

Avaliação do uso de diferentes limiares de variação altimétrica para o pré-processamento do Modelo Digital de Elevação de uma bacia experimental do Cerrado

Felippe Damiano Mello di Silva^{1,2}
Jorge Enoch Furquim Werneck Lima²
Antonio Felipe Couto Junior¹
Pedro Ribeiro Martins^{1,2}
Thiago Avelar Chaves³

¹ Universidade de Brasília – UnB - Campus Planaltina
CEP: 73300-000 Planaltina, DF
felippedamiao@hotmail.com; afcj@unb.br; peedrorm@gmail.com

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa
BR-020 km 18 Caixa Postal 08223 CEP: 73301-970 Planaltina, DF
jorge.werneck-lima@embrapa.br

³ Universidade de Brasília – UnB
Campus Universitário Darcy Ribeiro – Asa Norte CEP: 70910-900 Brasília, DF
thiagochvs@gmail.com

Abstract. The numerical representation of the relief in a limited region of the surface results in the Digital Elevation Model or Digital Terrain Model (DEM or DTM). This information is critical for many hydrological studies, such as characterization of the drainage network; flow direction; delineation of watersheds; estimate of erosion, and others. The objective of this study was to compare the impact of using different thresholds in the MDE filtering process in the Upper Jardim Experimental River Basin (BEARJ). An ASTER GDEM image was used as the base for this study. For generating the DTMs it was applied the median filter with 7x7 window and the extraction of three different variation thresholds, of 3, 5 and 10 meters. It was compared the basin drainage area generated by the four models. For comparing the impact of the three thresholds on the original DEM, the altitude variation of each pixel was standardized in relation to the altitude average and the standard deviation values of each model. The results indicated that, in relation to the original data, the threshold of 3m was the one that most changed the original DEM, followed by 5m and 10m. Smoothing relief stood out as the main result generated using this process. For better understanding the process of generating consistent digital elevation models, the next step of this study is to compare the obtained results with field data acquired with differential GPS.

Palavras-chave: relief, image processing, hydrology, relevo, processamento de imagem, hidrologia

1. Introdução

A adequada representação de dados altimétricos é fundamental na realização de diversos estudos ambientais e de engenharia, destacando-se aqueles relacionados aos recursos hídricos. Dentre as principais utilizações nessa área do conhecimento, destacam-se a caracterização da rede de drenagem, a identificação da direção do fluxo, a delimitação de bacias hidrográficas, a estimativa do potencial de erosão hídrica e a definição de zonas passíveis de inundação.

A representação numérica do relevo de forma espacialmente distribuída numa região limitada da superfície terrestre resulta no Modelo Digital de Elevação ou Terreno (MDE ou MDT). O processo para a geração do modelo consiste, basicamente, em três etapas: aquisição de dados; edição dos dados; e geração do modelo. A aquisição de

dados pode ocorrer por digitalização, restituição fotogramétrica, sensoriamento remoto ou levantamento direto em campo (INPE, 2004).

No caso da aquisição de dados de sensores orbitais, estes trazem consigo as limitações intrínsecas do sistema e estão sujeitos a uma série de fatores que alteram a relação de veracidade para com a paisagem existente. Seu uso, portanto, requer o desenvolvimento de processos de tratamento e correção, para que atendam às demandas técnicas da modelagem do relevo por SIG e sua integração com outras informações (Valeriano, 2004).

A aplicação de métodos de filtragem do Modelo Digital de Elevação obtido por meio de sensor orbital tem como objetivo a eliminação de elementos presentes na imagem e que não representam a elevação do terreno, como árvores, edifícios, nuvens e outros. Dependendo do tipo de elementos presentes na área de estudo, pode ser necessária a utilização de diferentes limiares que definirão a partir de qual amplitude de variação do modelo entre células vizinhas o processo de filtragem deverá ser aplicado.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi comparar o impacto do uso de diferentes limiares de variação altimétrica no processo de filtragem do Modelo Digital de Elevação (MDE) na Bacia Experimental do Alto Rio Jardim (BEARJ).

