

INCERTEZA E PRECISÃO DE UM RECEPTOR MANUAL DE SINAIS DE SATÉLITES (SISTEMA NAVSTAR-GPS), SEM CORREÇÃO DIFERENCIAL

UNCERTAINTY AND PRECISION OF A MANUAL SATELLITE RECEIVER (NAVSTAR-GPS) WITHOUT DIFFERENTIAL CORRECTION

Hevandro Colanhese Delalibera¹, Pedro Henrique Weirich Neto^{1*}, Joelcio Eurich¹, Ângelo Rafael Chiquette Lopes¹

^{1*} Autor para contato: Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola (Lama), Campus em Uvaranas, Ponta Grossa, PR, Brasil; (42) 3220-3092; e-mail: lama1@uepg.br

Recebido para publicação em 17/10/2006

Aceito para publicação em 07/12/2006

RESUMO

Baseadas nos conceitos de uso racional dos recursos naturais, novas técnicas agronômicas, como o manejo localizado do solo e das culturas, são estudadas. Esse processo é otimizado pela utilização dos receptores de navegação por sinais de satélites. Com o objetivo de minimizar o custo da aplicação dessa tecnologia, foram estudados um receptor etrex[®]/Garmin sem correção diferencial do Sistema NAVSTAR-GPS e a versão gratuita do programa computacional GPS TrackMaker[®]. Foram adotadas como referência, as coordenadas de dois marcos, sendo o ponto 1 referência do DATUM SAD 69 e o ponto 2 referenciado pelo IBGE. Com o receptor situado sobre o marco, respeitado o período de 3 a 5 minutos, foram realizadas leituras das coordenadas dos pontos durante o período de um ano. De posse dos valores das coordenadas, estimou-se um erro escalar e um vetorial para a acurácia. No ponto 1, observou-se uma média de erro de 4,49 m, mostrando 68,26% de probabilidade de uma coordenada determinada ter um erro entre 2,33 e 6,65 m. No ponto 2, encontrou-se média de erro de 3,42 m e intervalo entre 1,28 e 5,56 m. Para o erro vetorial, o ponto 1 apresentou mediana de 103,38° e distância entre quartis de 57,55° a 170,82°, e o ponto 2, mediana de 141,16° e quartis de 90,71° a 269,32°. Determinou-se também um erro escalar para a precisão, que no ponto 1 foi de 4,06 m, com intervalo entre 3,68 e 4,44 m e no ponto 2 foi de 3,07 m, com intervalo 2,67 a 3,50 m. Observou-se uma tendência de o receptor indicar os pontos a noroeste da coordenada correta, com alta incerteza e certo grau de precisão.

Palavras-chave: agricultura de precisão, variabilidade espacial, erro.

ABSTRACT

Based on the concepts of the rational use of natural resources, new agricultural technologies, such as precision farming, have been developed. The optimization of this process is ensured by the utilization of satellite signal receivers. With the objective of minimizing the costs of applying this technology, this paper studied the use of a hand-held etrex[®]/Garmin receiver without the NAVSTAR-GPS differential correction, and a gratuitous version of the GPS TrackMaker[®] software. The coordinates of two geographical marks were adopted as references: point 1 was the reference of DATUM SAD 69, and point 2 was referenced by IBGE. Data were collected during a period of one year, by placing the receiver over the mark and waiting for 3 to 5 minutes for a good satellite signal. With the data of the observations at hand, an error value was calculated and transformed into a scalar and a vectorial error, in order to determine accuracy. An average error of 4,49 m was observed at point 1, showing a 68,26% probability of a given coordinate having an error between 2,33 and 6,65 m. At point 2, the average error was of 3,42 m, and the interval was from 1,28 to 5,56 m. In relation to the vectorial error, point 1 had a median of 103,38° and a difference between quartiles from 57,55° to 170,82°. Point 2 had a median of 141,16° and a difference between quartiles from 90,71° to 269,32°. The scalar error, calculated to determine precision, was of 4,06 m at point 1, with an interval varying from 3,68 to 4,44 m, and of 3,07 m at point 2, with an interval that varies from 2,67 to 3,50 m. The receiver showed a tendency to indicate points northwest of the right coordinate, with a high degree of uncertainty.

Key words: precision framing, spatial variability, error.

