

POSICIONAMENTO RELATIVO ESTÁTICO COM RECEPTOR GPS DE NAVEGAÇÃO

Daniel Mottin Soares¹, Marcelo Tomio Matsuoka², Sérgio Florêncio de Souza²

¹ Curso de Engenharia Cartográfica, Instituto de Geociências, Departamento de Geodésia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. {dmsouares@yahoo.com}

² Laboratório de Pesquisas em Geodésia (LAGEO), Instituto de Geociências, Departamento de Geodésia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. {tomio.matsuoka@ufrgs.br ; sergio.florencio@ufrgs.br}

RESUMO: O uso convencional de um receptor GPS de navegação possibilita obter normalmente posições com precisão métrica, no qual o receptor faz uso da pseudodistância (C/A) para realizar o posicionamento por ponto (absoluto) simples. O receptor não armazena as informações provenientes de pseudodistância e fase da onda portadora em L1, impossibilitando um pós-processamento utilizando métodos mais precisos de posicionamento, como é o caso do posicionamento relativo. Este trabalho apresenta um protótipo capaz de coletar e armazenar as observações de pseudodistância e fase da onda portadora recebidas por um receptor GPS de navegação. O protótipo é uma alternativa de baixo custo para o posicionamento por GPS devido a maneira que é concebido. Após a coleta em campo, um aplicativo computacional livre específico é utilizado para extrair as informações advindas dos sinais dos satélites GPS e armazená-las em um arquivo digital. A seguir, este arquivo é transformado com o uso de outro programa livre para o formato RINEX, possibilitando realizar o processamento dos dados utilizando o método de posicionamento relativo. Os resultados obtidos do posicionamento relativo estático com linhas-base curtas utilizando os dados do protótipo desenvolvido conseguiram, na maioria dos casos, obterem qualidade decimétrica e centimétrica, quando comparados aos resultados advindos de um receptor Topográfico. 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 chaves: GPS, receptor de navegação, posicionamento relativo.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de receptores de navegação do Sistema de Posicionamento Global (GPS – *Global Positioning System*) nos dias de hoje está muito difundida nos mais variados segmentos da sociedade. Um dos motivos que contribuiu para este fato foi a desativação pelo Governo Norte-Americano em Maio de 2000 da técnica proposital de deterioração da acurácia do GPS chamada *Selective Availability* (SA). Quando ela estava ativada, a acurácia instantânea proporcionada pelos receptores de navegação era em torno de 100 e 140 m para a posição horizontal e vertical, respectivamente, com 95% de nível de confiança (MONICO, 2007). Atualmente, com a desativação da SA, a acurácia média global da posição instantânea obtida pelos receptores de navegação é menor do que 13 m e 22 m, respectivamente para posicionamento horizontal e vertical com 95% de probabilidade (SEEBER, 2003).

Os receptores de navegação usam o posicionamento por ponto (absoluto) simples em tempo real para fornecer a sua posição instantaneamente. No entanto, eles não são capazes de armazenar as observáveis de pseudodistância e/ou fase da onda

portadora (também chamados popularmente de “dados brutos”) transmitidas pelos satélites GPS, impossibilitando o seu uso em outra gama de atividades de posicionamento que exige maior precisão e acurácia.

Após a divulgação pelo fabricante de receptores GARMIN, do protocolo de entrada e saída de dados de alguns modelos de seus receptores de navegação GPS, foram desenvolvidos programas de computador capazes de obter os dados brutos advindos dos receptores desta marca. Estes programas possibilitam extrair as informações necessárias para a geração de um arquivo de dados brutos de receptores de navegação possibilitando realizar o pós-processamento, e portanto, técnicas mais adequadas de posicionamento, como o posicionamento relativo.

A motivação principal deste trabalho é mostrar a possibilidade de se adquirir, com baixo custo, coordenadas com níveis de acurácia melhores que os convencionalmente obtidos dispondo de receptores de navegação.

