
ALGUNS PRODUTOS DE INOVAÇÃO DO LABORATÓRIO DE GEODÉSIA ESPACIAL E HIDROGRAFIA.

CLÁUDIA PEREIRA KRUEGER¹

RENATA MAGDA CAVALCANTE WERLICH¹

ANDERSON RENATO VISKI¹

SUELEN CRISTINA MOVIO HUINCA²

(1) Universidade Federal do Paraná – UFPR

Setor de Ciências da Terra

Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia – LAGEH

ckrueger@ufpr.br; renatawerlich@gmail.com; andernxs@hotmail.com

(2) Universidade Federal de Pelotas (UFPel),

Setor de Geomática, Departamento de Engenharia Rural,

Pelotas – RS

suelen.huinca@gmail.com

RESUMO – Inovação tecnológica pode ser caracterizada pela presença de mudanças tecnológicas em produtos oferecidos à sociedade, ou na forma pela qual eles são criados e apresentados. O Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia (LAGEH), desde 2006, têm investido na inovação tecnológica visando à geração de produtos que contribuam no posicionamento preciso realizado por meio de observações GNSS. Foram desenvolvidos e estão em desenvolvimento e aprimoramento os seguintes produtos: implantação da Base de Calibração de Antenas GNSS no Brasil (BCAL/UFPR), o desenvolvimento de um material capaz de atenuar o sinal indireto que chega a uma antena GNSS (AEM-LAGEH), um dispositivo mecânico denominado DRA (Dispositivo de Regulagem Angular) e um dispositivo que possibilita aferir as trajetórias cinemáticas obtidas por meio de um posicionamento relativo cinemático (ATC). Neste artigo são apresentados estes produtos de inovação a comunidade usuária de posicionamento por satélites.

Palavras chave: Base de Calibração de Antenas GNSS, Posicionamento Preciso, Posicionamento Cinemático.

ABSTRACT - Technological innovation can be characterized by the presence of technological changes in products offered to society, or in the way they are created and offered. The *Laboratory of Space Geodesy and Hydrography (LAGEH)*, since 2006, have invested in technological innovation in order to generate products that help in accurate positioning with GNSS observations. Have been developed and are under development and improvement the following products: *establishment of a GNSS receiver antenna calibration field, called Baseline Calibration Station for GNSS Antennas at UFPR (BCAL/UFPR)*, development an *Attenuator of the Multipath Effect (AEM-LAGEH)*, a mechanical device called *DRA (Angular Adjustment Device)* and a device that allows standardization the kinematics trajectories obtained through a kinematics relative positioning (*ATC*). In this article these products of innovation are presented to the user community positioning satellites.

Key words: Baseline Calibration Station for GNSS Antennas at UFPR, Precise Positioning, Kinematic Positioning.

1 INTRODUÇÃO

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 apresentados (que é usualmente denominada de inovação no processo). Novos produtos normalmente contêm novas características técnicas, que oferecem novas funcionalidades, aumentar a qualidade do produto ou permitir totalmente novas áreas de aplicação.

O Brasil tem mostrado indicativos de que a inovação é importante, visto que, o Ministério da Ciência e Tecnologia incorporou a Inovação ao seu nome e às prioridades da sua pasta (GORGULHO, 2011).

O Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia (LAGEH), localizado no Campus do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná (Figura 1), desde 2006, tem se dedicado no desenvolvimento de produtos e de processos que possam contribuir para um posicionamento preciso por meio de sinais emitidos dos satélites.

No presente artigo são apresentados alguns produtos e processos de inovação desenvolvidos e em desenvolvimento por este laboratório, dentre eles cita-se: implantação da Base de Calibração de Antenas GNSS no Brasil (BCAL/UFPR), o desenvolvimento de um material capaz de atenuar o sinal indireto que chega a uma antena GNSS (AEM-LAGEH), um dispositivo mecânico denominado DRA (Dispositivo de Regulagem Angular) e um dispositivo que possibilita aferir as trajetórias cinemáticas obtidas por meio de um posicionamento relativo cinemático (ATC).



