
ESTUDO DE ATENUAÇÃO DO EFEITO MULTICAMINHO NO POSICIONAMENTO ESTÁTICO APLICADO NA CALIBRAÇÃO DE ANTENAS GNSS

JORGE FELIPE EURIQUES 1

CLAUDIA PEREIRA KRUEGER 1

ANDERSON RENATO VISKI 1

Universidade Federal do Paraná - UFPR
Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia – LAGEH
Departamento de Geomática, Setor de Ciências da Terra, Curitiba, PR.
cpkrueger64@gmail.com, jorge.euriques@gmail.com, anderviski@gmail.com

RESUMO - O efeito multicaminho é um dos erros que afeta o posicionamento GNSS de alta precisão. Este efeito pode acarretar em erros na determinação de coordenadas geodésicas cuja magnitude varia na ordem do milímetro ao metro. Dentre as técnicas existentes para minimizar este efeito cita-se o uso de antenas do tipo *Choke Ring* e de materiais atenuadores de radiação eletromagnética. Estes materiais atenuam sinais indiretos, ou seja, àqueles resultantes da reflexão dos sinais diretos provenientes dos satélites, por meio da absorção, principalmente de ondas do tipo *LHCP* (*Left Hand Circularly Polarised*), as quais têm amplitude superior às do sinal direto *RCHP* (*Right Hand Circularly Polarised*) e atingem a antena, sobretudo, abaixo de sua linha de horizonte. O escopo desta pesquisa é a análise da atenuação do efeito multicaminho no posicionamento estático por meio de diferentes técnicas no pilar 3000 que compõem a Base de Calibração de Antenas GNSS BCAL/UFPR. Com base nos resultados obtidos em 5 experimentos, verificou-se que, para as portadoras L1 e L2, o material C-RAM (EUA) atenuou cerca de 53% e 46%, respectivamente do efeito multicaminho, o AEM, desenvolvido pelo Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia-UFPR, atenuou 41% e 35%, *Choke Ring* 37% e 33% .

Palavras-chaves: GPS, Multicaminho, Atenuadores de Sinais Eletromagnéticos.

ABSTRACT - The multipath effect is one of the sources errors on the high precision GNSS positioning. This effect can result in errors in the determination of geodetic coordinates in the order of millimeters to meters. Among the existing techniques to minimize this effect is the use of antennas Choke Ring and attenuators materials of electromagnetic radiation. These materials attenuate by absorption the indirect signals those are resulting from the reflection of the direct signals satellites, especially the LHCP (Left Hand circularly Polarised) which have width greater than the direct signal RCHP (Right Hand Circularly Polarised). The scope of this research is the analysis of the mitigation of multipath effect on the static positioning using different techniques in the Pillar 3000 of the Baseline Calibration Station for GNSS Antennas (BCAL/UFPR). Based on the results obtained in 5 tests, it was found that, for the L1 and L2 frequency, the C-RAM material (US) attenuated approximately 53% and 46% of multipath effects, the AEM, developed by Laboratory of Space Geodesy and Hydrology-UFPR attenuated 41% and 35%, Choke Ring antenna 37% and 33%.

Keywords: GPS, Multipath Effect, Attenuators Electromagnetic Signal.

1 INTRODUÇÃO

Diversos erros afetam o posicionamento por satélites de alta precisão, sendo estes inerentes aos satélites, aos receptores, ou mesmo, a propagação dos sinais. Os erros provenientes à propagação dos sinais podem estar relacionados à Atmosfera (Ionosfera e Troposfera) ou ao resultado da interação destes sinais com as superfícies situadas nas imediações dos pontos a serem rastreados, neste caso, o erro proveniente do efeito do multicaminho.

O Multicaminho é um fenômeno pelo qual os sinais emitidos pelos satélites chegam à antena do receptor de maneira indireta via múltiplos caminhos, atribuídos à reflexão dos sinais em objetos situados no entorno da antena GNSS. (KRUEGER, 1996). Este efeito degrada as soluções obtidas tanto pela fase da onda portadora quanto pelo código C/A (Fácil Acesso) e, segundo (RAY, 1999), estes erros podem variar na ordem de milímetros a metros,

dependendo da observável considerada, da magnitude e da quantidade de obstruções presentes na área de levantamento, assim como da natureza física do meio que a compõe, visto que a reflexão dos sinais depende destes fatores.

