

## Posicionamento Relativo Cinemático com Receptor de Navegação Garmin GPS 12XL

**Prof. Paulo de Oliveira Camargo<sup>1</sup>**  
**Christopher Florentino<sup>2</sup>**  
**Eng. Cart. Igor André Cubateli Redivo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Depto de Cartografia  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas

<sup>2</sup> Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica – Bolsista PIBIC/CNPq  
Rua Roberto Simonsen, 305 - 19060-900 Presidente Prudente SP  
paulo@prudente.unesp.br; christophersjc@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Fundação Atech – Tecnologias Críticas  
Rua do Rocio, 313 – 11º andar - 04552-000 São Paulo SP  
iandre@atech.br

**Resumo:** A utilização dos receptores GPS de navegação está se tornando cada vez mais popular. Esses receptores estimam e armazenam as posições, mas não registram as observáveis, o que inviabiliza o pós-processamento dos dados. Programas foram desenvolvidos para extrair e registrar, num computador, as observáveis dos receptores de navegação, via porta serial, em tempo real. Assim é possível realizar o posicionamento absoluto, relativo ou diferencial, e melhorar o resultado. Neste trabalho apresenta a avaliação da qualidade do posicionamento relativo cinemático, a partir de dados coletados com o receptor de navegação. A avaliação da qualidade do posicionamento consistiu na análise da acurácia e precisão obtida da comparação dos resultados dos levantamentos realizados simultaneamente com o receptor Ashtech Reliance e Garmin GPS12XL. Os resultados mostram a potencialidade do receptor de navegação em posicionamento relativo cinemático pós-processado.

**Palavras chaves:** GPS, Posicionamento relativo, receptor GPS de navegação

**Abstract:** The use of hand-held GPS receivers is becoming very popular. They estimate and store the positions, but don't register the GPS observables, what makes unfeasible the post-processing of the data. Softwares were developed to extract and to record, in a computer, the observables of the navigation receivers, by serial port, in real time. Therefore, it is possible to accomplish the absolute, relative or differential positioning, and to improve the results. The objective of this paper is to test the quality of the kinematic relative positioning using data collected with such kind of GPS receivers. The quality of the positioning consisted of the analysis of the accuracy and precision of the surveying results accomplished simultaneously with the Ashtech Reliance and Garmin GPS 12XL receivers. The results indicate the potentiality of the navigation GPS receivers in post-processed kinematic relative positioning.

**Keywords:** GPS, relative positioning, hand-held GPS receiver

## 1 Introdução

O NAVSTAR-GPS (*NAVigation Satellite with Time And Ranging – Global Positioning System*), ou simplesmente GPS, é um sistema global de navegação por satélite capaz de proporcionar posicionamento 3-D, com precisão que varia de poucos milímetros, até alguns metros. Nos últimos anos, devido à acurácia do sistema e do desenvolvimento da tecnologia envolvida nos receptores GPS, uma grande comunidade usuária emergiu dos mais variados segmentos da comunidade civil (navegação, georreferenciamento, posicionamento topográfico e geodésico, agricultura de precisão, etc.).

Com a modernização do sistema GPS, conseqüentemente a desativação da *Selective Availability* (SA), ocorrida em 2000, a utilização de receptores GPS de mão ou navegação está se tornando cada vez mais popular. Porém esses receptores estimam e armazenam as posições, mas não registram as observáveis (pseudodistâncias e fase da portadora  $L_1$ ), o que inviabiliza um pós-processamento dos dados.

O Instituto de Engenharia de Levantamento e Geodésia Espacial (IESSG), da Universidade de Nottingham, com a divulgação do protocolo de entrada e saída do receptor Garmin GPS (Garmin Corporation, 1998), desenvolveu um programa comercial conhecido como GRINGO (*GPS Rinex Generator*) para extrair e registrar as observáveis (código C/A e fase de portadora  $L_1$ ) dos receptores GPS de navegação, com objetivo de possibilitar o pós-processamento dos dados para remover o efeito da SA e outros erros, sem ter que investir em um equipamento para receber as correções DGPS ou um receptor GPS mais caro (Hill et al., 1999). A saída do software é dada no formato RINEX (*Receiver Independent Exchange*).

