:

$$Diferença = |média_{lat\ ppp} - lat_{relatório}| \quad (Eq. 3)$$

Essa média final é calculada em módulo e convertida para milímetros.

Para calcular os erros em milímetros, utilizando o relatório das RBMCs como corretas, utilizou da diferença da coordenada do dia pela do relatório, encontrando a diferença em graus, depois multiplicou pelo raio da terra referente ao semi eixo maior do *Geodetic Reference System 1980 (GRS80)*, multiplicado por 2π e foi tudo dividido por 360 graus, após e multiplica por mil, encontrando assim o valor equivalente em milímetros. Esse cálculo pode ser observado pela equação 4:

$$Erro_1 = \frac{(lat_{dia} - lat_{relatório}) * 6378137 * 2 * \pi}{360} * 1000 \quad (Eq. 4)$$

Esse cálculo é feito para todos os dias, sendo que com esses resultados é feito o cálculo do desvio padrão, em milímetros, como demonstra a equação 5:

$$Desvio\ padrão_{relatório} = \frac{\sqrt{(Erro_{15/11})^2 + (Erro_{15/02})^2 + (Erro_{15/05})^2 + (Erro_{15/08})^2}}{4} \quad (Eq. 5)$$

5 RESULTADOS

Ao utilizar as duas estações (APS1 e RSPE) para obter o intervalo entre as latitudes, pela equação 1, foi encontrado o valor de -4,53471. Desse modo foi possível encontrar as latitudes teóricas, sendo elas:

Tabela 2: Latitudes Teóricas

| Grau | Minuto | Segundo | Grau decimal |
|-------------|---------------|----------------|---------------------|
| -4 | 35 | 39,18725 | -4,5942186802 |
| -9 | 7 | 44,12571 | -9,1289238075 |
| -13 | 39 | 49,06417 | -13,6636289349 |
| -18 | 11 | 54,00262 | -18,1983340623 |
| -22 | 43 | 58,94108 | -22,7330391897 |
| -27 | 16 | 3,879541 | -27,2677443171 |

Fonte: Autor, 2020.

Já Identificadas às latitudes teóricas foi necessário buscar RBMCs ativas mais próximas a esses valores, resultando nas seguintes estações:

Tabela 3: Estações e suas latitudes

| Estação | Grau | Minuto | Segundo | Grau decimal |
|----------------|-------------|---------------|----------------|---------------------|
| MABB | -4 | 14 | 27,45317 | -4,2409592139 |
| PISR | -9 | 1 | 50,49641 | -9,0306934472 |
| BABJ | -13 | 15 | 41,25519 | -13,2614597750 |
| MGTO | -17 | 53 | 2,3874 | -17,8839965000 |
| CHPI | -22 | 41 | 13,72659 | -22,6871462750 |
| SCCH | -27 | 8 | 15,23669 | -27,1375657472 |

Fonte: Autor, 2020.

Para os próximos cálculos foram utilizados os dados provenientes do processamento por PPP, as coordenadas obtidas estão no Tabela 5:

Tabela 4: Processamento por PPP

| Estação | Dia | Grau | Minuto | Segundo | Grau Decimal |
|----------------|------------|-------------|---------------|----------------|---------------------|
| APS1 | 15/11/2019 | -0 | 3 | 34,2488 | -0,0595135556 |
| | 15/02/2020 | -0 | 3 | 34,249 | -0,0595136111 |
| | 15/05/2020 | -0 | 3 | 34,2491 | -0,0595136389 |
| | 15/08/2020 | -0 | 3 | 34,249 | -0,0595136111 |
| MABB | 15/11/2019 | -4 | 14 | 27,4524 | -4,2409590000 |