Neste trabalho, os experimentos realizados tiveram como objetivo realizar o posicionamento relativo estático com linhas-base curtas, utilizando os dados GPS adquiridos pelo protótipo desenvolvido, tendo como ponto base a estação POAL da RBMC

(Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) cujos dados são disponíveis gratuitamente pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Os mesmos pontos foram ocupados também por um receptor GPS Topográfico, equipamento normalmente utilizado para realizar o posicionamento relativo em linha-base curta. Os resultados de ambos, com o protótipo desenvolvido com receptor de navegação e com o uso do receptor Topográfico, foram comparados.

É importante salientar que este trabalho não tem a pretensão de sugerir a substituição dos receptores Topográficos por equipamentos de navegação, muito menos fazer a divulgação ou propaganda da marca GARMIN. A qualidade posicional gerada pelos receptores Topográficos acredita-se ser sempre superior às originadas pelos receptores de navegação. Além disso, em diversas atividades de cunho oficial, existem Normas Técnicas que devem ser seguidas e respeitadas, e desta forma, não se tem a mínima pretensão de sugerir o uso imediato deste protótipo contrapondo qualquer Norma Técnica Oficial vigente.

2. REVISÃO: TRABALHOS DESENVOLVIDOS SOBRE O TEMA

Vários trabalhos nacionais e internacionais já foram desenvolvidos sobre o tema, e serão citados na seqüência.

O autor dos programas ASYNC e GAR2RNX usados neste trabalho, Professor Antonio Taberero Galán (GALÁN, 2002), produziu alguns experimentos utilizando seus programas para a geração de arquivos de observação GPS de receptores de navegação. Seus experimentos foram de dois tipos. O autor usou um protótipo contendo um notebook conectado a um receptor GARMIN GPS 12 e seu software ASYNC instalado, o qual coleta as informações de fase da onda portadora e pseudodistância (código C/A) e os armazena num arquivo binário no computador portátil. Após a coleta é usado o outro software (GAR2RNX) para converter esse arquivo binário em um arquivo RINEX para o pós-processamento. No primeiro experimento foram realizadas coletas em 7 dias, sendo 8 seções em cada dia. O autor usou o processamento relativo estático usando três soluções que o software de processamento utilizado fornece e comparou os resultados. O outro experimento realizado simulou uma pequena rede usando dois protótipos ocupando dois pontos, e montando três linhas-base, uma entre os dois protótipos e as outras duas usando uma estação permanente ligando cada um dos protótipos. Os resultados mostraram precisão planimétrica decimétrica. O autor fez ressalvas quanto aos cuidados de multicaminho, além de outras precauções, pois em alguns casos atingiu-se acurácias em torno do metro.

Um trabalho argentino sobre o tema foi desenvolvido por Gende et. al. (2006). A investigação 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. As variações de

ocupação variam de 30 min para as linhas de base de até 30 km e maiores que 60 min para as linhas de base maiores que 30 km. Ressalta-se aqui que os resultados foram efetivados retirando-se os problemas de ruídos e trechos de observações que pudessem piorar a qualidade dos resultados.

O pioneiro brasileiro no estudo do tema é o Grupo de Estudo em Geodésia Espacial (GEGE) da Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP) (Guimarães e Camargo, 2007; Camargo et al., 2005; Florentino et al., 2005; Florentino e Camargo, 2005; Camargo et al., 2003). Citando um dos últimos trabalhos, Guimarães e Camargo (2007) avaliaram o protótipo desenvolvido com o receptor de navegação e antena externa na utilização em trabalhos de georreferenciamento de imóveis rurais, relativo à Lei nº 10.267. Vários pontos foram coletados com tempos de observações de 30 min variando-se as linhas de base de 20 m até 20 km. Após o processamento dos dados que exigiu uma certa experiência, pois alguns dados tinham muitos ruídos, todos os pontos ficaram com precisão e acurácia abaixo de 50 cm e não mostraram correlação com os tamanhos das linhas de base. Os autores recomendam a continuidade nos estudos sobre esta tecnologia que, além do baixo custo, apresenta muitas possibilidades no que diz respeito a precisões decimétricas.

