

## DISCREPÂNCIAS DAS COORDENADAS OBTIDAS COM DIFERENTES PARÂMETROS DE CALIBRAÇÃO: TEMPO DE OCUPAÇÃO E LINHA DE BASE

CAROLINA PRESTES MEGER PAESE (1)

CLAUDIA PEREIRA KRUEGER (2)

SUELEN CRISTINA MOVIO HUINCA (2)

Universidade Federal do Paraná – UFPR

Departamento de Geomática

Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia (LAGEH)

(1) Bolsista de Iniciação Científica/CNPq

carolina.paese@ufpr.br

(2) Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas

{ckrueger; suelenuica}@ufpr.br

**RESUMO** – Objetivando-se levantamentos de alta precisão, utilizando-se métodos de posicionamento por satélites, como o *Global Positioning System*, erros inerentes ao sistema devem ser minimizados. Um erro sistemático advindo é centro de fase das antenas. Este erro pode causar diferenças na ordem de 10 centímetros para a altitude elipsoidal. Este trabalho tem como objetivo a comparação entre diferentes comprimentos de linha de base e tempos de rastreamento, aplicando-se distintos parâmetros de centro de fase (próprios e médios), de pontos obtidos por posicionamento relativo estático. Realizaram-se três levantamentos GPS simultâneos em três pontos dispaes: dois localizados na região de Tijucas do Sul, distantes, entre si, de 2 metros, e um na BCAL/UFPR, distante 46 quilômetros dos demais. As antenas utilizadas foram: LEIAR25, TRM22020.00+GP e LEIATX1202GG. Realizaram-se os processamentos dos dados no software *Leica Geo Office*, em três tempos de rastreamento: 20 minutos, 1 hora e 3 horas, variando-se os parâmetros de calibração e comprimento de linha de base. Nas análises das coordenadas geodésicas obtidas verificou-se uma variação horizontal, na maioria dos casos, na ordem dos milímetros e na ordem dos centímetros na variável altitude elipsoidal. Com os resultados encontrados, nota-se a importância da aplicação de parâmetros de calibração das antenas GPS em posicionamentos de alta precisão.

**Palavras chave:** Calibração de antenas, Posicionamento de alta precisão, GPS, Tempo de ocupação, Comprimento de linha de base.

**ABSTRACT** – Aiming to high precision surveys, using satellite positioning methods, such as the *Global Positioning System*, errors inherent in the system should be minimized. A systematic error arising is the antenna phase center. This error may cause differences in the order of 10 centimeters for the ellipsoidal height. This study aims to compare different lengths of baseline and track times, applying different phase center parameters (own and medium), with static relative positioning for points. There were three simultaneous GPS surveys in three disparate points: two located in the region Tijucas do Sul, distant 2 meters from each other, and one in BCAL / UFPR, 46 km distant from the others. The antennas used were: LEIAR25, TRM22020.00 + GP and LEIATX1202GG. The data processing held in *Leica Geo Office*, with three track times: 20 minutes, 1 hour and 3 hours, varying the base line length and calibration parameters. In analyzes of the geodesic coordinates, there was a variation horizontal, in most cases, the order of millimeters and in the order of centimeters in variable ellipsoidal height. With these results, we note the importance of the application of calibration parameters of GPS antennas in high-precision positioning.

**Key words:** Antenna Calibration, High precision surveys, GPS, Track time, Base line length.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Mader (1999), o centro de fase das antenas receptoras de sinal *Global Positioning System* (NAVSTAR – GPS) pode ocasionar um erro de até 10 centímetros na altitude elipsoidal. O centro de fase eletrônico ou centro de fase não se situa no eixo central do sistema e não necessariamente coincide com o centro geométrico da antena, sendo considerado um erro sistemático (HUINCA, 2009). Dessa forma, ele não pode ser negligenciado nas aplicações de posicionamento de alta precisão, sendo possível a determinação dos parâmetros de centro de fase pela calibração de antenas.

Quando se trabalha com linha de base (vetor formado entre a estação base e a estação a qual se deseja determinar as coordenadas) maior que 15 quilômetros, deve-se aplicar o método de posicionamento relativo estático, o qual preconiza que se ocupe o ponto por, no mínimo, 20 minutos. Quanto maior a linha de base, maior o tempo de ocupação, visando-se a minimização dos erros atuantes nesse posicionamento (KRUEGER, 2011).

