

10^o

FEPEG FÓRUM

ENSINO • PESQUISA
EXTENSÃO • GESTÃO
RESPONSABILIDADE SOCIAL: INDISSOCIABILIDADE
ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA



ISSN 1806-549 X

Autor(es): WILLER FAGUNDES DE OLIVEIRA, CARLOS AUGUSTO RODRIGUES MATRANGOLO, FRANCIELLE GONÇALVES SILVA, VIRGILIO J. M. G. JÚNIOR, LUCAS ALVES DA SILVA, MARIA RIBEIRO DOS SANTOS

Análise de Modelos Digitais de Elevação (MDE's) obtidos por meio de Sensoriamento Remoto e Sistema GNSS

Introdução

Um dos principais objetivos do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM GL1) foi obter um Modelo Digital de Elevação (MDE) a nível quase global. Os dados geodésicos oriundos da missão SRTM são constantemente utilizados em aplicações cartográficas na área civil e científica. Por obter dados de altimetria dos elementos naturais e artificiais acima da superfície do terreno, o SRTM também é considerado como um Modelo Digital de Superfície (MDS).

Alguns projetos buscaram aprimorar e corrigir algumas anomalias dos dados espaciais do SRTM. No Brasil, Valeriano e Rossetti (2012) elaboraram o projeto Topodata, o qual é disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Neste mesmo sentido, visando obter um produto de qualidade que pudesse ser utilizado na correção geométrica e radiométrica SAR do sensor ALOS PALSAR, a *Alaska Satellite Facility* (ASF) concluiu, outubro de 2015, o projeto *Radiometric Terrain Correction* (RTC). O Projeto RTC é uma derivação da interferometria do sensor ALOS PALSAR com correção da topografia, a nível quase global, o qual tem como base o SRTM GL1. O referido projeto, procurou eliminar algumas anomalias do SRTM GL, interpolando-o (para as áreas localizadas entre as latitudes 60°N e 57°S) para resolução espacial de 12,5m (alta resolução), obtendo assim, um novo MDS. Neste estudo, o referido MDS corrigido foi nomeado como MDS RTC.

Em se tratando de caracterização morfométrica de terrenos, a utilização do MDE juntamente com um Software SIG, torna-se um ferramental geotecnológico imprescindível na gestão de bacias hidrográficas (MELLO; SILVA, 2013). Isso mostra a importância de obter MDE condizente, ou em conformidade, com as irregularidades da superfície do terreno. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo principal, analisar as discrepâncias dos MDS's oriundos do projeto SRTM e RTC, bem como os seus produtos (Mapas de Declividades e Curvas de Nível), tendo como base de comparação, o Modelo Digital do Terreno (MDT) oriundo de um Levantamento Geodésico GNSS.

Material e Métodos

A área de estudo está localizada na Área de Drenagem da Barragem do Rio Juramento, Juramento/MG, envolvida por coordenadas Planas UTM E 656.575 e N 8.130.521; E 659.903 e N 8.137.640, Datum SIRGAS 2000 e fuso 23 k. Para fins de obtenção de um Mapa Verdadeiro, condizente com a realidade planialtimétrica da superfície real do terreno, foi utilizado um Levantamento Geodésico Planialtimétrico realizado (período de 12/2013 a 04/2014) numa área de 229,3498 ha. Neste levantamento foram utilizados dois receptores geodésico GNSS (Base e Rover) de alta precisão (5mm + 1 ppm), ambos da marca *Ashtech* e modelo *Pro Mark 200* (L1/L2). O método de levantamento foi o Rápido-Estático, sendo o tempo médio de rastreamento em torno de 5". Os dados pós-processados foram exportados em formato ".DXF" e, conseqüentemente, importados no Software QGIS para serem convertidos na extensão (.shp). Em seguida, os dados vetoriais foram transformado em raster através do interpolador triangular (TIN), método de interpolação linear, obtendo assim um MDT com resolução espacial de 12,5m em altitudes geométricas.

