



UTILIZAÇÃO DE RECEPTOR DE SINAL DE GPS DE NAVEGAÇÃO COMO FERRAMENTA DE APOIO À ATIVIDADE AGROPECUÁRIA

Ronilson de Souza Santos¹, Jair Otávio Farias Braga², Carlos Renato Guedes Ramos³ & Kleber Pereira Lanças⁴

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade das informações de receptores GPS de navegação, com base nas obtidas com um receptor GPS geodésico. O trabalho foi constituído de cinco tratamentos, sendo quatro modelos de receptores de navegação e um geodésico como testemunha. Foram coletadas as informações de latitude, longitude e altitude em quatro vértices de uma propriedade rural. Os dados dos receptores de sinal de GPS de navegação foram visualizados com uso do programa GPS Track Maker PRO versão 3.4, sem efetuar pós-processamento dos dados, apenas transformando a altitude elipsoidal em ortométrica, através do software Map Geo versão 2010. Os dados do receptor geodésico com base nas informações da RBMC foram pós-processados no programa TGO versão 1.6 e comparados com os resultados obtidos nos receptores de navegação, utilizando a estatística descritiva, considerando a média das amostras, intervalos de confiança e quadrado médio. Os receptores GPS de navegação, em relação à testemunha, tiveram erros de 1,42 a 3,78% para cálculo de área e de 3,0 m e 9,0 m para posicionamento, não sendo indicado o uso destes modelos para atividades que necessitem exatidão submétrica.

PALAVRAS-CHAVE: Geodésia, levantamento plani-altimétrico, posicionamento global.

USE OF GPS NAVIGATION SIGNAL RECEIVER AS A TOOL TO SUPPORT AGRICULTURE ACTIVITIES

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the quality of information on GPS navigation receivers, based on the obtained with a geodetic GPS receiver. The work was composed of five treatments, four models of navigation receivers and a geodesic as a control. The information of latitude, longitude and altitude of four vertices from a farm were collected. The data of the navigation receivers were visualized using the software GPS Track Maker Pro version 3.4, without performing post-processing of data, but only transforming the ellipsoidal height in orthometric through the software Geo Map version 2010. The data from geodetic receiver based on RBMC information were post-processed in TGO software version 1.6 and compared with the results obtained in navigation receivers using descriptive statistics. The, average of the samples, confidence intervals and mean square were calculated. The GPS navigation receivers, compared to control, had errors from 1.42 to 3.78 % for area calculation, and 3.0 m to 9.0 m for positioning. Thus, their use is not advised in activities that require submeter accuracy.

KEYWORDS: Geodesy, plani- altimetric survey, global positioning.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o posicionamento de um objeto consiste em atribuir-lhe um par de coordenadas em determinada parte da superfície do globo terrestre, utilizando equipamentos receptores de sinal de GNSS. Entretanto, por muito tempo, os corpos celestes foram utilizados como fonte de orientação, com destaque à utilização da bússola,

inventada pelos chineses que durante muito tempo foi considerada um dos maiores inventos do homem dentro da área da navegação sobre a superfície terrestre.

Em meados do século XX, nos Estados Unidos da América, foi idealizado o sistema de posicionamento global (GPS), visando suprir as necessidades de orientação sobre o globo terrestre em tempo real. Segundo Morgan (2004), criado com o objetivo principal de localizar as tropas militares em qualquer lugar da superfície da terra.

A constituição do sistema de posicionamento via satélite Norte Americano, no início do século XXI, constituía-se de 24 satélites, dos quais 21 eram para uso corrente e três permaneciam em “stand-by”. Atualmente, são 31

¹ FCA/UNESP-BOTUCATU; FEA-UFPA-ALTAMIRA.

E-mail: rssantos@ufpa.br

² Prefeitura Municipal de Vitória d Xingu-PA . E-mail: jairbraga@gmail.com

³ FCA/UNESP-Botucatu. E-mail: cramos@fca.unesp.br

⁴ Professor do Depto. de Engenharia Rural da FCA/UNESP, Campus Universitário de Botucatu. E-mail: kplancas@unesp.br

satélites que orbitam a uma altura de 20.200 km em seis órbitas distintas, igualmente espaçadas de 55 graus, com quatro satélites por órbita. Os sinais são emitidos nas frequências de 1.575,42 Mhz e 1.227,60 Mhz denominadas de L1 e L2, respectivamente, com dois códigos diferentes: o Y (Precision Code) e o C/A (Coarse Acquisition Code). Assim, o sistema teoricamente permite uma visão de cinco a oito satélites em qualquer lugar do globo terrestre (STABILE, 2006).