Nessa mesma linha de pesquisa tem-se o trabalho de Kruger e Tranches (2006). Os resultados do posicionamento relativo estático obtidos com o protótipo desenvolvido foram comparados com as coordenadas de alguns marcos geodésicos de redes geodésicas de instituições públicas do Paraná. As acurácias planimétricas foram inferiores a 26,2 cm e os erros relativos bidimensionais (desvios) nas 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.

3. APLICATIVOS COMPUTACIONAIS: ASYNC E GAR2RNX

ASYNC e GAR2RNX são aplicativos livres desenvolvidos na Escola Politécnica de Madri pelo professor Antonio Taberero Galán (GALÁN, 2002). Com o documento publicado pela empresa Garmin (1999) tornou-se possível interpretar os dados transmitidos pela saída serial do receptor de navegação no instante de funcionamento. Estes dados transmitidos, na literatura também denotados por dados brutos, são fundamentais para a realização do pós-processamento.

Os aplicativos computacionais desenvolvidos por Galán (2002) estão escritos na linguagem C e são disponibilizados na internet juntamente com seus códigos fonte. Esses programas são usados na captura dos dados brutos e na conversão destes dados em formato RINEX. O aplicativo ASYNC gera um arquivo binário com as informações necessárias para a criação do arquivo RINEX. O programa GAR2RNX converte o

arquivo binário gerado pelo ASYNC em um arquivo no formato RINEX. Ao final, tem-se um arquivo de observação no formato RINEX contendo as observáveis de pseudodistância (C/A) e fase da onda portadora em L1 advindos de receptor de navegação.

Os aplicativos podem ser adquiridos no endereço: (<http://artico.lma.fi.upm.es/numerico/miembro/s/antonio/async/>). Conectado o receptor de navegação a um computador (notebook, handheld,), pode-se proceder a aquisição das observáveis GPS com o aplicativo ASYNC. Os aplicativos tem versões para os sistemas DOS e LINUX, sendo utilizado neste trabalho a versão DOS. A partir, por exemplo, do comando:

“ASYNC -P COM4 -A -R -RINEX -T 3600”,

se busca na porta serial COM4 do computador as informações transmitidas pelos satélites GPS (os dados brutos recebidos). A opção, “-A” armazena em hexadecimal as informações binárias recebidas. Na sequência, a opção “-R” padroniza a requisição no tipo hexadecimal especificado pela opção anterior. A opção “-RINEX” filtra somente as informações essenciais para a geração do arquivo RINEX. O parâmetro que define o tempo de coleta do levantamento, é “-T tttt” (onde tttt é o tempo em segundos, no caso do exemplo, 1 hora de coleta).

O nome do arquivo gerado é o valor do segundo da semana GPS no instante em que o programa ASYNC é 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 comando gera o arquivo de navegação (efemérides transmitidas) e o segundo gera o arquivo de observação. A opção -ETREX, obviamente, significa que o receptor GARMIN de navegação utilizado é um modelo conhecido como eTrex.

4. PROTÓTIPO DESENVOLVIDO

O protótipo desenvolvido, denominado aqui por SISTEMA DE COLETA DE DADOS DE RECEPTOR DE NAVEGAÇÃO (SCDRNav), é composto por um notebook, um receptor GPS de navegação modelo eTrex Summit da marca GARMIN, cabos de conexão entre receptor e computador e o software ASYNC. Procurou-se aqui desenvolver o protótipo pela maneira mais simples, ou seja, o presente trabalho buscou montar um protótipo de baixo custo financeiro. Conseqüentemente este protótipo possui algumas limitações devido à adaptabilidade dos equipamentos utilizados na sua montagem. Um exemplo é a baixa autonomia do protótipo, que depende da bateria do Notebook utilizado, que possui capacidade de funcionamento de aproximadamente 2 horas. Outra

limitação é quanto à antena, uma vez que não se utiliza nenhuma antena externa. Para este trabalho a idéia era justamente avaliar um protótipo da forma mais simples, com o mais baixo custo.