A reflexão pode ocorrer de três formas: especular, difusa e difração. Cada tipo de reflexão tem comportamento específico e influencia de maneira particular o sinal que pode se propagar e ser recepcionado pela antena do receptor de maneira indireta. Diferentes pesquisas relacionadas a técnicas e materiais foram e vem sendo desenvolvidas ao longo dos anos por instituições e centros científicos a fim de minimizar este efeito, como por exemplo, o uso de antenas do tipo *Choke Ring* e de materiais atenuadores de radiação eletromagnética.

Contudo, para aplicações em que são requeridas altas precisões, outros fatores devem ser avaliados como, por exemplo, os erros inerentes ao centro de fase das antenas GNSS (*Global Navigation Satellite System*). Este centro é composto por uma componente mecânica e uma eletrônica. Devido a não coincidência entre estas componentes pode-se obter erros no posicionamento na ordem de centímetros. Através da calibração da antena são determinados os *offsets* entre estes pontos tornando possível modelar tais erros. A Base de Calibração de Antenas GNSS da Universidade Federal do Paraná – BCAL/UFPR é a única na América Latina a realizar este serviço. Esta base é composta por pilares de concreto armado engastados na laje do auditório Camil Gemael, situado junto ao Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia.

Considerando-se a importância da BCAL/UFPR e o nível de precisão requerido para as calibrações nela determinadas, deve-se eliminar ou minimizar todas as possíveis fontes de erros que afetam o posicionamento por satélites de alta precisão. Neste âmbito, a análise da utilização de atenuadores do efeito do multicaminho nos pilares de calibração é fundamental.

2 POLARIZAÇÃO DO SINAL GNSS.

As antenas GNSS ao receberem os sinais dos satélites convertem a energia destas ondas eletromagnéticas em corrente elétrica, amplifica o sinal e o envia para a parte eletrônica do receptor. (HUINCA; KRUEGER, 2006).

Sistemas espaciais que trabalham na Banda L do espectro eletromagnético geralmente usam polarização circular CP (*Circular Polarization*) em sinais transmitidos e recebidos. Em razão da estrutura dos sinais GNSS é necessário considerar a polarização circular dos mesmos. Desta forma, faz-se necessário que todas as antenas receptoras GNSS sejam polarizadas circularmente à direita (RHCP - *Right-Hand Circularly Polarised*). (VISKI, 2010)

No momento em que os sinais provenientes dos satélites atingem as superfícies, por exemplo, o solo, corpos de água, construções, e mesmo a vegetação, podem ocorrer reflexões dos mesmos de maneira especular. Este fenômeno ocasiona a inversão no sentido do sinal, ou na polarização do mesmo, o que é representado pela polarização circular pela regra da mão esquerda LHCP (*Lefh Hand Circularly Polarised*). Em suma, ocorre uma mudança de fase de 180 graus induzida pela reflexão dos sinais (CONSTANTINE, 1988).

Este sinal resultante, que teve polarização original alterada, pode voltar a ter a polarização RHCP caso ocorra nova reflexão por meio de outras superfícies, contudo, este sinal vai se tornando mais fraco após cada reflexão.

O vetor campo elétrico em uma polarização circular pode ser decomposto em duas componentes, uma vertical Equação 1, e uma horizontal, Equação 2, mediante a seguinte formulação (GONÇALVES; WALTER, 2005):

- Componente Vertical

$$\Omega_V = \frac{\varepsilon \sin \theta - \sqrt{\varepsilon - \cos^2 \theta}}{\varepsilon \sin \theta + \sqrt{\varepsilon - \cos^2 \theta}} \quad (1)$$

- Componente Horizontal

$$\Omega_H = \frac{\sin \theta - \sqrt{\varepsilon - \cos^2 \theta}}{\sin \theta + \sqrt{\varepsilon - \cos^2 \theta}} \quad (2)$$

Sendo:

$$\varepsilon = \varepsilon_r - j \cdot 60 \cdot \lambda \cdot \sigma$$

ε : permissividade elétrica do material sobre o qual o sinal foi refletido;

ε_r : permissividade relativa;

λ : comprimento de onda;

θ : ângulo de incidência;

σ : condutividade;

j : $\sqrt{-1}$

3 TÉCNICAS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO MULTICAMINHO

Devido à dimensão dos erros causados pelo efeito de multicaminho, muitos estudos têm sido direcionados para o desenvolvimento de técnicas capazes de minimizá-lo. Segundo Seeber (2003), as técnicas mais comuns para minimização são: planejamento das observações em torno do local de estudo, emprego de antenas especiais com abas, coleta de dados por longo intervalo de tempo e utilização de materiais capazes de absorver sinais indiretos.

A influência do efeito do multicaminho é diretamente ligada às características construtivas das antenas, visto que as mesmas podem ser projetadas de maneira a não receber, ou minimizar a recepção de sinais indiretos. As antenas do tipo *Choke Ring*, foram desenvolvidas com esta finalidade.

