



## USO DE SISTEMAS DE POSICIONAMENTO GLOBAL POR SATÉLITE NA CARACTERIZAÇÃO ALTIMÉTRICA PARA PROJETOS DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

*Elcivan Pereira Oliveira, Moises Santiago Ribeiro, George Brito Silva, Cleiri Isabel Freitas Pisani, Niel Nascimento Teixeira, Cosme Mateus Dias Couto, Alessandre Gabriel Oliveira Ramos*

### 1. INTRODUÇÃO

O uso de estações totais no processo quase que manual na coleta de dados (medida angulares e lineares) sobre pontos na superfície terrestre, os quais são obtidos ponto a ponto, com a necessidade de pelo menos duas pessoas para realizar o trabalho tem dificultado a execução do mesmo, demandando de certa forma, tempo e elevando o custo [1]. O levantamento topográfico com o uso dos Sistemas Globais de Navegação por Satélite, em inglês *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS) é, atualmente, a alternativa mais eficaz quando consideradas as variáveis custo e produtividade. Ao determinar, simultaneamente, dados planimétricos e altimétricos, sua comparação com os métodos de levantamento convencionais permite um ganho da ordem de 3/1 em tempo e redução substancial das equipes de campo [2]. No entanto, de acordo com [3] o uso de receptores de navegação do *NAVigation System with Timing And Ranging – Global Positioning System* (NAVSTAR-GPS), mais conhecido como GPS, sistema norte-americano para execução de levantamentos altimétricos se mostra inviável, pois os dados coletados pelo mesmo geram uma superfície totalmente distorcida da real, e com características e resultados que impossibilitam uma interpretação precisa da superfície física terrestre caracterizada. Levantamentos planialtimétricos topográficos ou geodésicos sejam no setor civil, sistemas de abastecimento de água e esgoto sanitário, construções de barragens ou nas áreas de irrigação e drenagem são fundamentais, visto que, todo o projeto necessita de planta topográfica [4]. Além disso, em irrigação e drenagem há necessidade de rigorosa consideração da planialtimetria sob pena de se elaborar projetos não condizentes com o relevo local. Admitindo-se que a tecnologia do GNSS é questionada quanto a sua aplicação na determinação de medidas altimétricas é necessário conhecer a sua precisão em relação ao método de Topografia Clássica, em conformidade com as exigências da NBR 13.133 para levantamentos topográficos, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT [5].

### 2. OBJETIVOS

**Objetivo geral:** avaliar a precisão dos receptores GNSS topográfico Promark3® portadora L1 e GPS de navegação Garmin® 60-CSx, em comparação ao método de poligonização no posicionamento por topografia clássica com o uso da estação total Topcon® GPT 3207N, sobre o levantamento altimétrico para fins de projeto de irrigação e drenagem.

**Objetivos específicos:** implantar um marco base de concreto com coordenadas geodésicas determinadas por meio do método de posicionamento por ponto preciso (PPP), com o auxílio de um receptor GNSS Promark2®, portadoras L1 e L2; Caracterizar a altimetria da poligonal utilizando-se a estação total Topcon® GPT 3207N; Caracterizar a altimetria da poligonal utilizando-se de duas categorias de receptores: GNSS Promark3® e o GPS de navegação Garmin® 60-CSx; Converter as coordenadas X e Y do plano topográfico local determinadas com a estação total para coordenadas longitude e latitude geodésicas, considerando o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000/GRS80); converter as cotas Z do plano topográfico local determinadas pela estação total e as altitudes elipsoidais determinadas pelos receptores Promark3® e Garmin® 60-CSx para altitudes ortométricas, com o uso do Modelo de Ondulações Geoidais (MAPGEO2010).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados marcos de concreto com as dimensões padrão do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) nos vértices do perímetro de uma poligonal fechada interna ao setor de Agricultura Irrigada do Campus Guanambi/IFBaiano, totalizando 16 vértices. Foi considerado vértice todo ponto no perímetro da poligonal externa ou interna, com mudança de direção no alinhamento, ou seja, todo ponto com valor de ângulo horizontal > (maior) ou < (menor) que 180° em relação a visada de Ré e de Vante. Com o auxílio de um receptor Promark2® portadoras L1 e L2 (geodésico), um conjunto tripé, bastão da antena e antena, estático sobre o marco de concreto, foram coletados dados brutos por um tempo de rastreamento de 08:00 horas. A implantação deste marco serviu de base ao processamento dos dados brutos coletados com o receptor Promark3® sobre os vértices do perímetro da poligonal. O processamento dos dados brutos coletados sobre o marco base de concreto foi realizado utilizando-se do método de PPP, com auxílio do *software* científico disponibilizado on-line, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foi adotado o sistema de referência SIRGAS2000/GRS80 para a estimativa de coordenadas latitude, longitude e altitude geodésicas e a projeção cartográfica *Universal Transverso de Mercator* (UTM) com coordenadas Norte (N) e Leste (E). A altitude ortométrica (H) foi calculada após estimativa da ondulação geoidal (N) obtida pelo modelo de