2. Área de Estudo

A BEARJ localiza-se na porção leste do Distrito Federal, entre as latitudes 15,71° e 15,86° S e as longitudes 47,55° e 47,64° W. Abrange uma área de drenagem de 105 km² composta por dois rios principais, o Estanislau e o próprio Jardim. Possui variação altimétrica de 904 a 1201 metros (Figura1).

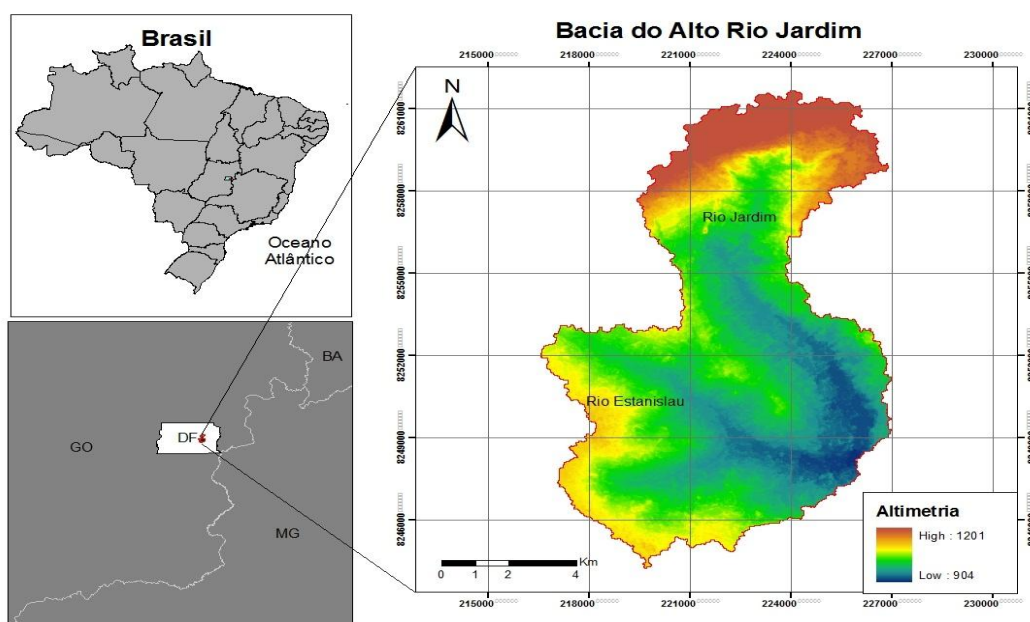


Figura 1 - Localização e altimetria da Bacia Experimental do Alto Rio Jardim.

A área de estudo faz parte da região hidrográfica do São Francisco, sendo o rio Jardim afluente do rio Preto, que deságua no Rio Paracatu, importante tributário do rio São Francisco.

Esta área está inserida em clima predominante “Tropical de Savana”, típico da região de Cerrado, caracterizado por duas estações bem definidas: verão chuvoso e inverno seco.

A hidrogeologia da bacia é constituída, em seu domínio poroso, pelos sistemas P₁, P₂ e P₄. O domínio fraturado é composto pelos sistemas Paranoá (subsistemas Q₃/R₃ e R₄), Canastra (subsistema F) e Bambuí (Lima, 2010).

O solo da área de drenagem da bacia é composto em sua maioria por Latossolos, seguido por Cambissolos, sendo o restante representado por outras classes com menor significância.

3. Materiais e métodos

3.1 Aquisição e tratamento do Modelo Digital de Elevação ASTER GDEM

A primeira etapa deste trabalho foi a aquisição do Modelo Digital de Elevação (MDE) do sensor *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model* (ASTER GDEM). Estes dados foram gerados por meio de operação conjunta entre a NASA e o Ministério japonês de Economia, Comércio e Indústria (METI). Esses dados possuem resolução espacial de 30 metros, disponibilizados pela página eletrônica: <http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/>, gratuitamente. A folha/cena que corresponde à área de estudo é a ASTGTM2_S16W048.

