

INVESTIGAÇÕES PRELIMINARES DAS VARIÁVEIS ATMOSFÉRICAS QUE PODEM INFLUENCIAR NA DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CALIBRAÇÃO DE UMA ANTENA GPS

SUELEN CRISTINA MOVIO HUINCA
CLÁUDIA PEREIRA KRUEGER

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

RESUMO – A fim de aprimorar a metodologia de calibração relativa em campo de antenas receptoras de sinal GPS, alguns experimentos vêm sendo desenvolvidos, visando determinar parâmetros de calibração em nível absoluto. Calibrou-se a mesma antena, TRM22020.00+GP da marca Trimble ao longo de dois anos. Verificou-se que os parâmetros de calibração diferem entre si e que a maior variação é determinada para o componente vertical do PCO (*Phase Center Offset*). Buscaram então correlacionar esses parâmetros com algumas variáveis. Objetivando eleger alguma variável realizam-se pesquisas de trabalhos que correlacionavam observações GPS com variáveis atmosféricas, já que o método de calibração é realizado em campo e está sujeito a essas influências. Em um desses trabalhos pode-se analisar a correlação das observações GPS utilizando antena de recepção do modelo *Choke Ring*, com as variáveis: umidade, precipitação, temperatura e multicaminho, o qual se percebeu que a umidade na antena causada por períodos de precipitação, mudanças bruscas na temperatura e multicaminho, são fatores limitantes na determinação de coordenadas geodésicas com precisão. Diante das pesquisas realizadas correlacionou-se a variação dos parâmetros de calibração obtidos no ano de 2011 com as variáveis: temperatura, umidade relativa do ar e precipitação, o qual se adotou valores máximos e mínimos observados durante o período de calibração das antenas. Pode-se verificar que nos experimentos realizados onde há variação da: umidade relativa do ar, precipitação e temperatura máxima e mínima, também há uma variação do valor da componente vertical do PCO. Com essas análises percebe-se que o método de calibração em campo necessita-se ser aprimorado almejando controlar essas variáveis que podem influenciar na determinação dos parâmetros de calibração de uma mesma antenas receptora de sinal GPS, produzindo assim parâmetros precisos de calibração em nível absoluto.

ABSTRACT – In order to improve the calibration methodology of receiving antennas GPS signal by applying the on field methodology, determining calibration parameters at absolute level, some experiments have been developed. The same antenna, TRM22020.00+GP from Trimble, has been calibrated for two years. The calibration parameters were different and the most variation is determined for the vertical component of PCO (*Phase Center Variation*). It was tried to correlate the variation of these parameters with some variables that may influence its influence. To choose some variable were held GPS observations jobs researchs correlated with atmospheric variables, since the calibration method is performed in a field and it is subject to these influences. In one of these works could be analyzed the correlation of observations using GPs receiving antenna model *Choke Ring* and variables such as humidity, precipitation, temperature and multipath, which was perceived that the moisture in the antenna caused by periods of precipitation, sudden changes in temperature and multipath were limiting factors in the determination of geodetic coordinates with accuracy. Given the research conducted to correlate the calibration parameters variation obtained in 2011 with the variables: temperature, relative humidity and precipitation, which was adopted maximum and minimum values observed during the antennas calibration. Could be seen that in the experiments with range: the relative humidity, precipitation and temperature maximum and minimum, there are also a change in the value of the component vertical PCO. With this analyses it is clear that the field calibration method needs to be improved aiming control the variables that can influence the determination of calibration parameters of same GPS signal receiving antennas, producing so accurate calibration parameters at absolute level.

1 INTRODUÇÃO

O posicionamento de pontos na superfície terrestre aplicando técnicas de observações de satélites artificiais vem sendo aplicados visando obter os mais diversos níveis de precisão. Quando almeja alta precisão é necessário que os erros sejam minimizados, um desses erros é o centro de fase das antenas receptoras de sinais GPS. Esse que é o ponto de recepção do sinal que vem dos satélites.

As antenas receptoras de sinais GPS devem ser tratadas de forma individual, pois cada uma conduz a seu próprio centro de fase, antenas do mesmo modelo possuem diferentes valores do centro de fase. A determinação desse centro de fase dessas antenas é realizada aplicando métodos de calibração e existem algumas instituições que fornecem esse serviço, principalmente na Alemanha. No Brasil até o início do ano de 2007 não existia nenhuma instituição que fornecia esse serviço para a comunidade usuária de serviços GNSS (*Global Navigation Satellite System*).

