

---

## COMPARAÇÃO DAS COORDENADAS GEODÉSICAS OBTIDAS COM DIFERENTES PARÂMETROS DE CALIBRAÇÃO DE UMA MESMA ANTENA RECEPTORA DE SINAL GPS

CAROLINA PRESTES MEGER PAESE  
SUELEN CRISTINA MOVIO HUINCA  
DIULIANA LEANDRO  
CLÁUDIA PEREIRA KRUEGER

Universidade Federal do Paraná – UFPR  
Setor de Ciências da Terra  
Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia – LAGEH  
carolmege@gmail.com; {ckrueger, suelenhuinca, diuliana}@ufpr.br

---

**RESUMO** – Nos levantamentos GPS de alta precisão, deve-se minimizar os erros inerentes a técnica, sendo um erro sistemático implícito o centro de fase da antena. Este trabalho compara e analisa a variação das coordenadas geodésicas aplicando diferentes parâmetros (próprios e médios) de calibração de antenas e não aplicando nenhum parâmetro de calibração, de dois pontos obtidos por posicionamento relativo estático. Para isso, realizaram-se três levantamentos GPS simultâneos em três pontos distintos: dois localizados na Chácara da APUFPR, distantes entre si de 2 metros, denominados de M0124 e M0125, e um na BCAL/UFPR, conhecido por Pilar 1000, distante 45 quilômetros dos demais. Utilizaram-se as antenas: LEIAR25, no Pilar 1000; TRM22020.00+GP, no M0125 e a LEIAX1202GG, no M0124. Processaram-se os dados no software *Leica Geo Office*, em três estratégias, onde se variou linha de base e as estações de referência e móvel. Nas análises das coordenadas geodésicas obtidas pode-se verificar que há uma variação horizontal da ordem do milímetro e uma variação tridimensionais da ordem do decímetro. Com a dispersão das coordenadas geodésicas obtidas com e sem parâmetros de calibração observou-se a importância de aplicar parâmetros de calibração das antenas GPS em posicionamentos de alta precisão.

**ABSTRACT** – In high-precision GPS surveys, should be minimize the errors inherent in the technique the most, being phase center of antenna a systematic error implicit. This paper compare and analyzes the variation of the geodesic coordinates by applying different calibration parameters (own and medium) and applying any parameters calibrations, from two points using static relative positioning. For this, there were three simultaneous GPS surveys at three different points: two located in the Finca APUFPR, distant two meters from each other, called M0124 and M0125, and one in BCAL / UFPR, known as Pillar 1000, 45 km distant from others. Were used the antennas: LEIAR25, in Pillar 1000, TRM22020.00+GP in M0125 and LEIAX1202GG in M0124. Were processed data in the *Leica Geo Office*, based on three strategies, varying baseline and the reference station and mobile. In the analysis of geodetic coordinates obtained can be seen that there is a horizontal range of the order of millimeters and a three-dimensional variation of the order of decimeter. With the dispersion of the geodesic coordinates obtained with and without calibration parameters observed the importance of applying the calibration parameters for the GPS satellite precision positioning survey.

---

### 1 INTRODUÇÃO

Para que seja possível determinar coordenadas geodésicas de pontos sobre a superfície terrestre utilizando como ferramenta o GPS (*Global Positioning System*) é de suma importância que erros sejam minimizados, principalmente os erros sistemáticos. O centro de fase das antenas de receptores GPS é um desses erros. O centro de fase eletrônico ou simplesmente centro de fase é o ponto de recepção do sinal na antena receptora durante a realização de observações GPS. Ele não se situa no eixo central do sistema e não necessariamente coincide com o centro geométrico da antena. Para se minimizar esse erro as antenas devem ser calibradas individualmente, sendo assim conduzindo ao seu próprio parâmetro de calibração (centro de fase).

Esse trabalho tem como principal objetivo comparar e analisar as coordenadas geodésicas de três pontos com a aplicação de diferentes parâmetros de calibração. Para isso, quantificou-se a variação das coordenadas geodésicas obtidas e observaram-se as variações das coordenadas em função de dois diferentes comprimentos de linha de base (2 metros e 45 quilômetros) adotando-se também três estações de referência.