| | | | | | |
|------|------------|-----|----|---------|----------------|
| | 15/02/2020 | -4 | 14 | 27,4525 | -4,2409590278 |
| | 15/05/2020 | -4 | 14 | 27,4526 | -4,2409590556 |
| | 15/08/2020 | -4 | 14 | 27,4526 | -4,2409590556 |
| PISR | 15/11/2019 | -9 | 1 | 50,4956 | -9,0306932222 |
| | 15/02/2020 | -9 | 1 | 50,4956 | -9,0306932222 |
| | 15/05/2020 | -9 | 1 | 50,4957 | -9,0306932500 |
| | 15/08/2020 | -9 | 1 | 50,4958 | -9,0306932778 |
| BABJ | 15/11/2019 | -13 | 15 | 41,2549 | -13,2614596944 |
| | 15/02/2020 | -13 | 15 | 41,255 | -13,2614597222 |
| | 15/05/2020 | -13 | 15 | 41,255 | -13,2614597222 |
| | 15/08/2020 | -13 | 15 | 41,255 | -13,2614597222 |
| MGTO | 15/11/2019 | -17 | 53 | 2,3873 | -17,8839964722 |
| | 15/02/2020 | -17 | 53 | 2,3875 | -17,8839965278 |
| | 15/05/2020 | -17 | 53 | 2,3874 | -17,8839965000 |
| | 15/08/2020 | -17 | 53 | 2,3874 | -17,8839965000 |
| CHPI | 15/11/2019 | -22 | 41 | 13,726 | -22,6871461111 |
| | 15/02/2020 | -22 | 41 | 13,726 | -22,6871461111 |
| | 15/05/2020 | -22 | 41 | 13,7259 | -22,6871460833 |
| | 15/08/2020 | -22 | 41 | 13,726 | -22,6871461111 |
| SCCH | 15/11/2019 | -27 | 8 | 15,2368 | -27,1375657778 |
| | 15/02/2020 | -27 | 8 | 15,2364 | -27,1375656667 |
| | 15/05/2020 | -27 | 8 | 15,2365 | -27,1375656944 |
| | 15/08/2020 | -27 | 8 | 15,2365 | -27,1375656944 |
| RSPE | 15/11/2019 | -31 | 48 | 8,8181 | -31,8024494722 |
| | 15/02/2020 | -31 | 48 | 8,8182 | -31,8024495000 |
| | 15/05/2020 | -31 | 48 | 8,818 | -31,8024494444 |
| | 15/08/2020 | -31 | 48 | 8,8181 | -31,8024494722 |

Fonte: IBGE, 2020.

Com esses dados foi possível calcular a média das latitudes utilizando a Equação 2. Os resultados estão na Tabela 6:

Tabela 5: Média das latitudes em grau decimal

| Estação | Grau decimal |
|---------|----------------|
| APS1 | -0,0595136042 |
| MABB | -4,2409590347 |
| PISR | -9,0306932431 |
| BABJ | -13,2614597153 |
| MGTO | -17,8839965000 |
| CHPI | -22,6871461042 |
| SCCH | -27,1375657083 |
| RSPE | -31,8024494722 |

Fonte: Autor, 2020.

Após, foi utilizada a latitude adquiridas pelo relatório da RBMC e a média final para encontrar o módulo da diferença entre elas, utilizando a Equação 3, chegando ao seguinte resultado:

Tabela 6: Módulo da diferença da Média PPP e relatório RBMC

| Estação | Milímetros |
|----------------|-------------------|
| APS1 | 5,720584943 |
| MABB | 19,94474207 |
| PISR | 22,72772947 |
| BABJ | 6,648247521 |
| MGTO | 0 |
| CHPI | 19,01707987 |
| SCCH | 4,329091271 |
| RSPE | 3,092207938 |

Fonte: Autor, 2020.

Para calcular os erros em milímetros, levando em conta o relatório das RBMCs como corretas, e utilizando a equação 4, chegou aos seguintes resultados:

Tabela 7: Erros em milímetros utilizando relatório das RBMCs

| Estação | 15/11/2019 | 15/02/2020 | 15/05/2020 | 15/08/2020 |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| APS1 | -0,3092208071 | -6,4936369626 | -9,5858450404 | -6,4936369626 |
| MABB | 23,8100021901 | 20,7177941532 | 17,6255860175 | 17,6255860175 |
| PISR | 25,0468855234 | 25,0468855234 | 21,9546773877 | 18,8624692520 |
| BABJ | 8,9674035738 | 5,8751954381 | 5,8751954381 | 5,8751954381 |
| MGTO | 3,0922079380 | -3,0922083334 | 0,0000000000 | 0,0000000000 |
| CHPI | 18,2440275854 | 18,2440275854 | 21,3362355233 | 18,2440275854 |
| SCCH | -3,4014287713 | 8,9674033760 | 5,8751954381 | 5,8751954381 |
| RSPE | -3,0922079380 | -6,1844162714 | 0,0000000000 | -3,0922079380 |

Fonte: Autor, 2020.

