



GNSS E SENSORIAMENTO REMOTO COMPARADOS A TOPOGRAFIA CLÁSSICA NA ALTIMETRIA

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

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a área da mensuração topográfica, geodésica, entre outras correlatas, sofreu modificações importantes. Dentre essas, podem-se destacar o surgimento das estações totais, do sistema de navegação global por satélites (*Global Navigation Satellite Systems – GNSS*) e, recentemente, dos Modelos de Elevação do Terreno (*Digital Elevation Model – DEM*), também conhecido como Modelo Digital de Terreno (MDT). 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]. Além dos métodos de topografia clássica e GNSS, destaca-se o sensoriamento remoto. Os modelos digitais de elevação originados do sensor ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) e da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) são exemplos de produtos obtidos através de sensoriamento remoto, em escala compatível para aplicação no planejamento do uso do espaço agrícola, gestão ambiental, manejo de bacias hidrográficas, zoneamentos ecológicos, softwares de conservação de florestas e de solo, entre outros. Os produtos ASTER são originados de cenas de altimetria produzidas a partir das bandas 3 N (Nadir) e 3 B (Back) de uma imagem ASTER Nível-1A, obtida pelo sensor no infravermelho próximo (0.78 a 0.86 micrometros) [3]. De acordo com [4] os produtos SRTM distinguem daqueles gerados por outros sensores devido suas visadas vertical e lateral, logo são capazes de reproduzir altitudes, trata-se de um modelo digital do terreno, ou seja, representa em três dimensões espaciais o relevo, latitude, longitude e altitude. Essas constantes evoluções e atualizações dos equipamentos aplicados aos levantamentos topográficos vêm aperfeiçoando os métodos de medições. Com essas evoluções e atualizações inúmeras situações e características influem na qualidade, na produtividade e no custo final de um levantamento topográfico, podendo assim gerar dados e informações não fidedignas e até mesmo fora da realidade do local levantado, bem como não proporcionar lucro ou até mesmo gerar prejuízo ao profissional ou empresa executante. Nesse contexto, são imprescindíveis análises da qualidade dos dados levantados e o melhor custo/benefício entre as principais metodologias e técnicas utilizadas atualmente para os levantamentos planialtimétricos.

2. OBJETIVO

Verificar a precisão linear de coordenada altimétrica mensurada pelos métodos de posicionamento por meio de GNSS (receptores portadoras L1 e L1/L2) e sensoriamento remoto (imagens de satélites ASTER e SRTM), em comparação com o método de topografia clássica (estação total).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Campus Guanambi, do Instituto Federal Baiano (IFBaiano), localizado nas coordenadas: Latitude 14°18'10,72"S e Longitude 42°41'27,27"W. Para realização do trabalho foi utilizada uma área experimental que possui um total de 1,08 hectare, com um relevo topográfico plano, cobertura vegetal rasteira, pastagem nativa, características estas que permitem amplo ângulo de rastreamento de sinais de satélites GNSS, motivo pelo qual foi escolhida para execução do experimento. Para desenvolvimento do trabalho foi levantada uma poligonal constituída por malha retangular com 20 pontos. A locação dos pontos foi realizada a partir da implantação de marcos de madeira em formato retangular constituindo uma grade de pontos de 30 m x 30 m em todo o talhão, cada ponto da grade foi locado com o auxílio de estação total (Topcon® GPT 3007W), utilizando-se de sua função 'Estaqueamento'. Para a realização deste trabalho, foram utilizados os equipamentos: estação total Topcon® modelo GPT 3007W, leitura direta de 1", precisão angular de 7" e precisão linear de 3 mm + 2 ppm; receptor GNSS geodésico Trimble® modelo R6 portadoras L1 e L2; receptor GNSS Pathfinder Trimble® modelo ProXT portadora L1. As imagens de satélite ASTER e SRTM foram obtidas no site: www.earthexplorer.usgs.gov e processadas no software Quantum GIS versão 2.4.0. O levantamento planialtimétrico com a estação total foi realizado pelo método topográfico de irradiação. Ocupou-se o ponto 01 da poligonal com a estação total realizando-se a visada de ré no marco Base (B1_IFGBI) e os demais pontos da poligonal visadas de vante. Na ocasião do levantamento o prisma foi cuidadosamente posicionado sobre os pontos, através de um