O desenvolvimento de uma base de calibração no Brasil é inovador e a idéia é fruto de uma cooperação internacional existente com o do Programa PROBRAL (CAPES/DAAD) (Brasil/Alemanha). A implantação desta base de calibração no ano de 2007 com uma tese de doutorado (FREIBERGER JUNIOR, 2007). Denominada de BCAL/UFPR (FIGURA 1), atualmente realizam-se estudos visando determinar os parâmetros de calibrações com precisão para as antenas GPS aplicando o método de calibração relativa em campo em nível absoluto.

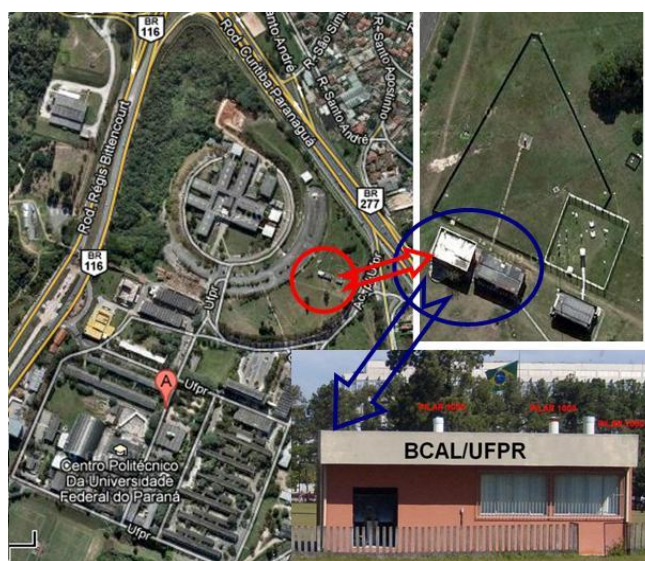


FIGURA 1 – BCAL/UFPR

Nós últimos anos os métodos de calibração de antenas receptoras de sinais GPS vem sendo aprimorados e algumas estratégias vêm sendo desenvolvidas para minimizar os erros que atuam na determinação desses parâmetros. No entanto os erros advindos do entorno na estação ainda é um fator limitante na calibração absoluta em campo (LÖFGREN et al., 2009). Estes erros são difíceis de minimizar, sendo então considerado como um fator limitante na precisão das coordenadas geodésicas, especialmente na determinação da altitude elipsoidal (SCHMITZ, 2001). Neste contexto também é inserido o método de calibração relativo, visto que ele também é executado em campo.

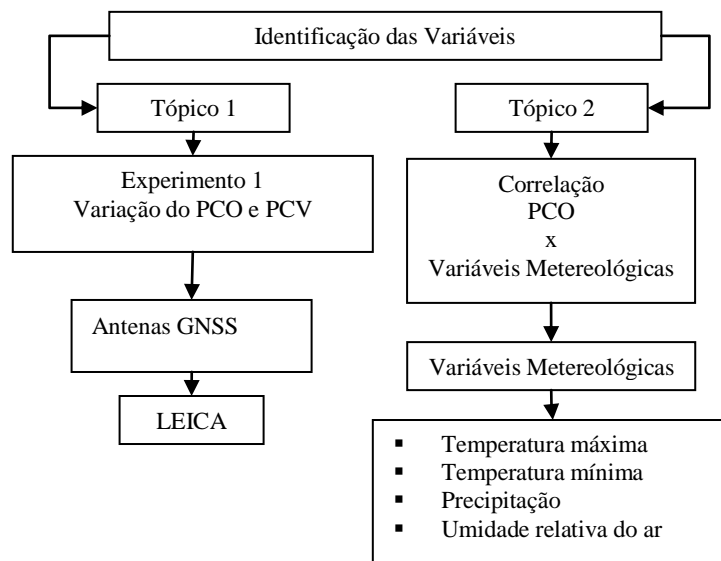
Esse trabalho tem por objetivo comparar algumas variáveis atmosféricas com os valores determinados para o centro de fase de antenas GPS, visando verificar a influencia dessas variáveis na determinação dos parâmetros de calibração das antenas.

2 METODOLOGIA

Visando identificar variáveis que possam interferir na determinação precisa do centro de fase das antenas aplicando o método de calibração relativo em campo na BCAL/UFPR, alguns experimentos foram realizados.

Observa-se no Quadro 1 dois tópicos que serão abordados visando identificar essas variáveis. O primeiro tópico refere-se à determinação dos parâmetros de calibração da antena da Trimble TRM22020.00+GP, onde será analisada a variação desses parâmetros obtidos em diferentes épocas e com diferentes condições atmosféricas. No segundo tópico irá correlacionar os parâmetros de calibração (PCO) determinados no tópico 1 com as variáveis meteorológicas observadas durante o período dos experimentos.