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

Fonte: Adaptado de Google Earth (2012)

2 PRODUTOS DE INOVAÇÃO DO LAGEH

2.1 Base de Calibração de Antenas GNSS

A ideia da implantação da BCAL surgiu da necessidade em se minimizar um dos erros atuantes nos posicionamentos com alta precisão por meio de observações, às constelações de satélites artificiais (p.ex. GPS, GLONASS), realizadas sobre a superfície terrestre. Um dos erros sistemáticos atuantes no posicionamento preciso é o centro de fase da antena (transmissoras e receptoras). Ele está diretamente ligado à antena de recepção do sinal dos satélites observados (KRUEGER, 2006; MONICO, 2008).

Neste caso o emprego de parâmetros próprios das antenas é de fundamental importância no processamento dos dados quando se almeja obter um posicionamento de 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).

Esta base de calibração de antenas (BCAL/UFPR) foi implantada em 2006 e se situa no Campus do Centro Politécnico, da UFPR, e é a primeira existente no Brasil e na América Latina. Nesta base é aplicado o método de calibração relativa em campo (Figura 2) visando determinar os parâmetros de calibração de antenas GNSS. Para isto emprega-se um mecanismo denominado DRB (*Drehrumbum*), responsável pelas rotações realizadas na antena a ser calibrada, e a antena LEIAR25 (Choke Ring 3D), fabricada pela Leica, empregada como antena de referência no processo de calibração. Após o processamento dos dados coletados, por 24 horas, são obtidos os parâmetros de calibração da antena calibrada (PCO- *Phase Center Offset* e PCV- *Phase Center Variation*) em nível relativo. Contudo como a antena de referência foi calibrada pelo método absoluto pela GEO++mbH a BCAL/UFPR fornece também estes parâmetros de calibração em nível absoluto.



Figura 2 – Calibração Relativa em Campo (HUINCA E KRUEGER, 2011).

Desde 2008 diversas calibrações têm sido realizadas e os resultados mostram que os parâmetros de calibração de uma mesma antena diferem entre si para épocas distintas (HUINCA, 2009; HUINCA e KRUEGER, 2011 e HUINCA et al., 2012). Cabe ressaltar que a antena é calibrada em um ambiente não confinado, em distintas épocas do ano, logo, o processo de calibração está sujeito a diferentes condições atmosféricas.

Estudos realizados por Huinca (2014) identificaram que os parâmetros de calibração de antenas GNSS sofrem influência de algumas variáveis meteorológicas como precipitação e umidade relativa do ar. Na Figura 3 visualiza-se os resultados de 17 experimentos realizados com a antena da Leica LEIAX1202GG(A). Nela têm-se os valores de PCO Vertical (em mm), para as ondas portadoras L1 e L2, a Precipitação (em %) e a Porcentagem de Chuva durante as 24 horas da calibração da referida antena. Durante os 17 dias de experimentos houve 8 períodos de precipitação, sendo que a maior porcentagem de chuva ocorreu no Dia GPS 134_11. Comparando-se esse dia GPS com o Dia GPS 270_11 ocorreu uma variação de 2,9 e 1,1 para a componente vertical em L1 e em L2, respectivamente. Da mesma forma ao se analisar os Dias GPS 134_11 e 280_12 verifica-se valores do PCO vertical iguais a 1,3 e 1,7 mm para L1 e L2, respectivamente. Analisando dois experimentos (Dia GPS 280_12 e Dia GPS 008_13) realizados em períodos sem chuva e com a precipitação inferior a 1 mm têm-se 5 mm de diferenças para o PCO vertical, para ambas as portadoras.

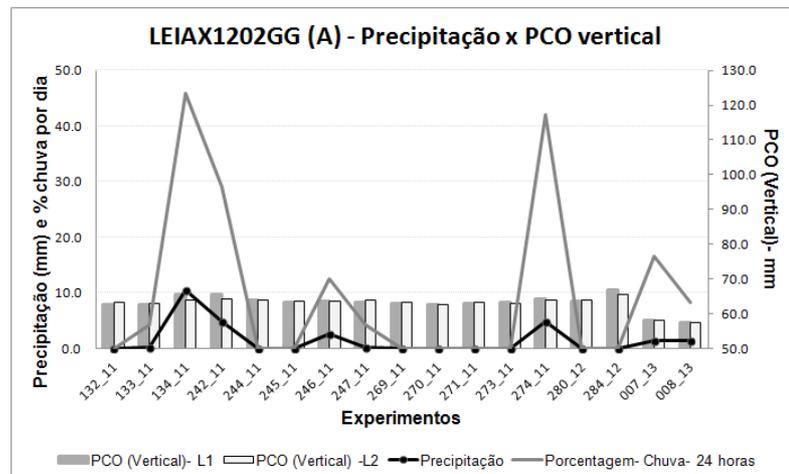


Figura 3 - LEIAX1202GG (A)- PCO Vertical (mm) e a Umidade Relativa do Ar (%) versus os experimentos (HUINCA, 2014).