## 2 METODOLOGIA

O presente estudo realizou-se em dois locais distintos, posicionando antenas GPS em três diferentes pontos. Dois pontos se situam na chácara da Associação dos Professores da Universidade Federal do Paraná (APUFPR) e um ponto que se localiza na Base de Calibração de Antenas *Global Navigation Satellite System* (GNSS) da Universidade Federal do Paraná (BCAL/UFPR). Os pontos M0124 e M0125 distam 2 metros entre si e, por sua vez, distam de 45 quilômetros da BCAL/UFPR (Pilar 1000). Um esboço desses pontos é apresentado na Figura 1.

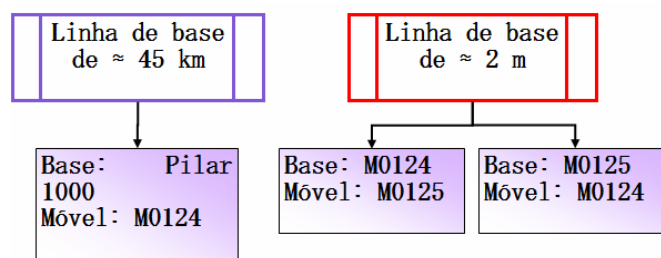


Figura 1 – Disposição dos pontos

### 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;
- No ponto M0125 (Figura 3):
  - Receptor: Leica 1200;
  - Antena: Leica ATX1202 GG;
- No Pilar 1000 (Figura 4):
  - Receptor: Leica 1200;
  - Antena: Leica AR 25.



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



Figura 3 – Receptor Leica 1200 e antena Leica ATX1202 GG



Figura 4 – Receptor Leica 1200 e antena Leica AR25

### 2.1.1 Obtenção dos parâmetros de calibração

Para comparar e analisar a variação das coordenadas geodésicas obtidos com antenas GPS diferentes com seus respectivos parâmetros de calibração (próprios e médios), fez-se necessário realizar observações GPS com antenas calibradas e posteriormente o processamento desses dados. Sendo assim, as informações advindas dos parâmetros de calibração das antenas de diferentes instituições foram obtidas, gerando-se um arquivo com extensão *txt*. Esse arquivo contém os modelos das antenas utilizadas para esse experimento (seção 2.1), as componentes: norte, leste e vertical do *Phase Center Offset* (PCO) e os valores do *Phase Center Variation* (PCV) dependente de elevação, para ambas as portadoras, L1 e L2.

As antenas foram calibradas pelas instituições BCAL/UFPR (HUINCA, 2009), WaSoft (WASOFT, 2011) e Geo++ (GEO++, 2011), produzindo, dessa forma, seus próprios parâmetros de calibração. Obtiveram-se também os parâmetros de calibração produzidos pela *National Geodetic Survey* (NGS) em associação com *Internacional GNSS Survey* (IGS), denominada aqui de IGS/NGS. Salienta-se, que os parâmetros de calibração fornecidos pelo NGS não são próprios e sim parâmetros médios, pois essa instituição calibra antenas do mesmo modelo e disponibiliza essas informações para a comunidade usuária do GNSS. Esses valores para diferentes antenas estão disponíveis no sítio [www.ngs.noaa.gov/ANTCAL](http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL).

### 2.2 Processamento dos dados

Os dados foram processados com o programa *Leica Geo Office*. Esse programa permite a entrada dos parâmetros de calibração das antenas, os valores do PCO e PCV. Nesse processamento obtiveram-se as coordenadas aplicando diferentes parâmetros de calibração (seção 2.1.1), e também não aplicando parâmetro de calibração.

Para posterior análise dos resultados obtidos, realizaram-se três estratégias:

1. Processaram-se os dados coletados nos pontos M0124 e M0125 adotando como estação base o Pilar 1000, aplicando os diferentes parâmetros de calibração e não aplicando parâmetro de calibração;
2. Processaram-se os dados coletados no ponto M0125 adotando como estação base o ponto M0124, aplicando os diferentes parâmetros de calibração e não aplicando parâmetro de calibração;
3. Processaram-se os dados coletados no ponto M0124 adotando como estação base o ponto M0125, aplicando os diferentes parâmetros de calibração e não aplicando parâmetro de calibração;

Os critérios adotados no processamento foram: máscara de elevação de 10°, admitiram-se soluções para a Dupla Diferença de Fases (DDF) apenas do tipo fixa, utilizando portadoras L1 + 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 apresentados os resultados obtidos após o processamento dos dados, com o emprego das três diferentes estratégias, para a obtenção das coordenadas geodésicas dos pontos aplicando os parâmetros de calibração das antenas envolvidas (PCO e PCV) fornecido pelo IGS/NGS, Geo++, BCAL/UFPR e WaSoft e também não aplicando parâmetros de calibração. Verificou-se em todos os processamentos que as ambigüidades foram resolvidas (solução DDF fixa).

