Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538
(Comunicação Científica)

Avaliação da acurácia de um GPS de dupla frequência para implantação de um ponto de apoio imediato (P2) ao georreferenciamento[1]

Accuracy of a GPS deployment of dual frequency for a point of immediate support (P2) to georeferencing

Eduardo Leonel Bottega [2], Fábio Velloso Vilela [3], Antonio Dias Robaina [3], Cristiano Márcio Alves de Souza [4], Leidy Zulys Leyva Rafull[4]

[1] Trabalho desenvolvido na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Unidade II, Dourados, MS.
[3] Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG. Fone: (31) 3899-3463. E-mail: eduardo.bottega@ufv.br
[2] Eng. Agrônomo, Dourados-MS.
[4] Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

Recebido em: 07/05/2009 Aceito em: 21/06/2010

Resumo. Este trabalho objetivou avaliar a acurácia de um receptor GPS de dupla frequência na aquisição de coordenadas para implantação de um ponto de apoio imediato (P2) ao georreferenciamento. Foi utilizado um receptor GPS de dupla frequência (L1/L2), marca Ashtech, modelo Z-Xtreme. Para a determinação da acurácia, realizou-se o transporte de coordenadas geodésicas para o marco MS45 da rede GPS/MS através da triangulação com os pontos pertencentes à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC: Estação de Uberlândia (UBER) e Estação de Cuiabá (CUIB) com coordenadas no datum SIRGAS2000. Foram realizadas coletas em quatro distintos tempos (5, 7, 9 e 11 horas) e quatro repetições. Os dados coletados foram processados internamente no aparelho e pós-processados para correção diferencial utilizando *software* fornecido pelo fabricante. No pós-processamento, utilizou-se para os cálculos, arquivos no formato SP3. Foi considerada satisfatória e aceitável a exatidão obtida no tempo onde todas as repetições apresentaram erro inferior a 20 cm, assegurando assim a capacidade do aparelho em estabelecer pontos de apoio imediato (P2) realizando o transporte de coordenadas, pelo método da triangulação, entre pontos com distância acima de 700 km. Concluiu-se insuficiente a exatidão obtida pelo aparelho na obtenção de um ponto de apoio imediato ao georreferenciamento (P2) nas condições anteriormente citadas.

Palavras-chave. Sistema de posicionamento global, transporte de coordenadas, triangulação

Abstract. This study aimed to evaluate the accuracy of a dual-frequency GPS receiver in the acquisition of coordinates for implantation of a point immediate support (P2) to georeferencing. We used a GPS dual-frequency (L1/L2), Ashtech brand, model Z-Xtreme. To determine the accuracy, there was the transport of geodetic coordinates for the GPS network in March MS45 / MS through triangulation with items belonging to the Brazilian Network of Continuous Monitoring - RBMC: Station de Uberlândia (UBER) and station of Cuiabá (CUIB) with coordinates in datum SIRGAS2000. Were collected at four different times (5, 7, 9 and 11 hours) and four replications. The collected data were processed within the unit and post-processed differential correction for using software supplied by the manufacturer. Post-processing was used for calculations, files in SP3. Was considered satisfactory and acceptable to the accuracy obtained in time where all replicates showed error below 20 cm, thus ensuring the ability of the apparatus to establish points of immediate support (P2) carrying out the transport of coordinates by the triangulation method, and points with distance over 700 km. It is insufficient to accurately obtained by the apparatus to obtain a point of immediate support for georeferencing (P2) under the conditions mentioned above.

Keywords. Global positioning system, transport of coordinates, triangulation

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538
(Comunicação Científica)

Introdução

O homem, desde a antiguidade, vem desenvolvendo técnicas e instrumentos para orientar-se durante o deslocamento de um ponto a outro para determinar sua posição e direção. Várias ciências e equipamentos foram criados e utilizados para essa finalidade, surgindo assim a tecnologia de navegação via satélite e dentro dela o Sistema GPS ("Global Positioning System") (Frasson et al., 2005).

Como o nome sugere, o GPS é um sistema de abrangência global. Esse sistema tem facilitado todas as atividades que necessitam de posicionamento, fazendo que algumas concepções antigas pudessem ser postas em prática. Posicionar um objeto nada mais é do que atribuir-lhe coordenadas. Embora hoje se trate de uma tarefa que pode ser realizada com relativa simplicidade, utilizando-se, por exemplo, satélites artificiais apropriados para esse fim, este foi um dos primeiros problemas científicos que o ser humano procurou solucionar (Monico, 2000).