As *Choke Ring* são compostas por um núcleo receptor de sinais alocado sobre um plano de terra no centro de uma série de círculos concêntricos a este. Estes círculos têm altura em relação ao plano de terra de um quarto do comprimento de onda do sinal. As desvantagens deste tipo de antena são o seu alto valor de mercado, o peso e dimensões. (HUINCA; KRUEGER, 2006).

Dentre as diversas instituições internacionais que trabalham frente a estes estudos como universidades, órgãos de pesquisa, entre outros, destaca-se o Centro Pesquisa Aplicada da Universidade de Austin, no Texas - Estados Unidos, o qual mantém parceria com a Agência Nacional de Inteligência Geoespacial - NGA. Esta agência é responsável pela rede MSN - *Monitor Station Network*, que é composta por uma rede mundial de 11 estações de referência.

Dados destas estações são utilizados para vários fins, incluindo o controle da qualidade de observáveis dos satélites NAVSTAR-GPS (*NAVigation Satellite with Time And Ranging - Global Positioning System*), determinação e transmissão de efemérides precisas.

Uma recente abordagem adotada para a minimização do efeito de multicaminho nas estações MSN, consiste na utilização do material isolante eletromagnético denominado C-RAM sob a antena da estação, Figura 1, de modo que o mesmo possa atenuar os sinais refletidos que seriam recepcionados pela antena degradando as soluções.



Figura 1 – Atenuador C-RAM sob uma estação MSN.
Fonte: Kerkhoff (2010).

No âmbito nacional, cita-se o Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia – LAGEH, da Universidade Federal do Paraná. Desde 2006 têm-se desenvolvido projetos de inovação tecnológica relacionadas a sistemas de navegação e de posicionamento por satélites. Dentre estas inovações têm-se o protótipo isolante eletromagnético, AEM-LAGEH, (*Attenuator of the Multipath Effect*). Este protótipo foi projetado, com base na tecnologia militar *Stealth* (termo em inglês para escondido ou furtivo), sendo ela empregada em aviões, submarinos e helicópteros de combate, tornando-os invisíveis aos radares e sonares. Consiste em um material que tem a propriedade de refletir ou absorver ondas eletromagnéticas convertendo-as em calor.

2 METODOLOGIA

O escopo deste trabalho é a análise da atenuação do efeito multicaminho no posicionamento estático, obtida por meio de diferentes técnicas, em um dos pilares que compõem a Base de Calibração de Antenas GNSS BCAL/UFPR. Para isto, realizaram-se cinco diferentes experimentos, todos efetuados sobre o Pilar 3000 (Sul), visto que, dentre os três pilares que compõem a BCAL, este é o que sofre a maior influência do efeito de multicaminho. (HUINCA, 2009).

2.1 Área de estudo

A BCAL/UFPR, Figura 3, situa-se no Campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná. Esta Base é composta por três pilares de calibração engastados na laje do auditório anexo ao antigo observatório Astronômico Camil Gemael, cuja edificação situa-se nas imediações do Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia - LAGEH.

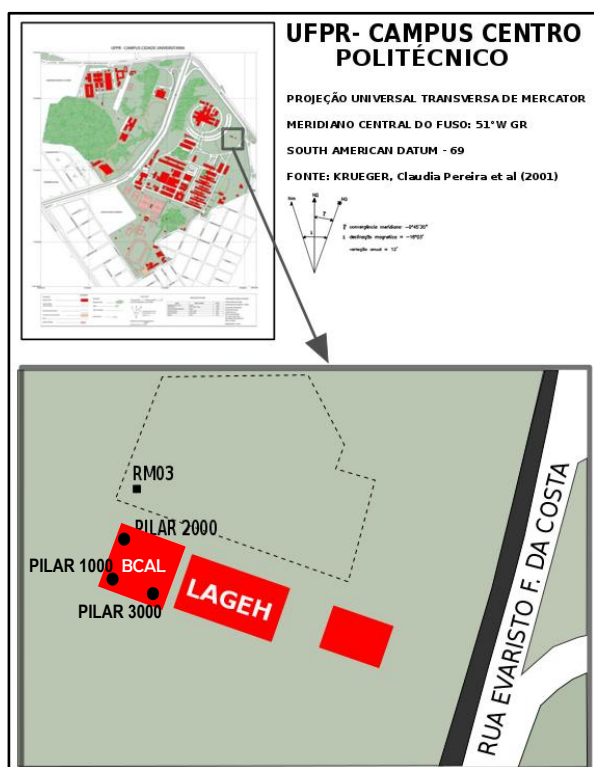


Figura 2 – Imediações do LAGEH.
Fonte: Os Autores (2016)



