

## ANÁLISE DA QUALIDADE DO POSICIONAMENTO COM GPS L1 EM LINHAS DE BASE CURTAS

Rafaela Wessling Oening<sup>1</sup>, Aryane dos Reis<sup>1</sup>, Gustavo Saggin<sup>1</sup>, Claudinei Rodrigues de Aguiar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Coordenação de Agrimensura/UTFPR, Pato Branco, Brasil; <sup>2</sup>Departamento de Agrimensura/UTFPR, Pato Branco, Brasil; e-mail: rafaoening@hotmail.com

**Resumo** - A partir do processo de globalização e da necessidade de criação de um sistema que possibilitasse a orientação e localização de determinado ponto, foi criado o GNSS (Global Satellite System Navigation), em específico o GPS (Global Positioning System), nos anos 70. Desde então, vem sendo utilizado principalmente em navegações e atividades geodésicas e topográficas, pois fornece alta precisão e acurácia aos usuários. Este trabalho apresenta um levantamento utilizando a técnica de posicionamento relativo estático rápido. Como a linha de base é curta, o resultado do levantamento apresentou alta precisão.

**Palavras-Chave:** GNSS; Ionosfera; RBMC; Tempestade Ionosférica;

**Abstract**- As from the globalization process and the necessity of create a system that would enable orientation and localization of a determined point, was created the GNSS (Global Satellite System Navigation), in specific the GPS (Global Positioning System), in the seventies. Since then, it come been used mainly in navigations and geodesic and topographical activities, because providing the employees high precision and accuracy. This work presents a surveying using the fast static relative positioning method. As the baseline is small, the positioning results showed high accuracy.

**Keyword:** GNSS; Ionosphere; RBMC; Ionospheric Storm.

### 1. INTRODUÇÃO

Com a necessidade de um sistema que proporcionasse alta acurácia e fácil acessibilidade, o GNSS (Global Satellite System Navigation), em específico o GPS (Global Positioning System), foi criado em meados dos anos 70, a fim de atender à demanda de fornecer a orientação, localização e determinação de coordenadas de qualquer ponto na superfície terrestre. Instituído pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (Department of Defense) e possuindo abrangência global, o GPS é considerado o principal sistema de navegação das Forças Armadas norte-americanas, devido à sua precisão proporcionada.

Desde a década de 90, quando tornou-se totalmente operacional, vem auxiliando em

levantamentos e atividades civis, como geodésicas e topográficas, mas também para uso militar, onde é empregado para estimar posições e deslocamentos em manobras de combate e treinamento. Para isso, o GPS dispõe de no mínimo quatro satélites para serem rastreados em qualquer lugar da superfície, permitindo que usuários em diferentes locais do planeta realizem posicionamento em tempo real, independente das condições climáticas (MONICO, 2008).

Além disso, devido o seu fácil manuseio, ele passou a ser uma importante fonte de monitoramento de parâmetros da atmosfera, com destaque às atividades relacionadas à troposfera e a ionosfera, sendo a última a principal interferência nos sinais GNSS, causando um atraso na propagação do código e um avanço na propagação da fase, além

de variações na amplitude e na fase das ondas de rádio emitida pelos satélites (CONKER et al., 2008), (SEEBER, 2003) e (AGUIAR et al., 2006). Para caracterizar as atividades ionosféricas, podem ser utilizados índices como o Dst (Disturbance Storm-Time) e o Kp (Planetary Kennziffer), que correlacionam a magnitude dos efeitos da ionosfera sobre o código, em função do nível de atividade geomagnética e solar (AGUIAR, 2010).

No Brasil, são realizados estudos dessa interferência sobre os sinais GNSS a partir da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo), composta por 89 estações ativas e equipadas com receptores GNSS de dupla frequência. Essas por sua vez, coletam e armazenam continuamente as observações do código e da fase das ondas portadoras transmitidos pelos satélites (IBGE, 2013). Além disso, no presente trabalho serão descritos também processamentos com o GPS Promark 3, realizados na pista de atletismo da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Pato Branco.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o presente trabalho foi utilizado o GPS Magellan Promark 3 (Figura 1) e o software GNSS Solutions, que oferecem fácil manuseio e alta acurácia aos usuários.



Figura 1 – GPS Magellan Promark 3.