O tratamento do MDE seguiu as seguintes etapas: a) filtragem das imagens originais com filtro de mediana com janela 7x7; b) subtração entre os dados originais e filtrados; c) identificação das variações superiores a 3, 5 e 10 metros; d) conversão desses valores matriciais em formato vetoriais de ponto; e) geração dos três Modelos Digitais do Terreno referentes a cada um dos limiares de variação altimétrica avaliados (MDT3, MDT5 e MDT10), com a interpolação efetuada por meio do algoritmo TOPOGRID (Hutchinson, 1989).

3.2. Delimitação automática da bacia e análise dos dados

Ao final da primeira etapa foram obtidos quatro modelos digitais, sendo eles: MDE (original), MDT3, MDT5 e MDT10. Todos esses modelos foram submetidos às seguintes etapas para a delimitação da área de drenagem: 1) preenchimento de depressões, com o intuito de minimizar as falhas que comprometem o fluxo da drenagem; 2) definição da direção do fluxo, através do método D8 o qual determina uma direção entre oito de acordo com a altimetria (O’Callaghan & Mark, 1984); 3) cálculo do fluxo acumulado a partir da direção do fluxo, determinado com base no número de pixels que estão contribuindo para a geração da drenagem a montante de um determinado ponto; 4) conversão da drenagem para o formato matricial; 5) definição do exutório da bacia que, no caso, está cerca de 50 metros a jusante da confluência entre os rios Jardim e Estanislau; 6) geração automática dos limites da bacia.

Foi realizada análise da estatística descritiva da altimetria de cada modelo por meio de histogramas de frequência referente às diferenças altimétricas. No intuito de proceder a avaliação dos modelos, os dados obtidos (MDT, MDT3, MDT5 e MDT10) foram padronizados pela média e o desvio padrão, de acordo com a seguinte equação:

$$\Delta_p = \frac{h_i - \bar{h}}{d_p} \quad (\text{Eq. 1})$$

em que:

Δ_p = padronização das diferenças entre cotas altimétrica em relação à cota média;

h_i = cota altimétrica em cada pixel i ;

$\bar{h}$ = cota altimétrica média de todos os pixels do modelo;

d_p = desvio padrão das cotas altimétricas de todos os pixels do modelo.

Em seguida foi feita a espacialização dos dados padronizados.

4. Resultados e Discussão

Com base no MDE, através de diferentes tratamentos, foram gerados três MDT's, assim, a partir de cada modelo foi delimitado a área de drenagem da BEARJ (Figura 2).