FEPEG

FÓRUM DE ENSINO,
PESQUISA, EXTENSÃO
E GESTÃO

TRABALHOS CIENTÍFICOS APRESENTAÇÕES ARTÍSTICAS E CULTURAIS DEBATES MINICURSOS E PALESTRAS

23 A 26 SETEMBRO DE 2015
Campus Universitário Professor Darcy Ribeiro

ISSN 1806-549X

A HUMANIZAÇÃO NA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO



apoio acoplado a um tripé. Os dados brutos coletados (ângulos e distâncias) pela estação total foram processados no *software Topograph*, versão 3.8, obtendo-se os valores das coordenadas X, Y e Z sobre o plano topográfico local. Os valores de coordenadas X e Y foram convertidos, respectivamente, para as coordenadas Norte (N) e Leste (E), do sistema de coordenadas na projeção UTM, associados ao sistema de referência WGS 84. Os valores de coordenada Z foram convertidos para valores de coordenada elipsoidal (h), referenciados ao *datum vertical* EGM96; foram adotadas as coordenadas latitude geodésica (φ), longitude geodésica (λ) e altitude elipsoidal (h) obtidas pelo receptor GNSS geodésico Trimble® modelo R6 sobre os marco Base (B1_IFGBI) e ponto 01 da poligonal. As coordenadas geodésicas φ , λ e h, associadas as coordenadas cartesianas tridimensionais X, Y e Z do CTRS (*Conventional Terrestrial Reference System*) originárias do GNSS, são essenciais no processo de conversão para as coordenadas na projeção UTM. Na coleta de dados com o receptor GNSS geodésico Trimble® modelo R6, o rastreamento foi executado pela técnica de posicionamento relativo estático, utilizando as portadoras L1 e L2. Uma das antenas (base) do receptor geodésico Trimble® modelo R6 ocupou um marco implantado a uma distância de aproximadamente 75 m da área em estudo, enquanto outra antena (móvel) com o receptor GNSS Pathfinder Trimble®, modelo Pro XT portadora L1, coletou dados brutos sobre os marcos já materializados, simultaneamente. Foi considerada uma inicialização dos receptores GNSS móveis por 10 minutos para resolução da ambiguidade e adotado um tempo de rastreamento de 2 minutos (estático-rápido) de coleta de dados brutos sobre cada ponto, a uma taxa de gravação de 5 segundos. Para o processamento dos dados brutos coletados sobre o marco Base B1_IFGBI a partir do receptor geodésico Trimble® modelo R6, foi utilizada a estação ativa de Bom Jesus da Lapa (BOMJ) da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) como referência para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Os dados foram processados com a utilização do *software Trimble Business Center*, versão 2.6. Os resultados obtidos foram processados e transformados para o sistema de coordenadas na projeção UTM, considerando o elipsóide WGS-84 e *datum vertical* EGM-96. Após o processamento dos dados brutos da base B1_IFGBI, esta foi utilizada como referência para o processamento e cálculo de coordenadas dos pontos da malha coletados em campo. O processamento dos dados coletados com o receptor GNSS topográfico Pathfinder Trimble®, modelo Pro XT foi realizado com o *software GPS Pathfinder Office*. Para a obtenção das altitudes elipsoidais (h) a partir das imagens SRTM e ASTER utilizou-se o *software Quantum GIS* versão 2.4.0. Os pontos da grade foram sobrepostos nas imagens e retiradas às suas respectivas altitudes. O posicionamento dos pontos da grade sobre as imagens de satélite foi estabelecido pelas coordenadas geodésicas φ e λ obtidas por meio do receptor GNSS geodésico Trimble® modelo R6. A variável de interesse foi a diferença das altitudes elipsoidais obtidas entre os dados coletados pela estação total, receptor GNSS geodésico Trimble® R6, receptor GNSS topográfico Pathfinder Trimble® modelo ProXT e imagens de satélite ASTER e SRTM. Os valores de altitude elipsoidais (h) obtidos pelos receptores GNSS geodésico e topográfico, obtidos pelas imagens de satélite SRTM e ASTER foram comparados com os valores de altitude obtidos no levantamento com a estação total, após todos estes terem sido referenciados ao *datum vertical* EGM96. A precisão altimétrica dos receptores GNSS e imagens de satélites, quando comparados com a estação total foi estimada pelo desvio padrão (σ).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentadas as média e o desvio padrão das diferenças de altitudes relativas dos receptores GNSS Trimble® R6 e Trimble® Pro XT e imagens de satélite ASTER e SRTM, em relação à estação total Topcon® GPT 3007W. Foram verificados erros muito baixo nos valores de altitude correspondentes aos receptores GNSS e as imagens de satélite em relação à estação total. No entanto, os maiores valores de erro de altitude foram observados para as imagens de satélites ASTER e SRTM, que tiveram seus valores de desvio padrão da ordem de 1,4203 m e 1,6439 m, respectivamente. Estes resultados devem-se, possivelmente, a maiores discrepâncias altimétricas entre os pontos obtidos nas imagens. Estas diferenças podem ser atribuídas ao fato de que dentro de um mesmo pixel da imagem, com uma resolução espacial de 30 metros, pode ter ocorrido uma variação de relevo um pouco acentuada. De acordo com [5] essa variação de altitude na região coberta pelo pixel pode ter proporcionado a variação de altitude observada entre as imagens e a estação total. [3] verificaram que as redes de drenagem derivadas dos MDEs ASTER e SRTM mostram baixa concordância com a drenagem mapeada evidenciando, nesses casos, a presença marcante de erros na fonte de dados utilizada, nas quais facilmente se observam drenagens que cruzam curvas de nível, e outras paralelas, que indicam a presença de artefatos nesses MDEs, principalmente no MDE ASTER e um pouco menos no MDE SRTM. Os valores de altitude determinados com o uso dos receptores GNSS Trimble® R6 e Trimble® Pro XT foram muito próximos aos obtidos com a estação total Topcon® GPT 3007W. A pequena diferença observada nos valores de altitude obtidos entre os receptores GNSS Trimble® R6 e Trimble® Pro XT pode estar associada à curta linha de base entre os pontos rastreados da malha e o ponto da base. [6] ao avaliar receptores GNSS de três precisões diferentes e estação total na caracterização de cotas básicas para projetos rurais constataram que as altitudes obtidas pelos três receptores quando confrontadas com aquelas calculadas a partir do levantamento com a estação total, foram