Figura 3 – BCAL/UFPR.
Fonte: Huinca (2009)

2.2 Investigação do Multicaminho na BCAL-UFPR

Neste trabalho serão abordados apenas os estudos realizados sobre o pilar no qual o efeito do multicaminho é mais significativo, Pilar 3000 (Sul), quando do estudo realizado em 2009. Contudo, é fundamental que esta pesquisa tenha prosseguimento e abrangência, em trabalhos futuros, os Pilares 1000 (Oeste) e 2000 (Norte). Cabe ressaltar que este fenômeno tem comportamento diretamente ligado ao entorno, que é dinâmico, dadas as mudanças de cunho natural ou antrópicos, tais como o crescimento da vegetação, mudança destas relacionadas às estações do ano, construção ou demolição de edificações, condições ambientais e demais. Na Figura 4 verifica-se o diagrama de obstruções do Pilar 3000. Este diagrama foi realizado em 2009, contudo, não ocorreram alterações significativas no entorno.

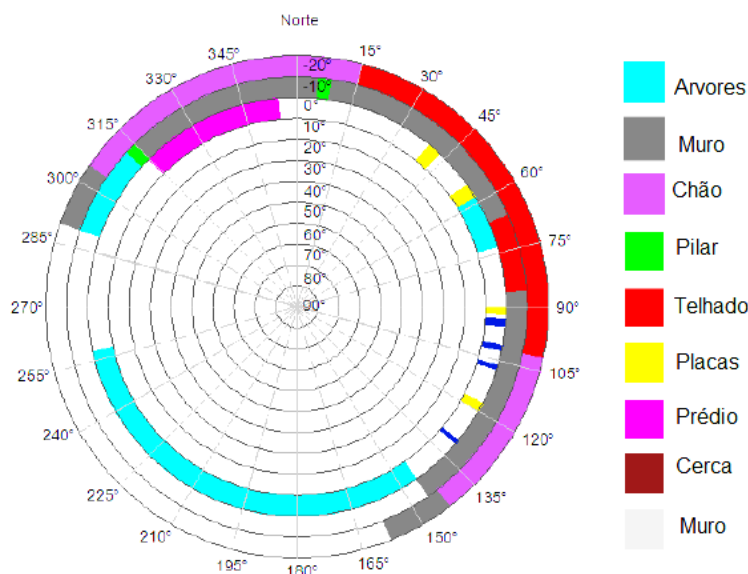


Figura 1 – Diagrama de obstruções do Pilar 3000.

Fonte: Huinca (2009).

2.3 Configuração dos Experimentos

Este estudo foi abalizado em cinco experimentos, denominados de Experimento 01, 02, 03, 04 e 05. Eles foram realizados em condições de rastreamento semelhantes como: tempo de ocupação, intervalo de gravação de dados e máscara de elevação. Também se empregou o mesmo método de posicionamento e o mesmo receptor. Foi alterada, em cada teste, alguma característica que permitisse a análise na atenuação do efeito do multicaminho, tais como o emprego da antena *Choke Ring*, dos materiais atenuadores e em diferentes condições ambientais.

Em todos os experimentos empregou-se o Método de Posicionamento Absoluto Estático, com uma altura vertical da antena GNSS de 1,80m entre o ARP (*Antenna Reference Point*) da antena utilizada e a laje do auditório Camil Gemal-

A duração dos rastreios em todos os experimentos foi de 24h, com intervalo de gravação de dados de 15 segundos e máscara de elevação de zero grau. Além disto, com exceção do Experimento 2, todos os rastreios foram realizados com tempo considerado estável, ou seja, condições de céu claro ou parcialmente nublado. CPTEC-INPE (2016).

Com exceção do Experimento 3, todos os demais foram realizados com a antena LEIAX 1203GG (Figura 6), que compõem o conjunto com o receptor GNSS de dupla frequência utilizado, *LEICA 1200*.

O Experimento 1 foi concretizado coletando-se dados brutos sem a utilização de antena especial ou de material atenuador, ou seja, não foi utilizado nenhum recurso que contribuísse com a atenuação do efeito do multicaminho. Destarte, foi adotado como referência para quantificar a eficiência dos experimentos posteriores.