No GPS há dois tipos de serviços, os quais são denominados como *Standard Positioning Service* – SPS e *Precise Positioning Service* – PPS. O SPS é resultado da implementação da *Selective Availability* – SA, a qual significa uma degradação intencional da *Coarse-Aquisition Code – C/A-code,* mesmo com a SA ativada, no posicionamento absoluto em tempo real, o sistema possibilita uma precisão melhor que 100 m no posicionamento horizontal, 140 m no vertical e 340 *ns (*10^{-9} segundos) na obtenção de tempo (95% de probabilidade) (Monico, 1996), com a SA desativada, atualmente o erro quando utilizado posicionamento em tempo real é da ordem de 10 m (Machado et al., 2000).

Vettorazzi et al. (1994) comentam, que o posicionamento por meio do GPS se baseia na triangulação a partir de satélites. Para essa triangulação, o sistema determina a distância receptor-satélite, através do tempo que um sinal de rádio leva, a partir de sua saída do satélite, para chegar ao receptor, o que é feito através de uma correlação dos códigos gerados e recebidos. Por meio da geração simultânea e sincronizada de sinais idênticos pelo satélite e pelo receptor, se determina a defasagem entre os sinais e, portanto, a diferença de tempo em que o sinal demorou em percorrer a distância receptor-satélite.

Para completar o cálculo da posição do receptor GPS é necessário o conhecimento da posição no espaço de cada satélite utilizado na triangulação, como também os fatores para a realização da correção dos efeitos provocados pela atmosfera terrestre e atraso no sinal. O cálculo da posição de um ponto através do GPS, em termos de coordenadas X, Y e Z, inicia-se pela determinação das distâncias do ponto onde está o receptor GPS com pelo menos três satélites. De posse do posicionamento exato dos satélites no espaço naquele determinado momento é possível realizar a triangulação, onde esta situação reduz a apenas duas as possibilidades das coordenadas do ponto em que o receptor está.

Através de programação computacional, os receptores distinguem entre as duas possibilidades, a posição correta, uma vez que uma das duas posições é normalmente absurda. As características de desempenho quanto à acurácia e à precisão dos aparelhos GPS são normalmente fornecidas pelos respectivos fabricantes. No entanto, observa-se que nem sempre as características de desempenho são apresentadas utilizando a mesma metodologia de testes, o que pode provocar erros ao se comparar diferentes equipamentos (Cappelli et al., 2006).

Ao se avaliar um receptor GPS, temos que ter bem claro os conceitos de Precisão e Exatidão. Segundo Miranda (2005) a precisão expressa fidelidade das repetições da medição e exatidão, quão próximo uma medição que se faz representa a verdadeira quantidade a ser medida. A Figura 1 expressa como estas duas características de qualidade dos dados se relacionam.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538
(Comunicação Científica)

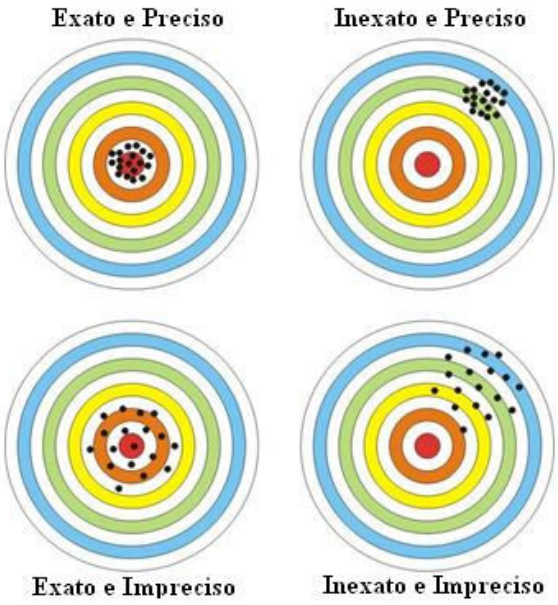


Figura 1. Conceitos de exatidão e precisão.

As posições dadas pelos aparelhos de GPS, independente do receptor utilizado, estão sujeitas a erros de medição. Os erros das medidas com o GPS podem ser oriundos de diversas fontes. Essas fontes podem estar relacionadas aos satélites, como os erros de órbita e relógio, erros devido à propagação de sinais e a estação receptora, como refração troposférica e ionosférica, perdas de ciclos, rotação da Terra e multi-caminhamento. Durante a propagação, os sinais podem estar sujeitos a alguns efeitos como efeitos marginais de sinais devido à posição do satélite no horizonte entre outros. Quando os satélites estiverem muito próximos um dos outros, no horizonte, ficam sujeitos a erros pela deflexão do sinal na troposfera e ionosfera (Cremonini, 2002). O atraso no sinal do GPS pela ionosfera é especialmente assumido como uma das maiores causas de erros no posicionamento, os quais podem ser minimizados por alguns métodos de correção, no entanto todos esses métodos são limitados (Akiyama et al., 2007). Molin (2000) afirma que os sinais recebidos pelos GPS diferenciais não estão livres de erros devido a cada receptor ter suas limitações em termos de acurácia.