Quadro 1 – Identificação das Variáveis



2.1 Tópico 1

Os parâmetros de calibração das antenas serão obtidos de acordo com a metodologia de calibração relativa em campo, adotando duas antenas como referência: LEIAR25 e LEIAT504. Esse método consiste em posicionar duas antenas, a de referência e a ser calibrada, em uma linha de base de aproximadamente 5 metros. A fim de se obter observações GPS em todo hemisfério da antena utiliza-se o mecanismo DRB (*Drehrumbum*). Com esse equipamento é possível rotacionar a antena em quatro direções programadas em um período de um minuto. O intervalo de gravação dos dados é de 15 segundos e o tempo de observação é de 24 horas.

Os dados serão processados com o programa WaSoft/Kalib 2.0 onde aplicará uma máscara de elevação de 10° , visando diminuir a influência do multicaminho provocado por sinais advindo de satélites abaixo da linha do horizonte. Os valores do PCO obtidos para a antena TRM22020.00+GP com duas antenas de referência (LEIAR25 e LEIAT 504), serão analisados. Essas análises serão baseadas na estatística descritiva, onde irá calcular-se os valores médios, desvio-padrão, valor mínimo, valor máximo das componentes do PCO (norte, leste e vertical) para as portadoras L1 e L2. Também irão calcular-se as diferenças tridimensionais (com valor médio) para os experimentos realizados, sendo que estes serão obtidos pela diferença entre os valores médios e os valores observados de cada experimento realizado. Bem como, para os valores mínimos e máximos obtidos para o conjunto de observações gerando então as diferenças tridimensionais com valores mínimos e máximos, respectivamente.

Com a análise dos valores do PCO poderá observar qual é a componente (norte, leste e vertical) para ambas as ondas portadoras que sofre maior variação ao longo do tempo e qual é a magnitude dessa variação.

2.2 Tópico 2

Estações meteorológicas foram observadas durante o período de calibração da antena TRM22020.00+GP. Esses experimentos serão conduzidos aplicando a metodologia de calibração relativa em campo na BCAL/UFPR, em dias com condições atmosféricas diversas (calor, frio e períodos de precipitação).

Com a indisponibilidade de sensores das variáveis meteorológicas que fossem capazes de gravar dados a cada 1 hora por um período de 24 horas, durante os levantamentos, recorreu-se a uma estação pertencente ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). No site do INMET é possível obter informações meteorológicas do Brasil inteiro. Essa estação é denominada de CURITIBA-A807, pertence à rede estações automáticas, composta de uma unidade de memória central ("data logger"), ligada a vários sensores dos parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc), que integra os valores observados automaticamente a cada hora (INMET, 2011). Essa estação localiza-se no Centro Politécnico, campus da UFPR (FIGURA 42). Como ela está muito próxima a BCAL/UFPR admite-se que os parâmetros meteorológicos são os mesmos. Adotará os valores máximos, mínimos das variáveis observadas (temperatura, umidade relativa do ar e precipitação) de cada seção de 24 horas de observação para realizar as análises.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa seção serão apresentadas as análises dos resultados preliminares aplicando a metodologia de calibração de antenas relativa em campo. Essas análises são advindas da comparação dos parâmetros de calibração (PCO) para o

sistema GPS obtidos com duas antenas de referência diferentes (LEIAT504 e LEIAR25), em épocas e condições atmosféricas distintas, para a antena TRM22020.00+GP (FIGURA 2).



FIGURA 2 – ANTENA TRM22020.00+GP

3.1 PCO Obtido com a Antena de Referência LEIAT504

Na Tabela 1 são apresentados os valores do PCO (componentes norte, leste e vertical), para ambas as portadoras (L1 e L2), da antena TRM22020.00+GP obtidos utilizando a LEIAT504 como antena de referência. Percebe-se que foram realizados vinte e cinco experimentos ao longo de 4 anos, tendo sido conduzidos nos anos de 2008, 2009, 2010 e 2011. Apresentam-se os valores médios, desvio-padrão, os valores máximos e mínimos para este conjunto de resultados.