No Experimento 2 também não foi utilizada antena especial ou material atenuador. Porém, foi realizado em condições de tempo instável, ocorrendo precipitações ao longo do dia. Nestas condições tem-se aumento significativo na reflexão dos sinais devido ao acúmulo de água no entorno, ocasionando o aumento no efeito de sinais LHCP. O INMET, Instituto Nacional de Meteorologia, por meio de sua estação convencional localizada em Curitiba, quantificou o volume de precipitação, e demais condições ambientais referentes ao dia da execução deste experimento conforme a Figura 5.

Data	Hora	Temperatura	Umidade	Pressão	Vento		Nebulosidade	Insolação	Dados diários		
					Vel. (m/s)	Dir. (°)			Temperatura Máx. (°C)	Temperatura Mín. (°C)	Chuva (mm)
23/03/2016	00	19.3	93	912.8	1.0	23	8	1.8	23.8		
23/03/2016	12	19.5	90	914.4	1.5	5	10			18.6	8.4
23/03/2016	18	20.7	89	911.7	2.6	5	9				
24/03/2016	00	17.6	94	913.6	1.5	5	10	0	22.5		
24/03/2016	12	18.2	90	913.3	1.5	5	10			16.8	10.8
24/03/2016	18	21.7	77	913	2.6	5	10				

Figura 5 – Condições meteorológicas durante Experimento 2.

Fonte: INMET (2016).

A Tabela 1 indica a sequencia de experimentos realizados e a principal característica adotada em cada um.

Tabela 1 – Característica diferencial de cada Experimento.

EXPERIMENTO	CARACTERÍSTICA DIFERENCIAL DO RASTREIO
Experimento 1	Condições ambientais estáveis, sem a utilização de antena especial ou de material atenuador.
Experimento 2	Com precipitação.
Experimento 3	Utilização de antena <i>Choke Ring</i> .
Experimento 4	Material atenuador C-RAM, importado (EUA).
Experimento 5	Material atenuador AEM-LAGEH, desenvolvido pelo LAGEH.

A antena *Choke Ring* Modelo AT 504 LEICA 3D (Figura 7) foi empregada no Experimento 3, em condições de tempo estável e sem nenhum material isolante. A principal finalidade neste experimento foi comparar a já conhecida e divulgada capacidade das antenas *Choke Ring* em atenuar o efeito multicaminho.



Figura 6 – Experimento 1: Antena LEIAX 1203GG.
Fonte: Os Autores (2016)



Figura 7 – Experimento 3: *Choke Ring* 3D.
Fonte: Os Autores (2016)

Nos Experimentos 4 e 5 foram utilizados respectivamente, os materiais atenuadores C-RAM e o AEM-LAGEH. Estes materiais isolantes eletromagnéticos são alocados horizontalmente em posição dita normal, ou seja, formando 90 graus com o zênite da antena, imediatamente abaixo de seu plano de terra.

Para que os experimentos tivessem as mesmas condicionantes, o material AEM-LAGEH foi projetado com as mesmas dimensões do material isolante eletromagnético C-RAM, importado dos EUA, sendo estas: 60x60x6 centímetros.

Nas Figuras 8 e 9 podem ser observados respectivamente os materiais isolantes C-RAM e AEM-LAGEH, utilizados, por sua vez, nos experimentos 4 e 5.



Figura 8 – Experimento 4: *Material C-RAM*.
Fonte: Os Autores (2016)



Figura 9 – Experimento 5: *Material AEM*.
Fonte: Os Autores (2016)

2.4 Análise do Efeito De Multicaminho - SOFTWARE TEQC

O Software TEQC (*Translate, Edit, Quality, Check*), foi desenvolvido pela UNAVCO (*University NAVSTAR Consortium*) para traduzir, editar e checar a qualidade de dados NAVSTAR-GPS, GLONASS (*GLObal NAVigation Satellite*) e SBAS (*Satellite Based Augmentation System*). Este software proporciona uma série de rotinas que podem ser utilizadas na análise do efeito de multicaminho.

O resultado do processamento por meio destas rotinas é dado através de uma série de arquivos nos quais se pode verificar a razão sinal ruído, e a magnitude do efeito de multicaminho em uma estação utilizando os valores de MP1 e MP2. Estes valores referem-se ao efeito de multicaminho nas portadoras L1 e L2, respectivamente. (ESTEY E MEERTENS, 1999).

Os valores de MP1 e MP2 foram utilizados como indicadores de qualidade na redução do multicaminho mediante repetitividade (SOUZA, 2004), visto que, todos os experimentos tiveram a mesma configuração de rastreamento e com isto deveriam apresentar padrões idênticos, ou muito próximos entre cada experimento.