As aplicações do GPS são quase ilimitadas, algumas bastante óbvias, como veículos de entrega aptos a determinar seus destinos e veículos de emergência, carros com mapas eletrônicos que instantaneamente mostram o trajeto mais curto e a orientação pessoal na necessidade de localizar-se em lugares do globo por ela não conhecidos. O sistema pode localizar objetos em três dimensões através de um sistema de coordenadas, sendo a utilização, de maior expressão no campo agrícola, o georreferenciamento.

Georreferenciar é atribuir coordenadas a um ponto, vinculando-o à um Sistema de Coordenadas, no caso do Brasil, o sistema utilizado é conhecido como Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Antes da RBMC, o usuário interessado em obter, com GPS, as coordenadas geodésicas de um ponto qualquer em território nacional era obrigado a trabalhar com dois receptores, ocupando o ponto de seu interesse e um marco do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) próximo. As estações da RBMC desempenham justamente o papel do ponto de coordenadas conhecidas, eliminando a necessidade de que o usuário imobilize um receptor em um ponto que, muitas vezes, oferece grandes dificuldades de acesso. Além disso, os receptores que equipam as estações da RBMC são de alto desempenho, proporcionando observações de grande qualidade e confiabilidade.

Nos serviços de georreferenciamento, os pontos utilizados como referência, são classificados, segundo INCRA (2003), de acordo com sua precisão: P1 – pontos de apoio básico (precisão ± 100 mm), P2 – pontos de apoio imediato (precisão ± 200 mm) e P3 – pontos cadastrais (precisão ± 500 mm). Esses pontos são importantes, pois proporcionam a densificação de pontos de controle para levantamentos de imóveis rurais, fornecendo coordenadas a partir das quais serão feitas operações topográficas de demarcação ou levantamento a serem desenvolvidas na região de serviço. A lei 10.267/2001 torna obrigatório o georreferenciamento do imóvel na escritura para alteração nas matrículas, como mudança de titularidade, remembramento, desmembramento, parcelamento, modificação de área até 31 de outubro de 2005, prorrogada para imóveis menores que 1000 ha, (de 500 - 1000 ha: 20 de outubro de 2008; menores que 500 ha: 20 de outubro de 2011) quando passa a ser obrigatória para qualquer tipo de processo e exigida em todos os órgãos, sejam federais, estaduais ou municipais (INCRA, 2003).

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538
(Comunicação Científica)

Este trabalho teve por objetivo avaliar a acurácia de um receptor GPS de dupla frequência na aquisição de coordenadas para implantação de um ponto de apoio imediato (P2) ao georreferenciamento.

O trabalho foi realizado na Universidade Federal da Grande Dourados, Unidade II, localizada na Rodovia Dourados a Itahum, km 12, no município de Dourados, MS. Foi utilizado na coleta de dados, um aparelho GPS de dupla freqüência (L1/L2), marca Ashtech, modelo Z-Xtreme com precisão horizontal de 5 mm + 1 ppm e precisão vertical de 10 mm + 1 ppm (PDOP < 4) de doze canais, podendo operar com alcance de centenas de quilômetros, dependendo da geometria dos satélites (Ashtech, 2002). Para a determinação da acurácia do aparelho GPS Ashtech Z - Xtreme, realizou-se o transporte de coordenadas geodésicas para o marco MS45 da rede GPS - MS através da triangulação com os seguintes pontos pertencentes à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC (Figura 2): Estação de Uberlândia (UBER) e Estação de Cuiabá (CUIB). Utilizou-se para os cálculos, as coordenadas geodésicas das estações, baseadas no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS 2000.