### 2.1 Sistema de Posicionamento Global

Desde sua criação, o GNSS vem sendo utilizado para várias atividades, principalmente relacionadas a cartografia, a projetos ambientais, a navegação aérea, marítima e terrestre, a geodinâmica, a agricultura, dentre outras. Isso, devido a sua tecnologia altamente avançada, proporcionando melhor acessibilidade aos usuários, com custos bastante reduzidos e mantendo a qualidade dos dados obtidos.

Seu processo de navegação consiste na determinação de posição, velocidade e tempo a partir da medida das distâncias entre o receptor e os satélites, que são calculadas pelo tempo em que o sinal transmitido pelos satélites do GPS leva para chegar até a antena receptora, assim, sendo necessária uma definição precisa de tempo.

Além das aplicações de posicionamento, o GNSS também é utilizado para atividades relacionadas ao monitoramento da atmosfera, em específico a troposfera e a ionosfera, onde a última se sobressai devido sua interferência altamente significativa nos sinais GNSS. Essa intervenção está diretamente relacionada à atividade solar, sendo que em períodos de máximos solares há uma maior interferência. A magnitude desse erro sistemático devido à ionosfera é diretamente proporcional ao TEC (Total Electron Contents – Conteúdo Total de Elétrons) presente no caminho do sinal transionosférico e inversamente proporcional ao quadrado da frequência do sinal. Este, por sua vez possui valores não constantes e que variam de forma irregular, dificultando a determinação dos efeitos causados sobre os sinais.

### 2.2 Transporte de Coordenadas

Com o auxílio do GPS Magellan Promark 3, foram realizados levantamentos de 3 pontos na pista de atletismo da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Pato Branco (Figura 2). Após a coleta dos dados em campo, houve a transferência para o computador, para então realizar o processamento dos mesmos no software GNSS Solutions.



Figura 2 – Pista de atletismo da UTFPR câmpus Pato Branco. Fonte: <http://www.skyscrapercity.com>

O modo utilizado para o levantamento foi o de Posicionamento Relativo, no qual o usuário necessita de ao menos uma estação de coordenadas conhecidas, sendo ocupado simultaneamente um dos pontos desejados.

As estações da RBMC desempenham precisamente o papel do ponto de coordenadas conhecidas, eliminando a necessidade de que o usuário imobilize um receptor em um ponto que, muitas vezes, oferece grande dificuldade de acesso. Além disso, os receptores que equipam as estações da

RBMC são de alto desempenho, realizando observações de grande qualidade e confiabilidade (IBGE, 2013). É importante ressaltar também que a RBMC é a principal ligação com os sistemas de referências globais.

Essa coleta por levantamento relativo visa a redução de erros, como o erro do relógio do satélite e do receptor. São vários os métodos de levantamento inseridos no posicionamento relativo, como o posicionamento relativo estático rápido, usado neste trabalho.

Este, além de necessitar a montagem do instrumento em cada ponto em que se deseja fazer o transporte de coordenadas, aguardando em torno de 5 a 20 minutos, necessita também a instalação de outro receptor em um ponto com coordenadas conhecidas. No presente trabalho, o tempo de rastreamento foi de 5 minutos e o tempo de coleta adotado foi de 5 segundos.

Este levantamento foi realizado no dia 18 de junho de 2013. Para realizá-lo foi necessária a utilização de dois aparelhos GPS, sendo um fixo no ponto base (PRPB) com coordenadas conhecidas em SIRGAS2000 (época 2000,4) e mais um receptor para rastrear os outros 3 pontos (M001, M003 e M005).

O Brasil em geral, devido suas baixas latitudes, sofre alta interferência dos efeitos da ionosfera em várias atividades relacionadas.

Com isso, também são realizados estudos sobre essa interferência a partir da RBMC, onde suas estações ativas coletam e armazenam continuamente as observações do código e da fase das ondas portadoras transmitidos pelos satélites.

### 2.3 Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo



Figura 3 - Estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS. Fonte: [www.ibge.com](http://www.ibge.com).

Devido ao avanço tecnológico e ao processo de

globalização, em meados da década de 90, a RBMC implantou o conceito de rede ativa através do monitoramento contínuo de satélites do GNSS. Assim pode-se garantir aos usuários maior eficácia nos levantamentos, diminuindo os custos e o tempo necessário para realizar a observação, entretanto mantendo a severidade dos resultados obtidos (PEREIRA et al., 2013) e (COSTA et al., 2006).

Essa rede, composta por 89 estações (Figura 3) equipadas com receptores GNSS de dupla frequência, a qual é mantida pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), auxilia nos estudos realizados sobre a interferência no código GNSS.