O SRTM GL1 foi obtido através do recurso interativo de produtos cartográficos e serviço geológico da *United States Geological Survey* (USGS). Com o auxílio da calculadora raster, no Software QGIS, as altitudes ortométricas (EGM 96) do referido MDS foram convertidas para altitudes geométricas (WGS 84/G873), sendo a ondulação geoidal (N)= -11,638m. Esse procedimento faz necessário para efeito de comparação com o Levantamento Geodésico GNSS, sendo que tal procedimento é, muitas das vezes, ignorado pelos pesquisadores (MARKUS N, 2005). Em seguida, procedeu-se a amostragem, através do método bilinear, a fim de obter um MDS com resolução espacial de 12,5m.

Já o MDS RTC foi obtido através do portal interativo de Banco de Dados Geográficos da ASF. Utilizou-se o arquivo ".dem.tif", que é um dos produtos RTC ALPSRP076726840 (Path 81, Frame 6840). O MDS obtido no banco de dados da ASF/ Vertex, foi reprojetoado para o Datum SIRGAS 2000, fuso 23k, a fim de obter um produto cartográfico compatível, em termos de projeção, com os MDE's supracitados.

Após a padronização (Datum SIRGAS 2000, altitude geométrica e resolução espacial de 12,5m) dos MDE's oriundos do projeto SRTM GL1(MDS SRTM), projeto RTC (MDS RTC) e Levantamento Geodésico GNSS (MDT GNSS), utilizou-se a calculadora Raster para calcular as diferenças ou discrepância (Equação 1 e 2) entre os MDE's (**GNSS - SRTM** e **GNSS - RTC**), conforme a equação (1) e (2).

$$\Delta h_{G-S} = h_{GNSS} - h_{SRTM} \quad (1) \quad \text{e} \quad \Delta h_{G-R} = h_{GNSS} - h_{RTC} \quad (2)$$

Onde: Δh_{G-S} é a discrepância entre MDT_{GNSS} e MDS_{SRTM} e Δh_{G-R} é a discrepância entre MDT_{GNSS} e MDS_{RTC} .

Com base nas discrepâncias entre os MDE's (Δh_{G-S} e Δh_{G-R}), foi possível calcular a média (Equação 3) e os desvios-padrão (Equação 4).



$$\overline{\Delta h} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta h_i}{n} \quad (3) \quad \text{e} \quad \sigma_{\Delta h} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta h_i - \overline{\Delta h})^2}}{n-1} \quad (4)$$

Para efeito de comparação de precisão e acurácia (exatidão) das altitudes fornecidas pelo MDE's (SRTM e RTC), primeiramente, realizou-se o teste F, com nível de significância de 5%, a fim de identificar se as discrepâncias apresentassem variâncias diferentes estatisticamente entre elas. Após o teste F, procedeu-se teste de hipótese (T-Student), com nível de significância de 5%, considerando as seguintes hipóteses:

$$H_0: \overline{\Delta h_{G-S}} = \overline{\Delta h_{G-R}} \quad \text{versus} \quad H_1: \overline{\Delta h_{G-S}} \neq \overline{\Delta h_{G-R}}$$

A partir do teste de hipótese é possível responder se os MDE's (SRTM e RTC) apresentam discrepâncias iguais estatisticamente, bem como avaliar a exatidão média dos mesmos, tendo como base a regra de decisão H_1 e a média das discrepâncias. É válido ressaltar que, de acordo com os valores apresentados pela USGS (2015), espera-se encontrar exatidão $\leq 10\text{m}$ para o produto MDS SRTM, assim como para o MDS RTC, uma vez que o mesmo passou por um processo de correção ou eliminação dos dados espúrios.

Resultados e discussão

De acordo com a Tabela 1, observa-se que a média das discrepâncias foi de $\Delta h_{G-S} = -2,6\text{ m}$ e $\Delta h_{G-R} = -1,8\text{ m}$. Pode-se afirmar, estatisticamente, a um nível de confiabilidade de 95%, que as variâncias são diferentes, sendo o MDS RTC mais preciso. Em termos de exatidão, com base nas médias das discrepâncias e no teste de hipótese, a um nível de confiabilidade de 95%, o MDS RTC demonstra ser mais exato que o MDS SRTM. No teste de tendência para a comparação das discrepâncias entre os MDE's, o ξ teórico (bi-caudal) foi extraído da tabela com graus de liberdade de 36456, ou seja, $t_{0,95}^{g.l=36456} = 1,96$ e, o ξ calculado foi de -13,69.