TABELA 1 –PCO (NORTE, LESTE E VERTICAL) –mm – ANTENA DE REFERÊNCIA LEIAT504

		PCO (norte, leste, vertical) – mm					
Dia GPS/Ano	Experimentos	L1			L2		
		Norte	Leste	Vertical	Norte	Leste	Vertical
245_08	1	0,1	-2,1	51,9	-0,3	2,7	60,8
247_08	2	0,2	-2,0	51,9	-0,5	2,5	60,6
248_08	3	0,3	-2,0	51,8	-0,6	2,6	60,4
072_09	4	0,7	-1,8	51,5	-1,4	2,2	61,3
073_09	5	0,8	-1,8	51,2	-1,7	2,2	61,5
075_09	6	0,8	-1,8	51,1	-1,5	2,3	61,1
078_09	7	0,9	-1,9	51,4	-1,5	2,2	61,5
079_09	8	0,2	-2,0	51,2	-0,6	2,6	61,1
107_09	9	-0,1	-2,1	49,7	-0,1	2,6	60,4
108_09	10	-0,1	-2,1	49,4	-0,4	2,6	60,0
112_09	11	-0,1	-2,1	50,6	-0,4	2,7	60,8
278_10	12	-0,4	2,3	53,9	0,9	-2,3	64,5
279_10	13	-0,4	2,4	54,7	1,1	-2,5	64,9
280_10	14	-0,8	2,2	53,3	1,3	-2,0	64,4
281_10	15	-3,3	-3,0	57,5	-3,6	1,1	68,9
283_10	16	-2,4	-3,5	58,4	-3,4	0,3	67,1
045_11	17	-0,1	2,2	54,8	0,3	-2,4	64,5
047_11	18	-0,1	2,2	54,8	0,3	-2,4	64,5
050_11	19	0,0	2,3	55,9	0,5	-2,4	66,0
054_11	20	0,2	2,1	53,9	0,1	-2,6	64,1
284_11	21	-0,7	2,0	51,2	1,4	-2,0	62,8
285_11	22	-1,1	2,2	51,1	1,3	-2,2	63,4
286_11	23	-1,2	2,2	50,3	1,0	-1,9	63,6
287_11	24	-1,0	1,9	50,5	1,7	-1,8	62,9
290_11	25	-1,0	2,0	49,3	1,7	-2,0	62,5
	Valor Médio	-0,3	-0,1	52,5	-0,2	0,1	62,9
	Desvio Padrão	0,9	2,2	2,4	1,4	2,3	2,3
	Valor Máximo	0,9	2,4	58,4	1,7	2,7	68,9
	Valor Mínimo	-3,3	-3,5	49,3	-3,6	-2,6	60,0

Observa-se na Tabela 1, que os valores das componentes: norte, leste e vertical, para ambas as portadoras são variáveis para ambas as portadoras. Percebe-se que o menor desvio-padrão calculado (0,9 mm) é para a componente norte da onda portadora L1, os demais desvios-padrão são de aproximadamente 2,0 mm para outras componentes (leste e vertical). Pode-se ainda verificar que os desvios-padrão para a componente norte são inferiores a 1,5 mm para as portadoras L1 e L2.

Na FIGURA 3e 4 têm-se os valores das componentes: norte e leste, da portadora L1 e L2, respectivamente, obtidos dos vinte e cinco experimentos realizados desde o ano de 2008.

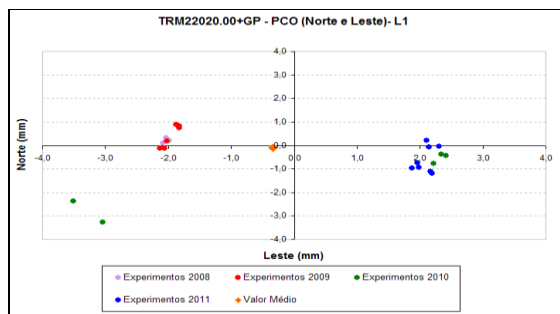


FIGURA 3- PCO (NORTE E LESTE) - L1 - REFERÊNCIA LEIAT504

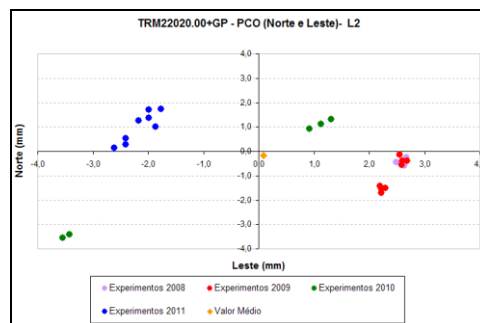


FIGURA 4- PCO (NORTE E LESTE) – L2 - REFERÊNCIA LEIAT504

Visualiza-se na FIGURA 3 que os valores são variáveis. Contudo o valor médio é mascarado em função dos experimentos, pois alguns valores obtidos nos anos de 2008 e 2009 são positivos e no ano de 2010 e 2011 são negativos. Analisando o conjunto de resultados observa-se que os valores não são precisos e tão pouco acurados. Comparando-se os valores obtidos nos anos de 2008 e 2009 percebe-se que eles variam no máximo 1 mm. Já analisando o conjunto de resultados obtidos nos anos de 2010 e 2011, percebe-se que eles em sua maioria são acurados, à exceção de dois experimentos do ano de 2010.