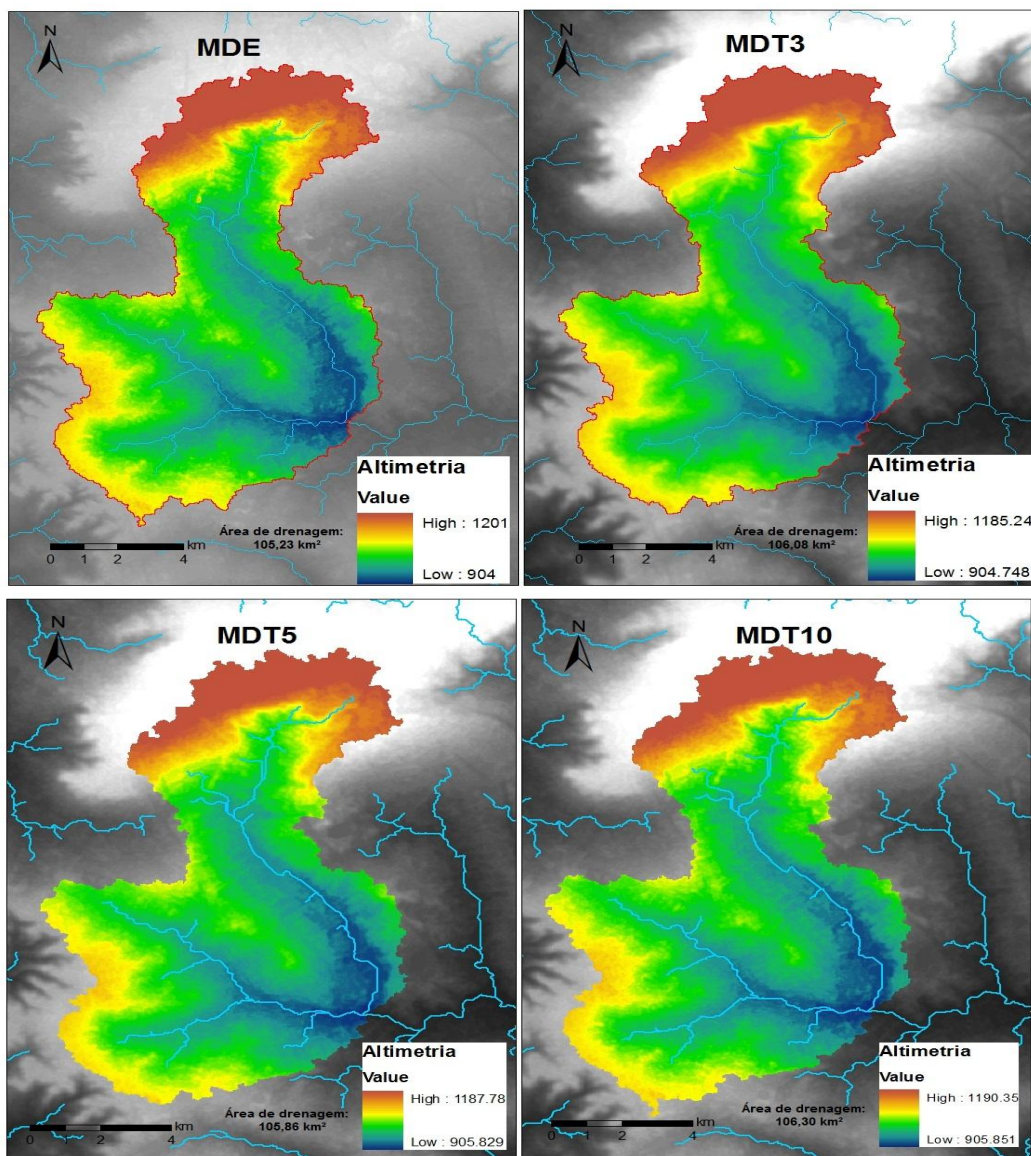


Figura 2 – Modelo Digital de Elevação original da imagem ASTER GDEM e os respectivos Modelos Digitais do Terreno obtidos por meio de diferentes tratamentos.

Como se pode observar na figura acima, ocorreram diferenças entre os modelos gerados, representando o limiar empregado para a interpolação. O MDE apresentou uma área de drenagem de 105,23 km² e variação altimétrica de 904 a 1.201 m, enquanto os demais modelos apresentaram os seguintes valores:

- MDT3 - área de drenagem de 106,08 km² e variação altimétrica de 904,74 a 1.185,24 m.
- MDT5 - área de drenagem de 105,86 km² e variação altimétrica de 905,82 a 1.187,78 m.
- MDT10 - área de drenagem de 106,30 km² e variação altimétrica de 905,85 a 1190,35 m.

Os histogramas de frequência dos valores padronizados indicaram que a maior diferença foi observada no MDE, com os dados variando entre 3,031781 e -1,696138 (Figura 3). Os dados dos MDT's variaram menos em relação ao MDE, ficando evidente o efeito da suavização obtida por meio do filtro de mediana e dos diferentes limiares avaliados.