Também, encontram-se disponíveis na internet códigos e programas *freewares* que registram os dados brutos recebidos pelos receptores de navegação, pseudodistância e a fase portadora  $L_1$  e os transformam para o formato RINEX. Tais programas foram desenvolvidos na Universidade Politécnica de Madri, na Espanha, e são designados de ASYNC e GAR2RNX (Garmin to Rinex) (Galan, 2001). Eles são capazes, respectivamente, de ler e registrar em arquivos binários as informações referentes as observáveis GPS e de realizar a conversão do arquivo binário em arquivo no formato RINEX.

Os dados decodificados dos receptores GPS de navegação são transmitidos para o computador, via porta serial, em tempo real. Em combinação com um simples coletor de dados ou notebook, os programas tornam os usuários de receptores GPS de navegação capazes de realizarem uma série de atividades e aplicações. Então, com um programa apropriado, pode se realizar o posicionamento por ponto pós-processado, melhorando assim a acurácia e precisão do posicionamento com receptor GPS de navegação. Também, pode-se combinar as pseudodistâncias com arquivos de dados coletados em outros receptores, e realizar o posicionamento relativo ou diferencial.

Utilizando o software GRINGO, Hill et al. (1999) realizou experimentos utilizando as pseudodistâncias coletadas e fazendo pós-processamento no modo diferencial obteve coordenada com acurácia da ordem de 10 m, ou melhor. Estes resultados foram obtidos em período que a SA estava ativada, e proporcionava acurácia da ordem de 100 m com receptores de mão. Galan (2001), que juntamente com sua equipe desenvolveu os programas ASYNC e GAR2RNX, conseguiram discrepâncias máximas entre 0.30-0.35 m nas coordenadas XYZ, no posicionamento relativo, em linha de base com 35 km, utilizando efemérides precisas. Também, Santos et al. (2002) realizou experimentos, com linhas de base com comprimento máximo de 13.9 km e o erro foi menor do que 0.21 m em planimetria e 0.35 m em altimetria. Experimentos utilizando o posicionamento absoluto e relativo estão sendo realizados na FCT/UNESP, e os resultados são promissores (Redivo, 2003 e Camargo et al., 2003a e 2003b). Assim, com um orçamento limitado tem os meios de conseguir níveis melhores de acurácia e precisão com receptores de navegação.

Neste trabalho, tem-se como objetivo a avaliação da qualidade do posicionamento relativo cinemático pós-processado, a partir de dados coletados com receptor de navegação Garmin GPS 12XL. A avaliação do levantamento com o receptor GPS de navegação consistirá da comparação dos resultados obtidos no levantamento cinemático realizado simultaneamente com o receptor Garmin GPS 12XL e Ashtech Reliance.

## 2 Posicionamento com GPS

O posicionamento, que consiste da determinação da posição de objetos, parados ou em movimento, na superfície terrestre ou próximo a ela, utilizando GPS pode ser realizado na forma absoluta, relativa ou DGPS (*Differential GPS*). No posicionamento absoluto ou por ponto necessita-se de apenas um receptor, e a posição do ponto é determinada em tempo real ou pós-processada, no sistema de referência vinculado ao GPS, ou seja, o WGS 84 (*World Geodetic System – 84*). Este método de posicionamento é muito utilizado em navegação e levantamentos expeditos. No posicionamento relativo o usuário deve dispor de no mínimo dois receptores, ou utilizar apenas um, e dispor de dados obtidos de uma ou mais estações de referência dos Sistemas de Controle Ativos (SCA), como por exemplo, da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC) (Fortes, 1997). Neste método a posição de um ponto é determinada em relação à de outro(s), cujas coordenadas são conhecidas. As coordenadas do(s) ponto(s) conhecido(s) devem estar referenciadas ao WGS 84, ou a um sistema compatível, como o ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*). No DGPS, um receptor GPS é estacionado numa estação de referência onde são calculadas correções de coordenadas ou de pseudodistâncias, que são transmitidas para os usuários da estação a ser posicionada. Este método foi desenvolvido visando reduzir os efeitos da SA imposta ao GPS no modo absoluto. É uma técnica que não só melhora a acurácia, mas também a integridade do GPS. Estando a estação base localizada nas proximidades da região de interesse, há uma forte correlação entre os erros calculados na estação base e os erros da estação móvel. (Monico, 2000).

