

Análise da aplicação de receptor GPS de navegação no posicionamento relativo estático de linha-base curta

Marcelo Tomio Matsuoka, Daniel Mottin Soares, Sérgio Florêncio de Souza

Lab. de Pesquisas em Geodésia – LAGEO, Inst. de Geociências, Depto. de Geodésia, UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9500, Caixa Postal 15001, 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil. tomio.matsuoka@ufrgs.br, sergio.florencio@ufrgs.br, dmsouares@yahoo.com

Maurício Roberto Veronez

Programa de Pós-Graduação em Geologia – PPGeo, UNISINOS. Av. Unisinos, 950, 93022-000, São Leopoldo, RS, Brasil. veronez@unisinos.br

RESUMO

O uso convencional de um receptor GPS de navegação possibilita obter posições com precisão métrica, no qual o receptor faz uso da pseudodistância (C/A) para realizar o posicionamento por ponto (absoluto) simples. Contudo, o receptor não armazena as informações provenientes da pseudodistância e da fase da onda portadora em L1, impossibilitando um processamento posterior com métodos mais precisos, como é o caso do posicionamento relativo. Este trabalho apresenta um protótipo capaz de coletar e armazenar as observações sobre aqueles dois parâmetros recebidos por um receptor GPS de navegação, com a vantagem de apresentar um custo mais baixo. Foi concebido para utilizar programas gratuitos, primeiro pelo uso de um aplicativo computacional gratuito que extrai as informações advindas dos sinais dos satélites GPS e, posteriormente a transformação dos dados para o formato RINEX, possibilitando realizar o processamento de dados pelo método de posicionamento relativo estático. Os resultados obtidos, com linhas-base curtas, e utilizando os dados do protótipo, chegaram a precisões decimétricas e centimétricas, quando comparados àqueles advindos de um receptor Topográfico e de um marco geodésico com coordenadas conhecidas. Como ponto base do posicionamento relativo foi utilizada a estação POAL da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo), cujos dados são disponíveis gratuitamente pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Palavras-chave: GPS, receptor de navegação, posicionamento relativo.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE APPLICATION OF GPS NAVIGATION RECEIVER IN THE STATIC RELATIVE POSITIONING OF SHORT BASELINE. The conventional use of a GPS navigation receiver normally led to positions with metric accuracy, where the receiver makes use of C/A code pseudorange to realize the absolute positioning. In this case however, the GPS receiver does not store information from pseudorange and L1 carrier frequency, preventing the post-processing use of more precise positioning methods, such those of relative positioning. This paper presents a prototype able to collect and store the pseudorange on the L1 frequencies and the L1 carrier signal received by a GPS navigation receiver. The prototype is a low-cost alternative to the GPS positioning thanks the way it is designed. In it the computer applications after data acquisition are free and used to extract the information that came from the GPS satellites signals, storing them in a digital file. This file is processed in another free of charge application using RINEX format that permits to end the processing of data using the relative positioning method. The results of static relative positioning with short baselines using those data shows decimetric and centimetric quality when compared to those came from a topographic receiver and a geodesic mark with known coordinates. As a base station of relative positioning was used POAL station of RBMC (Brazilian Network of Continuous Monitoring), whose data are available free of charge by the IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistic).

Key words: GPS, navigation receiver, relative positioning.

INTRODUÇÃO

A utilização de receptores de navegação do Sistema de Posicionamento Global (GPS – *Global Positioning System*) está muito hoje difundida e nos mais variados segmentos da sociedade. Um dos motivos foi a desativação pelo governo norte-americano, em maio de 2000, da técnica proposital

de deterioração da acurácia, a *Selective Availability (SA)*.

Enquanto ativada, a acurácia instantânea proporcionada pelos receptores de navegação era em torno de 100 e 140 m, respectivamente para a posição horizontal e vertical, e com 95% de nível de confiança (Monico, 2007). Atualmente a acurácia média global da posição instantânea obtida pelos receptores de

navegação é menor do que 13 m, na posição horizontal, e de 22 m, para a vertical, mantendo-se os 95% de probabilidade (Seeber, 2003).