A figura 1 apresenta o protótipo desenvolvido em coleta de dados.



Fig. 1 – SCDRNav em coleta de dados

O sistema é utilizado para coleta de dados GPS advindos de receptor de navegação. O programa ASYNC, previamente instalado no notebook, recebe os dados provenientes do receptor através da saída serial. O programa ASYNC os interpreta e armazena em um arquivo binário no computador portátil. Os dados brutos recebidos são as pseudodistâncias sobre o código C/A e as fases da onda portadora L1, porém em formato binário. Estes arquivos binários são convertidos posteriormente para o formato RINEX com o uso do programa GAR2RNX. Na tabela 1 é apresentado o custo aproximado do protótipo desenvolvido.

TABELA 1 - CUSTO APROXIMADO DO SCDRNav

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

5. EXPERIMENTO, RESULTADOS E ANÁLISES

O experimento realizado teve como objetivo comparar os resultados do posicionamento relativo estático em uma linha-base curta utilizando como rover o protótipo desenvolvido (SCDRNav) e um receptor Topográfico. Como estação base foi utilizada a estação

POAL da RBMC. O receptor Topográfico utilizado é da marca Thales Navigation/Ashtech, modelo PROMARK II. Desta forma, o objetivo foi analisar as discrepância entre os resultados do SCDRNav com relação aos obtidos com um receptor (Topográfico) que convencionalmente é utilizado em posicionamento relativo de base curta.

Foram ocupados 22 pontos com ambos os receptores, o SCDRNav e o Topográfico, com tempo de coleta de 1 hora para cada ponto. A tabela 2 apresenta as coordenadas geodésicas dos pontos e o comprimento da linha-base formada com relação à estação POAL.

TABELA 2 – PONTOS OCUPADOS (Coordenadas obtidas com a ocupação do receptor Topográfico)

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

Após a coleta dos dados, realizou-se o processamento das linhas-base utilizando o software GPSurvey versão 2.35a. No processamento foram utilizadas as efemérides transmitidas. Foram adotadas as coordenadas da base POAL referenciadas ao SIRGAS2000. As coordenadas obtidas de cada ponto, com o SCDRNav e com o receptor Topográfico, foram comparadas.

A tabela 3 apresenta as diferenças entre as coordenadas estimadas pelo SCDRNav e pelo receptor topográfico, considerando 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), bem como 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.

TABELA 3 – DIFERENÇAS ENTRE OS RESULTADOS DE SCDRNav E RECEPTOR TOPOGRÁFICO – POSICIONAMENTO RELATIVO (BASE: POAL)

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

Analisando os valores da tabela 3, com relação às diferenças planimétricas das coordenadas estimadas por ambos receptores, verificam-se a variação no intervalo de 0,011 m até 0,693 m.

Calculando com base nos resultados de todos os pontos o Erro Médio Quadrático (EMQ), tem-se para a planimetria um EMQ de 0,251 m, e para a altitude geométrica de 1,079 m.

Em outra análise efetuada sobre os valores da tabela 3 pode-se concluir que:

- 90% dos pontos comparados atingiram diferenças abaixo de 0,452 m em planimetria e 2,036 m em altimetria;
- 80% dos pontos apresentaram diferenças abaixo de 0,322 m em planimetria e 2,008 m em altimetria;
- 70% dos pontos ficaram abaixo de 0,236 m em planimetria e 0,797 m em altimetria;
- 60% ficaram abaixo de 0,067 m em planimetria e 0,392 m altimetria e;
- 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 que de uma forma geral

obteve-se para a posição horizontal diferenças decimétricas, e em, aproximadamente, 60% dos casos até centimétrica, quando se compara os resultados advindos do protótipo desenvolvido com o receptor de navegação (SCDRNav) com o do receptor Topográfico. Para a altitude geométrica, como já era esperado, as diferenças são maiores, ficando na ordem do decímetro até poucos metros.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A possibilidade de encontrar receptores comerciais de baixo custo que atinjam precisões decimétricas é inexistente no mercado atual. As possibilidades se restringem aos receptores de navegação que apresentam qualidade posicional de vários metros e os receptores Topográficos com qualidade de poucos centímetros. Sem considerar ainda os equipamentos de dupla frequência (geodésicos) que atingem qualidade posicional superior.