Na literatura, algumas vezes é verificado que o DGPS e o posicionamento relativo são tratados como sinônimos. No entanto, trata-se de dois métodos distintos. Enquanto que no método relativo existe um vetor ligando as duas estações, no DGPS são aplicadas as correções calculadas na estação base (método absoluto) em um receptor móvel (Monico, 2000).

Quando o objeto a ser posicionado esta em movimento, deve-se aplicar as técnicas de posicionamento relativo cinemático ou DGPS, onde um receptor permanece fixo num ponto com coordenadas conhecidas, e o outro se desloca sobre as feições ou trajetória de interesse para a coleta de dados. A estação de referência deve ser instalada próxima ao local do levantamento, visando reduzir, principalmente, os efeitos da ionosfera quando são utilizados receptores GPS de uma frequência (Camargo, 1999). O posicionamento relativo cinemático pode ser em tempo real (RTK – *Real Time Kinematic*) ou pós-processado.

## 3 Registro das Observáveis GPS Obtidas com Receptores de Navegação

Os receptores GPS de mão ou navegação não registram as observáveis (pseudodistâncias e fase da onda portadora  $L_1$ ), o que inviabiliza o pós-processamento dos dados. Neste sentido, foram desenvolvidos alguns programas para extrair e registrar as observáveis dos receptores de navegação GPS GARMIN<sup>®</sup>. Os dados decodificados dos receptores são transmitidos para o computador, via porta serial, em tempo real. Assim é possível realizar o posicionamento absoluto, relativo ou diferencial, e melhorar a acurácia e precisão do posicionamento.

### 3.1 Programa GRINGO

O Instituto de Engenharia de Levantamento e Geodésia Espacial (IESSG), da Universidade de Nottingham, desenvolveu o programa comercial GRINGO (GPS Rinex Generator) para extrair e registrar as observáveis da portadora  $L_1$  dos receptores GPS de navegação da marca GARMIN<sup>®</sup>. Este programa foi, inicialmente, desenvolvido para ser usado com receptor Garmin GPS 12XL, porém pode-se trabalhar da mesma maneira com a maioria de modelos de receptores Garmin GPS de 12 canais (GRINGO Software, 2003).

Os dados decodificados do receptor GPS de navegação são transmitidos para o computador em tempo real, via porta serial, e gravados no disco rígido do computador ou notebook. A saída do software é dada no formato RINEX. Antes de iniciar a coleta, é possível definir alguns parâmetros desta, como por exemplo: altura e tipo de antena, taxa de observação (1s, 5s, 10s, etc.).

### 3.2 Programas ASYNC e GAR2RNX

Os programas *freewares* ASYNC e GAR2RNX foram desenvolvidos pelo professor Antonio Taberno Galan, da Universidade Politécnica de Madri, Espanha (Galan, 2001). O programa ASYNC, disponível na internet, é capaz de ler e registrar em arquivos binários as observáveis GPS da portadora  $L_1$ , transmitida pela porta de comunicação do aparelho receptor Garmin ao computador, via cabo serial. Posteriormente ao rastreamento, utiliza-se o programa GAR2RNX que promove a conversão do arquivo binário das observáveis em arquivos de texto no formato RINEX.

### 4 Posicionamento Relativo Cinemático

Com objetivo de avaliar a qualidade do posicionamento relativo cinemático pós-processado foi realizado um levantamento simultâneo com os receptores Garmin GPS 12XL e Ashtech Reliance, com as antenas colocadas no teto de um carro e separadas de 0,72 m. O levantamento foi realizado durante 40 minutos, das 15:42 as 16:22 horas TU, do dia 12 de abril de 2003, com taxa de coleta de 1 segundo, e o carro numa velocidade aproximada de 2 Km por hora. O programa ASYNC foi utilizado para extrair e registrar as observáveis da portadora  $L_1$  do receptor de navegação e gravar no disco rígido de um notebook e o programa GAR2RNX para converter os dados coletados em RINEX.