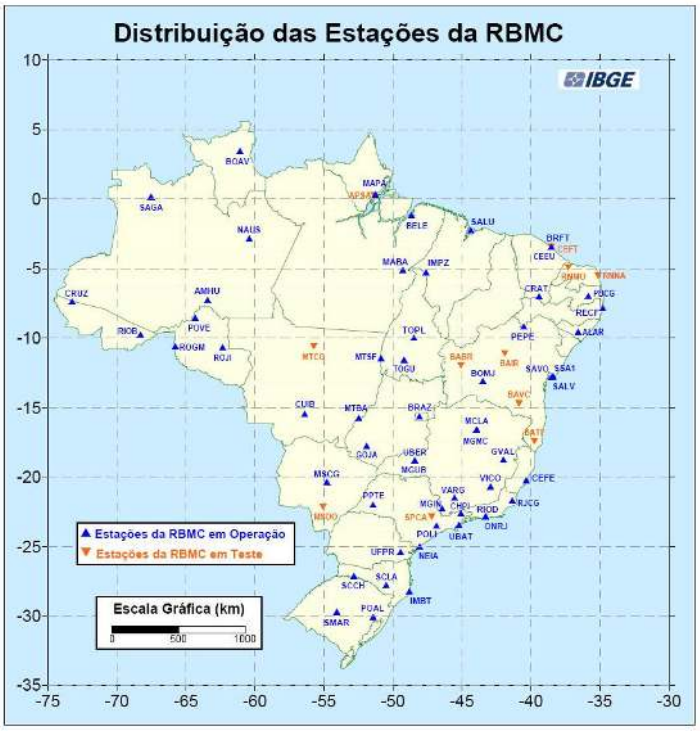


Figura 2. Distribuição das estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC, 2008.

A estação de Uberlândia (UBER) está localizada na cidade de Uberlândia, estado de Minas Gerais, aproximadamente 780 km de distância do ponto MS45, consiste de uma torre metálica de 3 m, dotada de um dispositivo de centragem forçada cravado no seu topo. Está situada no prédio do Centro Regional Integrado de Uberlândia – CRIU, pertencente à CEMIG. Possui as seguintes coordenadas: Latitude: 18º 53' 22,3291" S, Longitude: 48º 19' 01,0974" W e Altitude: 803,64 m. O conjunto responsável pela coleta das coordenadas trata-se de um receptor marca Ashtech, modelo Z - FX e uma antena tipo Thales/Ashtech Marine III L1/L2 também da marca Ashtech. A estação de Cuiabá (CUIB), localizada na cidade de Cuiabá, MT, consiste de um dispositivo de centragem forçada cravado no topo de um reservatório de água, na Estação Terrena de Cuiabá, do Centro de Rastreio e Controle de Satélites do INPE, distante 477 km do ponto MS45. Suas coordenadas são: Latitude: 15º

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538
(Comunicação Científica)

33' 18,9468" S, Longitude: 56º 04' 11,5196" W e Altitude: 237,44 m.

O conjunto responsável pela coleta das coordenadas trata-se de um receptor marca Trimble, modelo NetRS e uma antena tipo Zephyr Geodetic também da marca Trimble. Como referencial para a determinação da acurácia do aparelho, utilizou-se as coordenadas plano retangulares da Estação Planimétrica 93576, da rede GPS - MS, cujo marco é denominado MS45, localizado no campus da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Trata-se de um pilar de concreto de formato hexagonal, com 1,20 m de altura, que aflora de uma base de concreto de formato triangular que mede 1,30 m nos seus lados e salienta-se do solo 0,25 m, possui em seu topo uma placa de metal com dispositivo de centragem forçada. As Coordenadas Geodésicas do ponto no sistema SIRGAS 2000 são: latitude 22 ° 11 ' 46,8188 "S, longitude 54 ° 55 ' 52,1276 "W e altitude 466,02 m. As coordenadas das estações utilizadas como controle foram obtidas via download dos arquivos disponibilizados no site do IBGE (IBGE, 2008).

As coletas dos dados foram realizadas em quatro distintos tempos: 5, 7, 9 e 11 horas. O intervalo de leitura e gravação dos dados coletados pelo aparelho foi de 15 segundos, conforme modelo seguido pela RBMC. Realizou-se quatro repetições buscando estar na faixa de horário de melhor geometria dos satélites (<PDOP), conforme efemérides obtidas pelo software do aparelho para a região. Os dados coletados foram processados internamente no aparelho que permite tal operação e pós-processados para correção diferencial com o auxílio do software Ashtech Solutions®, fornecido pelo fabricante.

No pós-processamento, para obter uma maior precisão da coordenada corrigida, utilizou-se para os cálculos, ao invés do arquivo de almanaque fornecido pelo aparelho, arquivos no formato SP3. O formato SP3 inclui as seguintes informações adicionais: correções do pulso de disparo do satélite (relógio), expoentes da exatidão da órbita, linhas de comentário, semana do GPS e os segundos da semana associados com a primeira época (Spofford & Remondi, 1994), estes arquivos estão disponíveis no site da Nasa.