Neste artigo foi apresentado um protótipo desenvolvido para a obtenção das observações GPS de receptor de navegação. O protótipo é composto de um *notebook*, um receptor de navegação modelo eTrex Summit da marca GARMIN, conectado por cabos. Com o uso dos aplicativos computacionais ASYNC e GAR2RNX (desenvolvidos por GALAN, 2002) podem-se obter ao final os arquivos de observação no formato RINEX do receptor de navegação, possibilitando realizar o processamento do posicionamento relativo.

O experimento realizado neste trabalho, consistiu em analisar e comparar os resultados do posicionamento relativo estático de linha-base curta advindos do protótipo desenvolvido (que recebeu o nome de SCDRNav) e de um receptor Topográfico. A estação base foi a POAL da RBMC.

Os resultados mostram que de uma forma geral obteve-se para a posição horizontal diferenças decimétricas, e em, aproximadamente, 60% dos casos até centimétrica. Para a altitude geométrica, as diferenças foram maiores, ficando na ordem do decímetro até poucos metros.

É importante ressaltar que o protótipo desenvolvido não utiliza antena externa, havendo, desta forma, limitações da qualidade, principalmente devido à efeitos de multicaminho e centragem e nivelamento da antena interna do receptor de navegação nos pontos. Porém, para este trabalho o que se procurou testar era a montagem de um protótipo da maneira mais simples e com o menor custo possível. Em trabalhos futuros pretende-se utilizar um tripé e desenvolver uma base nivelante para o receptor de navegação para poder fazer a centragem e o nivelamento, bem como, se afastar do solo.

Também, pretende-se em outros experimentos avaliar linhas-base maiores e realizar ocupação em pontos com coordenadas conhecidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARGO, P.O.; FLORENTINO, C.; GUIMARÃES, G.N.. Georreferenciamento de imóveis rurais com receptores GPS de navegação. XVII Congresso Brasileiro de Cartografia, 2005, Macaé. **Anais**. 2005.

CAMARGO, P.O.; REDIVO, I.A.C.; FLORENTINO, C.. Posicionamento com Receptores GPS de Navegação. XXI Congresso Brasileiro de Cartografia, 2003, Belo Horizonte. **Anais**. 2003.

FLORENTINO, C.; CAMARGO, P.O.. Avaliação da qualidade do posicionamento relativo estático com receptor GPS de navegação. IV Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 2005, Curitiba. **Anais**. 2005.

FLORENTINO, C.; CAMARGO, P.O.; PEREIRA, A.A.; GUIMARÃES, G.N.. Cálculo de áreas a partir de coordenadas obtidas do posicionamento relativo com receptor GPS de navegação. XXII Congresso Brasileiro de Cartografia, 2005, Macaé. **Anais**. 2005.

GALÁN, A . T.. **Obtaining Raw Data Form Some Garmin Units** – Disponível on-line: <http://artico.lma.fi.upm.es/numerico/miembros/antonio/async/> - acesso em maio de 2008.

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

GUIMARÃES, G.N.; CAMARGO, P. O.. Avaliação da Potencialidade do Posicionamento com Receptores GPS de Navegação em Atendimento ao Georreferenciamento de Imóveis Rurais. II Simpósio Brasileiro de Geomática e V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 2007, Presidente Prudente. **Anais**. p. 592-597. 2007

KRUEGER, C.P.; TRANCHES, S.. 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 Multifinalitário, Florianópolis. **Anais**. 2006.

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

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