Os receptores de navegação usam o posicionamento por ponto (absoluto) simples em tempo real para fornecer a sua posição de modo instantâneo. Não são capazes, contudo, de armazenar as observáveis de pseudodistância e/

ou fase da onda portadora (popularmente chamados de “dados brutos”) transmitidas pelos satélites GPS, o que impossibilita seu uso outras atividades de posicionamento que exijam maior precisão e acurácia.

Após a divulgação pela GARMIN do protocolo de entrada e saída de dados de alguns de seus modelos de receptores de navegação GPS, passaram a ser desenvolvidos programas de computador capazes de obter os dados brutos daí advindos. Estes programas possibilitam extrair as informações necessárias para a geração de um arquivo de dados de receptores de navegação, possibilitando realizar o pós-processamento e, assim, técnicas mais adequadas de posicionamento, como por exemplo, o posicionamento relativo.

Neste trabalho é apresentada uma metodologia que, com baixo custo, permite adquirir coordenadas com melhor nível de acurácia que as convencionalmente obtidas através dos receptores de navegação.

Os experimentos realizados buscaram a obtenção de um posicionamento relativo estático com linhas-base curtas, através de dados GPS adquiridos pelo protótipo aqui relatado e desenvolvido. O ponto base utilizado foi a estação POAL da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo), cujos dados são disponibilizados gratuitamente pelo IBGE, tendo sido como teste, utilizado nos mesmos pontos de captação, um receptor GPS Topográfico que é o procedimento mais usual para este tipo de posicionamento e os resultados de ambos foram a seguir comparados.

Em outro experimento, o protótipo ocupou um marco geodésico com coordenadas conhecidas, para que se pudesse avaliar também as diferenças com relação as coordenadas estimadas.

É importante salientar que não se tem aqui a pretensão de sugerir a substituição dos receptores topográficos, cuja qualidade posicional é sempre superior, nem externar uma preferência por determinados equipamentos de georeferenciamento. Em diversas atividades de cunho oficial, existem normas técnicas que devem ser seguidas e respeitadas, e

onde o procedimento aqui sugerido não está regulamentado. Mas pode constituir uma perspectiva futura interessante e de uso em atividades que não necessitam de uma regulamentação até o momento.

Estudos prévios

Nos últimos anos um conjunto de trabalhos, em âmbito nacional e internacional, têm sido realizados com objetivos semelhantes. Ou que abriram novos caminhos para a elaboração de metodologias capazes de melhorar a aquisição de posicionamentos geodésicos.

Galán (2002), criador dos aplicativos computacionais ASYNC e GAR2RNX, aqui empregados, produziu dois tipos de experimentos na geração de arquivos de observação GPS. Para tanto utilizou um *notebook* conectado a um receptor GARMIN GPS 12, com o aplicativo ASYNC instalado. Este aplicativo é capaz de coletar as informações de fase da onda portadora e da pseudodistância (código C/A) e os armazenar num arquivo binário. Após a coleta, um outro aplicativo (GAR2RNX) converte o arquivo binário em um arquivo RINEX, de modo a permitir o pós-processamento. No primeiro experimento realizou coletas de oito sessões e durante sete dias. Com o emprego de um processamento relativo estático e usando as três soluções que o software de processamento fornece, comparou os resultados. No outro experimento simulou uma pequena rede usando dois protótipos em pontos distintos e com três linhas-base, uma entre os dois protótipos, e outras duas usando uma estação permanente ligado a cada um dos protótipos. Os resultados obtidos mostraram uma precisão planimétrica a nível decimétrico. Galán (2002) salientou, contudo, o cuidado na prevenção de multicaminhos e outros procedimentos, que podem resultar na perda da acurácia.

Posteriormente o trabalho de Gende *et al.* (2006) mostrou exatidão planimétrica de 0,3 m para linhas de base menores que 30 km, e na ordem de metro para linhas de base entre 30 km e 300 km. Os tempos de ocupação utilizados variaram

de 30 minutos para as primeiras e maiores que 60 minutos para as linhas-base de maior distância. Para a melhora dos resultados foram eliminados os ruídos e trechos das observações que pudessem piorar a qualidade dos resultados.