Para avaliar a precisão do aparelho, transformou-se as Coordenadas Geodésicas obtidas nas observações em Coordenadas Planas Retangulares (UTM) com o auxílio do programa computacional TCGeo do IBGE, com estas coordenadas obtidas, calculou-se o erro de posicionamento utilizando a equação 1:

$$D_{(m)} = \sqrt{(N_1 - N_2)^2 + (E_1 - E_2)^2} \qquad \text{Eq. (1)}$$

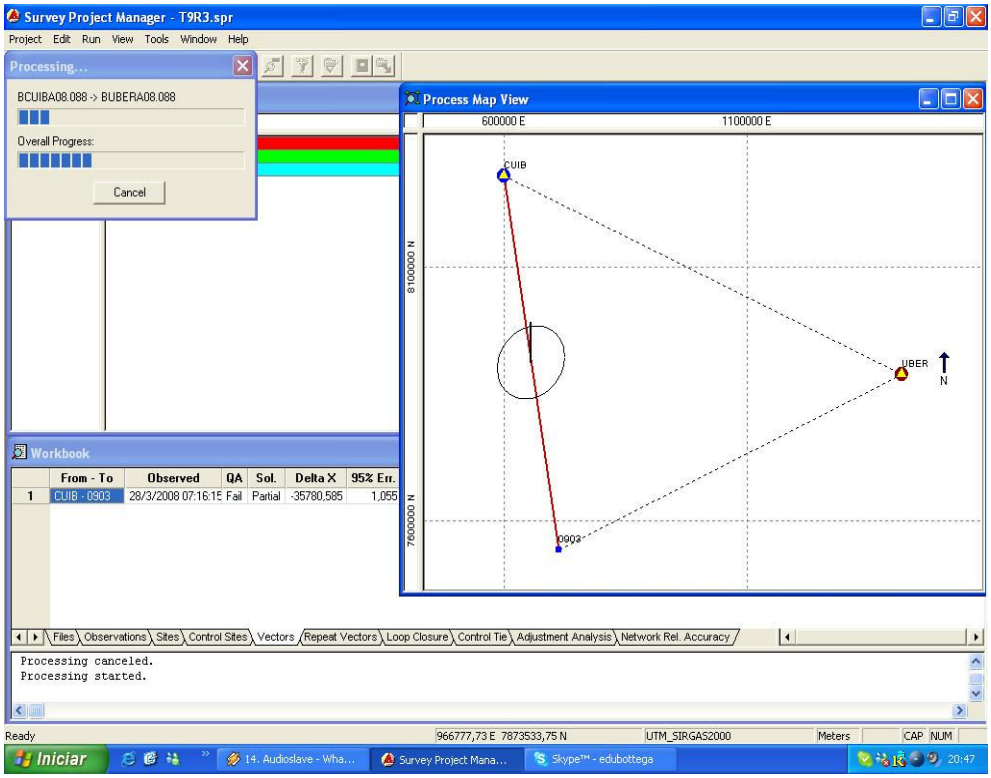
Em que:
D – distância do ponto verdadeiro, m;
N1 - norte conhecido, m;
N2 – norte obtido, m;
E1 - leste conhecido, m;
E2 – leste obtido, m.

Na utilização da fórmula não se considerou o valor referente à altitude geoidal do ponto, pois para o objetivo do trabalho, apenas as coordenadas planas retangulares são de interesse. Foi considerada satisfatória e aceitável a exatidão obtida no tempo onde todas as observações, de seu respectivo teste, apresentar erro inferior a 20 cm, assegurando assim a capacidade do aparelho Z - Xtreme em estabelecer pontos de apoio imediato ao georreferenciamento (P2).