3 RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS NA BCAL

A Figura 10 corresponde ao gráfico de valores MP1 (efeito de multicaminho para a portadora L1) para os cinco experimentos. Percebe-se que os valores de MP1 foram mínimo para o Experimento 4 (0,211m) e máximo no Experimento 2 (0,791m). No Experimento 1, efetuado em condições de tempo estável, sem antena especial, tampouco com materiais atenuadores obteve-se o valor de 0,458m. Este foi considerado o valor de referência, pois indica o quanto suscetível ao efeito do multicaminho é o Pilar 3000. A partir deste pode-se quantificar a eficiência da antena especial e dos materiais atenuadores utilizados.

Com isto, pode-se verificar que a influência do efeito de multicaminho é aproximadamente 50% maior que nos experimentos também realizados em condições de tempo estável, porém adotando-se antena especial ou materiais atenuadores. Este fator indica a importância da utilização destes na atenuação deste efeito.

Outro fator a se destacar é que, com a presença de precipitações, ocorridas ao longo do rastreamento do Experimento 2, no qual não se utilizou nenhuma técnica de minimização, o índice do efeito do multicaminho na portadora L1 foi praticamente duas vezes maior que o valor obtido em condições de tempo estável. Este aumento no valor MP1 pode ser explicado pela presença de água no entorno possibilitando maior quantidade de reflexões dando origem a sinais do tipo LHCP.

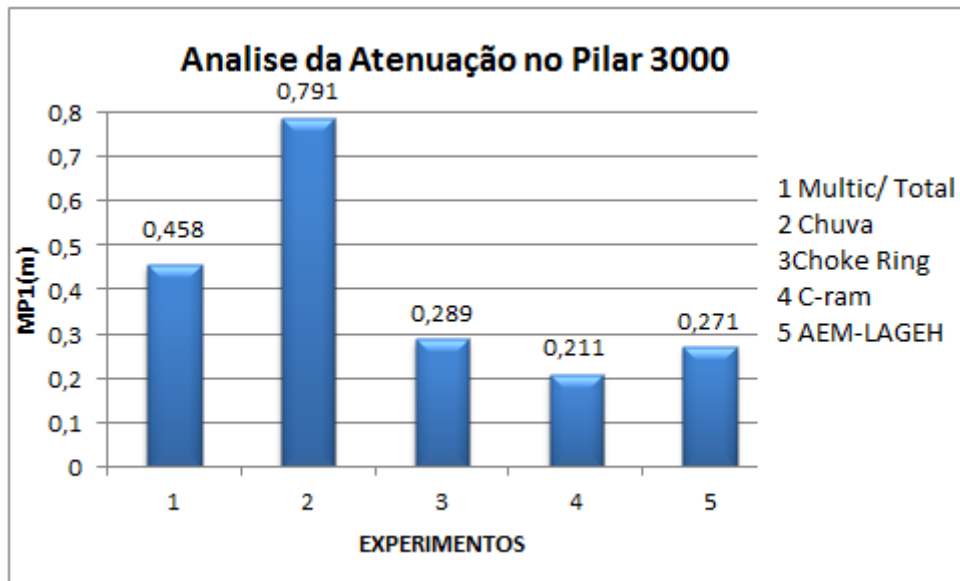


Figura 10 – Variação do efeito de multicaminho para portadora L1 nos experimentos.
Fonte: Os autores (2016)

A Figura 11 corresponde ao gráfico de valores MP2 (efeito de multicaminho para a portadora L2) para os cinco experimentos. O valores de MP2 foram mínimo para o Experimento 4 (0,224m) e máximo no Experimento 2 (0,762m). Verifica-se que os resultados obtidos para a portadora L2 foram semelhantes aos da portadora L1 em comportamento e tendência, sendo que, para os experimentos que utilizaram atenuadores, o índice do efeito de multicaminho foi reduzido em aproximadamente 40 %.