2.2 DRA (Dispositivo de Regulagem Angular)

Foi desenvolvido um dispositivo mecânico denominado de DRA (Dispositivo de Regulagem Angular), o qual pode ser visualizado na Figura 4. Ele foi fabricado para 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).

Experimentos realizados por Viski (2011), e apresentados na seção seguinte, comprovam que este suporte acoplado com o AEM-LAGEH proporciona melhores resultados, visto que, este suporte possibilita que a parte inferior antena e as suas bordas estejam totalmente apoiadas no material atenuador impossibilitando a chegada de qualquer sinal indireto nestas partes da antena.



Figura 4- DRA sobre o pilar 3000 da BCAL/UFPR (VISKI, 2011)

2.3 Atenuador do Efeito do Multicaminho (AEM-LAGEH)

Buscando minimizar o erro advindo do efeito do multicaminho nos posicionamentos precisos, especialmente em levantamentos realizados sob massas de água, foi que o LAGEH decidiu investir no material atenuador do efeito do multicaminho (AEM-LAGEH).

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.

Na Figura 5 pode-se visualizar o primeiro protótipo desenvolvido sem o emprego do Dispositivo de Regulagem Angular (DRA). Este protótipo foi fabricado 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 (USAF, 1996). Ele é composto por uma espuma quadrangular medindo cerca de 50 centímetros de lado e 7 centímetros de espessura. Essa espuma é revestida por substâncias químicas específicas, e são elas que visam dar a propriedade de absorção desejada ao material.



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

Inicialmente foi testada a sua eficiência mediante uma comparação dos resultados advindos de posicionamentos precisos realizados na BCAL/UFPR com ele e outros posicionamentos em que se empregou um material importado do tipo MARE. Para esta avaliação foram conduzidos em três experimentos, sendo: posicionamentos absolutos com nenhum material, posicionamentos absolutos com o AEM-LAGEH e posicionamentos absolutos com o material importado. Foi avaliada a variação média do efeito do multicaminho para a onda portadora L1 e para a onda L2 mediante o emprego do programa TEQC. Pode-se verificar que esta variação em L1 foi de aproximadamente 0,45 metros para o primeiro experimento, sendo de aproximadamente 0,30 e 0,40 metros para os segundo e terceiro experimentos, 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.

Visando melhorar o desempenho do AEM-LAGEH foi decidido aplicar diferentes composições químicas na sua construção gerando novos protótipos.

Diversos experimentos foram realizados com estes novos protótipos. O ultimo protótipo desenvolvido teve sua eficiência testada quando seus resultados foram comparados com aqueles advindos do posicionamento absoluto empregando-se apenas uma Choke Ring, a qual tem como característica a minimização do efeito do multicaminho. Pode-se verificar que o AEM-LAGEH associado com o DRA (Figura 4) proporcionou uma minimização de 28% do efeito do multicaminho para a onda portadora L1 enquanto que o uso da antena Choke Ring apresentou um percentual de 34% para esta onda. Para a onda portadora L2 esta minimização foi de 25% e de 40%, quando do emprego do AEM-LAGEH com DRA e a antena Choke Ring, respectivamente.

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.

2.4 ATC (Aferidor de Trajetórias Cinemáticas)

O protótipo do ATC (Figura 6) desenvolvido pelo LAGEH é composto por uma haste metálica em alumínio adaptada de uma régua estadimétrica, medindo 1000 mm de comprimento total. O objetivo deste dispositivo é possibilitar a realização de experimentos visando estudar a acuracidade de antenas/receptores GNSS.

A haste deste dispositivo esta ligada a um sistema eletromecânico capaz de girar três antenas ao mesmo tempo. Uma destas antenas é denominada (Antena Central Relativa ACR) que tem a finalidade de servir como base de referência relativa para os experimentos, e em cada extremidade do ATC, são instaladas antenas denominadas de Antena I e Antena II. Dois comprimentos conhecidos, com 500 mm de cada lado do dispositivo, são então formados e admitidos como valor padrão.