Introdução

Com a preocupação de uso racional dos recursos naturais, visando melhores rendimentos, novas técnicas agrônômicas são estudadas, uma delas é o manejo localizado do solo e das culturas. Este processo pode ser viabilizado e otimizado pela utilização dos receptores de sinais de localização por satélites artificiais.

O sistema, de localização por sinais de satélites, mais utilizado atualmente é o Sistema de Posicionamento Global (NAVSTAR-GPS), que segundo Molin (2001), conta com duas opções comerciais, os receptores com e os sem correção diferencial de sinal. As diferenças entre estes são basicamente a incerteza da medição e o custo inicial. Tais diferenças existem, pois conforme Monico (2000), a utilização inicial era para fins estratégicos do exército dos EUA, e quando da liberação deste sinal para uso civil, por questões de

segurança, inseriu-se uma onda eletromagnética de interferência (Scramble), prejudicando a incerteza do sistema que elevou para uma faixa de 100 a 140m. A partir de maio de 2000, Bernardi & Landim (2002) relatam que algumas técnicas de deterioração proposital da incerteza para o uso civil foram abolidas, reduzindo o erro em torno de 10 vezes.

A incerteza depende de vários erros tais como erro do relógio do satélite e do receptor, devido à propagação das ondas na atmosfera (refração), de reflexão do sinal conforme relevo e construções civis, quanto à localização dos satélites, órbitas dos satélites, atividades solares, pontos da terra, etc. Estes podem ser caracterizados como de influência do usuário e os relativos ao sistema. Para a correção destes já existe a disposição sistemas com satélites geostacionários, de antenas estáticas, sendo esta correção em tempo real ou não. Os problemas nestes casos de correção são a não disponibilidade de algumas destas, bem como o

custo quando disponível.

Pensando em verificar a incerteza de receptores sem correção diferencial, Luz *et al.* (1996) relatam que com este tipo de instrumento chega-se facilmente a uma precisão de 20 m. Comparando mapas de rendimentos obtidos simultaneamente, com receptores sem e com correção diferencial, Molin & Gimenez (2001), obtiveram correlações de 86%, e redução de custo da informação de até 60%.

Com o objetivo de minimizar o custo da aplicação da tecnologia “agricultura de precisão”, estudou-se um receptor sem correção diferencial, de baixo custo, com a intenção de quantificar os erros de incerteza e de precisão.

Material e Métodos

O local de estudo corresponde às coordenadas geográficas de dois marcos existentes no Campus de Uvaranas da UEPG, no município de Ponta Grossa - Paraná, no qual o ponto 1 é referência do DATUM SAD69, tendo localização geográfica de 25°05'41,64421" latitude Sul e 50°06'16,74382" longitude Oeste, no sistema UTM, possui localização na zona 22J, com coordenadas X = 590282,576 e Y = 7224235,121. O ponto 2 é referenciado sobre o DATUM SAD69, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com localização de 25° 05' 26,37742" de latitude Sul, e 50° 05' 56,90501" de longitude Oeste, no sistema UTM, localiza-se na zona 22J com coordenadas X = 590841,417 e Y = 7224701,046.

O Ponto 1 está situado em relevo suavemente inclinado a sudeste, a noroeste está localizado uma edificação de dois andares a 46 m de distância, e a aproximadamente 8 m a leste do ponto 1 existe uma faixa de vegetação arbórea de pequeno porte com sentido norte-sul, a sul e oeste do marco 1 existe vegetação de gramínea com algumas árvores a aproximadamente 100 m. O ponto 2 está localizado em terreno suavemente inclinado a oeste do ponto, de sudeste a

norte existem edificações (sudeste a 44 m, leste a 80 m, nordeste a 85 m e a norte 91 m de distância), nos outros rumos existe vegetação de gramínea.

Utilizou-se no desenvolvimento do trabalho um receptor manual de sinais de satélites artificiais do Sistema de Posicionamento Global (GPS) sem correção diferencial, modelo Etrex® (marca registrada Garmin¹), e a versão gratuita do programa computacional GPS TrackMaker® (marca registrada Odilon Ferreira Junior¹), que permite interface entre o receptor manual e o computador, possibilitando manipulação dos valores adquiridos das coordenadas.