### 3.1 Estratégia 1

Na estratégia 1 observa-se que os dados coletados foram obtidos num posicionamento relativo estático tendo como estações incógnitas os pontos M0124 e M0125 e como estação base o Pilar 1000. Sendo assim, o comprimento da linha de base é de 45 quilômetros. As diferenças entre as coordenadas (latitude, longitude e altitude elipsoidal) obtidas

com diferentes parâmetros de calibração foram comparadas com as coordenadas (latitude, longitude e altitude elipsoidal) obtidas sem parâmetros de calibração.

Por meio de uma análise visual para os valores encontrados para o ponto M0124 (Figura 5), pode-se verificar que as coordenadas com o emprego dos diferentes parâmetros de calibração variam em latitude e longitude. Visualiza-se que a menor variação entre as coordenadas do ponto M0124 é obtida quando se compara o valor da latitude obtida com os parâmetros de calibração fornecidos pelo NGS/IGS e sem parâmetros de calibração. Para os valores obtidos para o ponto M0125 (Figura 6), nota-se que há a sobreposição de dois resultados, ou seja, as coordenadas geodésicas processadas com os parâmetros da WaSoft e da Geo++ são as mesmas. Verifica-se também que a latitude encontrada para as coordenadas processadas com os parâmetros de calibração do NGS/IGS e sem parâmetros é a mesma.

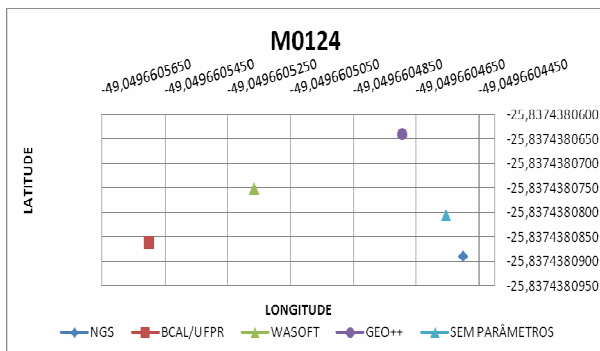


Figura 5 – Coordenadas processadas do ponto M0124 pela estratégia 1 no sistema WGS84

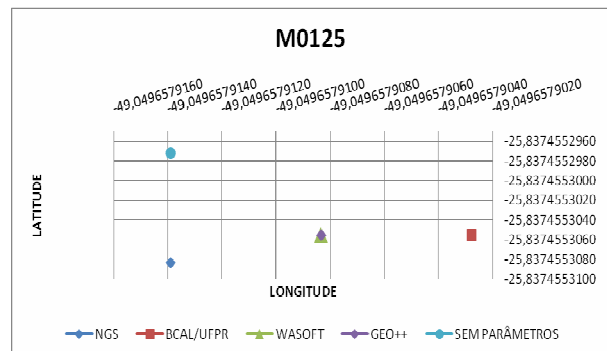


Figura 6 – Coordenadas processadas do ponto M0125 pela estratégia 1 no sistema WGS84.

Analisando as diferenças obtidas para ponto M0124 (Tabela 1), pode-se verificar que, em latitude, a maior diferença calculada foi de 0,18 centímetros quando se compara o valor obtido com os parâmetros de calibração da Geo++. Em longitude a maior diferença calculada foi de 0,9 centímetros quando se compara o valor obtido com o parâmetro de calibração da BCAL/UFPR e sem parâmetros de calibração. Comparando as diferença em altitude elipsoidal, com base na altitude elipsoidal encontrada sem parâmetro de calibração, pode-se verificar que a maior diferença obtida é de 8,13 centímetros quando se aplicou os parâmetros de calibração da WaSoft. Nota-se que somente a altitude elipsoidal obtida com o parâmetro da Geo++ teve uma variação menos significativa, 4,48 centímetros (Tabela 1 e Figura 7). Contudo, as diferenças encontradas, erro horizontal e tridimensional, quando se compara as coordenadas geodésicas obtidas com diferentes parâmetros de calibração são inferiores ao decímetro.