Como referência para avaliação da qualidade do posicionamento cinemático realizado com o receptor de navegação tem o resultado do levantamento com o receptor GPS Ashtech Reliance. Os dados coletados foram processados com o programa *GPSurveyO 2.35a* da *Trimble Navigation* e como referência foi utilizado a estação UEPP da RBMC, cujas observações coletadas a cada 15 segundos foram interpoladas para intervalos 1 segundo. As ambigüidades foram fixadas com inteiras no processamento dos dados coletados com o receptor GPS Ashtech Reliance e *float* com o receptor Garmin GPS 12XL. A figura 1 mostra o levantamento realizado e parte de uma foto da área.

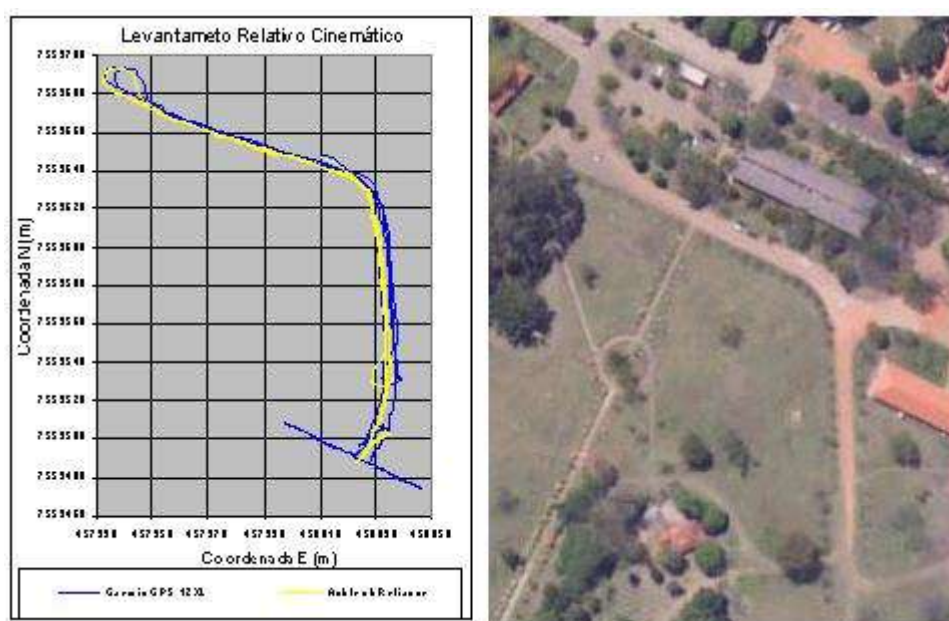


Figura 1: Levantamento relativo cinemático e foto da área

A análise da qualidade do posicionamento relativo cinemático com o receptor Garmin GPS 12XL será realizado por meio da distância obtida entre as posições simultaneamente determinadas no processamento, com a efetivamente medida, e considerada como verdadeira. A distância considerada verdadeira foi medida com um trena no momento da montagem dos equipamentos para a realização do levantamento. Também será utilizado como parâmetro para avaliação do levantamento os elementos fornecidos no processamento dos dados. Na figura 2 é apresentado o erro médio quadrático (RMS) e na figura 3 a diluição da precisão relativa (RDOP) do processamento dos dados coletados com o receptor GPS Ashtech Reliance e Garmin GPS 12XL, respectivamente.