Constatou-se que o MDS SRTM teve uma tendência de deslocamento de maior amplitude na discrepância, pois o ξ amostral foi menor (-13,69), aquém do intervalo bi-caudal do ξ teórico (1,96), o resulta na rejeição do H_0 . Tais resultados corroboram alguns estudos de validação pela NASA, os quais apontam um erro absoluto (exatidão) de 6,2m para o MDS SRTM para 90% dos dados para a América do Sul (RODRÍGUEZ et al., 2005).

Já a declividade média oriunda dos diversos MDE's, observa-se que MDT GNSS apresentou declividade média de 34,35%, sendo superior aos MDS's RTC e SRTM, os quais apresentaram, respectivamente, valores de 30,01% e 29,547%. A qualidade das curvas de nível foi avaliada tendo como base, o traçado e algumas regras básicas desejadas, tais como: curvas mais "lisas" ou sem cantos agudos, ausência de curvas imbricadas ou sobrepostas, ausência de curvas "quebradas" ou interrompidas, ausência de curvas bifurcadas e etc. Conforme a Fig. 1 observa-se uma consonância das Curvas de Nível-RTC e das Curvas de Nível-GNSS com a topografia do terreno, ao contrário das Curvas de Nível-SRTM que apresentaram traçados quase retilíneos nas áreas mais íngremes.

Conclusão

O MDS RTC apresentou menor discrepância quando comparado com o MDE SRTM, assim como as curvas de nível oriundas do MDSRTC apresentaram-se maior consonância, quando comparado com o MDT GNSS. O MDT GNSS apresentou média da declividade do terreno superior aos MDE's (RTC e SRTM). Em termos percentuais de áreas (ha) de ocorrência de classes de relevo, quando comparado ao MDT GNSS, o MDS RTC apresentou maior similaridade em relevos planos a ondulado, ao contrário do MDS SRTM que apresentou maior similaridade em relevo Forte-Ondulado a Forte-Montanhoso.

Referências

- GENS, R. ASF radiometric terrain corrected products. Algorithm Theoretical Basis Document. **ASF-Alaska Satellite Facility**, 1. v. 1, p. 16, 2015. Disponível em: <<https://www.asf.alaska.edu/sar-data/palsar/terrain-corrected-rtc/>>. Acesso em: 26 mar. 2016.
- LAURENCELLE, J.; LOGAN, T.; GENS, R. ASF Radiometrically Terrain Corrected ALOS PALSAR products. **ASF-Alaska Satellite Facility**, 1. v. 1, p. 12, 2015. Disponível em: <<https://www.asf.alaska.edu/sar-data/palsar/terrain-corrected-rtc/>>. Acesso em: 26 mar. 2016.
- MARKUS N. **SRTM and VMAP0 data in OGR and GRASSGRASS-News**, 2005. Disponível em: <https://grass.osgeo.org/newsletter/GRASSNews_vol3.pdf>. Acesso em: 15 de jun. de 2016>.
- MELLO, C. R. de; SILVA, A. M. Bacias Hidrográficas. In: **HIDROLOGIA: PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES EM SISTEMAS AGRÍCOLAS**. 1º. ed. Lavras: UFLA, 2013. p. 33-72.
- RODRÍGUEZ, E.; MORRIS, C. ; BELZ, J. ; CHAPIN, E. ; MARTIN, J. ; DAFFER, W.; HENSLEY, S. **An Assessment of SRTM Topographic Product**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM_D31639.pdf>. Acesso em: 15 de jun. de 2016>.
- USGS. **Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)**. Disponível em: <<https://lta.cr.usgs.gov/SRTM>>. Acesso em: 15 de jun. de 2016>.
- VALERIANO, M. de M.; ROSSETTI, D. de F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography**, v. 32, n. 2, p. 300-309, mar. 2012.



Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0143622811000786>. Acesso em: 19 de jun. de 2016>.