No Brasil os trabalhos pioneiros foram realizados por Camargo *et al.* (2003), Camargo *et al.* (2005), Florentino *et al.* (2005), Florentino e Camargo (2005) e Guimarães e Camargo (2007). Neste último foi avaliado um protótipo desenvolvido com receptor de navegação e antena externa, para uso em trabalhos de georeferenciamento de imóveis rurais. Vários pontos foram coletados, com tempos de observações de 30 minutos, variando as linhas-base de 20 m até 20 km. Após o processamento dos dados, que exigia certa experiência para a eliminação dos ruídos, todos os pontos mostram uma precisão e acurácia menor que 50 cm e não exibiram correlação com os tamanhos das linhas-base. Os autores recomendam a continuidade nos estudos sobre esta tecnologia que, além do baixo custo, poderá levar a precisões decimétricas.

Nessa mesma linha de pesquisa Krueger e Tranches (2006) desenvolveram um protótipo para posicionamento relativo estático, comparando-o com os dados de coordenadas de alguns marcos de redes geodésicas de instituições públicas do Paraná. Obtiveram acurácia planimétrica inferior a 26,2 cm e os erros relativos bidimensionais (desvios) das coordenadas (latitude e longitude), para um nível de confiança de 67%, variaram de 2,4 cm para uma linha de base em torno de 10 km, até 22,46 cm para uma linha de base em torno de 125 km.

APLICATIVOS COMPUTACIONAIS

Os aplicativos computacionais ASYNC e GAR2RNX, aqui utilizados, são livres e foram desenvolvidos pelo grupo da Escola Politécnica de Madri (Galán, 2002).

Após a abertura dos protocolos pela GARMIN (1999) se tornou possível interpretar os “dados brutos” transmitidos pela saída serial do receptor de navegação

no mesmo instante de seu funcionamento. Como os aplicativos computacionais desenvolvidos por Galán (2002) estão escritos na linguagem C e disponibilizados na rede, juntamente com seus códigos fonte, podem ser utilizados na captura dos “dados brutos” e em sua conversão em dados no formato RINEX, uma condição fundamental para a realização do pós-processamento

Para tanto, o aplicativo ASYNC gera um arquivo binário com as informações necessárias e o programa GAR2RNX converte o arquivo binário gerado em um arquivo no formato RINEX. Ao final, tem-se um arquivo contendo as observáveis de pseudodistância (C/A) e fase da onda portadora em L1, advindos de receptor de navegação. Estes aplicativos são disponibilizados no endereço (<http://articulo.lma.fi.upm.es/numerico/miembros/antonio/async/>).

Uma vez conectado o receptor de navegação a um computador (*notebook*, *handheld*), pode-se passar à aquisição das observáveis GPS, com o aplicativo ASYNC. Neste trabalho foi utilizada a versão DOS, mas o aplicativo também trabalha no sistema LINUX.

Exemplificando o procedimento: (i) a partir do comando “ASYNC -P COM4 -A -R -RINEX -T 3600”; (ii) busca-se na porta serial COM4 as informações transmitidas pelos satélites GPS (dados brutos recebidos) e a opção, “-A” irá armazenar em hexadecimal as informações binárias recebidas; (iii) após a opção “-R”, que padroniza a requisição no tipo hexadecimal especificada; (iv) a opção “-RINEX” que filtra somente as informações essenciais para a geração do arquivo RINEX, sendo o parâmetro que define o tempo de coleta do levantamento “-T tttt” (onde tttt é o tempo em segundos).

No exemplo o tempo utilizado foi de uma hora de coleta. O nome do arquivo gerado será o valor do segundo da semana GPS no instante em que o programa ASYNC foi acionado, com a extensão .G12. Com os arquivos brutos gerados é possível sua conversão para arquivos de navegação e de observação no formato RINEX através dos seguintes comandos:

```
“GAR2RNX nomearq.G12 -NAV -F”
“GAR2RNX nomearq.G12 -RINEX
-ETREX -F”
```

O primeiro deles gera o arquivo de navegação (efemérides transmitidas) e o segundo o arquivo de observação. O final -ETREX apenas significa que o receptor GARMIN de navegação utilizado é deste modelo.

O PROTÓTIPO

O Sistema de Coleta de Dados de Receptor de Navegação (SCDRNav), nome atribuído ao protótipo aqui desenvolvido, é composto por um *notebook*, um receptor GPS de navegação (eTrex Summit) da GARMIN, cabos de conexão entre receptor e computador e pelo software ASYNC (Figura 1).