Em face ao apresentado, o objetivo deste trabalho é apresentar as análises da precisão das coordenadas geodésicas obtidas da modificação de um arquivo de dados. Esse arquivo de observação tinha um tempo total de 3 horas de rastreamento obtidos com um intervalo de gravação de 15 segundos. Com a modificação desse arquivo gerou-se três novos com tempos de: 20 minutos, 1 hora e 3 horas. Esses foram processados aplicando e não aplicando parâmetros do centro de fase das antenas receptoras do sinal GPS envolvidas. Também se realizou outra análise variando o comprimento da linha de base, aproximadamente 2 metros e 46 quilômetros.

## 2 METODOLOGIA

Os levantamentos visando esses experimentos ocorreram em duas localizações: a Base de Calibração de Antenas GNSS da Universidade Federal do Paraná (BCAL/UFPR) e a Chácara da Associação dos Professores da mesma universidade (APUFPR). Cada local contava com uma estação base e a estação utilizada como itinerante encontrava-se na chácara da APUFPR. Uma indicação da localização pode ser visualizada na Figura 1.

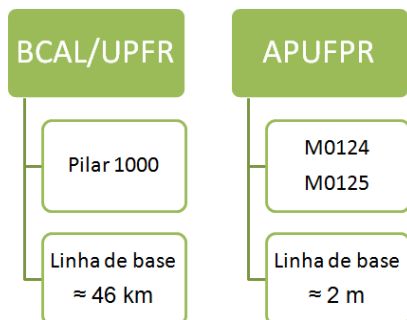


Figura 1 – Indicação da localização dos pontos utilizados neste trabalho.

### 2.1 Materiais e Métodos

Para as observações GPS, adotaram-se os seguintes equipamentos:

- No ponto M0124 (Figura 2):
  - Receptor: *Trimble 4000 SSi*;
  - Antena: *Trimble TRM22020.00 + GP*;



Figura 2 – Receptor *Trimble 4000 SSi* e antena *Trimble TRM22020.00 + GP*.

- No ponto M0125 (Figura 3):
  - Receptor: *Leica 1200*;
  - Antena: *Leica ATX1202 GG*;



Figura 3 – Receptor *Leica 1200* e antena *Leica ATX1202 GG*.

- No Pilar 1000 (Figura 4):
  - Receptor: *Leica 1200*;
  - Antena: *Leica AR25*.



Figura 4 – Receptor *Leica 1200* e antena *Leica AR25*.

Objetivou-se a obtenção das coordenadas geodésicas do ponto M0124, alternando-se apenas os comprimentos de linha de base e, conseqüentemente, a antena utilizada na estação base.

#### 2.1.1 Levantamentos de campo

As medições foram realizadas simultaneamente pelo método de posicionamento relativo estático com intervalo de gravações de 15 segundos e por um período de 3 horas.

### 2.1.2 Parâmetros de calibração de antenas

Visando determinar as coordenadas geodésicas dos pontos empregando-se diferentes parâmetros de calibração (próprios e médios), faz-se necessário obter essas informações a partir das diferentes instituições. Dessa forma, gerou-se um arquivo de extensão *txt*, o qual contém os modelos das antenas utilizadas para o experimento (seção 2.1), as componentes norte, leste e vertical do *Phase Center Offset* (PCO) e os valores do *Phase Center Variation* (PCV) dependente da elevação, para as portadoras L1 e L2.

Calibraram as antenas deste trabalho as instituições: BCAL/UFPR (HUINCA, 2009), WaSoft (WASOFT, 2011) e Geo++ (GEO++, 2011), produzindo os parâmetros de calibração da própria antena. A *National Geodetic Survey* (NGS) em associação com *Internacional Global Navigation Satellite System Survey* (IGS), chamada aqui de NGS/IGS, utiliza-se de suas próprias antenas para a obtenção de parâmetros de calibração e disponibiliza essas informações para a comunidade usuária do GPS (NGS, 2011).

### 2.2 Processamento dos dados

Como citado na seção 2.1.1, todos os dados obtidos eram de 3 horas, e para analisá-los de forma mais precisa, utilizou-se tempos inferiores de rastreo – 20 minutos, 1 hora e 3 horas.

Os dados foram processados com o programa *Leica Geo Office* (LGO). Ele permite a entrada dos parâmetros de calibração das antenas, valores do PCO e PCV dependente de elevação. As coordenadas foram processadas com diferentes parâmetros de calibração (seção 2.1.3), e também não os aplicando.