Tabela 1 – Discrepâncias para os pontos M0124 e M0125 pela estratégia 1

M0124					
Parâmetros utilizados	Discrepância na Latitude (cm)	Discrepância na Longitude (cm)	Discrepância na Altitude Elipsoidal (cm)	Erro Horizontal (cm)	Erro Tridimensional (cm)
IGS/NGS	0,09232	0,05570	5,69	0,10296	5,69164
BCAL/UFPR	0,06155	0,94685	4,48	0,07810	4,48108
Geo++	0,18464	0,13924	5,92	0,23601	8,13564
WaSoft	0,06155	0,61267	8,13	0,66708	5,96358
M0125					
Parâmetros utilizados	Discrepância na Latitude (cm)	Discrepância na Longitude (cm)	Discrepância na Altitude Elipsoidal (cm)	Erro Horizontal (cm)	Erro Tridimensional (cm)
IGS/NGS	0,12310	0,00000	6,29	0,13000	6,29269
BCAL/UFPR	0,09232	0,11139	6,49	0,07810	4,48108
Geo++	0,09232	0,05570	6,24	0,11662	6,24189
WaSoft	0,09232	0,05570	6,12	0,66708	5,96358

Comparando as altitudes elipsoidais obtidas para o ponto M0125 (Tabela 1) observam-se as discrepâncias são da ordem do centímetro, assim como para o ponto M0124. Analisando as diferenças em latitude observa-se que não há discrepâncias quando se compara os valores calculados os parâmetros de calibração da Geo++, BCAL/UFPR e WaSoft e sem parâmetros de calibração. Percebe-se que as diferenças obtidas para a longitude é menor que 0,1 centímetros,

exceto para a coordenada obtida com o parâmetro de Geo++. Visualiza-se na altitude elipsoidal discrepâncias da ordem de 6 centímetros para todos os casos.

Visualiza-se na Figura 7, que somente a altitude elipsoidal obtida com o parâmetro da Geo++ teve uma variação mais significativa. Contudo, as diferenças encontradas quando se compara as coordenadas obtidas com diferentes parâmetros de calibração estão dentro dos valores citados em diferentes trabalhos sobre o assunto, por exemplo, Mader (1999), ou seja, inferiores ao decímetro. Na Figura 8 estão apresentadas as altitudes elipsoidais obtidas com diferentes e sem parâmetros de calibração. Percebe-se que as diferenças quando se compara os valores obtidos com BCAL/UFPR, WaSoft, Geo++ e NGS foi menor que 1 centímetro, porém quando se compara esses valores com os valores obtidos sem parâmetros de calibração essa diferença é da ordem de 6 centímetros.

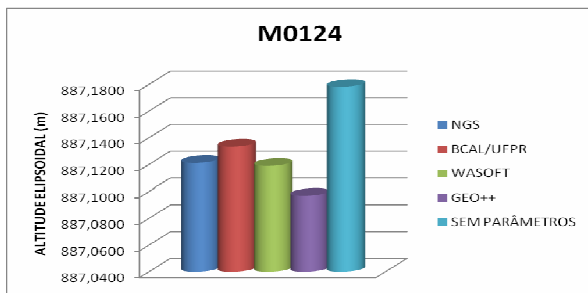


Figura 7 – Altitudes elipsoidais ponto M0124 para a estratégia 1

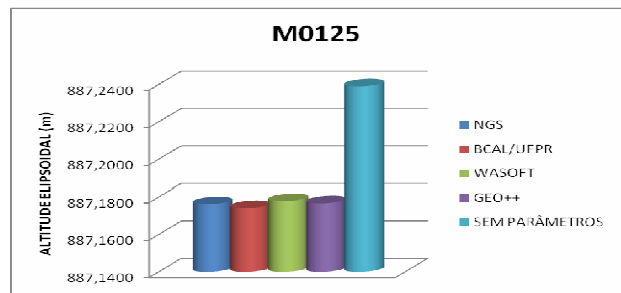


Figura 8 – Altitudes elipsoidais ponto M0125 para a estratégia 1

Percebe-se que a maior diferença dos resultados obtidos é encontrada na altitude elipsoidal (M0124 e M0125), conduzindo assim as maiores diferenças no erro tridimensional, fenômeno encontrado também por Mader (1999).