Uma trajetória circular de raio conhecido é descrita possibilitando avaliar e comparar coordenadas obtidas por posicionamento absoluto e posicionamento relativo cinemático.

Experimentos foram efetuados na BCAL/UFPR, conforme se pode visualizar na Figura 6. No dispositivo ATC foram instaladas as antenas Leica 1200 (antena ACR) e dois receptores Leica 900 CS nas suas extremidades. Foram realizados três dias consecutivos de observações (Sessões 1, 2 e 3).



Figura 6 – O ATC em experimento na BCAL/UFPR (VISKI, 2014).

Na Tabela 1 estão dispostos os valores estatísticos quanto a 1200 comprimentos foram obtidos no processamento, quando do emprego dos receptores/antenas instalados conforme ilustra a Figura 6.

Para a Antena I, o valor médio obtido para o comprimento do ACR a Antena I foi de 501 mm, com desvio padrão da média de aproximadamente 5 mm. Para a Antena II foi obtido um valor médio para o comprimento do ACR a Antena II de 502 mm, com desvio padrão da média de 4 mm. O comprimento padrão para cada lado da Haste do ATC é de 500mm tendo-se a maior variação média obtida de 3 mm para este experimento.

Tabela 1 – Média dos Comprimentos da Haste com o Emprego do GPS LEICA 900CS

	Comprimento do ACR a Antena I (mm) GPS LEICA 900CS			Comprimento do ACR a Antena II (mm) GPS LEICA 900CS		
	Sessão 1	Sessão 2	Sessão 3	Sessão 1	Sessão 2	Sessão 3
Mínimo	482	482	491	490	486	481
Máximo	517	524	519	519	524	513
Média	500	501	503	503	503	499
Desvio Padrão da Média	4,0	6,0	4,0	4,0	5,0	4,0

3 CONCLUSÕES

O Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia trazendo produtos e serviços confiáveis para a comunidade usuária de serviços GNSS, os quais podem contribuir para a minimização de erros sistemáticos atuantes no do posicionamento por satélites.

Com a BCAL/UFPR existe a possibilidade de obtenção dos parâmetros próprios das antenas calibradas em nível absoluto a partir de uma calibração relativa em campo. Os estudos em andamento apontam que existem variações dos parâmetros de calibração quando obtidos sob condições atmosféricas diferentes, principalmente precipitação e umidade relativa do ar. Assim, tem-se que destacar a importância da calibração das antenas GNSS, em condições meteorológicas semelhantes, à época em que se almeja efetuar posicionamentos precisos.

A Base de Calibração de Antenas GNSS na UFPR é um dos produtos de inovação concluídos por este laboratório.

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

O dispositivo mecânico denominado de DRA proporciona em conjunto com o AEM-LAGEH a minimização do efeito do multicaminho de forma mais eficiente.

Quanto às aplicações do Aferidor de Trajetórias Cinemáticas (ATC), seu potencial de aplicação pode ser estendido no que tange a análise de precisões nominais de equipamentos GNSS, bem como, dos períodos de resolução de ambigüidades em posicionamentos cinemáticos.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas (PPGCG) e à Universidade Federal do Paraná (UFPR).

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.

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

GORGULHO, G. **Inovação Unicamp**. Disponível em <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=brasil-avancou-inovacao-tecnologica>>. Acesso em 26 de Dezembro de 2011.

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. Determinação de Parâmetros de Calibração Relativos em Nível Absoluto de Antenas de Receptores GPS. **RBC. Revista Brasileira de Cartografia (Online)**, v. 63, p. 515-525, 2011.

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**.

HUINCA, S.C.M; KRUEGER, C.P; MAYER, M.; KNÖPFLER, A.; HECK, B. First results of relative field calibration of a GPS antenna at BCAL/UFPR. In: **International Association of Geodesy Symposia. Geodesy for planet earth**. v. 136, p. 739-744, 2012.

HUINCA, S.C.M. **Análise de Influências Ambientais na Calibração de Antenas de Receptores GPS**. 2014. Tese. (Doutorado em Ciências Geodésicas). Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná (no prelo).

KRUEGER, C.P. **Posicionamento por Satélites**. 2006. Apostila do curso de especialização em geotecnologias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 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 18º Evinci e 3º 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.