

# A INOVAÇÃO DE PRODUTOS QUE CONTRIBUÍRÃO PARA O POSICIONAMENTO POR SATÉLITES COM ALTA PRECISÃO

CLÁUDIA PEREIRA KRUEGER<sup>1e2</sup>  
SUELEN CRISTINA MOVIO HUINCA<sup>2</sup>  
DIULIANA LEANDRO<sup>1e2</sup>  
ANDERSON RENATO VISKI<sup>2</sup>

Universidade Federal do Paraná - UFPR  
Setor de Ciências da Terra

<sup>1</sup>Departamento de Geomática

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas - CPGCG, Curitiba - PR  
{ckrueger, suelenhuinca,diuliana}@ufpr.br; andernxs@hotmail.com

**RESUMO** - Desde o ano de 2006, o Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia (LAGEH), têm priorizado a inovação tecnológica para posicionamento de alta precisão utilizando observações GNSS. Inovação tecnológica pode ser caracterizada pela presença de mudanças tecnológicas em produtos (bens ou serviços) oferecidos à sociedade, ou na forma pela qual produtos são criados e oferecidos (que é usualmente denominada de inovação no processo). Dentre as inovações tecnológicas desenvolvidas e em fase de desenvolvimento pelo LAGEH cita-se: implantação da primeira Base de Calibração de Antenas GNSS no Brasil (BCAL/UFPR), o desenvolvimento de um material capaz de atenuar o sinal indireto (AEM-LAGEH) e do dispositivo mecânico denominado SRA (Suporte de Regulagem e Ângulo). Esse trabalho visa apresentar a comunidade usuária de posicionamento por satélites às inovações desenvolvidas para o melhoramento do posicionamento de alta precisão.

**Palavras chave:** Inovação tecnológica, Posicionamento de Alta Precisão, Erros sistemáticos.

**ABSTRACT** - Since 2006, the Laboratory of Space Geodesy and Hydrography (LAGEH), have focused on technological innovation for high-precision positioning using GNSS. The technological innovations are characterized by the presence of technological changes of products offered to the society, or the way in which they are created and products offered. Among the technological innovations developed and under development by LAGEH are: the implementation of the first calibration basis in Brazil (BCAL/UFPR: Baseline Calibration Station for GNSS Antennas at UFPR), the development of the Attenuator of the multipath effect (AEM-LAGEH) and the mechanical device called SARS. This paper presents the innovations that can contribute to a satellites positioning with high accuracy.

**Keywords:** Technological innovations, High precision positioning, Systematic errors.

## 1 INTRODUÇÃO

Os usuários dos sistemas de posicionamento por satélites estão sempre na busca de posicionamentos de alta precisão necessários a algumas aplicações como: implantação de redes de monitoramento; monitoramento de grandes estruturas civis; em estudos geodinâmicos e geofísicos e outros. Sabe-se que os posicionamentos são afetados por erros e se faz necessário tentar minimizá-los ou eliminá-los. Segundo Gemael (1994) os erros podem ser classificados em grosseiros, sistemáticos e aleatórios. Os primeiros ocorrem pela falta de atenção do observador; os segundos podem ser modelados ou reduzidos por técnicas especiais de observação e os erros aleatórios não apresentam ou atendem a qualquer

modelagem e tendem a se neutralizar quando o número de observações cresce. Dentre os erros sistemáticos atuantes no posicionamento tem-se o efeito multicaminho (*Multipath*) e o centro de fase da antena (transmissoras e receptoras).

Os erros sistemáticos atuantes no posicionamento por satélites podem ser modelados ou minimizados, dentro deste contexto são de extrema importância questões relacionadas a inovações tecnológicas em produto e processo.

A inovação é definida como sendo o processo de gerar oportunidades aproveitando novas idéias para colocá-las em prática e uso extensivo. Segundo Freeman (1982) frequentemente o termo inovação é confundido com invenção. Segundo Plonski (2005) a inovação

tecnológica é caracterizada pela presença de mudanças tecnológicas em produtos (bens ou serviços) oferecidos à sociedade, ou na forma pela qual estes produtos são criados e oferecidos (que é usualmente denominada de inovação no processo).

Visando contribuir com esta questão desde 2006 o Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia

(LAGEH), localizado no Campus do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná (Figura 1), tem voltado esforços para a inovação de produtos e de processos que contribuam para um posicionamento por satélites de alta precisão.