### 3.2 Estratégia 2

De acordo com a seção 2.2 neste processamento adotou-se como estação base o ponto M0124 para a obtenção das coordenadas do ponto M0125. De forma semelhante à estratégia 1 (seção 3.1), a coordenada considerada fixa é a processada sem parâmetros de calibração. As coordenadas geodésicas (latitude e longitude graus decimais) e altitude elipsoidal (em metros) obtidas com esses processamentos podem ser observadas na Figura 9 e Figura 10, respectivamente.

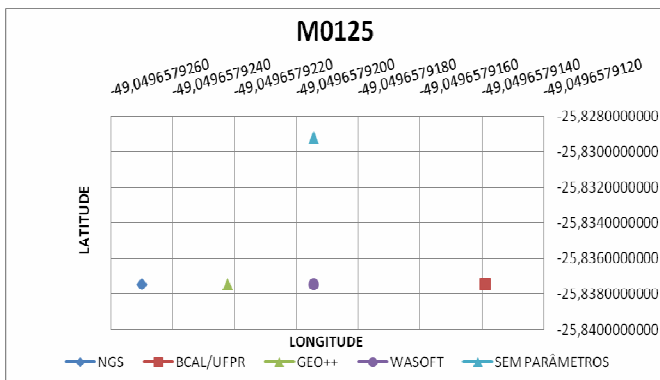


Figura 9 – Resultados para o ponto M0125 usando como base o ponto M0124

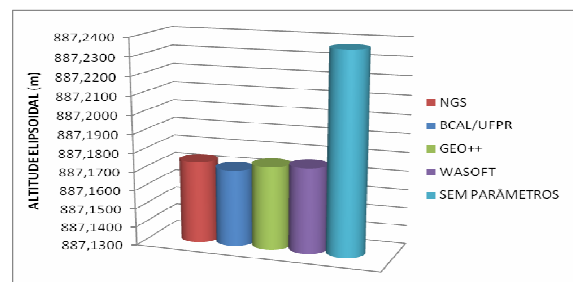


Figura 10 – Comparação das altitudes elipsoidais encontradas adotando-se como base o ponto M0124 para a determinação do ponto M0125

Com base na Figura 9, observa-se que quando se aplicam os diferentes parâmetros (IGS/NGS, Geo++, BCAL/UFPR e WaSoft) de calibração da antena os valores em latitude são praticamente os mesmos. Percebe-se que a maior discrepância calculada ocorreu para as coordenadas obtidas sem parâmetros de calibração, a qual encontra-se distante das demais em relação a latitude. Estas discrepâncias, em valores métricos, podem ser visualizadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Discrepâncias para o ponto M0125 adotando-se como base o ponto M0124

Parâmetros utilizados	Discrepância na Latitude (cm)	Discrepância na Longitude (cm)	Discrepância na Altitude Elipsoidal (cm)	Erro Bidimensional (cm)	Erro Tridimensional (cm)
IGS/NGS	0,06155	0,03996	6,27	0,08485	6,27086
BCAL/UFPR	0,03077	0,03996	6,55	0,05831	6,55033
WaSoft	0,06155	0,00000	6,10	0,06000	6,10059
Geo++	0,03077	0,01998	6,21	0,04243	6,21022

Na Tabela 2, observa-se que as discrepâncias calculadas são menores que 1 milímetro para a latitude e longitude, porém na ordem do centímetro para a altitude elipsoidal. Nota-se que, para a altitude elipsoidal quando aplicados os parâmetros de calibração, as diferenças estão na ordem do milímetro, porém quando se compara essas com o valor de altitude elipsoidal obtidos sem parâmetros de calibração essa variação é de aproximadamente 6 centímetros. Esse fato é visualizado na Figura 10, quando comparados os valores das altitudes elipsoidais obtidas com os diferentes parâmetros de calibração e sem parâmetros de calibração. Observa-se uma variação constante, de aproximadamente 6 centímetros, para todos os casos. Este acontecimento confirma que a maior diferença ocorre na coordenada da altitude elipsoidal, destacando desta forma a importância da aplicação dos parâmetros de calibração no momento do processamento dos dados (MENGE, 1998).

### 3.3 Estratégia 3

Nesta seção apresentam-se os resultados obtidos com a terceira estratégia. Assim como nas estratégias 1 e 2 (seções 3.1 e 3.2, respectivamente), a coordenada tomada como comparação é a coordenada geodésica processada sem parâmetros de calibração. Na Figura 11 podem ser observadas as coordenadas geodésicas (latitude e longitude em graus decimais) e na Figura 12 as altitudes elipsoidais, em metros, para o ponto M0124.