Na FIGURA 4 observam-se os valores da componente norte e leste da portadora L2. Percebe-se que os valores não são acurados e nem precisos quando comparados em conjunto. Observa-se que a menor variação é obtida quando se comparam os experimentos realizados no ano de 2008 com os do ano de 2009.

Observam-se nas FIGURAS 5 e 6, os valores da componente vertical para as portadoras L1 e L2, respectivamente. Percebe-se que em ambas as portadoras a amplitude da variação é de 9 mm. Visualiza-se que as menores variações ocorrem quando se comparam os experimentos realizados nos anos de 2008 e 2009.

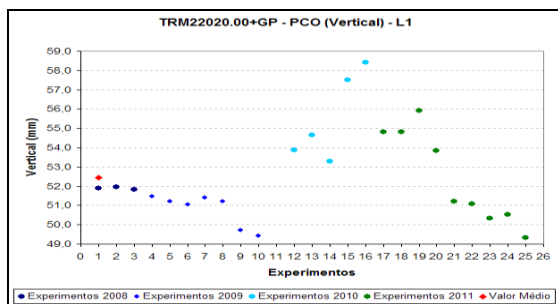


FIGURA 4- PCO (VERTICAL) - L1 - REFERÊNCIA LEIAT504

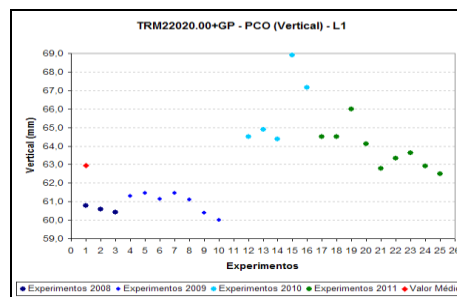


FIGURA 5- PCO (VERTICAL) – L2 - REFERÊNCIA LEIAT504

Foram calculadas as diferenças tridimensionais (com valor médio) para os experimentos realizados, sendo que estes foram obtidos pela diferença entre os valores médios e os valores observados. Bem como, para os valores mínimos e máximos obtidos para o conjunto de observações gerando então as diferenças tridimensionais com valores mínimos e máximos, respectivamente. Os valores das diferenças tridimensionais obtidas a partir dos valores médios, máximos e mínimos para ambas as portadoras, podem ser observadas nas FIGURAS 6 e 7, respectivamente.

Na FIGURA 6 percebem os valores da diferença tridimensional para a portadora L1. Observa-se que a amplitude dessa variação é de aproximadamente 9 mm. Analisando-se as diferenças tridimensionais obtidas com os valores médios visualiza-se que as maiores variações são obtidas para os experimentos 15 e 16. As menores diferenças tridimensionais ocorrem para os experimentos 23, 24 e 25.