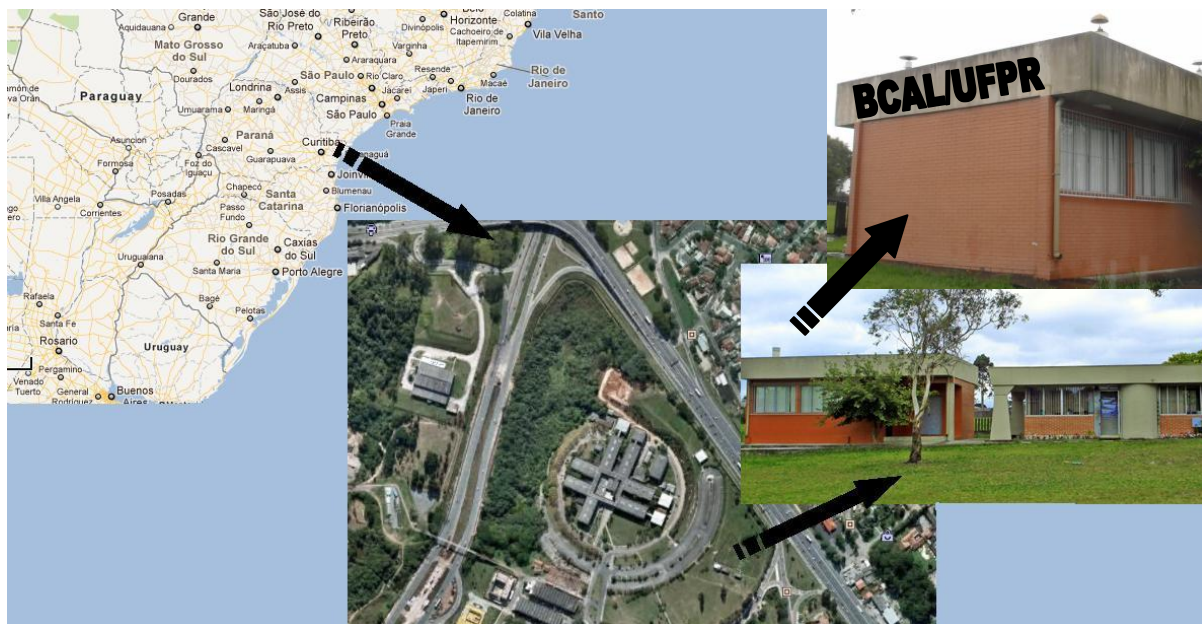


Figura 1 - Localização do LAGEH na Região Sul e no Campus do Centro Politécnico.

Fonte: Adaptado de Google Earth (2012) e Huinca e Krueger (2011).

No presente artigo são apresentadas as inovações tecnológicas desenvolvidas e em desenvolvimento pelo LAGEH visando minimizar erros sistemáticos atuantes no posicionamento, anteriormente citado. Elas se referem à implantação da primeira Base de Calibração de Antenas receptoras de sinal GNSS no Brasil (BCAL/UFPR) e ao desenvolvimento de um material capaz de atenuar o efeito do multicaminho (AEM-02-LAGEH).

## 2 FORNECIMENTO DOS PARÂMETROS PRÓPRIOS DE CALIBRAÇÃO DE ANTENAS GNSS

O emprego de parâmetros próprios das antenas é de fundamental importância no processamento dos dados quando se almeja obter um posicionamento de alta precisão (LEICA GEOSYSTEMS, 2010). Negligenciar os valores do centro de fase das antenas GNSS na determinação de coordenadas geodésicas precisas de um ponto pode conduzir a erros na coordenada vertical de até 10 cm (MADER, 1999).

Através do programa de cooperação internacional denominado PROBRAL, (CAPES/DAAD) e de um projeto de pesquisa aprovado pelo CNPq, edital MCT/CNPq 02/2006 foi possível

implantar a primeira Base de Calibração de Antenas receptoras do sinal GNSS do Brasil e da América Latina. Esta base é denominada de BCAL/UFPR e situa-se no Campus do Centro Politécnico, da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

A idéia surgiu da necessidade em obter parâmetros próprios de calibração das antenas utilizadas no Brasil para posicionamento de alta precisão, já que esse serviço somente era oferecido na Alemanha. Esses parâmetros permitem a determinação do centro de fase das antenas, os quais são uma fonte de erro sistemático que estão diretamente ligados à antena de recepção do sinal dos satélites observados (KRUEGER, 2006; MONICO, 2008; LEANDRO, 2009).