Em sua concepção se procurou adotar procedimentos simples e de baixo custo o que, como consequência, trouxe algumas limitações, a principal



Figura 1. Protótipo do Sistema de Coleta de Dados de Receptor de Navegação (SCDRNav) aqui proposto, durante a coleta de dados de um posicionamento relativo estático em uma linha-base curta.

Figure 1. The prototype here proposed to a Data Collecting System from GPS Navigation Receptor (SCDRNav) during the collect of data using static relative positioning technique in a short baseline.

delas quanto à adaptabilidade dos equipamentos durante a montagem. Também a baixa autonomia do protótipo, dependente da duração da bateria do computador (2 horas) e a falta de uma antena externa foram fatores limitantes.

O sistema é utilizado na coleta de dados GPS advindos de um receptor de navegação. O programa ASYNC, previamente instalado no notebook, recebe os dados deste receptor através de sua saída serial e interpreta e armazena os dados brutos recebidos (pseudodistâncias sobre o código C/A e as fases da onda portadora L1) em um arquivo binário.

Estes arquivos binários são posteriormente convertidos para o formato RINEX, com o uso do programa GAR2RNX. Na Tabela 1 são apresentados os custos aproximados do protótipo.

RESULTADOS E ANÁLISES

Foram realizados dois experimentos, um de comparação dos resultados do protótipo desenvolvido com os de um receptor topográfico, e um segundo, com a ocupação de um ponto da rede GPS estadual, cujas coordenadas são conhecidas e homologadas pelo IBGE.

Experimento I: comparação entre SCDRNav e Receptor Topográfico

O objetivo foi o de comparar os resultados do posicionamento relativo estático em uma linha-base curta utilizando o protótipo desenvolvido (SCDRNav) e um receptor topográfico, aparelho normalmente utilizado com este fim, buscando analisar as discrepância entre os resultados.

Como estação base foi utilizada a estação POAL da RBMC e como receptor topográfico o Thales Navigation/Ashtech, modelo PROMARK II.

Vinte e dois pontos foram ocupados com ambos os receptores, com tempo de coleta de uma hora em cada um deles. As coordenadas geodésicas dos pontos e o comprimento da linha-base formada

Tabela 1. Custo aproximado para a montagem do protótipo SCDRNav.
Table 1. The approximate cost of the prototype SCDRNav.

| Equipamento | Custo aproximado (R\$) |
|---|------------------------|
| Computador portátil (configuração básica) | 1.600,00 |
| Receptor GPS GARMIN eTrex Summit | 600,00 |
| Cabos de conexão | 100,00 |
| Total | 2.300,00 |

com relação à estação POAL são apresentados na Tabela 2.

Após a coleta dos dados as linhas-base foram processadas com o uso do software GPSurvey versão 2.35A, utilizando as efemérides transmitidas e adotando-se as coordenadas da base POAL referenciadas ao SIRGAS2000. As coordenadas obtidas de cada ponto com o protótipo SCDRNav e com o receptor Topográfico foram então comparadas.

A Tabela 3 apresenta as diferenças entre as coordenadas estimadas com cada um dos equipamentos conside-

rando a linha de base formada com a estação POAL (linha-base curta). Os resultados são apresentados em termos de diferenças de coordenadas UTM (ΔE , ΔN) e altitude geométrica (Δh), e a resultante das diferenças planimétricas ($\Delta P = (\Delta E^2 + \Delta N^2)^{1/2}$). O ordenamento da tabela se dá em ordem crescente do erro planimétrico.

Analisando os valores obtidos com relação às diferenças planimétricas das coordenadas estimadas por ambos receptores, verifica-se uma variação que recai no intervalo de 0,011 m até 0,693 m. Calculando o Erro Médio Quadráti-

co (EMQ), com base nos resultados de todos os pontos, obteve-se um EMQ de 0,251 m para a planimetria e valores de 1,079 m, para a altitude geométrica.

Os dados da Tabela 3 ainda permitem concluir que: (i) 90% dos pontos comparados atingiram diferenças abaixo de 0,452 m em planimetria e 2,036 m em altimetria; (ii) 80% dos pontos apresentaram diferenças abaixo de 0,322 m em planimetria e 2,008 m em altimetria; (iii) 70% dos pontos ficaram abaixo de 0,236 m em planimetria e 0,797 m em altimetria; (iv) 60% ficaram abaixo de 0,067 m em planimetria e 0,392 m altimetria; e (v) 50% das amostras apresentaram diferenças planimétricas abaixo de 0,044 m e diferenças altimétricas abaixo de 0,118 m.