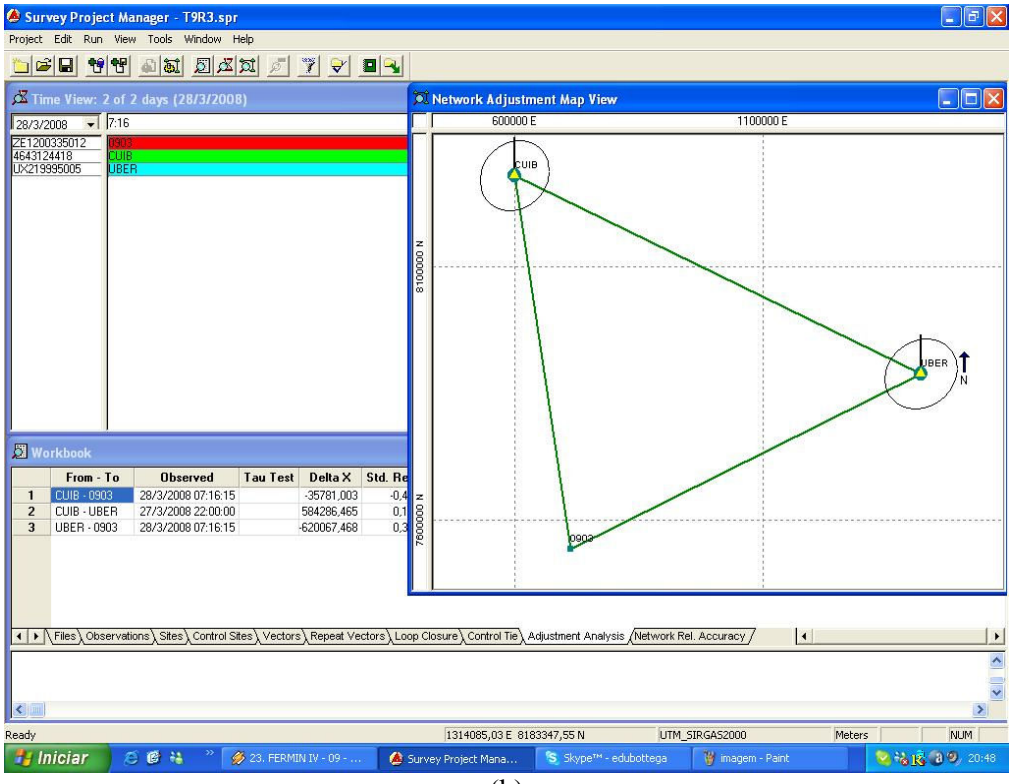
Resultados e Discussão

Na Figura 3 está representada a janela do programa computacional Ashtech Solutions® no momento da criação dos vetores entre os pontos de controle com o ponto amostrado (a) e o ajuste das coordenadas do ponto amostrado concluída (b).

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538
(Comunicação Científica)



(a)



(b)

Figura 3. Triangulação entre os pontos de controle com o ponto amostrado (a) e triangulação entre os pontos de controle com o ponto amostrado concluída (b).

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538
(Comunicação Científica)

A Tabela 1 apresenta as coordenadas planas retangulares obtidas para os tempos de coleta de 5, 7, 9 e 11 horas.

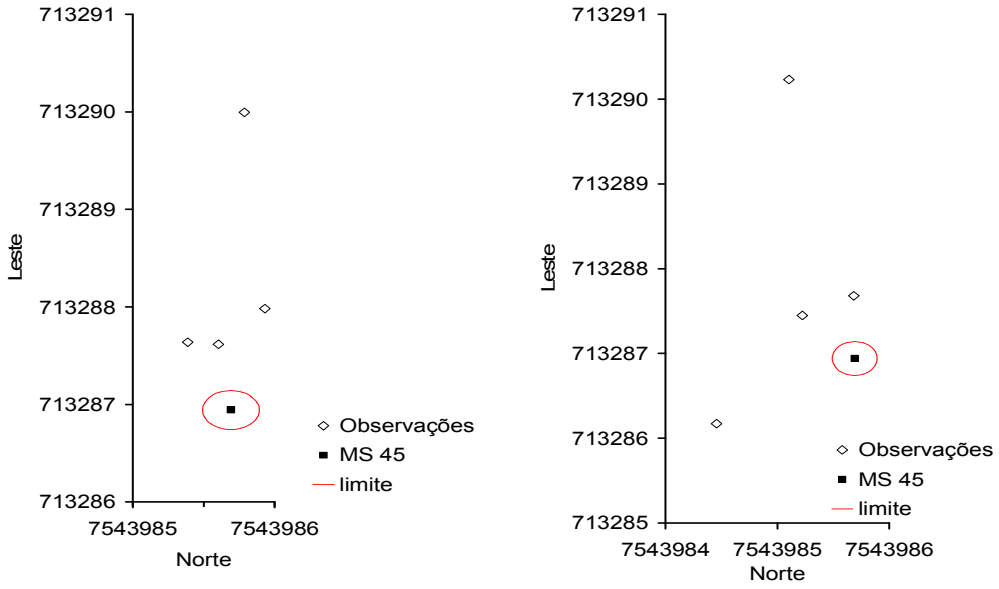
Tabela 1. Dados obtidos para os tempos de coleta de 5, 7, 9 e 11 horas.