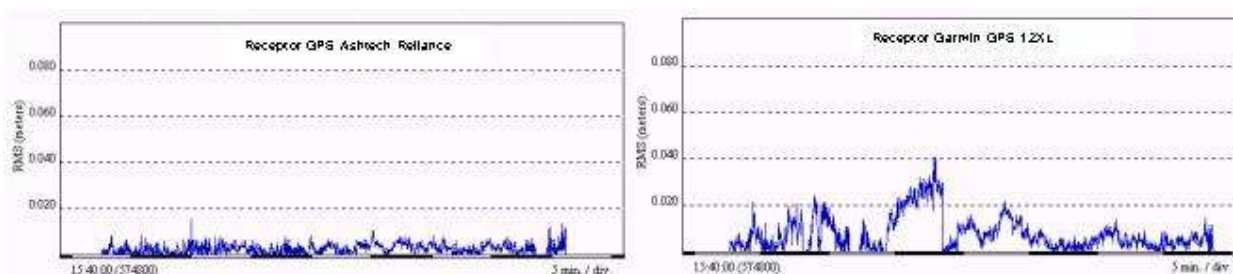


Figura 2: RMS do processamento relativo cinemático

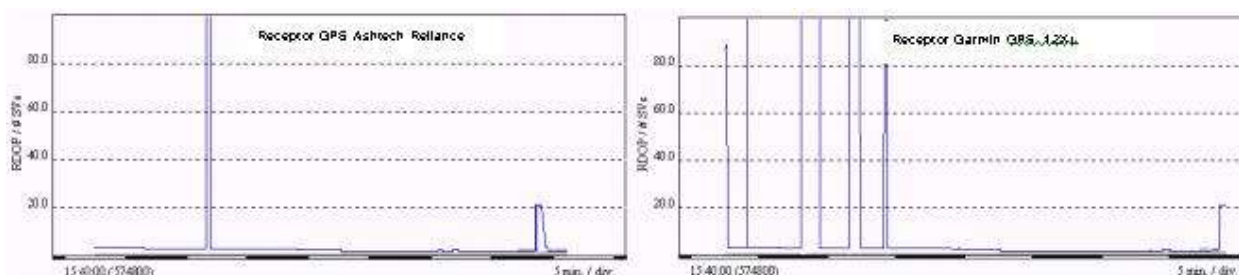


Figura 3: RDOP do processamento relativo cinemático

Na figura 4, encontra-se a discrepância entre a distância considerada verdadeira e as obtidas a partir do posicionamento ao longo da trajetória, com o receptor GPS Ashtech Reliance e com o Garmin GPS 12XL. Essas distâncias foram calculadas a partir das posições estimadas com esses receptores, utilizando o tempo como fator que as definem como simultâneas.

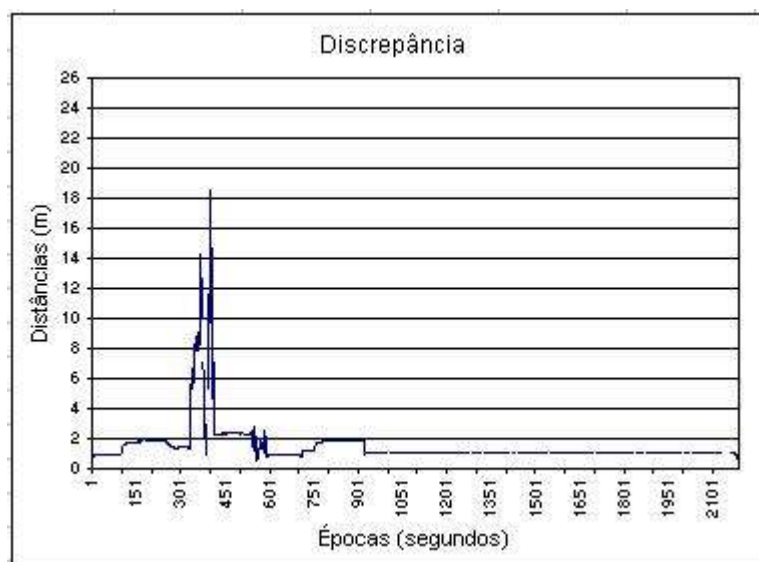


Figura 4: Discrepâncias das posições determinadas simultaneamente

Analisando a figura 2 nota-se que o erro médio quadrático (RMS), que expressa a acurácia dos pontos com 68,3% de probabilidade, do levantamento com o receptor GPS Ashtech Reliance foi da ordem de 0,01 m e com o Garmin GPS 12XL abaixo de 0,02 m, exceto um pequeno trecho do levantamento que atingiu o valor de 0,04 m.