Desta forma, considerando uma linha-base curta, os resultados mostram de uma forma geral que, para a posição horizontal foram obtidas diferenças decimétricas, com 60% dos casos, chegando até centimétricas, com o uso do SCDRNav aqui desenvolvido, em relação ao do receptor topográfico. Para a altitude geométrica, como era esperado, as diferenças são maiores, da ordem de decímetros até poucos metros.

Tabela 2. Pontos de coleta, coordenadas geodésicas e comprimentos da linha-base.
Table 2. Occupied points, geodesic coordinates and length of the baseline.

| Pontos | Latitude (S) | Longitude (W) | Linha-base (m) |
|--------|------------------|------------------|----------------|
| 1 | 30° 04' 02,1650" | 51° 07' 16,4278" | 764,309 |
| 2 | 30° 04' 27,3093" | 51° 07' 10,7992" | 25,158 |
| 3 | 30° 04' 23,4742" | 51° 07' 11,2963" | 94,867 |
| 4 | 30° 04' 23,3456" | 51° 07' 11,1973" | 98,755 |
| 5 | 30° 04' 23,4127" | 51° 07' 11,2377" | 96,710 |
| 6 | 30° 04' 23,4516" | 51° 07' 11,1879" | 95,523 |
| 7 | 30° 01' 58,0320" | 51° 11' 46,3609" | 8675,478 |
| 8 | 30° 04' 26,8559" | 51° 07' 11,0246" | 13,503 |
| 9 | 30° 02' 11,5079" | 51° 11' 13,7162" | 7714,497 |
| 10 | 30° 03' 22,7519" | 51° 13' 53,5584" | 10955,930 |
| 11 | 30° 04' 03,5819" | 51° 07' 10,2553" | 707,934 |
| 12 | 30° 02' 43,4801" | 51° 14' 00,9889" | 11427,342 |
| 13 | 30° 02' 08,7210" | 51° 11' 13,5508" | 7757,334 |
| 14 | 30° 01' 58,6338" | 51° 11' 46,2022" | 8662,329 |
| 15 | 30° 04' 02,6134" | 51° 07' 16,7670" | 752,512 |
| 16 | 30° 02' 11,4517" | 51° 11' 13,6311" | 7713,444 |
| 17 | 30° 02' 05,4312" | 51° 14' 29,9309" | 12531,486 |
| 18 | 30° 04' 03,7660" | 51° 07' 10,4012" | 702,204 |
| 19 | 30° 04' 19,2368" | 51° 13' 39,2843" | 10397,561 |
| 20 | 30° 04' 23,4742" | 51° 07' 11,2963" | 93,401 |
| 21 | 30° 04' 24,9387" | 51° 07' 15,9091" | 134,504 |
| 22 | 30° 04' 19,9342" | 51° 13' 40,3478" | 10427,984 |

Experimento II: comparação entre SCDRNav e o ponto da rede estadual GPS-RS

Neste experimento buscou-se a qualidade das coordenadas obtidas a partir do SCDRNav para um marco geodésico da rede estadual GPS-RS homologado pelo IBGE (estação n. 91899).

Este marco está situado em Porto Alegre/RS, no terraço do prédio do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul ($\phi = -30^{\circ}04'23,4514''$; $\lambda = 51^{\circ}07'11,1889''$). A Figura 2 mostra a ocupação do marco pelo SCDRNav.

O marco geodésico foi ocupado durante cinco oportunidades pelo protótipo em dias distintos e com coletas de uma hora cada. A estação base foi a POAL da RBMC, formando uma linha-base curta ($\cong 100$ m). O processamento foi realizado no software GPSurvey versão 2.35a.

Na Tabela 4 são apresentadas as diferenças entre as coordenadas estimadas e as coordenadas conhecidas.

Analisando os valores da Tabela pode se avaliar as diferenças obtidas, tanto para planimetria, quanto para altitude geométrica. Estas são centimétricas até milimétricas, em alguns casos, indicando o bom desempenho do SCDRNav no posicionamento relativo estático em uma linha-base muito curta. Deve-se salientar contudo, que devido ao fato do marco geodésico estar situado no terraço de um prédio, foi possível evitar os efeitos do multicaminho e obstruções do sinal. Em outra situação é possível que a qualidade seja menor e as diferenças alcançando dimensões decimétricas ou compatíveis com o experimento anterior.