Além de os receptores que equipam essas estações realizarem observações de alta confiabilidade, pode-se ressaltar também que essa rede é a principal ligação com os sistemas de referências globais.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na prática realizada na UTFPR câmpus Pato Branco, foram detectados erros sistemáticos no ponto M001 do levantamento onde foi instalado o receptor, provocando assim a degradação na qualidade das medidas realizadas e, conseqüentemente, na determinação das coordenadas do ponto.

Esses erros foram detectados no processamento dos dados no software GNSS Solutions. Por conseqüência, após a análise das possíveis fontes de erro sistemático foi realizado um novo processamento dos dados, alterando-se a máscara de elevação para rastreamento dos satélites, de modo a eliminar possíveis interferências provocadas por objetos no campo de visada.

A adoção de máscara de elevação de 15° foi suficiente para filtrar os dados e o processamento passar no controle de qualidade. E devido a esse pequeno ajuste de na máscara de elevação, torna-se difícil afirmar se o erro que estava ocorrendo nos sinais era por causa da influência da camada da ionosfera.

Tabela 1: Coordenadas dos pontos (SIRGAS 2000)

Ponto	Coordenadas UTM		
	E (m)	N (m)	H (m)
PRPB	331304,136	7101569,987	781,908
M001	331219,629	7101562,451	780,405
M003	331291,001	7101686,029	780,492
M005	331300,140	7101646,456	780,446

Os resultados apresentaram alta precisão tanto na determinação dos vetores das linhas de base

quando na determinação das coordenadas dos pontos. O comprimento das linhas de base dos pontos M001, M003 e M005, foram de aproximadamente 85m, 117 m e 77 m, respectivamente. Após o ajustamento dos vetores de linhas de base foi possível realizar a determinação das coordenadas dos pontos a partir do ponto base (PRPB), conforme listadas na Tabela 1. Estas tiveram precisão de 0,002 m (2 mm) em todos os casos.

#### 4. CONCLUSÃO

O GNSS é comumente utilizado em atividades geodésicas e topográficas. No entanto, devido à atividade geomagnética e solar, a ionosfera causa interferência e erros nos sinais GNSS, que são muito relevantes. E para correlacionar a intensidade do fluxo solar e dessas perturbações causadas na alta atmosfera terrestre, é importante a utilização de índices como o Dst e o Kp.

Para o processamento dos dados obtidos em campo com o aparelho, faz-se necessário o uso de softwares para o processamento dos dados e posterior análise dos resultados.

Devido às linhas de base com comprimento pequeno dos pontos M001, M003 e M005, e fazendo uso de tempo de rastreamento de 5 minutos em cada ponto, conclui-se que é possível obter um alto nível de precisão, na ordem de 2 mm.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Araucária pela bolsa destinada aos alunos e ao CNPq (Processo 483954/2011) pelo financiamento.

#### REFERÊNCIAS

- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS**: descrição, fundamentos e aplicações. 2.ed. São Paulo: UNESP, 2008. 476 p.
- CONKER, R. S.; EL-ARINI, M. B.; HEGARTY, C. J.; HSIAO, T. Y. **Modeling the Effects of Ionospheric Scintillation on GPS/SBAS Availability**. Virginia: The MITRE Corporation, 2000.
- SEEBER, G. **Satellite Geodesy**. 2 ed. Berlin-New York: Walter de Gruyter, 2003.
- AGUIAR, C. R.; CAMARGO, P. O. Modelagem em Tempo Real do Erro Sistemático das Observáveis GPS Devido à Ionosfera. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 12, n. 1, p.101-120, jan-jun. 2006.
- AGUIAR, C. R. **Grade ionosférica para aplicações em Posicionamento e navegação com GNSS**. 2010. Tese de Doutorado- Universidade Estadual Paulista.
- IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **RBMC**. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm?c=7](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm?c=7)>. Acesso em: 23 jul. 2013.
- PEREIRA, K.D. et al (2003) apud ROQUE, C. G. et al. Georreferenciamento. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.4, n.1, 2006.
- COSTA, S.M.A.; FORTES, L.P.S. (2000) apud ROQUE, C. G. et al. Georreferenciamento. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.4, n.1, 2006. Disponível em: <[http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol4/10\\_artigo\\_v4\\_.pdf](http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol4/10_artigo_v4_.pdf)>.