Huinca (2009) inicia os experimentos aplicando a metodologia de calibração relativa em campo em nível absoluto (Figura 2) para determinar os parâmetros de calibração de antenas GNSS. Segundo a autora foram obtidas diferenças nas coordenadas geodésicas de um ponto aplicando parâmetros próprios de calibração; sendo que as maiores foram obtidas na altitude elipsoidal. Os valores diferenciaram de 5 a 10 cm nessa componente.

Verifica-se ainda que os parâmetros de calibração diferem entre si ao longo do tempo,

principalmente em distintas épocas do ano que apresentam condições atmosféricas diversas (HUINCA e KRUEGER, 2011).



Figura 2 - Método de Calibração Relativo na BCAL/UFPR

Na Figura 3 são apresentados os valores da componente vertical (PCO) para a onda portadora L1 obtidos a partir de uma calibração relativa, em nível absoluto, de diversos experimentos, desde o ano de 2008 a 2011, para a antena TRM22020.00+GP tendo como antena de referência a LEIAT504. Percebe-se que a amplitude da variação é de aproximadamente 9 mm.

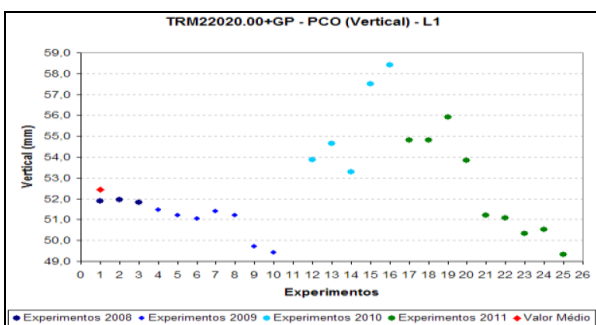


Figura 3 – Componente Vertical para a Onda Portadora L1 (TRM22020.00+GP)

Fonte: HUINCA E KRUEGER (2012)

Em 2011 foi possível validar os parâmetros de calibração produzidos na BCAL/UFPR. As antenas utilizadas nos experimentos foram calibradas por outras instituições, GEO++ e Wasoft. Essas se localizam na Alemanha e elas prestam esse serviço a comunidade usuária de posicionamento por satélites. Na validação compararam-se os parâmetros próprios de duas antenas determinados na BCAL/UFPR com parâmetros produzidos pelas instituições citadas. Ressalta-se que as comparações realizadas só foram possíveis devido à antena utilizada como referência (*Choke Ring 3D* modelo Leica AR25) na BCAL/UFPR ser calibrada absolutamente.

Na Figura 4 observa-se uma comparação para a validação da antena LEIAX12GG. Têm-se os valores da componente vertical do PCO para a portadora L1 de alguns experimentos realizados na BCAL/UFPR, bem como, os valores produzidos pela Wasoft, Geo++ e NGS. Percebem-se diferenças inferiores a 1 mm quando se comparam os parâmetros próprios (BCAL/UFPR, GEO++ e Wasoft). Mediante uma comparação entre os parâmetros próprios com os

médios (NGS) tem-se uma variação de aproximadamente 3,5 mm.

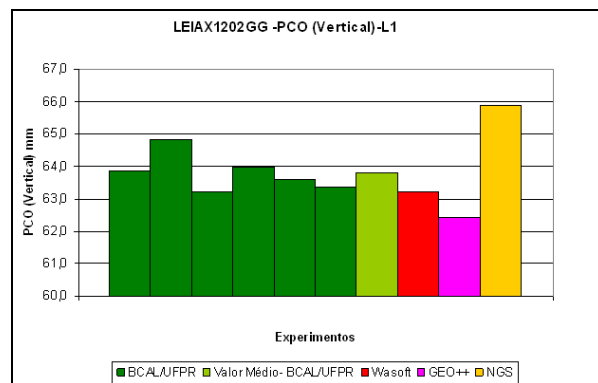


Figura 4 – Comparação da Componente Vertical para a Onda Portadora L1 com Parâmetros de Outras Instituições (LEIAX1202GG)

Fonte: HUINCA E KRUEGER (2011)

Atualmente a BCAL/UFPR pode propiciar aos usuários do posicionamento por satélites a possibilidade de empregar em seus processamentos os parâmetros próprios das antenas envolvidas em seus levantamentos. Esses valores podem ser obtidos a partir de uma calibração relativa em campo em nível absoluto.

Pesquisas continuam em andamento na BCAL/UFPR visando o aprimoramento da metodologia de calibração de antenas de forma relativa, em nível absoluto (HUINCA e KRUEGER, 2012).

Esta base de calibração é uma inovação tecnológica para o Brasil e para a América Latina, pois se busca prestar um novo serviço para o nosso país objetivando uma melhora no que tange ao processo de calibração em nível internacional.