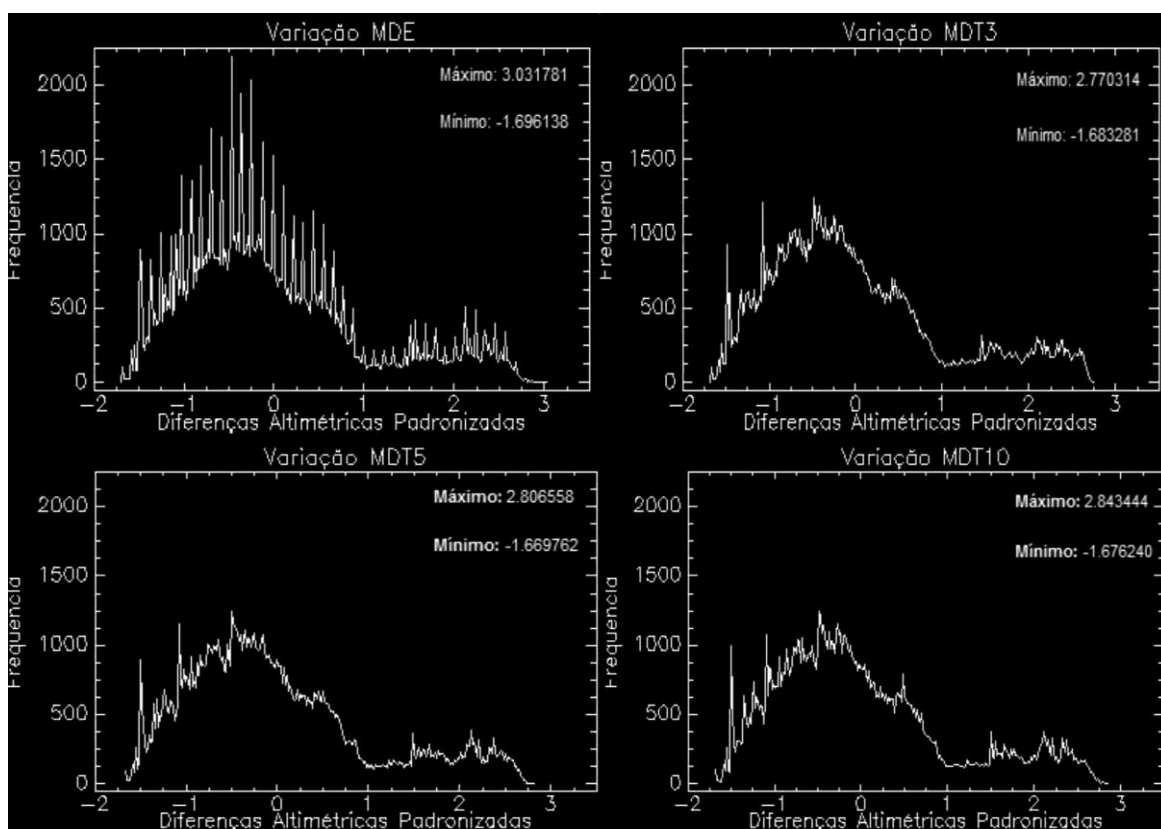


Figura 3 – Histogramas de distribuição da frequência das diferenças altimétricas padronizadas.

As diferenças padronizadas foram espacializadas para a avaliação visual das principais diferenças, onde foi feito um zoom em uma área com grandes variações para facilitar a visualização (Figura 4).