A partir da década de 1960, com a liberação do GPS para uso civil e seu pleno funcionamento em 1993, houve a popularização dos receptores de sinal de GPS de navegação. Mas, de acordo com Tragueta e Cardoso (2009), somente nos anos 2000 foi que o Departamento de Defesa dos Estados Unidos desligou o sistema, que degradava o sinal do mesmo, introduzindo erros de posicionamento na ordem de 100 m e 140 metros.

A melhoria na qualidade das informações obtidas com o GPS gerou a possibilidade de uso do equipamento denominado de navegação em diversas áreas tais como: topografia, sensoriamento remoto, agricultura de precisão e recreação (BARRETO, 2004), principalmente pelo baixo custo de aquisição, se comparados aos equipamentos geodésicos.

Dada a necessidade de se corrigir ou ratificar os aspectos relacionados às questões fundiárias no território brasileiro, no ano de 2001, o governo federal instituiu a lei Federal nº 10.267/2001. De acordo com Brasil (2001), a qual estabelece a realização do ordenamento territorial rural, a partir do georreferenciamento de todas as propriedades. Mais recentemente, estendendo-se os aspectos voltados ao setor ambiental, no qual são aglutinadas as geo-informações em uma base de dados dos órgãos de fiscalização ambiental.

Ao longo da implementação dos programas estaduais de regularização ambiental nos estados brasileiros, observa-se que a base de dados destes programas, contém inconsistências de informações, devido principalmente à realização do mapeamento das áreas serem efetuados com uso de receptores de sinal de GPS de navegação, os quais não possuem exatidão e precisão de ordem submétrica nas informações geográficas coletadas. Portanto, ocorre o que se denomina de sobreposição das áreas das propriedades representadas, gerando dúvidas na confiabilidade e qualidade destas informações.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade das informações geográficas destinadas ao cadastro ambiental rural, obtidas com uso de receptores de sinal de GPS de navegação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Boa Esperança, situada no município de Altamira, estado do Pará, com sede sob as coordenadas UTM 365.273,468 m (E) e 9.644.771,612 m (N) 22M, a uma altitude de 128m acima do nível do mar. O relevo é caracterizado como suave, ou seja, declividade menor que 2%, conforme a classificação de Lepsch (1983).

O trabalho consistiu na utilização de receptores de sinal de GNSS geodésico e de receptor de GPS de navegação, estruturado em cinco tratamentos da seguinte forma: T1= um par de receptores de GNSS geodésico marca/mod Spectra Precision/ EPOCH 25-L1/L2 e L1, utilizados como testemunha, com dados corrigidos com base nas informações geodésicas da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo-RBMC, IBGE; T2= Receptor GPS de navegação marca/mod Garmin/GPS 72; T3= Receptor de navegação marca/mod Garmin/MAP 76; T4= Receptor GPS de navegação marca/mod Garmin/TREX EURO e T5 Receptor GPS de navegação marca/mod Garmin/ETREX CAR.

No tratamento testemunha (T1), considerou-se a metodologia descrita pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA, 2001), onde foi materializado um marco geodésico, denominado estação base, a partir do estacionamento do receptor GNSS de frequência L1/L2, distanciado a 5 km da propriedade objeto do estudo. O equipamento foi configurado para aquisição de dados a cada 5" e 15° de ângulo de máscara, permanecendo ligado durante 8 horas ininterruptas, para posteriormente ser efetuado a correção dos dados por pós-processamento.

O pós-processamento dos dados da estação base foi efetuado pelo método diferencial estático, utilizando o Software Trimble Office Geomatics (TGO) versão 1.6. Serviram como dados para correção da estação base, os parâmetros geodésicos das estações de Altamira-PA e Belém-PA, denominadas de SAT 93827 e SAT 93620, respectivamente. Ambas componentes da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), pertencentes ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Simultaneamente ao rastreamento com estação base, foi utilizado o receptor de GNSS de mono frequência L1 denominado de equipamento hover, configurado com ângulo de filtro de 15° e taxa de aquisição das efemérides a cada 5". O método de georreferenciamento utilizado foi o relativo estático, onde se percorreram os quatro vértices que compunham os limites da propriedade, permanecendo estacionado em cada um destes vértices durante o tempo de 30 minutos.