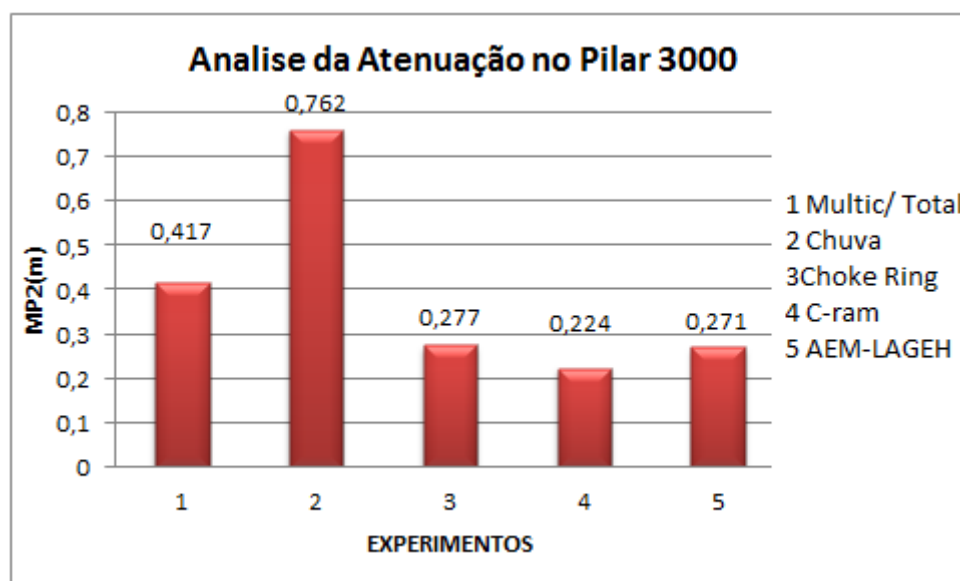


Figura 11 – Variação do multicaminho na portadora L2 nos experimentos.
Fonte: Os autores (2016)

O gráfico exposto na Figura 12 representa a eficiência na redução do efeito do multicaminho nos experimentos realizados para as portadoras L1 e L2, por meio dos indicadores MP1 e MP2. Estes valores são apresentados em porcentagem e foram determinados em função do valor de referência dado pelo Experimento 1. Ressalta-se que, no Experimento 2 (Precipitação), não houve atenuação do efeito, e sim, intensificação do mesmo, em 72% em MP1 e 82% em MP2, o que pode ser explicado pelo aumento na reflexão dos sinais devido as precipitações ocorridas.

No Experimento 3 (*Choke Ring*) reduziu-se o efeito em 37% para MP1 e 33% para MP2. Utilizando-se os materiais atenuadores reduziu-se em 53% o valor de MP1 e 46% em MP2 com o material C-RAM e por fim 41% em MP1 e 35% em MP2 utilizando-se o material AEM-LAGEH.

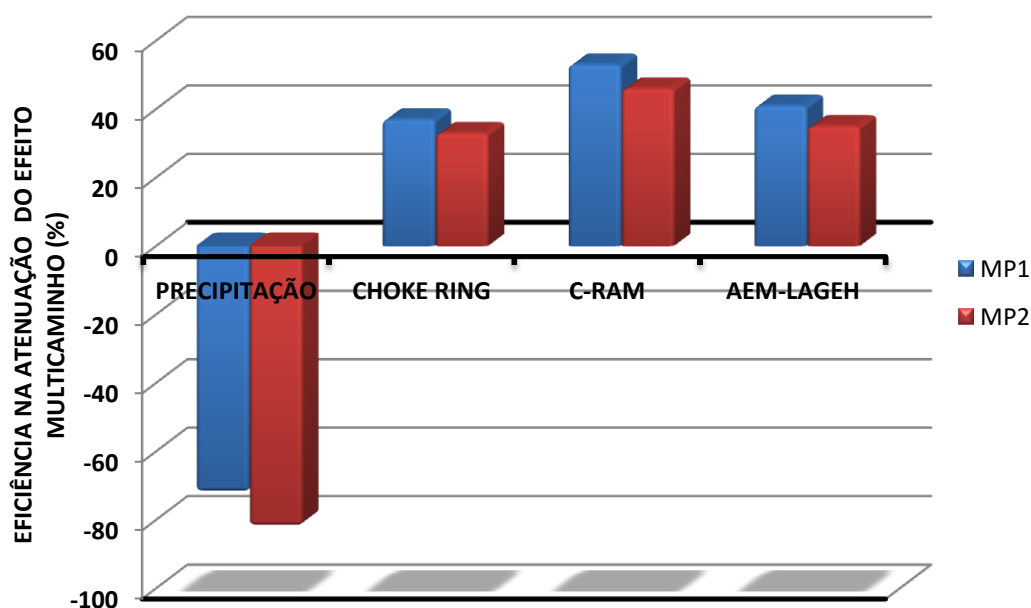


Figura 12 – Eficiência na atenuação do efeito do multicaminho.
Fonte: Os autores (2016)

Na atenuação do efeito de multicaminho o material C-RAM, importado dos Estados Unidos, apresentou os melhores resultados, seguido do material AEM, desenvolvido pelo LAGEH e por fim, a utilização da antena Choke Ring.

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos e analisados pode-se concluir que os métodos adotados tiveram êxito na redução do efeito do multicaminho atuante sobre o Pilar 3000 (Sul) BCAL/UFPR, o que é fundamental para se garantir a integridade das calibrações realizadas nesta base.