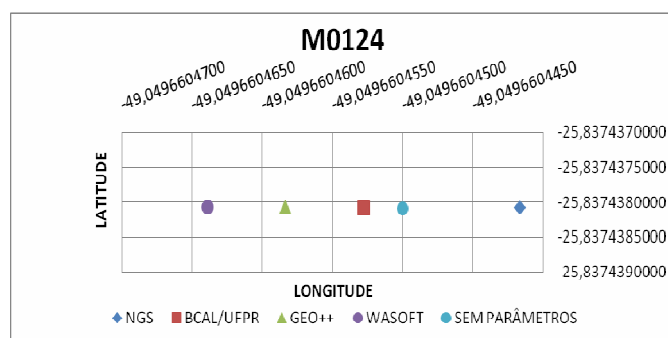


Figura 11 – Resultados para o ponto M0124 usando como base o ponto M0125

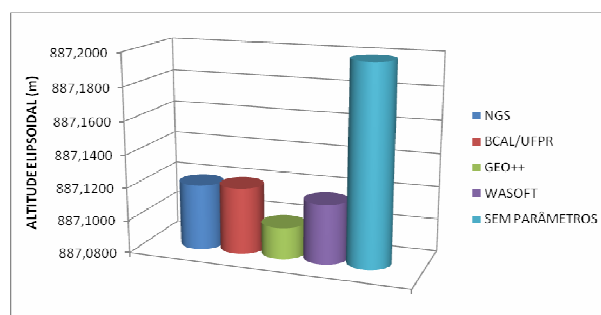


Figura 12 – Comparação das altitudes encontradas adotando-se como base o ponto M0125 para a determinação do ponto M0124

Observam-se na Tabela 3 as discrepâncias (latitude, longitude e altitude elipsoidal) e os erros horizontais e tridimensionais. Visualiza-se que as discrepâncias calculadas para latitude e longitude são da ordem do milímetro. A maior diferença encontrada em latitude obtida com os parâmetros da Geo++ e em longitude com os parâmetros da WaSoft. Para a altitude elipsoidal a diferença calculada foi da ordem do centímetro, sendo que a maior discrepância observada é de 10 centímetros (Geo++). Verifica-se que o erro horizontal é menor que 1 centímetro e o erro tridimensional é da ordem do centímetro. O último é maior, pois é influenciado pela discrepância na altitude elipsoidal.

Tabela 3 – Discrepâncias para o ponto M0124 adotando-se como base o ponto M0125

Parâmetros obtidos:	Discrepância na Latitude (cm)	Discrepância na Longitude (cm)	Discrepância na Altitude Elipsoidal (cm)	Erro Bidimensional (cm)	Erro Tridimensional (cm)
IGS/NGS	0,12310	0,08355	7,94	0,14422	7,94222
BCAL/UFPR	0,03077	0,02785	7,88	0,04243	7,88017
Geo++	0,18464	0,08355	10,01	0,19698	10,01356
WaSoft	0,15387	0,13924	8,32	0,20518	8,32388



### 3.4 Avaliação das coordenadas obtidas em função do comprimento da linha de base

As Figuras 13 a 16 possibilitam uma análise das coordenadas processadas empregando os diversos parâmetros de calibração da antena empregada em face dos diferentes comprimentos de linhas de base (2 metros e 45 quilômetros). Os valores obtidos com o processamento dos dados para o ponto M0124 com os diferentes parâmetros e estações base (Pilar 1000 e M0125) pode ser visualizadas na Figura 13.

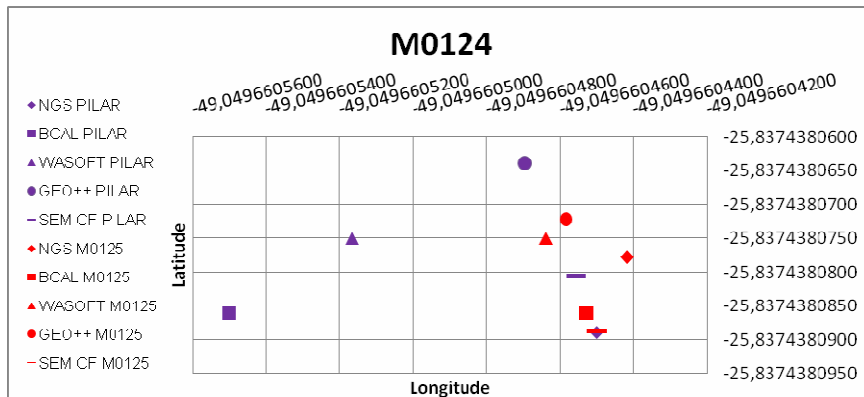


Figura 13 – Comparação das coordenadas obtidas com os diferentes parâmetros e linhas de base para o ponto M0124