### 3 ATENUADOR DO EFEITO DO MULTICAMINHO (AEM-LAGEH)

Nesta seção apresenta-se o material atenuador do efeito do multicaminho (AEM-LAGEH). Esse material começou a ser desenvolvido no laboratório devido à necessidade de minimizar o erro advindo do efeito do multicaminho nos posicionamentos de alta precisão, especialmente em levantamentos realizados sob massas de água.

Segundo Seeber (2003), o efeito de multicaminho ocorre quando o sinal emitido por um satélite chega à antena do usuário por mais de um caminho, ou seja, quando o sinal enviado chega à antena diretamente do satélite e também indiretamente, pois esse pode ser refletido pelo entorno da estação (por exemplo: árvores, construções, massa d'água). Segundo Ray (1999). O erro decorrente do efeito multicaminho pode variar desde poucos centímetros até metros, dependendo da quantidade de obstruções

presentes na área de levantamento e da refratividade da superfície do material que irá refletir o sinal incidido.

O primeiro protótipo desenvolvido pelo LAGEH pode ser visualizado na Figura 5. Ele foi elaborado tendo como princípio a tecnologia MARE (Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética), a qual é empregada no uso civil como isolante de sinais eletromagnéticos ou no uso militar, Stealth (termo em inglês para escondido ou furtivo), empregada em aviões, submarinos e helicópteros de combate, tornando esses aparelhos imperceptíveis aos radares e sonares (USAF, 1996). A sua eficiência foi testada por meio de posicionamentos de precisão realizados na base de calibração BCAL/UFPR (VISKI, 2010). Nesses experimentos comparou-se a eficiência do material desenvolvido no LAGEH com um material importado do tipo MARE.



Figura 5 – 1º Protótipo do Atenuador do Efeito de Multicaminho (AEM -LAGEH)  
Fonte : VISKI (2010)

Mediante a realização de três experimentos pode-se efetuar uma primeira análise quanto à eficiência do material AEM-LAGEH. As observações GPS foram obtidas pelo método absoluto. No primeiro experimento não se empregou nenhum material atenuador durante a coleta das observações. No segundo utilizou-se o material atenuador importado e no último as observações foram coletadas com o AEM-LAGEH. As análises foram realizadas através do processamento das observações no programa TEQC. Esse permite a indicação do nível da variação média do efeito do multicaminho para o marco ocupado. Pode-se observar que a variação média deste efeito para a onda portadora L1, no primeiro experimento foi de 0,45 metros. Para os segundo e terceiro experimentos foi de aproximadamente 0,30 e 0,40 metros, respectivamente. Para a portadora L2, comparando-se os três experimentos percebe-se que a variação média entre os primeiro e terceiro é de aproximadamente 0,20 metros e realizando-se uma comparação entre o segundo e terceiro o resultado foi praticamente igual.

O primeiro protótipo é composto por uma espuma quadrangular medindo cerca de 50 centímetros de lado e 7 centímetros de espessura. Esta espuma é revestida por substâncias químicas específicas, e são

elas que visam dar a propriedade de absorvência desejada ao material.

Visando o aprimoramento do material atenuador desenvolveram-se as versões AEM-LAGEH-02 e AEM-LAGEH-03. Essas versões têm as mesmas dimensões da anterior, contudo apresentaram diferentes composições químicas na sua construção.

Encontra-se também em desenvolvimento um dispositivo mecânico denominado de SRA (Suporte de Regulagem e Ângulo). Esse pode ser acoplado a uma base nivelante ou a qualquer tipo de pilar ou tripé geodésico com parafuso padrão. O dispositivo permite a regulagem do ângulo das bordas do AEM-LAGEH sobre a antena, evitando a incidência de sinais causados por satélites com baixa elevação (VISKI, 2011).

Realizaram-se experimentos visando testar a qualidade do protótipo do AEM-LAGEH 03 acoplado ao SRA. Esse apresentou um ganho na qualidade quando comparado ao primeiro de 21% para onda portadora L1 e de 17% para a onda portadora L2.