Para a determinação das coordenadas adotou-se para todos os processamentos máscara de elevação de 10°, admitindo-se soluções para a Dupla Diferença das Fases (DDF) apenas do tipo fixa, utilizando portadoras L1 e L2 e somente dados advindos dos satélites GPS. Todas as coordenadas obtidas estão no sistema de referência *World Geodetic System 1984* (WGS84).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa seção serão apresentadas as coordenadas geodésicas obtidas após o processamento dos dados dos três arquivos de observação modificados (20 minutos, 1 hora e 3 horas), com o emprego dos diferentes comprimentos de linha de base, com e sem aplicação dos parâmetros de calibração das antenas envolvidas. Nesses processamentos obtiveram-se resolução das ambigüidades e solução DDF fixa alcançada.

Para realizar a análise das discrepâncias das coordenadas geodésicas obtidas com e sem parâmetros de calibração para dois comprimentos de linha de base, calcularam-se as diferenças entre elas. Essas diferenças foram calculadas tendo como padrão as coordenadas processadas sem parâmetros com as coordenadas

processadas com diferentes parâmetros de calibração (Geo++, WaSoft, IGS/NGS e BCAL/UFPR).

### 3.1 Linha de base de 2 metros

Para o comprimento de linha de base de 2 metros, utilizou-se como estação base o receptor 1200 e a antena ATX1202GG, ambos da *Leica* e na estação itinerante o receptor 4000 SSi e a antena TRM22020.00+GP, ambos da *Trimble*.

Na Figura 5, observam-se as discrepâncias encontradas para latitude e longitude com linha de base de 2 metros. Percebe-se que as variações estão na ordem dos milímetros e que em algumas situações, há coincidência dos valores encontrados entre as coordenadas processadas com e sem parâmetros de calibração, pois a discrepância é nula. Nota-se uma maior variação para os valores de longitude encontrados para o tempo de rastreo de 1 hora, os quais estão entre 0,6 a 0,9 centímetros.

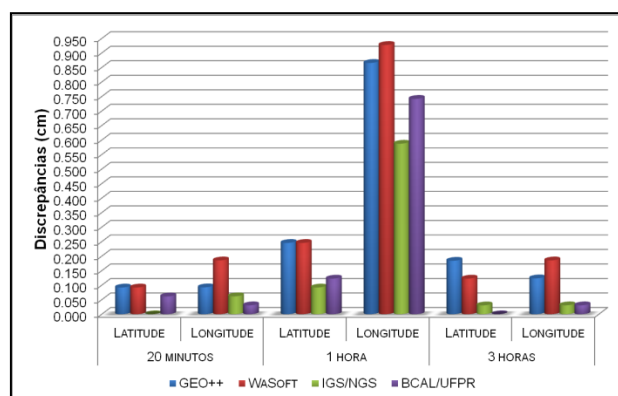


Figura 5 – Resultados obtidos para latitude e longitude com a linha de base de 2 metros.

A Figura 6 mostra as discrepâncias encontradas para a altitude elipsoidal com os diferentes parâmetros de calibração. Nota-se que somente as altitudes obtidas com os parâmetros de calibração do IGS/NGS que não tiveram uma variação mais significativa, quando comparadas com a altitude elipsoidal obtida sem parâmetros de calibração. Percebe-se que as discrepâncias encontradas para as coordenadas obtidas com os diferentes parâmetros de calibração estão na ordem do centímetro para a altitude, sendo que a maior variação obtida é de 8 centímetros (Geo++).

Verifica-se (Figura 5 e Figura 6) que as variações para a altitude elipsoidal é centimétrica e para as coordenadas horizontais (latitude e longitude) é da ordem do milímetro, como citado em Mader (1999).

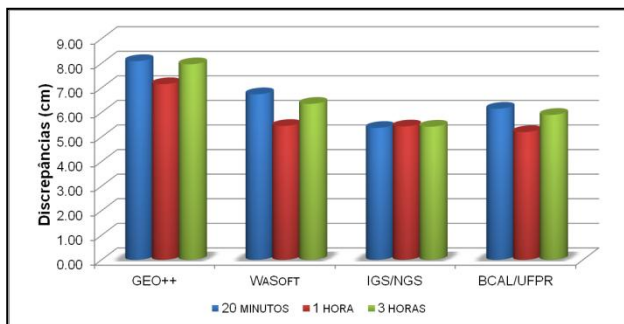


Figura 6 – Resultados obtidos altitude elipsoidal com a linha de base de 2 metros.

### 3.2 Linha de base de 46 quilômetros

Para o processamento da linha de base de 46 quilômetros, considerou-se a estação base com o receptor 1200 e antena AR25, ambos da *Leica*. Na estação móvel manteve-se o receptor 4000 SSi e a antena TRM22020.00+GP, ambos da *Trimble*.