Tempo de coleta de 5 horas			
Observações	X (N)	Y (E)	erro (m)
1	7543985,788	713289,996	3,056
2	7543985,604	713287,616	0,680
3	7543985,932	713287,982	1,067
4	7543985,389	713287,638	0,759
Tempo de coleta de 7 horas			
Observações	X (N)	Y (E)	erro (m)
1	7543985,224	713287,450	0,691
2	7543985,683	713287,680	0,738
3	7543984,456	713286,171	1,457
4	7543985,104	713290,233	3,343
Tempo de coleta de 9 horas			
Observações	X (N)	Y (E)	erro (m)
1	7543985,667	713287,186	0,245
2	7543985,503	713286,569	0,418
3	7543986,121	713288,838	1,944
4	7543985,430	713287,166	0,345
Tempo de coleta de 11 horas			
Observações	X (N)	Y (E)	erro (m)
1	7543985,941	713288,152	1,235
2	7543985,425	713287,834	0,931
3	7543985,355	713287,443	0,604
4	7543985,371	713287,771	0,889
MS 45	7543985,692	713286,942	

Observa-se que o erro mínimo, para coleta de 5 horas, foi de 0,680 m e para as 7 horas de observação de 0,691 m, ambos distantes do erro de 0,2 m, necessário para que se possa implantar um ponto P2. A observação que apresentou menor erro foi a observação 1 da coleta de 9 horas, apresentando erro de 0,245 m, sendo que para 11 horas de coleta o menor erro obtido foi de 0,604 m. Uma possível explicação para este fato, pode estar relacionada ao período de elevado PDOP possivelmente ocorrido durante a coleta de 11 horas, ou seja, ter sido maior do que para as observações realizadas em 9 horas, aumentando, assim, o erro no pré-processamento do aparelho. Como em nenhuma das observações o erro obtido foi igual ou menor que 0,2 m, as coletas 5, 7, 9 e 11 horas são consideradas insuficientes para a aquisição do ponto P2 pelo aparelho Z - Xtreme nas condições anteriormente descritas.

A Figura 4 está apresentando, na forma de gráfico, a distribuição dos pontos obtidos pelo aparelho Z - Xtreme em relação ao marco MS45, nos tempos de 5 horas (a) e 7 horas (b) e também a área limite de 0,2 m a partir do ponto MS45.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538
(Comunicação Científica)

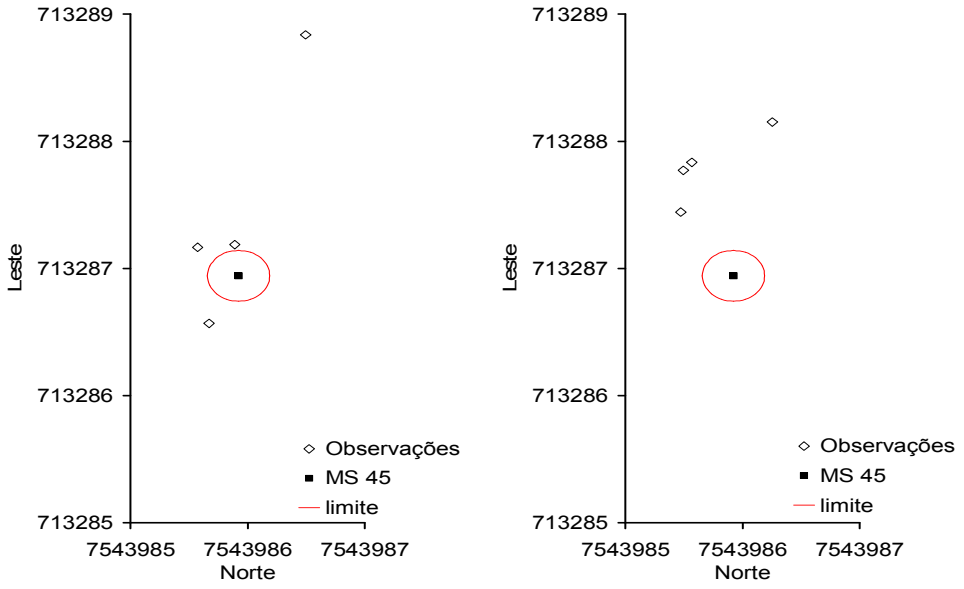


(a) (b)

Figura 4. a) Distribuição obtida em 5 horas (a) e distribuição obtida em 7 horas de coleta(b).

Pode-se observar que tanto no tempo de 5 horas, quanto no tempo de 7 horas, as coordenadas obtidas pelo aparelho estão muito distantes do limite máximo aceitável de erro que garante a capacidade do aparelho em obter coordenadas para a implementação de um ponto de apoio imediato (P2) usado como base para correção diferencial de coordenadas obtidas em georreferenciamento de um imóvel rural.