Com o receptor situado sobre o marco e respeitando-se o período de 3 a 5 minutos para estabilização, determinava-se a localização indicada utilizando o sistema de coordenadas planas ou cartesianas, “Universal Transversa de Mercator” (UTM) e o “South American DATUM of 1969” (SAD69). Este processo foi repetido durante o período de um ano (março 2003 a fevereiro 2004), três vezes na semana, sempre em dias alternados, cinco observações diárias, duas leituras no período da manhã e três no período da tarde.

Estes valores foram transferidos para uma planilha do programa computacional Microsoft® Excel, para se proceder as análises preliminares. Com estes primeiramente dimensionou-se a incerteza do receptor, isto é um erro de posicionamento, subtraindo-se a coordenada determinada em campo da coordenada do marco, usado como referência. Deste erro de posicionamento, dimensionou-se um erro escalar em metros e um erro vetorial em graus.

Com o mesmo conjunto de valores dimensionou-se a precisão do receptor, isto é um erro de retorno ao posicionamento previamente determinado pelo receptor. Neste caso, subtraiu-se da coordenada determinada em campo a coordenada média, estabelecida com base nas várias leituras de receptor. Para a precisão determinou-se somente um erro escalar, pois não se considera de valor prático o erro vetorial neste caso.

Também como análise preliminar, realizou-se a distribuição de frequência e testes de normalidade do conjunto de valores das variáveis citadas, denomina-

¹ Citação de marca comercial não indica recomendação dos autores

dos de Anderson-Darling, Ryan-Joiner e Kolmogorov-Smirnov, através do programa computacional MINITAB® Release 12.2

Resultados e discussão

Os valores de erro escalar foram transformados e normalizados pela função logarítmica. A Tabela 1 mostra a análise descritiva do erro escalar de acurácia, já transformados, novamente, para valores usuais.

Para a incerteza (Tabela 1), observou-se no ponto 1 (P1) uma média de erro escalar de 4,49 m, mostrando 68,26% de probabilidade de uma coordenada determinada, com o receptor estudado, neste pon-

to, em qualquer dia e horário, ter um erro de incerteza entre 2,33 metros e 6,65 metros.

No ponto 2 (P2) dimensionou-se um erro escalar médio de 3,42 metros, e probabilidade de 68,26% de outras determinações terem um erro entre 1,28 metros e 5,56 metros de erro de incerteza da coordenada de referência.

Embora os valores originais de P1 apresentem maior amplitude (27,04 m) quando comparado com o P2 (19,31 m), o primeiro mostra uma maior concentração dos dados ao redor da média.

Já se esperava que no P2 se obtivesse uma amplitude menor, pois a localização é em área com menor concentração de construções civis. Os coeficientes de variação, conforme Gomes (1990) são considerados altos.

Tabela 1 - Estatística descritiva do erro escalar de incerteza para os pontos 1 e 2.

	média (m)	DP* (m)	CV%	mín. (m)	1ºquartil (m)	mediana (m)	3ºquartil (m)	máx. (m)
P 1	4,49	2,16	48,03	0,64	2,74	4,56	7,40	27,68
P 2	3,42	2,14	62,72	0,53	1,88	3,42	5,32	19,84

* desvio padrão

Os valores do erro vetorial, mesmo com transformações não apresentaram distribuição normal. É interessante ressaltar que com a análise de frequência ficou claro um comportamento bimodal, o que pode indicar a influência de algum fator externo, o qual não foi possível explicar. Neste caso utilizaram-se parâmetros da estatística descritiva utilizados em métodos estatísticos não paramétricos para se fazer as inferências. A Tabela 2 mostra o resumo da análise descritiva obtida.

No P1 observou-se como valor de tendência central de erro vetorial de 125,96°, e intervalo entre quartis (1º e 3º), de 57,55° a 170,82°. É interessante ressaltar que a origem (0°) está sobre o ponto cardinal leste da coordenada de referência, conforme convenção trigonométrica, crescendo no sentido anti-horário.

No P2 visualizou-se um erro vetorial médio de 169,23°, e a distância entre quartis de 90,71° a 269,32° de probabilidade.