Figura 2. Aspecto e posicionamento do SCDRNav durante a coleta de dados em um marco geodésico (IF-UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul).

Figure 2. View and position of the SCDRNav during the collect of data in a geodesic point (Institute of Physical Sciences, UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil).

CONCLUSÕES

A possibilidade de encontrar receptores comerciais de baixo custo que atinjam precisões decimétricas inexistente no mercado atual. As possibilidades se restringem aos receptores

de navegação, com qualidade posicional de vários metros e os receptores topográficos, com poucos centímetros de acurácia. Não estão aí considerados os equipamentos de dupla frequência (geodésicos) que podem atingir qualidade posicional superior.

Tabela 3. Diferenças entre os resultados obtidos com o uso do SCDRNav e do receptor topográfico - posicionamento relativo (base POAL).

Table 3. Comparison between the values obtained with the SCDRNav and the topographic receiver - relative positioning (POAL point base).

| Pontos | ΔE (m) | ΔN (m) | ΔP (m) | Δh (m) |
|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | -0,011 | -0,003 | 0,011 | -0,038 |
| 2 | -0,002 | -0,013 | 0,013 | 2,008 |
| 3 | -0,01 | -0,009 | 0,013 | 0,09 |
| 4 | 0,015 | 0,002 | 0,015 | 0,121 |
| 5 | 0,012 | -0,015 | 0,019 | 0,088 |
| 6 | 0,026 | 0,001 | 0,026 | 0,058 |
| 7 | -0,027 | -0,005 | 0,027 | 1,076 |
| 8 | 0,026 | 0,014 | 0,03 | 2,036 |
| 9 | 0,027 | 0,023 | 0,035 | 0,024 |
| 10 | 0,037 | 0,004 | 0,037 | 1,054 |
| 11 | 0,043 | 0,009 | 0,044 | -0,048 |
| 12 | 0,054 | -0,036 | 0,065 | 0,054 |
| 13 | 0,065 | 0,016 | 0,067 | 0,024 |
| 14 | 0,075 | 0,016 | 0,077 | -0,019 |
| 15 | 0,235 | -0,019 | 0,236 | 0,392 |
| 16 | 0,266 | 0,036 | 0,268 | 0,409 |
| 17 | 0,256 | 0,111 | 0,279 | 0,058 |
| 18 | 0,321 | -0,025 | 0,322 | -0,797 |
| 19 | 0,282 | -0,182 | 0,336 | 0,118 |
| 20 | -0,447 | 0,064 | 0,452 | 2,407 |
| 21 | -0,506 | -0,009 | 0,506 | 2,071 |
| 22 | -0,478 | -0,502 | 0,693 | -2,012 |

Tabela 4. Diferenças entre as coordenadas estimadas pelo SCDRNav e as conhecidas. Posicionamento relativo (base: POAL; marco: FISICA/REDE ESTADUAL GPS-RS).

Table 4. Comparisons between the coordinates obtained by SCDRNav in Relative Positioning and the true coordinates (POAL point base; geodesic mark: FISICA/REDE ESTADUAL GPS-RS).

| Ocupação | ΔE (m) | ΔN (m) | ΔP (m) | Δh (m) |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1° | -0,03 | 0,018 | 0,035 | 0,089 |
| 2° | -0,04 | 0,015 | 0,043 | 0,061 |
| 3° | 0,008 | -0,005 | 0,009 | 0,045 |
| 4° | 0,024 | 0,002 | 0,024 | 0,067 |
| 5° | 0,039 | 0,026 | 0,047 | 0,087 |

O protótipo aqui desenvolvido para a obtenção de dados observacionais de GPS, utilizando-se receptor de navegação GARMIN e de aplicativos computacionais livres, permitiu obter arquivos de observação no formato RINEX que por seu turno, propiciaram a realização de um processamento do posicionamento relativo.

Dos dois experimentos realizados, o primeiro resultou em diferenças decimétricas para a posição horizontal, com até 60% dos casos, chegando a centimétricas. Para a altitude geométrica, as diferenças foram maiores, ficando na ordem do decímetro até poucos metros.