Na Figura 7 visualizam-se as discrepâncias métricas obtidas sem e com parâmetros de calibração das antenas para as coordenadas horizontais (latitude e longitude). Observa-se que os resultados obtidos para as coordenadas com tempo de rastreamento igual a 20 minutos com os parâmetros da Geo++, são da ordem de centímetros (aproximadamente 5 centímetros para latitude e 11 centímetros para longitude). Comparando as coordenadas horizontais, verifica-se que essas quando comparadas com as demais, obtidas com outros parâmetros de calibração, são de maior grandeza.

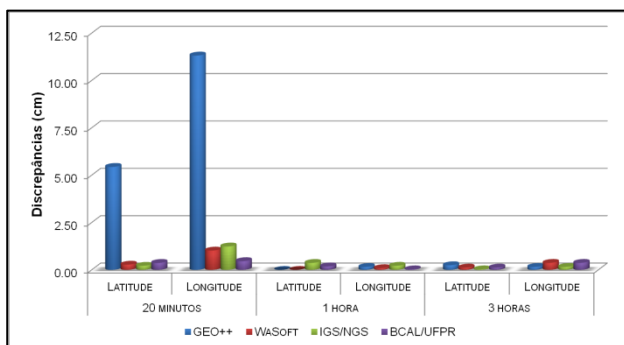


Figura 7 – Resultados obtidos para latitude e longitude com a linha de base de 46 quilômetros.

A Figura 8 apresenta os resultados obtidos para as altitudes elipsoidais com o comprimento da linha de base de 46 quilômetros. Nota-se que as discrepâncias estão no intervalo de 10 centímetros quando se comparam as altitudes obtidas com os diferentes parâmetros de calibração e tempos de observação distintos (20 minutos, 1 hora e 3 horas), exceto a altitude obtida do processamento das observações do tempo de 20 minutos com o parâmetro de calibração da Geo++ (60 centímetros).

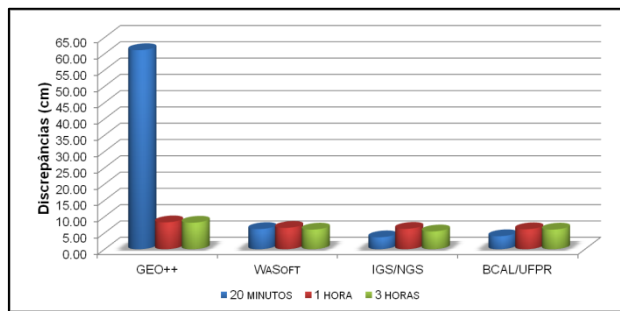


Figura 8 – Resultados obtidos altitude elipsoidal com a linha de base de 46 quilômetros.

### 3.3 Comparação entre os comprimentos de linhas de base

Nessa seção será apresentada uma comparação entre as discrepâncias encontradas para os diferentes tempos de rastreamento em relação ao comprimento da linha de base.

Na Figura 9, têm-se as discrepâncias encontradas para os diferentes tempos de rastreamento e comprimentos de linha de base para a latitude. Sobressaem os valores encontrados com os parâmetros do Geo++ para o período de 20 minutos (5,4 centímetros). Todas as demais discrepâncias são da ordem de milímetros.

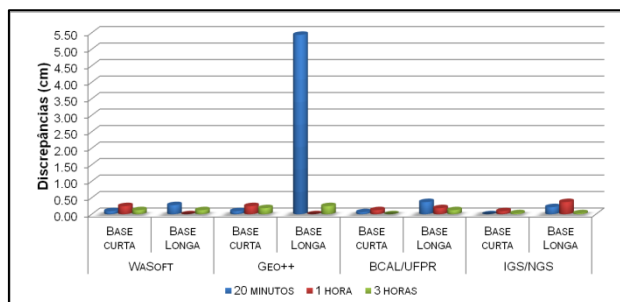


Figura 9 – Discrepâncias encontradas para os diferentes tempos de rastreamento e comprimentos de linha de base na coordenada latitude.

As discrepâncias calculadas para longitude são visualizadas na Figura 10. Verifica-se que os valores encontrados para a base longa da Geo++ é da ordem de 11 centímetros. As demais são inferiores a aproximadamente 1,5 centímetros.