Tabela 2 - Estatística descritiva do erro vetorial de incerteza para os pontos 1 e 2.

	média (°)	DP* (°)	CV%	mín. (°)	1ºquartil (°)	mediana (°)	3ºquartil (°)	máx. (°)
P1	125,96	-	-	0,96	57,55	103,38	170,82	359,88
P2	169,23	-	-	0,20	90,71	141,16	269,32	359,78

* desvio padrão

As Figuras 1 e 2 demonstram uma composição das tendências dos erros de acurácia escalar e vetorial, onde a área em vermelho, nas figuras, corresponde aos valores de maior probabilidade de ocorrência na determinação das coordenadas, já discutida ante-

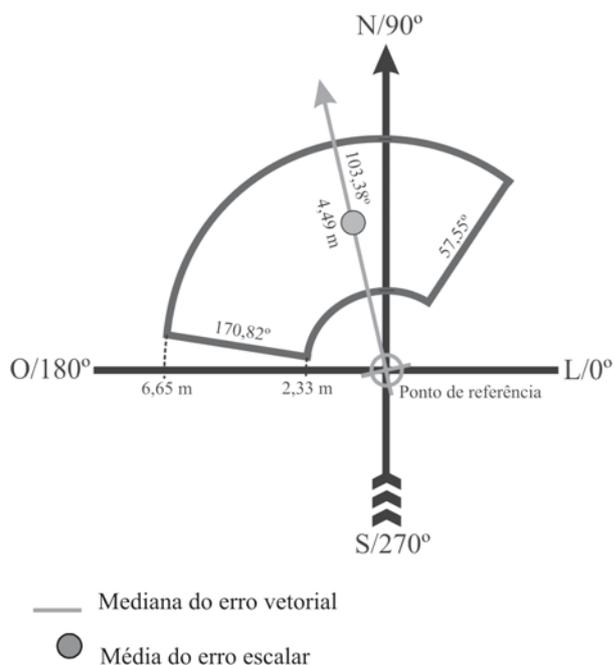


Figura 1 - Demonstração gráfica do erro de incerteza escalar e vetorial para o ponto 1 (P1).

Para a precisão (Tabela 3), observou-se no ponto 1 (P1) uma média de erro escalar de 4,06 m, mostrando 68,26% de probabilidade de uma coordenada determinada, neste ponto, em qualquer dia e horário, ter um erro de precisão entre 3,68 metros e 4,44 metros.

Para o ponto 2 (P2) dimensionou-se um erro escalar médio de 3,07 metros, e probabilidade de 68,26% de outras determinações terem um erro entre 2,67 metros e 3,05 metros de erro de incerteza da coordenada de referência.

Comparando-se os valores dos erros escalares

riormente. O experimento de Luz (1996) também mostrou a mesma tendência de deslocar os pontos para noroeste da coordenada de referência, lembrando que o referido trabalho contou com poucas observações.

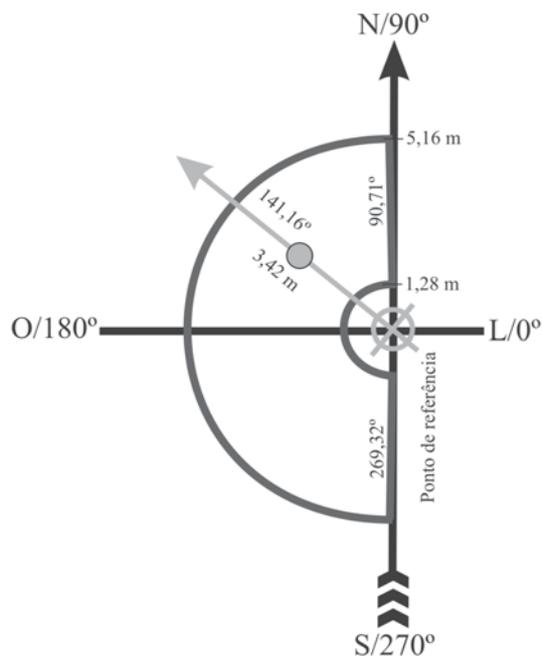


Figura 2 - Demonstração gráfica do erro de incerteza escalar e vetorial para o ponto 2 (P2).

encontrados para a incerteza e a precisão do receptor, Tabelas 1 e 3, observam-se certa semelhança nas médias do erro, porém para a precisão o valor da dispersão deste erro é bem menor do que no caso da comparação do valor obtido pelo receptor com o real. Esta afirmação é confirmada pelos valores do coeficiente de variação. Este fato pode ser explicado, pois a magnitude de alguns dos erros típicos é cíclica, tais como o erro do relógio e da órbita do satélite, sendo assim a soma desses erros com o erro do relógio do receptor, por exemplo, que não é cíclico, praticamente terá como uma média final o próprio erro do relógio do receptor.