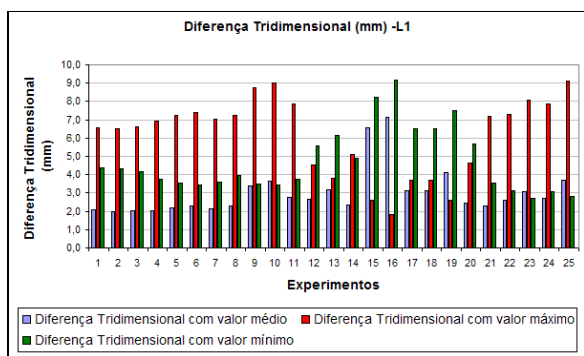


FIGURA 6- DIFERENÇA TRIDIMENSIONAL- L1- REFERÊNCIA LEIAT504

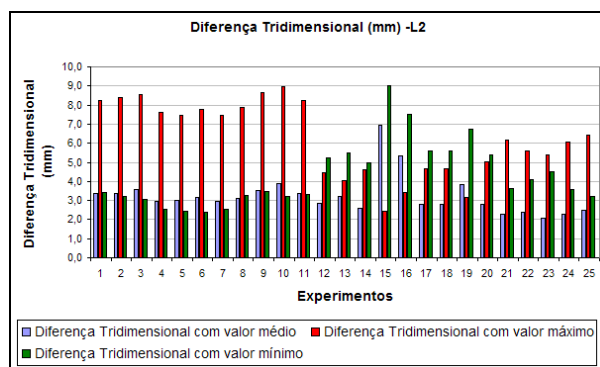


FIGURA 7- DIFERENÇA TRIDIMENSIONAL- L2- REFERÊNCIA LEIAT504

Os valores da diferença tridimensional para a portadora L2 pode ser observados na FIGURA 7. Percebe-se que a maior diferença observada é de 9 mm, o qual ocorre quando se compara os valores dos experimentos realizados com o valor máximo observado (experimento 10) e com o valor mínimo observado (experimento 15).

3.2 PCO Obtido com a Antena de Referência LEIAR25

Os valores obtidos para as componentes norte, leste e vertical do PCO, para as ondas portadoras L1 e L2, empregando-se a antena de referência LEIAR25 podem ser observados na Tabela 2. Percebe-se que os valores são variáveis e que as maiores variações encontram-se para a componente vertical para a portadora L1. Os menores desvios-padrão são verificados Leste e são inferiores a 0,2 mm e 0,3 mm para as portadoras L1 e L2, respectivamente.

TABELA 2 –PCO (NORTE, LESTE E VERTICAL) –mm –REFERÊNCIA LEIAR25

Dia GPS/Ano	Experimentos	PCO (norte, leste, vertical) – mm					
		L1			L2		
		Norte	Leste	Vertical	Norte	Leste	Vertical
045_11	1	-0,2	2,3	52,1	0,6	-2,5	67,3
049_11	2	0,0	2,3	53,4	0,5	-2,5	65,4
053_11	3	0,2	2,2	54,9	0,2	-2,6	65,6
055_11	4	-0,2	2,1	54,6	0,6	-2,6	66,0
284_11	5	-0,7	2,0	51,0	1,4	-2,0	64,1
285_11	6	-1,1	2,2	50,5	1,3	-2,1	64,2
286_11	7	-1,2	2,2	50,3	1,0	-1,9	64,1

287_11	8	-1,0	1,9	50,3	1,7	-1,8	63,2
290_11	9	-1,0	2,0	49,7	1,7	-2,0	63,1
Valor Médio		-0,6	2,1	51,9	1,0	-2,2	64,8
Desvio Padrão		0,5	0,2	1,9	0,5	0,3	1,3
Valor Máximo		0,2	2,3	54,9	1,7	-1,8	67,3
Valor Mínimo		-1,2	1,9	49,7	0,2	-2,6	63,1

Na FIGURA 8 observam-se os valores da componente norte e leste para ambas as portadoras. Percebe-se que os valores para a portadora L2 são mais variáveis quando comparados com a portadora L1.

Os valores das componentes bidimensionais (norte e leste) para a portadora L2 são mais acurados em relação ao valor médio calculado.

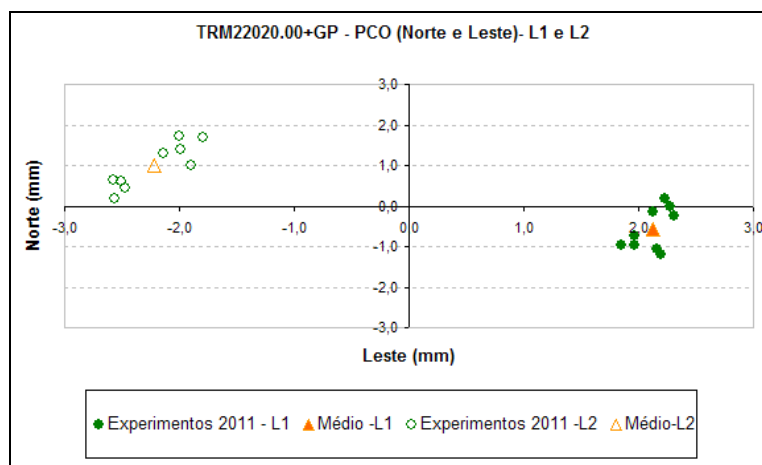


FIGURA 8- PCO (NORTE E LESTE)- L1 E L2- REFERÊNCIA LEIAR25

Nas FIGURAS 9 e 10 são apresentados os valores da componente vertical para a onda portadora L1 e onda portadora L2, respectivamente. Percebe-se que a amplitude da variação é de aproximadamente 5 mm para ambas as portadoras. Os experimentos 1 a 4 apresentam as maiores variações quando comparados com os demais experimentos apresentados.