satisfatórias para o equipamento GPS geodésico Trimble® 4600 e não satisfatórias para os receptores GNSS topográfico Trimble® modelo Pro XR e GPS de navegação Garmin®.

5. CONCLUSÕES

Os receptores GNSS Trimble® R6 e Trimble® Pro XT poderão ser utilizados em substituição a estação total Topcon® GPT 3007W na caracterização altimétrica para fins de elaboração de MDEs, em pequenas áreas;

As imagens de satélite ASTER e SRTM não apresentaram precisão altimétrica aceitável quando comparadas a estação total Topcon® GPT 3007W, inviabilizando-as na geração de MDEs para projetos de engenharia que requerem precisa sistematização do terreno.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Baiano (IFBaiano) pelo apoio acadêmico;

A Top Draw pelo apoio financeiro e de 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] CHAGAS, S.C., FERNANDES FILHO, E.L., ROCHA, M.F., CARVALHO JÚNIOR, W., SOUZA NETO, N.C. Avaliação de modelos digitais de elevação para aplicação em um mapeamento digital de solos. **Rev. Bras. de Eng. Agríc. e Amb.** v.14, n.2, p.218-226, 2010.
- [4] CARVALHO T. M.; BAYER, M. Utilização dos produtos da "Shuttle Radar Topography Mission" (SRTM) no mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.9, p.35-41, 2008.
- [5] RABUS, B. et al. The Shuttle Radar Topographic Mission – A New Class of Elevation Models Acquired by Spaceborne Radar. **Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, 57, v.4, p. 241-262, 2003.
- [6] 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.

Tabela 1. Média e desvio padrão (σ) do erro altimétrico relativo, correspondente aos receptores GNSS e imagens de satélites comparados à estação total Topcon® GPT 3007W.

Ponto	GNSS Trimble® R6 (m)	GNSS Trimble® Pro XT (m)	ASTER	SRTM
1	0,000	0,003	-0,563	0,433
2	-0,009	-0,006	0,392	0,836
3	-0,019	-0,005	1,709	0,802
4	-0,015	-0,008	2,116	1,019
5	-0,017	-0,009	2,192	0,593
6	-0,012	0,001	1,607	0,529
7	-0,001	0,007	-0,051	0,176
8	0,013	0,001	-2,124	0,224
9	-0,012	-0,010	-0,242	0,725
10	-0,008	-0,014	-0,166	-0,135
11	-0,007	-0,008	2,050	-0,782
12	-0,012	-0,014	2,972	-1,377
13	-0,008	-0,006	1,967	-3,060
14	-0,010	-0,002	-0,581	-2,719
15	-0,009	0,006	-0,567	0,181
16	-0,013	-0,004	0,352	1,464
17	-0,015	-0,008	-1,020	1,741
18	-0,011	-0,004	-1,302	0,819
19	-0,021	-0,005	-0,909	-3,143
20	-0,005	0,005	1,101	-3,737
Média	-0,0095	-0,0040	0,4467	-0,2705
σ	0,0075	0,0062	1,4203	1,6439