Simultaneamente a cada ocupação dos vértices pelo receptor hover, foram utilizados também os receptores de GPS de navegação com a mesma finalidade e tempo de rastreamento que o equipamento geodésico. O método de georreferenciamento utilizado foi o absoluto. Após a conclusão das atividades de campo, os dados foram transferidos para computador utilizando o Programa GPS Track Maker- Pro, versão 3.4.

As coordenadas e a altitude elipsoidal de cada vértice, obtidos com o receptor GNSS geodésico L1 foram corrigidas efetuado o pós-processamento, com base nas informações da estação base, utilizando o Programa Trimble Office Geomatics (TGO) versão 1.6.

Dada a estrutura física e de Programa dos receptores de GPS de navegação, não foram realizadas correções em pós-processamento das coordenadas geográficas e de altitude elipsoidal advindos destes equipamentos.

A partir das altitudes elipsoidais e coordenadas obtidas por cada receptor estacionado nos vértices da propriedade, foi determinada a altitude ortométrica. Para tal, foi utilizado o Programa e a equação desenvolvidos por IBGE (2010).

Em todos os tratamentos, os receptores operaram com base no Datum geocêntrico World Geodetic System (WGS-84) obtendo coordenadas geográficas e depois convertidas no próprio Programa de pós- processamento para coordenadas planas.

A partir das informações obtidas nos vértices da propriedade por cada receptor de navegação e geodésico, foi calculada a área da mesma, com uso do Programa GPS Track Maker- Pro versão 3.4. O tamanho de cada área correspondente ao respectivo receptor de navegação foi comparado com a obtida pelo receptor geodésico.

Também foi efetuada a comparação da altitude ortométrica e o par de coordenadas obtidas entre os receptores de navegação e o geodésico. Para tal, foram considerados apenas os resultados obtidos no vértice denominado marco m1.

Todos os dados foram tabulados no Programa Microsoft Excel 2007, e analisados por meio da estatística descritiva, considerando a média, intervalos de confiança a 95% de confiabilidade (IC) e erro quadrado médio (EQM) das variáveis, conforme metodologia descrita por Silva (2010), Braule (2001), Crespo (2002), Murray (1993), Tragueta e Cardoso (2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, encontram-se os dados de análise estatística descritiva, a qual considera as estimativas de Erro Quadrático Médio (EQM) e Intervalo de Confiança (IC), utilizados para avaliação da precisão dos equipamentos receptores de GPS de navegação.

Os EQM foram 3,80 m e 3,21 m longitude (E) e latitude (N), respectivamente (Tabela 1). Com base nestes valores, os resultados obtidos nos tratamentos T2 e T4, estão fora do intervalo de confiança. Portanto, dependendo do nível de exatidão exigido em planimetria, não se indica a utilização destes receptores. Argumentação que confirma as observações de Tragueta e Cardoso (2009), os quais em trabalho semelhante encontraram variações de até 37% acima do valor do par de coordenadas definidas como exatas para o local georreferenciado. Esta variação pode ser atribuída à característica intrínseca de cada receptor ou às condições atmosféricas no momento da coleta dos dados, que de acordo com Santos (2012), pode reduzir a velocidade de comunicação entre os satélites e o receptor.

Tabela 1 - Análise estatística descritiva das coordenadas planas rastreadas com receptor de sinal de GPS geodésico.

	Longitude	Latitude
	(m)	
MÉDIA	365.273,61	9.644.775,58
EQM	3,80	3,21
IC	4,88	4,13
ICS	365.278,49	9.644.779,71
ICI	365.268,72	9.644.771,45

EQM= erro quadrático médio; IC= intervalo de confiança; ICS= intervalo de confiança superior e ICI= intervalo de confiança inferior.

A Tabela 2 contém os valores de variação das coordenadas planas obtidas no marco m1 da propriedade, obtidas com uso dos receptores GPS de navegação em comparação ao receptor GNSS de dupla frequência. A estas variações, considerando o IC estabelecido pelo tratamento testemunha (Tabela 1), apenas o tratamento T5 obteve variações, tanto em longitude quanto para latitude, dentro dos níveis aceitáveis, com valores na ordem de 1,395 m e 2,385 m para longitude e latitude, respectivamente. Portanto, assumindo o menor erro entre os tratamentos, distanciado de apenas 3 metros, em relação à testemunha, resultado este semelhante ao obtido no trabalho de Frasson et al. (2005).

Tabela 2 – Comparação entre posição, latitude e longitude, obtidos com receptores GPS de navegação e GPS geodésico, no marco m1.