Nota-se na Figura 13 que as coordenadas processadas com os parâmetros da WaSoft utilizando como estação base o Pilar 1000 e as coordenadas processadas sem parâmetros com estação base no ponto M0124 se sobrepõem. Analisa-se também que as coordenadas processadas com os parâmetros da BCAL/UFPR, Geo++ e WaSoft, com estação base Pilar 1000 apresentam uma maior discrepância em relação às demais soluções. Observa-se que as coordenadas obtidas com a estação base M0125 apresentaram coordenadas mais precisas do que as obtidas com a estação base Pilar 1000, fato este advindo na linha de base mais longa, aproximadamente, 45 quilômetros.

A Figura 14 apresenta uma comparação entre as altitudes elipsoidais para o ponto M0124. Nota-se que as maiores discrepâncias estão nas altitudes elipsoidais sem parâmetros de calibração, sendo estas da ordem de centímetros. As diferenças entre as demais soluções são na ordem do milímetro, contudo, percebe-se que estas diferenças são maiores quando se empregou a estação base Pilar 1000. Esses resultados confirmam as análises conduzidas por Mader (1999), o qual afirma que o não uso dos parâmetros de calibração pode causar um erro de até 10 centímetros na altitude elipsoidal determinada.

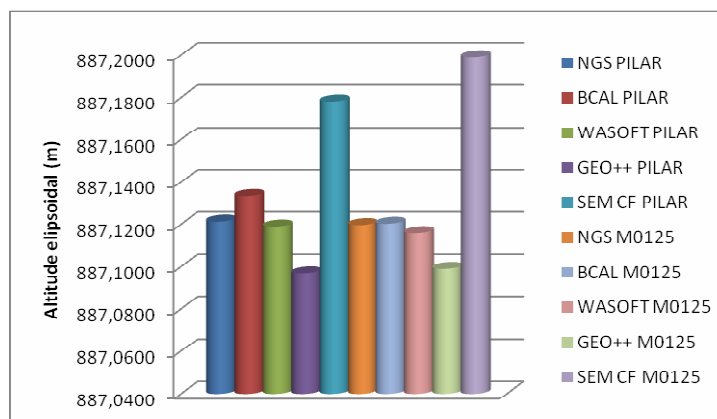


Figura 14 – Comparação das altitudes elipsoidal obtidas com os diferentes parâmetros e comprimentos de linha de base para o ponto M0124

Na Figura 15 é possível visualizar as soluções obtidas das coordenadas do ponto M0125 com os diferentes parâmetros e com as duas estações base (Pilar 1000 e M0124). Nota-se que neste caso há duas sobreposições de coordenadas: as coordenadas processadas sem parâmetros de calibração com a estação base no Pilar 1000 com as coordenadas processadas com os parâmetros da BCAL/UFPR utilizando-se como base o ponto M0124, e as coordenadas processadas com os parâmetros da WaSoft e da Geo++ tendo com estação base Pilar 1000. Visualizam-se

as coordenadas processadas com base no Pilar 1000 estão mais próximas entre si, principalmente as obtidas com os parâmetros de calibração da WaSoft e da Geo++, do que aquelas obtidas com estação base no ponto M0124.

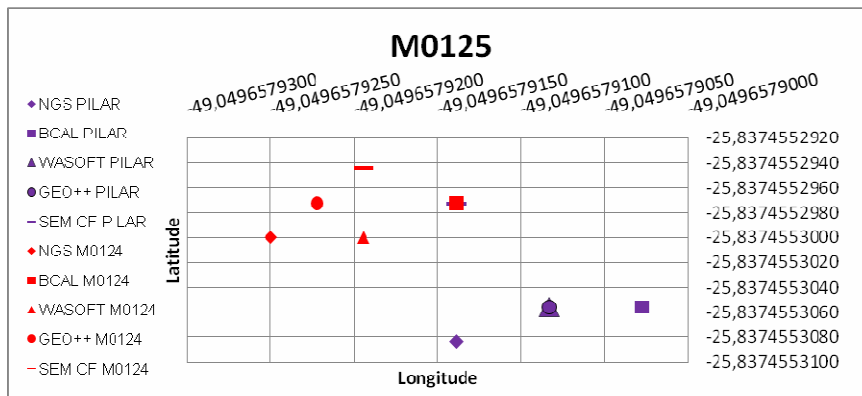


Figura 15 – Comparação das coordenadas obtidas com os diferentes parâmetros e linhas de base para o ponto M0125