Após foi feito o cálculo do desvio padrão, em milímetros, como demonstrado na equação 5 e tendo como resultado a tabela 9:

Tabela 8: Desvio Padrão

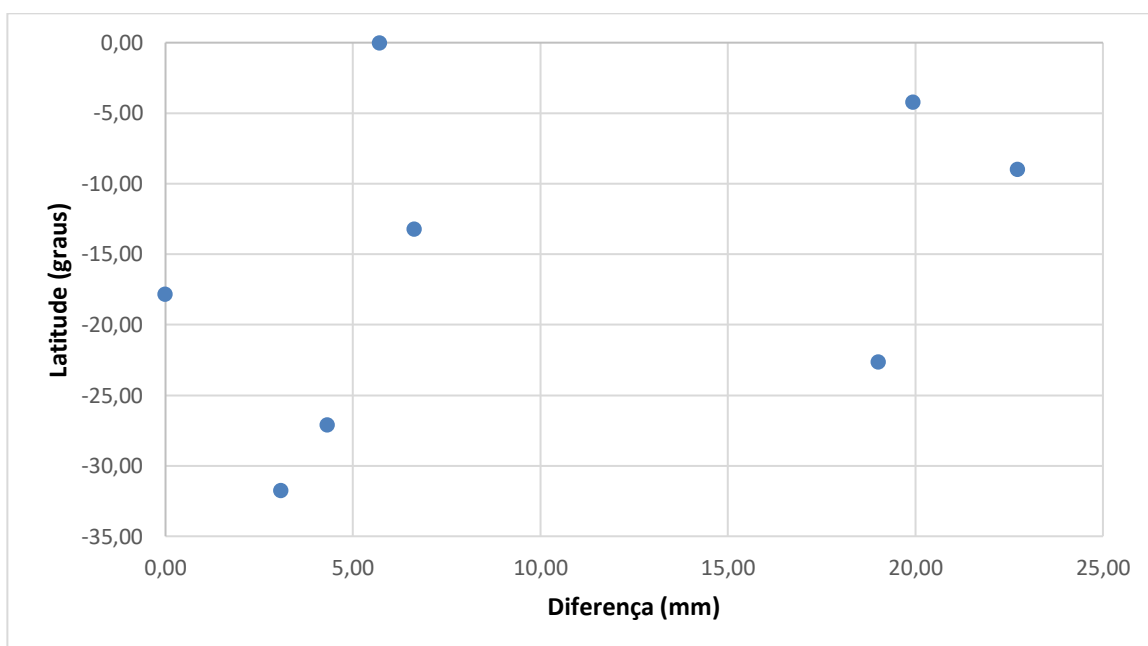
| Estação | Milímetros |
|----------------|-------------------|
| APS1 | 6,639252304 |
| MABB | 20,10886474 |
| PISR | 22,8718908 |

| | |
|------|-------------|
| BABJ | 6,78174187 |
| MGTO | 2,186521342 |
| CHPI | 19,06415861 |
| SCCH | 6,344680525 |
| RSPE | 3,787165975 |

Fonte: Autor, 2020.

Para uma melhor visualização dos resultados da Tabela 6 foi plotado um gráfico, no eixo horizontal sendo constituído pelo erro em milímetros e no eixo vertical as latitudes sendo possível assim analisar sua distribuição não apresentando correlação entre elas.

Figura 3: Relação Latitude x Erro



Fonte: Autor, 2020.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste trabalho constitui na análise do erro posicional de dados obtidos por receptores GNSS e verificar a existência de uma correlação com a latitude. Sendo com os resultados obtidos os maiores erros foi possível observar para a estação PISR nos dias 15/11/2019 e 15/02/2020 com o erro arredondado a 2,5047cm, sendo este erro posicional aceito para finalidade de transporte de coordenadas para georreferenciamento de áreas urbanas e rurais. Ao analisar o gráfico presente na Figura 2 pode se observar a falta de existência de correlação da latitude na qualidade posicional dos pontos, sendo assim a utilização de dados advindos das RBMC's e processamento de dados utilizando a plataforma PPP-IBGE sendo de muita confiabilidade para fins de trabalhos profissionais de georreferenciamento.

O presente trabalho foi executado sem seguir a metodologia de algum trabalho como base, sua metodologia e cálculos foram elaboradas e discutidas entre o autor e o orientador.