Nota-se na figura 3 que a diluição da precisão relativa (RDOP) atingiu alguns valores altos durante o levantamento. Uma análise dos resultados, juntamente com a foto da área onde foi realizado o

levantamento (figura 1), mostra que os valores foram influenciados por perda de ciclos, devido à região sul da área ser obstruída por um árvore grande porte, interferindo na coleta dos dados, justamente no início do trabalho.

Isto também pode ser observado no resultado apresentado na figura 4, que mostra uma correlação com o RDOP, principalmente com o do processamento do Garmin GPS 12XL. A partir da época 920, verifica-se que o levantamento apresenta uma discrepância nas distâncias menores do que 1,5 m, que neste caso representa a acurácia do levantamento cinemático realizado com receptor de navegação Garmin GPS 12XL.

## 5 Considerações e Conclusões

Com um receptor GPS de navegação, juntamente com os programas ASYNC e GAR2RNX em combinação com um notebook, é possível realizar variedade de atividades e aplicações, em função do resultado pretendido, utilizando o posicionamento relativo cinemático. Dentre as atividades podem estar à agricultura de precisão, levantamentos cadastrais e com um programa apropriado a coleta de atributos para SIG, pois os resultados obtidos nos experimentos realizados são promissores. Além da integração de dados provindo de diferentes receptores, utilizando o formato RINEX.

Vale salientar que os dados do Garmin GPS 12XL apresentam muitos ruídos, e que também não se tem definido o centro de fase da antena e nem o seu centro geométrico.

Tem-se como meta, para trabalhos futuros, a continuidade da avaliação do posicionamento relativo cinemático, bem como levantamento semicinemático utilizando receptor de navegação.

## 6 Referências Bibliográficas

**Camargo, P.O.:** Modelo Regional da Ionosfera para uso em Posicionamento com Receptores de uma Frequência. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

**Camargo, P.O.; Redivo, I.A.C.; Florentino, C.:** Posicionamento com Receptores GPS de Navegação. In: XXI Congresso Brasileiro de Cartografia, Belo Horizonte, 29 de Setembro a 03 de Outubro, 2003, CD ROM - CBC, Belo Horizonte, 2003.

**Camargo, P.O.; Redivo, I.A.C.; Florentino, C.:** Posicionamento Relativo com Receptor de Navegação Garmin GPS 12XL. In: VI Taller International "Informática y Geociencias", Havana, November 24-27, 2003, Revista Electronica – Memorias de GEOINFO'2003, Havana, Cuba, 2003.

**Fortes, L.P.S.:** Operacionalização da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RMBC). Dissertação (Mestrado), Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 1997.

**Galan, A.T.:** Obtaining Raw Data Form Some Garmin Units. [www.artico.lma.fi.upm.es/numerico/miembros/antonio/async](http://www.artico.lma.fi.upm.es/numerico/miembros/antonio/async), acesso em 10/07/2003.

**Garmin Corporation:** GARMIN GPS Interface Specification. Garmin Corporation, Olathe, Kansas, USA, 1998.

**GRINGO:** GRINGO Software. [www.nottingham.ac.uk/ieessg/gringo](http://www.nottingham.ac.uk/ieessg/gringo), acesso em 10/07/2003.

**Hill, C.J.; Moore, T.:** GRINGO – A RINEX Logger For Hand-held GPS Receivers. In: 12<sup>TH</sup> International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute de Navigation, Nashville, September 14-17, 1999, CD ROM, Nashville, Tennessee, ION GPS-99, 1999.

**Monico, J.F.G.:** Posicionamento pelo NAVSTAR - GPS: Fundamentos, Definição e Aplicação. Ed. Unesp, São Paulo, 2000.

**Redivo, I.A.C.:** Posicionamento Preciso Utilizando Receptor GPS de Navegação. Iniciação Científica (PIBIC/CNPq), Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2003.

**Santos, A.A.; Flor, C.D.R.V.; Lins, F.J.C.C.:** Avaliação de Precisão de Receptores GPS de Navegação Através da Portadora L<sub>1</sub> Para Fins de Cadastro. In: 4<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, 06 a 10 de Outubro, 2002, CD ROM - COBRAC, Florianópolis, 2002.