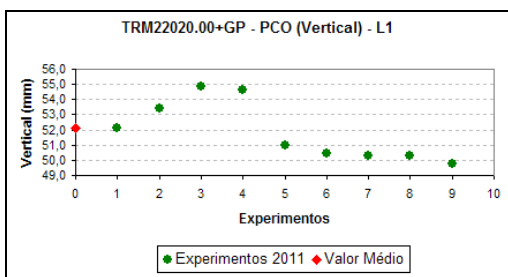


FIGURA 9- PCO (VERTICAL) - L1 - REFERÊNCIA LEIAR25

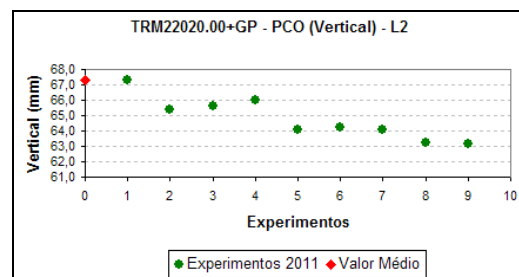


FIGURA 10- PCO (VERTICAL) - L2 - REFERÊNCIA LEIAR25

Na FIGURA 11 têm-se as diferenças tridimensionais para a portadora L1. Observa-se que a maior amplitude dessas variações é obtida com os experimentos 3 e 9. O experimento 3 têm uma variação aproximada de 5 mm (com o valor mínimo), e o experimento 9 apresenta uma variação de aproximadamente 5,3 mm (com o valor máximo).

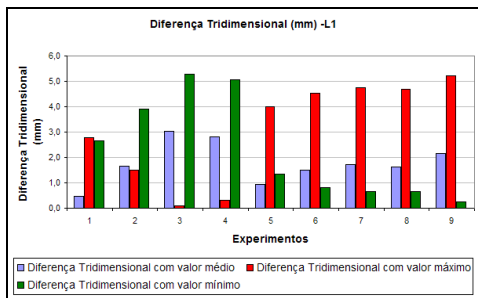


FIGURA 11- DIFERENÇA TRIDIMENSIONAL- L1- REFERÊNCIA LEIAR25

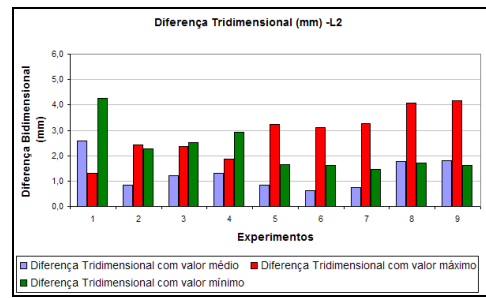


FIGURA 12- DIFERENÇA TRIDIMENSIONAL- L2- REFERÊNCIA LEIAR25

As diferenças tridimensionais obtidas para a portadora L2 podem ser observadas na FIGURA 12. Percebe-se que no experimento 2,5,6 e 7 as diferenças obtidas com os valores médios são menores que 1 mm.

5.1.4 PCO (VERTICAL) VERSUS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

As variáveis meteorológicas podem ser visualizadas na FIGURA 13. Mediante uma análise entre os experimentos 1 e 2 verifica-se que há diferenças entre a precipitação máxima e o aumento do valor máximo da umidade relativa do ar. Percebe-se que a precipitação máxima ocorreu para o experimento 3.

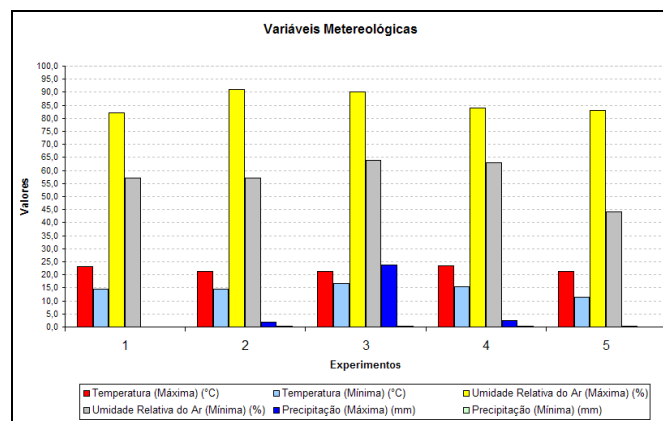


FIGURA 13- VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

Na FIGURA 14 observam-se os valores da componente vertical do PCO para a portadora L2, com as antenas de referência A e B, confrontada com os valores máximos e mínimos da temperatura para cada dia de experimento. Visualiza uma variação de 1 mm (experimento 3-5) da componente vertical (PCO) para a portadora L2, obtidas com ambas às antenas de referência uma variação de 4°C na temperatura mínima.