Na Figura 16 são apresentadas as altitudes elipsoidais processadas com os diversos parâmetros de calibração e com dois comprimentos de linhas de base. Percebe-se que a diferenças entre os valores das altitudes elipsoidais processadas sem parâmetros de calibração, em relação aos demais é da ordem dos 6 centímetros. As demais altitudes diferem entre si da ordem dos milímetros.

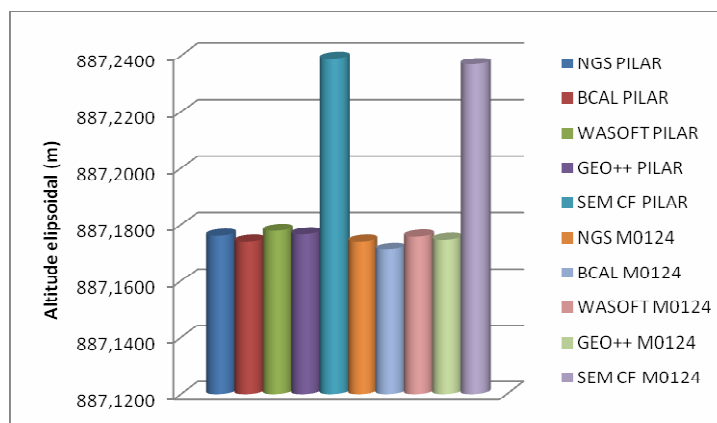


Figura 16 – Comparação das altitudes elipsoidais obtidas com os diferentes parâmetros e comprimentos de linha de base para o ponto M0125

#### 4 CONCLUSÕES

Tendo por base o desenvolvimento deste trabalho, pode-se dizer que o objetivo proposto foi plenamente alcançado utilizando-se diferentes parâmetros de calibração provenientes das instituições BCAL/UFPR, IGS/NGS, Geo++ e WaSoft.

Com a comparação da dispersão das coordenadas obtidas aplicando o parâmetro de calibração produzidos na BCAL/UFPR e os demais (WaSoft e Geo++), pode-se verificar que esses parâmetros são coerentes quando comparados com os demais. Isso colabora para afirmar que a metodologia aplicada na BCAL/UFPR está correta, isso é, que essa base de calibração tem condições de calibrar as antenas da comunidade usuária de serviços GPS de alta precisão.

As coordenadas geodésicas obtidas não diferiram muito entre si, quando aplicados os parâmetros próprios de calibração, sendo apresentadas diferenças na ordem do milímetro para as coordenadas horizontais e inferiores ao decímetro nas coordenadas tridimensionais.

Constatou-se que a menor média para as diferenças bidimensionais alcançadas foram advindas do processamento com estação base o ponto M0124 e como estação incógnita o ponto M0125. A maior média, para o mesmo caso, foi em latitude para as coordenadas adquiridas tendo como base o ponto M0125 para a obtenção da coordenada do ponto M0124, e em longitude para a estação base no Pilar 1000 determinando-se o ponto M0124. Logo as maiores diferenças foram obtidas para o ponto M0124.



As maiores discrepâncias foram obtidas quando comparadas as altitudes elipsoidais processadas com e sem parâmetros de calibração. Contudo, essas foram inferiores ao decímetro para os processamentos realizados. Entretanto, ressalta-se que os valores dos parâmetros do centro de fase da antena, PCO e PCV, devem ser considerados no posicionamento de alta precisão, principalmente, para aqueles em que linha de base formada entre as estações base e incógnita distam de alguns quilômetros (MADER, 1999).

Recomenda-se que outras investigações sejam realizadas empregando-se posicionamentos relativos estáticos com diferentes comprimentos de linhas de base, visando comprovar e mostrar a comunidade geodésica que o emprego dos parâmetros de calibração de antenas é de fundamental importância para os posicionamentos geodésicos de alta precisão.

## **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 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.

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.