Além disto, pode-se determinar a eficiência destes na atenuação do efeito multicaminho pelo método de posicionamento absoluto estático, sendo, em ordem decrescente de eficiência, ou seja, do mais eficiente ao menos, o material importado C-RAM, seguido do material AEM-LAGEH, e por fim, a utilização da Antena Choke Ring 3D.

Dentro do contexto de técnicas de minimização do efeito multicaminho, as antenas *Choke Ring* acabam não sendo viáveis em diversas aplicações devido ao elevado custo de aquisição destas antenas. Destaca-se que, o custo de aquisição do AEM-LAGEH corresponde a 5% do valor de uma antena do tipo *Choke Ring*. Ao passo que a eficiência deste material na atenuação do efeito do multicaminho foi melhor que a obtida com a utilização da antena *Choke Ring* Modelo AT 504 LEICA 3D.

Esta pesquisa proporcionou a determinação do efeito do multicaminho no Pilar 3000 da BCAL/UFPR, a quantificação da eficiência da utilização da antena *Choke Ring*, do material atenuador importado C-RAM, e do material atenuador AEM, desenvolvido pelo LAGEH.

Dados os resultados do Experimento 2, realizado em condições de tempo instável, com a ocorrência de precipitações ao longo do rastreo, houve um aumento significativo do efeito do multicaminho, 72% na onda portadora L1 (MP1) e 82% na portadora L2 (MP2).

Sendo assim, aconselha-se a realização de novas investigações sobre o efeito multicaminho em condições climáticas instáveis e também ampliando as pesquisas para rastreios realizados em massas de água, ou próximos a estas. Estando estas pesquisas aliadas ao desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas a geodésia espacial e a hidrografia mantendo o LAGEH como um dos contribuidores para a inovação tecnológica brasileira.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de iniciação científica e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

Referências Bibliográficas

CONSTANTINE A. BALANIS. **Advanced Engineering Electromagnetics**. John Wile & Sons, New York, 1988.

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) **Glossário**. Disponível em < <http://www.cptec.inpe.br/glossario.shtml#39> > Acesso em: maio, 2005.

GONÇALVES, A. S.; WALTER, F.. **Análise da Reflexão Especular do Sinal do Multicaminho**. Artigo. Divisão de Engenharia Eletrônica - Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA. São José dos Campos, SP – Brasil, 2005.

ESTEY, L.H.; MEERTENS, C.M. **TEQC: The multi-purpose toolkit for GPS/GLONASS Data**. GPS Solutions, v. 3 n. 1, p. 42-49, 1999.

HUINCA, S.C.M. **Calibração Relativa de antenas GNSS na BCAL/UFPR**. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, universidade federal do Paraná Curitiba, 2009.

HUINCA, S. C. M.; KRUEGER, C. P. **Procedimentos de calibração de antenas GNSS**. Apostila do Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia – Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

KRUEGER, C.P. **Investigações sobre aplicações de alta precisão do GPS no âmbito marinho**. Universidade Federal do Paraná. Tese de Doutorado em Ciências Geodésicas. Curitiba, 1996.

KRUEGER, C. P.; SLUTTER, C. R.; MITISHITA, E. A.; VEIGA, L. A. K.; OLIVAS, M. A. A.; FAGGION, P. L. (2001). **Mapeamento da Cidade Universitária**. CDRom. Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

KERKHOFF, A.; HARRIS, R.B.; PETERSEN, C.P; PICKARD, A. **Modifications to GPS Reference Station Antennas to Reduce Multipath**. Applied Research Laboratories, The University of Texas at Austin, 2010.

RAY, J.K.; **Use of Multiple Antennas to Mitigate Carrier Phase Multipath in Reference Stations**. In: International Technical Meeting, 12., Nashville, 1999.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy: Foundations, Methods and Applications**. Berlin,New York: Walter de Gruyter, 612 páginas, 2003.

SOUZA, E.M. **Efeito de Multicaminho de Alta Frequência no Posicionamento Relativo GPS Estático: Detecção e atenuação utilizando Wavelets**. 2004. 144f. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente.

TEQC:The multi-Purpols Toolkit for GPS/GLONASS Data, L.H. Estey and C.M Meertens, GPS Solutions (pub. By John Wiley & Sons), Vol.3; No.1,pp.42-49,doi;10.1007/PL00012778,1999.

VISKI, A.R. **Investigação de Material Isolante para Dissipação de Efeito de Multicaminho em Antenas GNSS**. Universidade Federal do Paraná. Trabalho apresentado no 3ºEINTE. Curitiba, 2010.