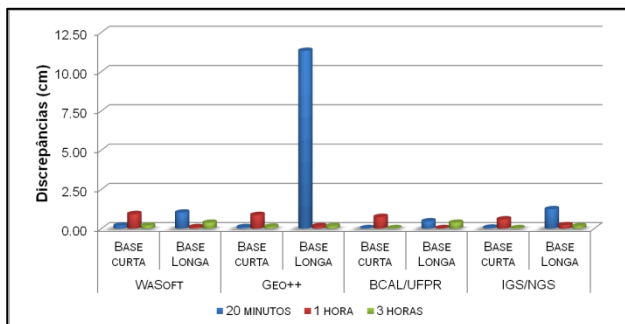


Figura 10 – Discrepâncias encontradas para os diferentes tempos de rastreo e comprimentos de linha de base na coordenada longitude.

As diferenças entre as altitudes elipsoidais obtidas com dois diferentes comprimentos de linha de base e com parâmetros de calibração distintos podem ser observadas na Figura 11. Percebe-se que 96% das diferenças calculadas para as altitudes estão na ordem de 10 centímetros, como se preconiza a literatura (MADER, 1999). Destacou-se uma única discrepância de maior grandeza quando se aplicou o parâmetro de calibração da empresa Geo++, para o tempo de observação de 20 minutos.

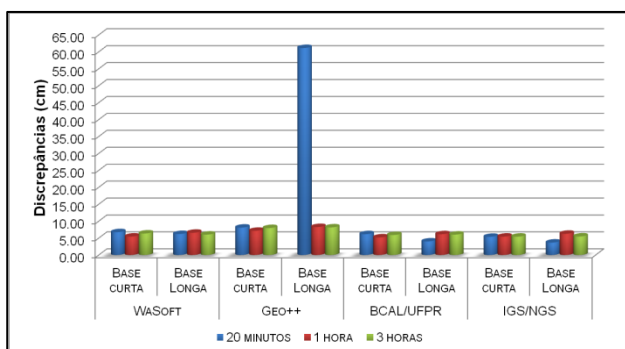


Figura 11 – Comparação das discrepâncias encontradas para os diferentes tempos de rastreo e comprimentos de linha de base na coordenada altitude elipsoidal.

#### 4 CONCLUSÕES

Com base no desenvolvimento desse trabalho, pode-se concluir que existem diferenças significativas quando se aplicam os parâmetros de calibração no processamento das coordenadas geodésicas de um ponto.

Pode-se observar com a análise das coordenadas geodésicas que existem diferenças significativas (milímetros para as coordenadas horizontais e centímetros para a altitude elipsoidal) quando se aplicam parâmetros próprios (BCAL/UFPR, Geo++ e WaSoft) e parâmetros médios (IGS/NGS) das antenas envolvidas nas observações.

Comparando-se as discrepâncias encontradas para as coordenadas processadas, pode-se afirmar que os parâmetros produzidos pela BCAL/UFPR são condizentes quando comparados com os demais. Esse resultado colabora para a proposta de que os parâmetros de

calibração são de extrema importância para posicionamentos de alta precisão utilizando-se do GPS.

Conclui-se com esse trabalho que os parâmetros de centro de fase, PCO e PCV, são de extrema importância no posicionamento de alta precisão, principalmente quando o comprimento da linha de base (vetor formado entre a estação de referência e a estação base) entre as estações de referência e incógnita distam entre si de alguns quilômetros.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais a empresa Geo++ e a WaSoft que realizaram calibrações das antenas utilizadas nesse trabalho de pesquisa sem ônus. A empresa Geo++, de calibração absoluta de antenas, por ter calibrado a antena TRM22020.00+GP e a empresa WaSoft, a qual realiza calibrações relativas, por ter calibrado duas das antenas utilizadas nesse trabalho de pesquisa, a TRM22020.00+GP e a LEIAX1202GG.

#### REFERÊNCIAS

GEO++. **Relatório de parâmetros de calibração (antenas Trimble TRM22020.00 + GP, Leica AR25 e Leica ATX1202GG)**. Garbsen, Alemanha: 2011.

HUINCA, S. C. M., **Calibração Relativa de Antenas na BCAL/UFPR**. Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre para o curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

KRUEGER, C. P. **Notas de aula – Disciplina de Levantamentos Geodésicos II**. Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Universidade Federal do Paraná. Curitiba: 2011.

MADER, G. **GPS Antenna Calibration at the National Geodetic Survey**. GPS Solutions, Vol. 3, N°1, p.50-58, 1999.

NGS. National Geodetic Survey. **Antenna Calibrations**. Disponível em <<http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/>>. Acesso em 16 de maio de 2011.

WASOFT. **Relatório de parâmetros de calibração (antenas Trimble TRM22020.00 + GP e Leica ATX1202GG)**. Radebeul, Alemanha: 2011.