ondulações geoidais MAPGEO, utilizando-se o *software* MAPGEO2010, disponibilizado pelo IBGE. Posteriormente, foi executado o georreferenciamento do perímetro da poligonal com o uso de dois receptores Promark3®. Um receptor permaneceu estático coletando dados sobre o marco de concreto base do levantamento, agora com coordenadas geodésicas conhecidas, enquanto outro receptor foi utilizado para coletar dados sobre os vértices da poligonal, por um tempo de rastreamento de 15 minutos em cada vértice, ambos operados simultaneamente. Foi utilizado o *software* GNSS *Solution* para o pós-processamento dos dados brutos coletados, como segue: criação de um novo projeto, importação dos arquivos com os dados brutos da base do levantamento (Base), importação dos arquivos de dados brutos do receptor móvel (Rover), ambos os arquivos foram importados no formato Rinex, definição dos pontos controles, correção das coordenadas geodésicas e dos desvios padrão dos pontos controle, processamento das linhas de base, verificação de bases flutuantes e análise do processamento. Foi utilizado um receptor NAVSTAR-GPS de navegação, modelo Garmin® 60-CSx para a determinação de coordenadas geodésicas dos vértices da poligonal. O receptor permaneceu coletando dados sobre cada vértice, a uma altura de 1,20 m do solo. O receptor foi configurado para o sistema de referência SIRGAS2000/GRS80 e, também, na projeção UTM. Os dados coletados foram transferidos para o *software* MapSource e exportados em arquivos no formato “dxf” para o *software* Autocad. Foi utilizado o *software* TopoCad para visualização das coordenadas geodésicas e na projeção UTM. Os dados de altitude geodésica foram obtidos no Autocad por meio do acesso aos atributos de cada vértice, “Posição Z”. O procedimento de conversão dos dados de altitude geodésica determinados pelo receptor Garmin® 60-CSx foi o mesmo utilizado para os dados de altitude determinados pelo Promark3®, além de ter sido subtraído o valor da altura de rastreamento em que o receptor Garmin® permaneceu coletando dados brutos com relação ao solo. Para o método de posicionamento por topografia clássica foi utilizada a estação total Topcon® GPT 3720N, com precisão angular de 07” e linear de 5 mm x 5 ppm x D (km), um tripé e um bastão com prisma, classificada como de média precisão, de acordo com a NBR 13.133 da ABNT [5]. As coordenadas geodésicas dos pontos de partida e de referência foram aquelas determinadas com o uso do receptor Promark3®. No ajustamento da poligonal e no estabelecimento das tolerâncias para o seu fechamento, considerou-se, para efeito da NBR 13.133 da ABNT, a poligonal do Tipo 1 - Poligonais apoiadas e fechadas numa só direção e num só ponto. A poligonal foi caracterizada como pertencente a classe VP (Levantamento planimétrico – Poligonais) e III N (Nivelamento de linhas ou circuitos e seções), segundo critérios desta Norma. O ajustamento dos dados brutos de medidas angulares e lineares, bem como a conversão das coordenadas topográficas em coordenadas na projeção UTM e geodésicas, foi realizado com auxílio do *software* Datageosis. Para análise da precisão dos receptores Promark3® e Garmin® 60-CSx em comparação com a estação total Topcon® 3207N, foram utilizadas medidas de média e desvio padrão de erro altimétrico relativo sobre cada vértice levantado.

#### 4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de média e desvio padrão do erro altimétrico relativo para os receptores Promark3® e Garmin® 60-CSx quando comparados com a estação total Topcon® GPT 3207N são apresentados na Tabela 1. O receptor Promark3® subestimou os valores de altitude ortométrica, enquanto o receptor Garmin® 60-CSx os superestimou, em comparação com os valores determinados pela estação total Topcon® GPT 3207N. O valor de erro altimétrico médio relativo observado entre o receptor Promark3® e a estação total Topcon® GPT 3207N foi de 0,03763 m, menor que o erro altimétrico médio de fechamento observado no ajustamento da poligonal realizada com a estação total que foi igual a 0,084 m. No entanto, o desvio padrão dos valores de erro altimétrico relativo para este receptor foi de 0,3435 m, considerado alto se comparado aos valores de tolerância altimétrica estabelecida pela NBR 13.133 para este tipo de poligonal e equipamento de estação total igual a 0,1615 m. Ainda assim, o valor de desvio padrão para o receptor Promark3® foi inferior em quase sete vezes quando comparado ao obtido pelo receptor Garmin® 60-CSx. Os resultados de altitude ortométrica (H) determinados pelos receptores Promark3® e Garmin® 60-CSx em comparação a estação total Topcon® GPT 3207N estão de acordo com os resultados de erro altimétrico obtidos por [4], ao comparar a estação total Nikon DTM-300 com receptores GNSS Trimble geodésico GPS 4600 LS, Trimble topográfico ProXR e Trimble GPS Garmin® 60-CSx de navegação 12XL, que verificaram, também, maior precisão dos receptores GPS geodésico e topográfico, em detrimento do receptor Garmin® 60-CSx de navegação. [6] ao comparar valores de cotas obtidos por diferentes equipamentos verificaram que o receptor GPS geodésico TechGeo GTR1/GTRA apresentou uma pequena variação em relação ao nível ótico P-Ozoni 41 (0,010 m), enquanto o GPS de navegação Garmin® Etrex Summit apresentou uma variação muito alta em relação ao mesmo nível ótico (7,824 m). Considerando-se o receptor GPS de navegação, nota-se que a variabilidade para cada área dentro de cada declive é maior do que a observada com o receptor GPS geodésico [3]. Embora a utilização do equipamento GPS Garmin® eTrex Summit de navegação seja comum na elaboração de projetos topográficos por apresentar baixo investimento em relação aos equipamentos GPS geodésicos, o mesmo apresenta características e resultados que impossibilita uma interpretação próxima da real superfície levantada [4]. Além disso o método GNSS também pode apresentar falhas, diversas fontes de erros, como