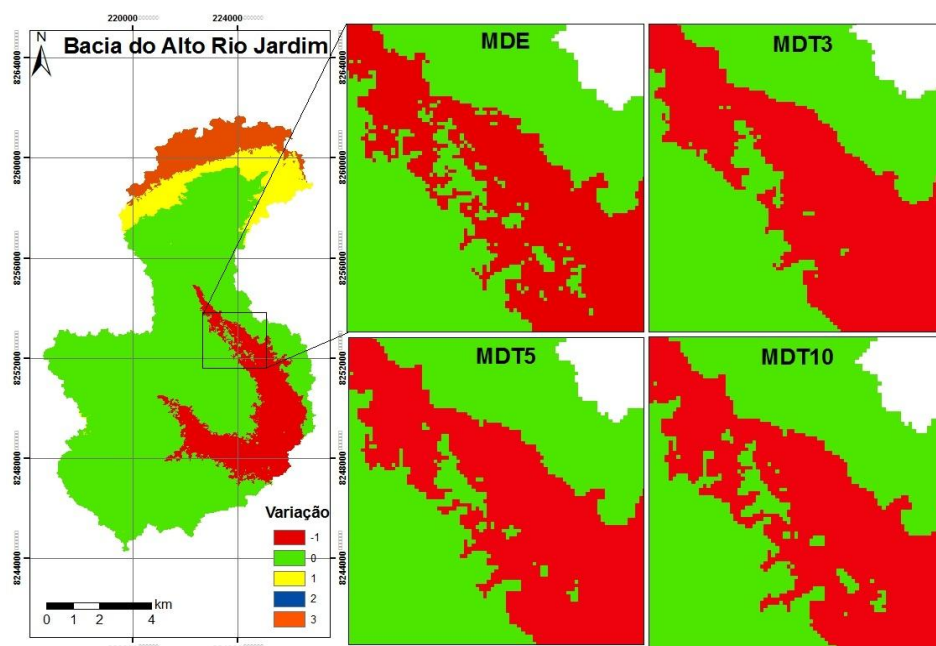


Figura 4. Amostra da distribuição espacial das diferenças altimétricas padronizadas geradas pelos quatro modelos de elevação (MDE, MDT3, MDT5 e MDT10).

Foi possível observar que todos os modelos apresentaram variações entre si:

- MDE – observou-se a ocorrência de maior variação, ficando assim uma imagem mais heterogênea, sendo este modelo o que não recebeu tratamento.
- MDT3 – foi observada a maior alteração em relação ao MDE, pelo fato da variação de 3m ser facilmente encontrada, por conta da fitofisionomia típica do cerrado, o que aumentou a quantidade de pixels a serem interpolados com os vizinhos. Pode-se observar que nas áreas onde tinham maiores variações os pixels que correspondem ao centro, geralmente não sofreram alterações, pelo fato da interpolação ser com as médias dos pixels vizinhos.
- MDT5 - em questão de alterações do MDE, ficou entre o MDT3 e o MDT10.
- MDT10 - foi o que menos alterou o MDE, pelo fato de ter recebido o tratamento referente ao limiar de variação de 10m, sendo menos ocorrente e por assim menos pixels fora interpolados de acordo com a média dos vizinhos.

5. Conclusão

- Os procedimentos utilizados visam à atenuação dos valores espúrios encontrados nos dados obtidos por sensores orbitais.
- A suavização do relevo destaca-se como o principal benefício gerado por esse processo.
- O estudo permitiu comparar o impacto do uso de diferentes limiares de variação altimétrica no processo de filtragem do Modelo Digital de Elevação (MDE).
- A padronização mostrou-se importante ferramenta na espacialização e análise dos dados, permitindo melhor comparação entre os modelos.
- Na continuidade do trabalho, os resultados obtidos serão comparados com dados de campo levantados com GPS diferencial, buscando melhores procedimentos na geração do MDT.

Referências Bibliográficas

Advanced Spaceborne Thermal and Reflection Radiometer (ASTER). Disponível em: <<http://asterweb.jpl.nasa.gov/>>. Acesso em: 24 jun.2012.

Hutchinson, M.F. A new method for gridding elevation and streamline data with automatic removal of pits. **Journal of Hydrology**.106, p. 211-232, 1989.

Lima, J.E.F.W., 2010. **Modelagem numérica do fluxo da água no solo e do escoamento de base em uma bacia experimental em área agrícola no Cerrado**. Tese de Doutorado, Publicação PTARH.TD – 08/10, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 312p.

O’Callaghan, J.F. & Mark, D.M. **The extraction of drainage networks from digital elevation data**. **Computer Vision, Graphics, and Image Processing**. 28, 323-344. 1984.

Oliveira, S.N. *et al.* **Delimitação automática de bacias de drenagens e análise multivariada de atributos morfométricos usando modelo digital de elevação hidrologicamente corrigido**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v.8, n.1, p.3-21, 2007.

Valeriano, M.M. **Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande/ PB, v.7, n.3, p. 539-546, 2003.

Valeriano, M.M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos/SP, 72p, 2004.