O segundo experimento mostrou diferenças de poucos centímetros, tanto para os dados de planimetria, quanto para a altitude geométrica estimada, ressaltando-se a situação privilegiada e sem obstruções do local onde se situava o marco utilizado.

É importante ressaltar que o protótipo desenvolvido não utilizou antena externa, o que deve ter provocado limitações da qualidade, principalmente quanto aos efeitos de multicaminho, centragem e nivelamento da antena interna do receptor de navegação em cada ponto.

Como o objetivo principal do trabalho era testar a montagem de um protótipo simples e econômico, estes aspectos não foram premiados. Em futuros trabalhos se pretende utilizar um tripé e desenvolver uma base capaz de nivelar o receptor de navegação, que

permita a centragem e o nivelamento, bem como seu afastamento do solo. A substituição do computador portátil por um *handheld* levaria igualmente a um ganho, garantindo mobilidade e maior autonomia de energia.

Igualmente se almeja a obtenção de um maior número de dados comparativos, capazes de permitir um tratamento estatístico e a realização de experimentos com linhas-base maiores, ocupando mais pontos e testando diferentes intervalos de ocupação.

REFERÊNCIAS

CAMARGO, P.O.; REDIVO, I.A.C.; FLORENTINO, C. 2003. Posicionamento com Receptores GPS de Navegação. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA*, 21, Belo Horizonte, 2003, (CD ROM-CBC). Disponível em http://www.ibge.gov.br/canal_artigos/a2003_2.php, acessado em 25/11/2008.

CAMARGO, P.O.; FLORENTINO, C.; GUIMARÃES, G.N. 2005. Georreferenciamento de imóveis rurais com receptores GPS de navegação. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA*, 22, Macaé, 2005, (CD ROM-CBC).

FLORENTINO, C.; CAMARGO, P.O. 2005. Avaliação da qualidade do posicionamento relativo estático com receptor GPS de navegação. *In: COLÓQUIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS*, 4, Curitiba. *Anais* (CD-ROM), p.1-6. Disponível em http://www.ibge.gov.br/canal_artigos/a2005.php, acessado em 01/12/2008

FLORENTINO, C.; CAMARGO, P.O.; PEREIRA, A.A.; GUIMARÃES, G.N. 2005. Cálculo de áreas a partir de coordenadas obtidas do posicionamento relativo com receptor GPS de navegação. *In: CONGRESSO BRASILEIRO*

DE CARTOGRAFIA, 22, Macaé. *Anais* (CD-ROM-CBC), p. 1-4.

GALÁN, A.T. 2002. *Obtaining raw data from some Garmin units* – Disponível em <http://artico.lma.fi.upm.es/numerico/miembros/antonio/asyncl/>, acessado em maio de 2008.

GARMIN GPS INTERFACE SPECIFICATION. 1999. Drawing Number: 001-00063-00, Rev. 3, File Type: Microsoft Word 97 - Archive File: 00100063.003, disponível em <http://gpsd.berlios.de/vendor-docs/garmin/garmin-binary.pdf>, acessado em março de 2008.

GENDE, M.; MACKERN, M.V.; BRUNINI, C. 2006. Posicionamiento diferencial mediante el uso de navegadores satelitales. *Geoacta*, 31:51-56.

GUIMARÃES, G.N.; CAMARGO, P. O. 2007. Avaliação da potencialidade do posicionamento com receptores GPS de navegação em atendimento ao georreferenciamento de imóveis rurais. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOMÁTICA*, 2 e COLÓQUIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS, 5, Presidente Prudente. *Anais*, p. 592-597.

KRUEGER, C.P.; TRANCHES, S. 2006. Verificação da Possibilidade em se realizar Georreferenciamento de Imóveis Rurais através de Observações da Onda Portadora L1 coletadas por Meio de Receptores GPS de Navegação. COBRAC 2006 – CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALIÁRIO, Florianópolis. *Anais* (CD-ROM), p.1-7.

MONICO, J.F.G. 2007. *Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações*. São Paulo, Editora UNESP, 476 p.

SEEBER, G. 2003. *Satellite Geodesy*. 2ª ed., Berlin-New York, Walter de Gruyter, 589 p.

Submitted on September 16, 2008

Accepted on December 09, 2008