Tabela 3- Estatística descritiva do erro escalar de precisão para os pontos 1 e 2.

	média (m)	DP* (m)	CV%	mín. (m)	1ºquartil (m)	mediana (m)	3ºquartil (m)	máx. (m)
P 1	4,06	0,379	9,4	3,43	3,77	4,00	4,32	5,05
P 2	3,07	0,403	13,0	2,41	2,74	3,02	3,32	4,17

* Desvio padrão

Mesmo com o erro escalar de acurácia determinado pode-se, dependendo da variável a ser estudada, utilizar o receptor citado. Um exemplo seria a demarcação e utilização de zonas de manejo considerando como base a textura do solo, a qual se tem demonstrado como explicativa para o rendimento das culturas, porém não se tem claramente qual seria o valor dos intervalos de importância desta sobre o fenômeno rendimento das culturas (Weirich Neto, 2004; Colet *et al.*, 2004; e Weirich Neto *et al.*, 2006).

Outra consideração importante em relação a este fato é a magnitude do tamanho do erro de amostragem e de determinação de laboratório das componentes da textura do solo. Talvez valores em torno de 20g kg⁻¹ de argila, pequenos considerando os erros descritos, possam caracterizar quando em representação de variabilidade métrica, uma distância maior que 4 m, valor médio para os erros do receptor estudado.

Conclusões

Observou-se uma tendência do receptor indicar a coordenada coletada a noroeste da coordenada de referência (correta). Quanto ao erro escalar o receptor mostrou razoável precisão e incerteza alta.

Com relação as aplicações, esta é dependente da escala de estudo e do conhecimento da variável a ser geo-referenciada.

REFERÊNCIAS

1. BERNARDI, J. V. E. LANDIM, P. M. B. **Aplicações do Sistema de Posicionamento Global (GPS) na coleta de dados**. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, texto didático

10,31. 2002. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>. Acessado em: 05/03/2005

2. COLET, M. J.; WEIRICH NETO, P. H.; GARBUIO, P. W.; SCHIMANDEIRO, A. Influência do processo de semeadura no rendimento do milho (*Zea mays* L.) considerando-se variabilidade espacial para região dos Campos Gerais do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33, 2004, São Pedro. **Anais...** SBEA/FEAGRI/UNICAMP, 2004. CD Rom

3. GOMES, P.F. **Curso de estatística experimental**. 13º ed Piracicaba: Nobel, 1990

4. LUZ, R. T. CORREIA, J. D. PEREIRA; K. D. **Posicionamento com receptores GPS “amadores”: alguns resultados**: GISBRASIL, maio/1996. Curitiba. PR. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/artigos/1996-Posicionamento_com_navegadores_GPS.pdf; acessado em: 15/03/2005

5. MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora UNESP. 2000

6. MOLIN, J. P. **Agricultura de Precisão – O gerenciamento da Variabilidade**. Piracicaba, 2001

7. MOLIN, J. P. GIMENEZ, L. M. Uso de GPS sem correção diferencial no mapeamento de produtividade de grãos. AVANÇOS NA AGRICULTURA DE PRECISÃO NO BRASIL NO PERÍODO DE 1999-2001. Piracicaba: **Trabalhos...** 2001. p. 275-281. CD Rom

8. WEIRICH NETO, P. H.; LOPES, A. R. C.; ALMEIDA, D.; DELALIBERA, H. C.; SOUZA, N. M. Relação entre adubação de cobertura e textura do solo no rendimento do trigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 3, 2006, São Pedro. **Anais...** ESALQ/USP, 2006. CD Rom

9. WEIRICH NETO, P. H. **Importância de atributos agrônômicos para qualificação da semeadura do Milho (*Zea mays*) no Sistema Plantio Direto na Região dos Campos Gerais - PR**. 2004. 147 f. (Tese de Doutorado em Água e Solo) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, 2004.