Tabela 1. Resumo das discrepâncias entre os MDE's avaliados.

Variável	Δh_{G-S}	Δh_{G-R}
MÁXIMO	35	53
MÍNIMO	-34	-27
DESVIO-PADRÃO	± 6.04	± 5.44
MÉDIA	-2.6	-1.8

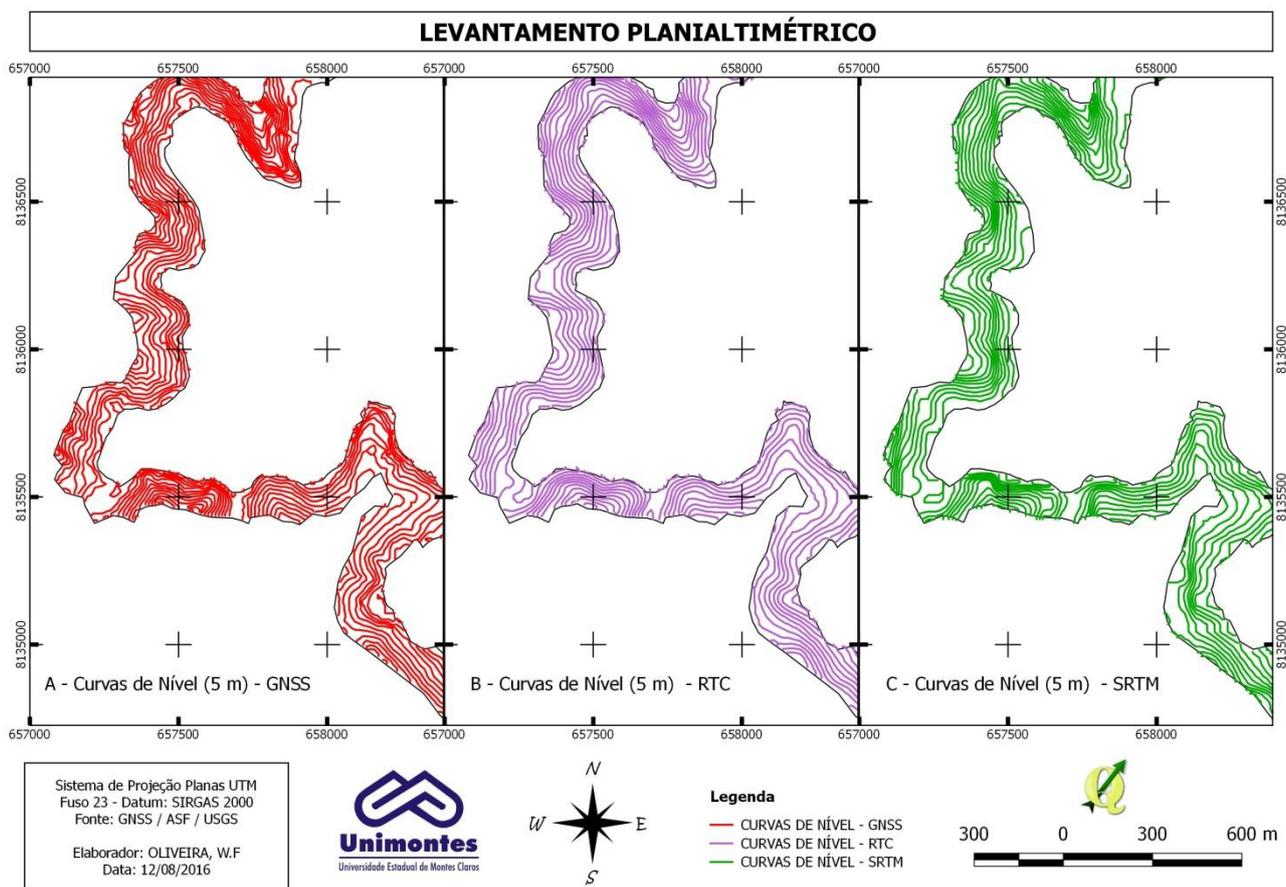


Figura 1. Levantamento Planialtimétrico oriundo de diferentes MDE's.