efemérides e relógio dos satélites (Com *Anti-Spoofing*), ionosfera e troposfera, multicaminhamento, variação no centro de fase da antena dos receptores, ambiguidades, dificuldade na recepção do sinal em locais com vegetação densa, baixo tempo de vida útil da bateria, entre outros.

## 5. CONCLUSÕES

O receptor GNSS Promark3® portadora L1 é mais indicado para os levantamentos altimétricos, quando comparado ao receptor GPS de Navegação Garmin® 60-CSx, em relação a estação total Topcon® GPT 3207N;

O receptor GNSS Promark3® portadora L1 poderá ser utilizado em levantamentos altimétricos a serem utilizados em projetos de irrigação pressurizada;

Maiores cuidados devem ser tomados na utilização do receptor Promark3® em levantamentos altimétricos para fins de projetos de drenagem (condutos livres) que, frequentemente, exigem precisões em altimetria maiores que o desvio padrão verificado para este receptor, devido a elevada sistematização de terrenos;

Apesar do avanço dos receptores GNSS topográficos e de navegação, verifica-se que ainda é necessária maior atenção na escolha do equipamento para realização de projetos topográficos rurais e urbanos por propiciar um ganho considerável em produtividade e qualidade na confecção de mapas, curva de nível, projetos de irrigação e drenagem, dentre outros.

## 6. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Baiano (IFBaiano) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e infraestrutura;

Ao Instituto de Qualificação Profissional (IQUALI), a Escola de Engenharia Eletro-Mecânica da Bahia (EEMBA) e a Faculdade Escola de Engenharia de Agrimensura (FEEA) pela colaboração intelectual e especialização de alguns dos autores a nível de Pós-graduação *Lato Sensu* em Geotecnologias.

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] CORRÊA, F. K. **O Uso de Tecnologias Modernas em Levantamentos Topográficos de Obras de Infraestrutura Aeroportuária**. 2013. 76p. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação)- Engenharia Civil-Aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica- ITA, São José dos Campos, 2013.
- [2] GOMES, E.; PESSOA, L.M.C.; SILVA JR., L.B.S. **Medindo Imóveis Rurais com GPS**. Brasília: Editora e Comunicação Ltda, 2001. 136p.
- [3] COELHO, A.C.S. **Avaliação do desempenho de receptores GPS em levantamentos altimétricos para fins de sistematização de terras**. Piracicaba, 2003. 128p.
- [4] RODRIGUES, A.V. *et al.* Receptores GPS de três precisões e estação total na caracterização de cotas básicas para projetos rurais. **Revista Eng. Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 208-214, 2006.
- [5] BRASIL. NBR 13.133 - **Execução de Levantamento Topográfico**. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1994. 35p.
- [6] SANTOS, I.S.; CASAROLI, D.; FAGAN, E.B.; SILVA, J.O.; SOUZA, M.C. Comparação entre receptores GPS e o nível ótico. **Revista do Centro Universitário de Patos de Minas**, Patos de Minas, UNIPAM, v.2, p.91-95, Set. 2011

**Tabela 1.** Média e desvio padrão ( $\sigma$ ) do erro altimétrico relativo, correspondente aos receptores Promark3® e Garmin® 60-CSx em relação a estação total Topcon® 3207N.

Vértices	Promark3® (m)	Garmin® 60-CSx (m)
M-01	0,2503	-13,4558
M-02	-0,2056	-13,2529
M-03	0,2964	-12,1306
M-04	-0,0394	-15,663
M-05	-0,3443	-13,7384
M-06	-0,0857	-15,2894
M-07	0,843	-16,542
M-08	-0,3973	-17,9557
M-09	0,0917	-20,5887
M-10	-0,1234	-18,7865
M-11	-0,3407	-17,5958
M-12	0,4847	-15,0446
M-13	0,5477	-13,0897
M-14	-0,1247	-12,2469
M-15	-0,109	-16,1256
M-16	-0,1417	-15,8244
<i>Média</i>	<i>0,03763</i>	<i>-15,4581</i>
$\sigma$	<i>0,3435</i>	<i>2,3588</i>