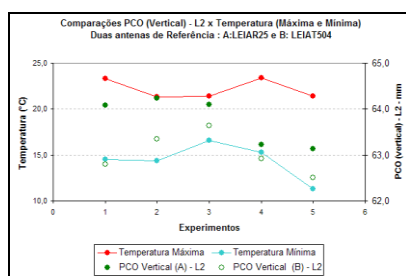


FIGURA 14- PCO (VERTICAL) X TEMPERATURA

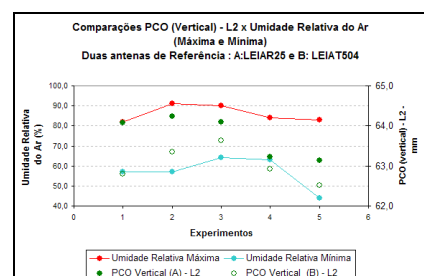


FIGURA 15- PCO (VERTICAL) X UMIDADE RELATIVA DO AR

Analisando a FIGURA 15 percebe-se que onde houve uma variação da componente vertical (PCO) para a portadora L2, para ambas as antenas de referencia, ao mesmo tempo em que se uma variação dos valores da umidade relativa do ar mínima.

Na FIGURA 16 têm-se os valores máximos e mínimos da precipitação confrontados com os valores da componente vertical (PCO) da portadora L2, para as antenas de referencia A e B. Analisando a figura observa-se que choveu em 3 dias dos 5 dias em que foram realizados os experimentos. Verificou-se chuvas mais fortes no experimento 3 com uma precipitação máxima de 23,8 mm (experimento 3). Nos experimentos 2 e 4 também se detecta precipitação da ordem de 1,8 mm (experimento 2) e de 2,6 mm (experimento 4).

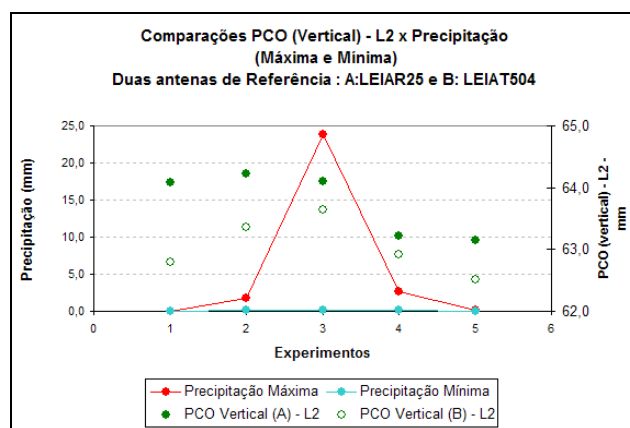


FIGURA 16- PCO (VERTICAL) X PRECIPITAÇÃO

4 CONCLUSÕES

Os valores do PCO (componente norte, componente leste e componente vertical) para as portadoras L1 e L2 obtidos para diferentes épocas do ano de 2008,2009, 2010 e 2011 e com condições atmosféricas adversas foram analisados, , onde se observou que os valores são variáveis, especialmente quando se compara os experimentos do ano de 2008 com os experimentos de 2010. Pode-se verificar também que os experimentos não são acurados e nem precisos com relação a média calculada ao se analisar os valores da componente norte e leste (posição planimétrica) . A maior variação observada é para a componente vertical para a portadora L1 e L2 .

A variação da componente vertical foi confrontada com as variáveis ambientais (temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa do ar e precipitação). Observou-se que alguns experimentos indicam época quente e seca com altas temperaturas acompanhadas de baixas umidade, épocas chuvosas com temperaturas médias mais baixas e umidades relativas do ar mais altas. Constatou-se que as variações do PCO são diferentes quando determinados com condições atmosféricas diferentes.

REFERÊNCIAS

FREIBERGER JUNIOR, J. **Investigações da Calibração Relativa de Antenas GNSS**. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas). Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná, 2007.

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.

WÜBBENA, G.; MENGE, F.; SCHMITZ, M.; SEEBER, G.; VÖLKSEN, C. **A new approach for field calibration of antenna phase center variations**. In: Proceedings of the 9th. International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation ION GPS-96.