Na Figura 5, estão representados os pontos obtidos pelo aparelho Z-Xtreme e o marco referencial MS 45, para os tempos de 9 horas (a) e 11 horas (b).



(a) (b)

Figura 5. Distribuição obtida em 9 horas (a) e distribuição obtida em 11 horas de coleta (b).

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538
(Comunicação Científica)

Observa-se na Figura 5 que independente do tempo de coleta, as amostras se mostraram distantes do limite máximo de erro que se buscou alcançar, no tempo de 9 horas percebe-se que o erro, embora não aceitável para implantação do ponto P2, mostrou-se menor em relação ao erro observado para coleta de 11 horas. Este fato pode ser decorrente, como anteriormente comentado, de um maior tempo com PDOP elevado, sendo que em 11 horas de coleta temos 3 horas a mais de dados gravados que em 9 horas, em uma taxa de gravação de 15 segundos, obtemos 720 coordenadas a mais, como no pré-processamento o aparelho calcula a média das coordenadas obtidas, o acréscimo de coordenadas com erro maior pode ocasionar aumento de erro nas demais coordenadas obtidas.

Conclusão

Após a realização dos diversos testes, conclui-se insuficiente a exatidão obtida pelo aparelho Z-Xtreme, na implantação de pontos de apoio imediato ao georreferenciamento (P2) através do método de transporte de coordenadas, realizado fazendo-se a triangulação entre pontos da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) com distância horizontal de um dos pontos controle superior a 700 km. Com a intensificação da RBMC, outros pontos estão sendo homologados, possibilitando a realização deste estudo adotando pontos controle com menor distância do que os usados neste trabalho.

Referências

ÂNGULO FILHO, R.; BAIO, F.H.R. Avaliação da exatidão de dois receptores GPS operando em condições desfavoráveis de PDOP (Position Dilution of Precision). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 19, 8p. 1999.

ASHTECH. Z-Xtreme GPS receiver. **Operation and reference manual**. United States of America, USA. 160 p. May 2002.

AKIYAMA, N., TANAKA, T., YONEKAWA, M. Improvement of GPS positioning accuracy by ionosphere delay correction. In: SICE ANNUAL CONFERENCE 2007, Kagawa University, Japan. p. 1766 – 1769. 2007.

CAPPELLI, N.L.; UMEZU, C.K.; SILVEIRA, A.C.; GARCIA, A.P. Desempenho comparativo entre receptores GPS. **Revista Brasileira de Agroinformática**, v.8, n.1, p.63-77, 2006.

CREMONINI, L.C.M. **Acurácia de mapas altimétricos obtidos com DGPS na colheita de cereais**. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Máquinas Agrícolas). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Piracicaba- SP, 75 p. 2002.

FRASSON, F.R; SENATORE, G.M.; MOTOMIYA, A.V.A; MOLIN, J.P. Avaliação do desempenho estático de receptores de GPS. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, SBI-AGRO. Anais. Londrina, p. 1-7. 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Noções básicas de cartografia. Rio de Janeiro, IBGE, 1999. (**Manuais técnicos em geociências, 8**). 44 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geociências. 2008. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc_est.shtm. Acesso em: 15 Jan. 2008.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais, aplicada à Lei 10.267, de 28 de Agosto de 2001 e do Decreto 4.449, de 30 de Outubro de 2002.1ª ed. Brasília, DF. 2003.

MACHADO, W.C; MONICO, J.F.G; CAMARGO, P.O. SA Antes e depois de sua desativação. **Agrimensura & Cartografia.** A MIRA. ed. Launa, Criciuma SC, n. 98. p. 50 - 56. 2000.

MIRANDA, J.I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas.** Brasília, DF. Embrapa Informações Tecnológicas, 425 p. 2005.

MOLIN, J.P. Geração e Interpretação de Mapas de Produtividade para Agricultura de Precisão. **Agricultura de Precisão**, 467p. 2000.

MONICO, J.F.G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações.** Publicação interna. Departamento de Cartografia. Faculdade de Ciências e Tecnologia FCT/UNESP- Campus de Presidente Prudente. 287 p. 1996.

SPOFFORD, P.R.; REMONDI, B.W. **The National Geodetic Survey Standard GPS Format SP3.** 1994. (SP3-a format) available from the IGS website: http://igscb.jpl.nasa.gov/igscb/data/format/sp3_docu.txt

VETTORAZZI, C.A.; ANGULO FILHO, R.; COUTO, H.T.Z. Sistema de Posicionamento Global - GPS. **Engenharia Rural. Piracicaba**, v.5, n.2, p.61-70, 1994.