Efetuar-se também experimentos visando comparar a eficiência do AEM-LAGEH-03 acoplado ao SRA com uma antena que tem como característica a minimização do efeito do multicaminho (Choke Ring). Esses experimentos foram realizados sobre uma massa de água e as mesmas características para todos os experimentos foram mantidas. No primeiro experimento coletaram-se as observações com uma antena LEIAX1203GNSS, no segundo experimento as observações foram realizadas com a antena Choke Ring (LEIAT504) e no terceiro experimento a antena utilizada foi a LEIAX1203GNSS acoplada ao AEM-LAGEH 03 com o SRA. Ao se comparar os experimentos observou-se que a utilização do AEM-LAGEH 03 juntamente com SRA proporcionaram uma minimização de 28% do efeito do multicaminho enquanto que o uso da antena Choke Ring apresentou um percentual de 34%, ambos para a portadora L1. Para a onda portadora L2 verificou-se uma minimização de 25% e de 40%, consecutivamente com o uso do AEM-LAGEH 03 com SRA e a antena Choke Ring.

Com esses experimentos testou-se a qualidade do AEM-LAGEH. Comprovou-se que esse material apresenta um ganho real quando utilizado em ambientes propícios ao efeito do multicaminho. Sendo possível a sua utilização em grande escala.

#### 4 CONCLUSÕES

O LAGEH com as inovações caminha para o melhoramento do posicionamento por satélites de alta precisão, trazendo produtos e serviços confiáveis para a comunidade usuária de serviços GNSS.

Com a BCAL/UFPR em funcionamento haverá a possibilidade de obtenção dos parâmetros próprios das antenas calibradas a partir de uma calibração relativa em campo em nível absoluto.

Os protótipos atenuadores de efeito do multicaminho apresentaram resultados significativos. Este produto será disponibilizado ao mercado proporcionando um atenuador deste efeito e sendo ele um produto mais econômico quando comparado a uma antena Choke Ring ou ao material já existe no mercado.

#### REFERÊNCIAS

CALMANOVICI, C. Brasil avançou na inovação tecnológica em 2011. Disponível em <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=brasil-avancou-inovacao-tecnologica>>. Acesso em 10 de Abril de 2011.

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

FREEMAN, C. **The economics of industrial innovation**. 2. ed. London: Frances Pinter, 1982.

HUINCA, S.C.M. **Calibração Relativa de Antenas GNSS na BCAL/UFPR**. 2009. p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas). Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná.

HUINCA, S.C.M.; KRUEGER, C.P. Correlação Das Variáveis Ambientais e Efeito do Multicaminho com os Parâmetros de Calibração (PCO) de Antenas GNSS. 2011. **Resumo apresentado nos Anais do VII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas**.

HUINCA, S.C.M. **Investigações quanto a Calibração relativa de antenas GNSS na BCAL/UFPR**. 2011. Exame de Qualificação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná.

HUINCA, S.C.M.; KRUEGER, C.P. Investigações Preliminares das Variáveis Atmosféricas que Podem Influenciar na Determinação dos Parâmetros de Calibração de uma Antena GPS. 2012. **Anais do IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**.

KRUEGER, C.P. **Posicionamento por Satélites**. 2006. Apostila do curso de especialização em geotecnologias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

LEANDRO, D. **Investigação do Posicionamento GPS em Ambientes Internos com o Auxílio do Efeito de Multicaminho**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas). Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná.

LEICA GEOSYSTEMS. **The Leica NRS Technical Newsletter from Leica Geosystems**. Issue 02. November 2010. Four Your Reference.

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

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2008. 2 ed. São Paulo, Editora UNESP.

PLONSKI, G.A. **Bases para um movimento pela inovação tecnológica no Brasil**. 2005. São Paulo Perspec. Vol 19, n.1, São Paulo, Versão Impressa ISSN 0102-8839.

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

SEEBER, G. **Satellite Geodesy: Foundations, Methods and Applications**. 2003. 586p. Berlin, New York: Walter de Gruyter.

USAF (United States Air Force). 2011. Disponível em <<http://www.airforce.com/>> Acesso realizado em 20 de maio de 2011.

VISKI A. R. **Investigação de Material Isolante para Dissipação de Efeito de Multicaminho em Antenas GNSS**. 2010. Livro de Resumos do 18° Evinci e 3° Einti. Ciências Exatas e da Terra.

VISKI A. R. **Investigação do Efeito do Multicaminho no Posicionamento GNSS de Plataformas Lagrangeanas e Eulerianas em Massas de Água**. 2011. Exame de Qualificação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná.

VISKI A. R., WERLICH, R. M. C.; KRUEGER, C.P., HUINCA, S. C. M.; LEANDRO, D.; BLENINGER, T.; e FERNANDES, C. V. S. **Prototypes of Monitoring Devices for Water Levels and Currents in Coastal Waters**. 2011. Journal of Coastal Research SI 64, 618-621, ICS2011, Poland, ISSN 0749-0208.