Estes resultados podem ter sido obtidos devido ao tempo de observação de 24h, este trabalho não exclui a possibilidade de uma correlação e/ou uma qualidade inferior para tempos de observação menores que este, sendo assim uma dica para futuras publicações e a replicação deste trabalho com menor tempo de observação. Outra sugestão para futuras publicações é a análise de qualidade posicional provocada pela variação da estação do ano.

REFERÊNCIAS

Almeida, M. S.; POZ, W. R. D. **Posicionamento por Ponto Preciso e Posicionamento Relativo com GNSS: Qual é o Método mais Acurado Atualmente?** In: Boletim de Ciências Geodésicas. Curitiba, v.22, n.1, p.175-195, janeiro, 2016.

Cordini, J. **Altimetria: teoria e métodos visando a representação do relevo.** Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2014. Disponível em: <<https://topografia.paginas.ufsc.br/files/2015/09/Altimetria-Apostila.pdf>> Acessado em: 23 Outubro 2020.

GEMAEL, C. **Introdução ao ajustamento de observações: aplicações geodésicas.** Curitiba: Editora da UFPR, 1994. 319p.

IBGE. **Atlas nacional do Brasil Milton Santos / IBGE, Diretoria de Geociências,** Rio de Janeiro, 2010. 307p. il., mapas colors. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv47603_cap6_pt2.pdf > Acessado em: 23 Outubro 2020.

IBGE. **Estações da RBMC, 2020.** Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rbmc/cartogramas/RBMC_2020_01.pdf> Acessado em: 23 Outubro 2020.

IBGE. **Manuais técnicos em geociências: número 10 - Orientações para instalação de estações de monitoramento contínuo GNSS compatíveis com a RBMC.** 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. IBGE, 2013, 30p. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95160.pdf>> Acessado em: 23 Outubro 2020.

Matsuoka, M.T.; Azambuja, J.L.F.; Souza, S.F. **Potencialidades do serviço on-line de Posicionamento por Ponto Preciso (CSRS-PPP) em aplicações geodésicas.** In: Gaea - Journal of Geoscience, v. 5, n. 1, p. 42-49, 2009.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: Editora UNESP, 480p., 2008.

Moreira, D. M. **Geodésia Aplicada ao Monitoramento Hidrológico da Bacia Amazônica**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2016. 229p. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17049/1/tese_daniel_medeiros_moreira_pec_coppe.pdf> Acesso em: 31 Outubro 2020.

Ramires, S. R. **Implantação de uma rede geodésica horizontal no município de Monte Carmelo**. Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Monte Carmelo, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/19721/1/implantacao_de_uma_rede_geodesica_horizontal_no_municipio_de_monte_carmelo_mg.pdf> Acessado em: 23 Outubro 2020.

Rosa, G.P.S. **Análise de Séries Temporais de Coordenadas Estimadas com GPS: Uma Proposta Metodológica para Eliminação de Efeitos Sazonais**. Tese (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2008. 106 p. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/86783/rosa_gps_me_prud.pdf?sequence=1> Acesso em: 31 Outubro 2020.

Santiago e Cintra. **O que é a RBMC e para que serve?** São Paulo, 10 jan. de 2019. Disponível em: <<https://www.santiagoecintra.com.br/blog/geo-tecnologias/o-que-e-a-rbmc-e-para-que-servey>> Acessado em: 23 Outubro 2020.

SANTOS, Antonio José Prado Martins. **Proposta de ajustamento para melhoria da confiabilidade e precisão dos pontos de rede geodésicas para fins topográficos locais**. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-27042006-152418/publico/Dissertacao.pdf>> Acesso em: 8 Novembro 2020.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005. 138p. Disponível em: <<http://www.portaldeconhecimentos.org.br/index.php/por/content/view/full/10232>>

Acesso em: 27 Outubro 2020.

Silva, M. M. S.; Miranda, F. A.; Nadal, C. A.; Veiga, L. A. K.; Faggion, P. L. **Padronização de termos empregados na instrumentação geodésica**. In: II Simpósio Brasileiro de Geomática. Presidente Prudente, 2007. Disponível em: <http://www2.fct.unesp.br/departamentos/cartografia/eventos/2007_II_SBG/artigos/A_036.pdf> Acesso em: 18 Novembro 2020.

Zanetti, M. A. Z. **Apostila de Geodésia**. Universidade Federal do Paraná - UFPR. Curitiba, 2007. 52p.