Trat.	$\Delta(y)$	$\Delta(x)$	Δp
	(m)		
T1 (testemunha)	-	-	-
T2	5,010*	1,618	5,00
T3	2,168	5,462*	6,00
T4	5,069*	8,019*	9,00
T5	1,395	-2,385	3,00

Trat= Tratamentos; $\Delta(y)$ = variação de latitude, $\Delta(x)$ = variação de longitude e * valor dentro do intervalo de confiança.

De acordo com Santos (2012), a variação de posicionamento das coordenadas obtidas com receptor GPS de navegação, também conhecida como “flutuação” das coordenadas sobre o marco ocupado, é condição inerente a este tipo de equipamento. Portanto, reiterando as observações de Franco (2009), o qual enfatiza que por não haver garantias de confiabilidade dos dados obtidos com este tipo de equipamento, o mesmo deve ser utilizado apenas em atividades que o nível de exatidão necessária, não seja de ordem submétrica.

OS resultados de tamanho da área mensurada com o receptor GNSS geodésico (testemunha), foram comparados com os resultados obtidos com os receptores de navegação. Onde, em ordem decrescente, os melhores tratamentos foram: T4, T5, T3 e T2, com 1,42, 1,64, 1,79 e 3,58% de variação acima da testemunha (Tabela 3).

Tabela 3 – Variação (Δ) do tamanho de área da poligonal e altitude ortométrica no marco m^1 , obtidas uso de receptores GPS de navegação, e comparados com os resultados obtidos com receptor GPS geodésico.

Trat.	Δ de tamanho da área (%)
T1 (testemunha)	-
T2	3,58*
T3	1,79
T4	1,42
T5	1,64

Δ = variação do tamanho da área obtida com estatística descritiva * resultado fora do intervalo de confiança.

Este comportamento foi semelhante ao verificado no trabalho de Silva Junior et al. (2010), os quais obtiveram com receptores GPS de navegação variação de até 4,68% no tamanho real da área. Fato semelhante ocorreu no trabalho de Silva e Câmara (2005), os quais constataram diferença no tamanho das áreas determinadas utilizando os dados (x,y), oriundos de receptores de GPS de navegação de diferentes marcas e modelos.

Apesar dos resultados, para tamanho de área, obtidos pelos tratamentos T4 e T5 estarem abaixo dos encontrados no trabalho citado anteriormente, baseado em Rodrigues (2003), o receptor de sinal de GPS de navegação pode ser utilizado apenas na elaboração em levantamento planimétrico de baixa exatidão horizontal. Pois, estes equipamentos segundo IBGE (2008), não possuem a capacidade de armazenar as informações da fase de onda portadora e da pseudodistância observáveis (código C/A), de forma que se possa efetuar o pós-processamento e correção dos dados, a menos que se utilize a metodologia descrita por Matsuoka (2008), mas ainda assim, não seriam aceitos pelos órgãos de regularização fundiária.

Apesar do resultado do tratamento T2 para o fator tamanho da área estar fora do I.C em 3,58% (Tabela 3), foi consideravelmente inferior ao encontrado por Tragueta e Cardoso (2009), que em condições semelhantes a este experimento obteve 29% superior ao resultado obtido com o receptor geodésico. Segundo Coelho (2003), os resultados obtidos com este tipo de receptor poderiam ser melhorados, se aumentado o tempo de rastreamento, o que não é garantia de que haverá melhoria significativa na qualidade dos dados, principalmente pela impossibilidade de configurar o aparelho para coletar as efemérides de satélites denominados saudáveis, livres de erro de multicaminhamento, propiciado por obstáculos físicos, que interrompem o percurso do sinal do satélite até o receptor, degradando a informação de posicionamento.

Na tabela 4, estão os dados comparativos entre as altitudes ortométricas obtidas com receptores GPS de navegação e geodésico.

Tabela 4 - Altitude ortométrica obtida com uso de receptor de sinal de GNSS geodésico e comparada com as obtidas com receptores de sinal de GPS de navegação.

Trat.	Δ da altitude ortométrica (m)
T1 (testemunha)	-
T2	3,101*
T3	0,698
T4	1,419
T5	0,020

Δ = variação da altitude ortométrica obtida com estatística descritiva; * resultado fora do intervalo de confiança.

Com a análise dos dados, observa-se que os tratamentos T5 e T3 foram os que obtiveram os melhores resultados, com valores submétricos de 0,02 e 0,690 m acima do tratamento T1. Portanto, contrapondo as argumentações de Coelho (2003), o qual não aconselha o uso de receptores de sinal de GPS de navegação para realizar levantamento altimétrico, visto que os dados oriundos destes equipamentos geram superfícies totalmente diferentes da condição real.

A qualidade dos dados de altimetria dos tratamentos T5 e T2 podem estar associadas a vários fatores intrínsecos ao receptor GPS de navegação, tais como qualidade e integridade do software, relógio e da antena, assim como as condições extrínsecas ao equipamento. Entre estas as condições atmosféricas, quantidade e geometria dos satélites no momento do rastreamento.

5. CONCLUSÕES

A qualidade dos dados de latitude, longitude e altitude corrigida, obtidos com os receptores de sinal de GPS de navegação podem ser utilizadas na atividade agropecuária, com restrições para aquelas que necessitem de valores de ordem submétrica;

Os valores dos dados de cálculo de área obtidos com uso de receptores de navegação são muito próximos dos fornecidos por receptor geodésico. Mesmo assim, seu uso deve ser cauteloso em atividades que necessitem de medidas exatas.

6 REFERÊNCIAS

- BARRETO, E. R. **Curso de extensão em georreferenciamento**. Belo Horizonte, Faculdade de Engenharia de Minas Gerais. 2004.
- BRAULE, R. Estatística aplicada com Excel: para cursos de administração e economia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2001.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil, Subchefia de Assuntos Jurídicos. **Lei Nº 10.267, de 28 de agosto de 2001**. Disponível em

http://www.planalto.gov.br/ccivil03/leis/LEIS_2001/L10267.htm. Acesso em 11 de março, 2011

COELHO, A. C. S. **Avaliação do desempenho de receptores GPS em levantamentos altimétricos, para fim sistematização de terras**. Dissertação (Mestrado Irrigação e Drenagem)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2003.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. 17. ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

FRANCO, T. C. R. Análise da precisão no posicionamento com um receptor GPS de navegação. **Revista Agroambiental**, Pouso Alegre-MG, v. 1, n. 3, p. 79-86, dez. 2009.

FRASSON, F. R.; SENATORE, G. M.; MOTOMIYA, A. V. A.; MOLIN, J. P. Avaliação do desempenho estático de receptores de GPS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 5, 2005, Londrina. **Título...** Londrina-PR, Sociedade Brasileira de Informática, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema de interpolação geoidal: Software**. Ver 1.0. Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Recomendações para levantamentos relativos estáticos**. 2008. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/recom_gps_internet.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2014.

LEPSCH, I. F. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.

MATSUOKA, M. T.; SOARES, D. M.; SOUZA, S. F. de; VERONEZ, M. R. Análise da aplicação de receptor GPS de navegação no posicionamento relativo estático de linha-base curta. **Journal of Geoscience**, São Leopoldo, v. 4, n. 2, p. 88-93, 2008.

MORGAN, M. **The precision-farming guide for agriculturists**. Moline: Deere & Company, 2004. 116 p.

MURRAY, R. S. **Estatística**. São Paulo: Makron Books, 1993. (Coleção Schaum).

RODRIGUES, V. A. **Uso do sistema de posicionamento global na caracterização planialtimétrica para projetos de irrigação e drenagem**. 2003. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia /Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

SANTOS, R. S de. **Apontamento da disciplina de geoprocessamento**. Altamira: Faculdade de Engenharia

Agrônoma, UFPA, 2012. Apresentação em ppt. 123 slides.

SILVA JUNIOR, C. A. da; MEURER, I.; Carvalho, L. A. de Análise da precisão de receptores GPS de navegação em planimetria territorial. **Agrarian**, Dourados-MS, v. 2, n. 5, p. 21-31, 2010.

SILVA, H. S; CÂMARA, M. J. C. **Avaliação da acurácia das coordenadas pós-processadas com dados rinex obtidos por meio de um receptor GPS de navegação**. 46p. 2005. Monografia Aperfeiçoamento/Especialização em Georreferenciamento de Limites Rurais por GPS. Universidade Federal de Dom Bosco, Campo Grande-MS, 2005.

STABILE, M. C. C.; BALASTREIRE, L. A. Comparação de três receptores GPS para uso em agricultura de precisão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n.1, p. 215-223, 2006.

TRAGUETA, N. L.; CARDOSO, L. G. Desempenho de receptores de GPS de navegação no cálculo de área e perímetro segundo diferentes configurações. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 105-120, 2009.