

## Métodos de levantamentos topográficos por sensores de radar da bacia hidrográfica do Rio Capivara, Botucatu-SP.

Bruno Timóteo Rodrigues<sup>1</sup>  
Mikael Timóteo Rodrigues<sup>1</sup>  
Felipe de Souza Nogueira Tagliarini<sup>1</sup>  
Daniela Polizeli Traficante<sup>1</sup>  
Sérgio Campos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP  
Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA, Campus de Botucatu, Departamento de  
Engenharia Rural  
Rua José Barbosa de Barros, nº 1780  
18.610-307 - Botucatu - SP, Brasil  
brunogta21@gmail.com; felipe\_tagliarini@hotmail.com; mikaelgeo@gmail.com;  
felipe\_tagliarini@hotmail.com; danitrafi@yahoo.com.br; seca@fca.unesp.br

**Abstract.** The objective of the present study was to analyze the quality and accuracy of the data generated by radar sensors, which offer the Digital Elevation Model (MDE) and its local derivations, comparing by means of the Kappa index its accuracy to the topographic truth Of the catchment area of the Capivara watershed. A detailed analysis was performed to detect, improve, validate and correct some errors related to the altimetric dimensions belonging to the respective level curves, where the TIN interpolation tool (irregular mesh of triangulation) was applied, thus generating the Digital Elevation Model (MDE) in matrix format representing the Earth Truth. The TOPODATA database altimetry MDE was imported into the QGIS 2.2.0 software, isolating the areas of real interest, resulting in a new representative matrix file for crossing the matrix of confusion and validation through the Kappa Index. Some places with flat relief, such as the case of classes 1 and 2, TOPODATA presented some overestimations of the topographic classes and, in relation to areas with rugged relief and marked slope, the data analyzed showed an underestimation of the topographic classes. Based on the results obtained, the evaluation of the accuracy of TOPODATA processed to the Topographical Truth of the Capivara watershed presents a MDT of good classification with more than 50%, which enables such a product as an economically feasible and fast alternative for mapping and environmental modeling .

**Palavras-chave:** Geoprocessing, Digital Elevation Model, Data processing.

### 1. Introdução

Com o surgimento de novas técnicas, como é o caso do Sensoriamento Remoto, que nas últimas décadas vem produzindo dados nos mais variados seguimentos, como valores altimétricos e classes pedológicas, tanto em pequena como em grande escala, assim, possibilitando mapear com acurácia mais confiável, os produtos derivados do Sensoriamento Remoto apresentam também grande praticidade no seu manuseio, diminuindo tempo e custos.

Os novos sensores orbitais e a aquisição contínua de imagens da superfície terrestre têm oferecido um volume e variedade cada vez maior de dados a comunidade de sensoriamento remoto (FREITAS et al., 2011). O SRTM pode ser adquirido em diferentes níveis de processamento, como no site do Projeto TOPODATA, onde os dados disponibilizados passaram por um processamento computacional para refinamento no tamanho do pixel de 90 para 30m, sendo interpolados pelo método de krigagem (VALERIANO; ROSSETTI, 2009).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) tem colaborado para o mapeamento e zoneamento, atuando como método de fiscalização e planejamento de áreas agrícolas em

determinadas bacias hidrográficas e seus respectivos espaços e uso da terra, uma vez que as mudanças ocorrem em uma pequena escala temporal (RODRIGUES, et al., 2013).

O Sensoriamento Remoto tem papel significativo no ambiente SIG, como uma das alternativas mais viáveis para extração de informações sobre os diversos usos do solo, assim, gerando grande número de informações e possibilitando programação de ações adequadas para tomada de decisões por constituir ferramentas de articulação e informações geoespaciais (FUSHITA, et al, 2013). Desta forma, este trabalho teve como objetivo analisar a qualidade e precisão dos dados gerados por sensores de radar, que oferecem o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais, comparando por meio do índice Kappa sua acurácia à verdade topográfica da bacia hidrográfica do Rio Capivara.

## **2. Metodologia de Trabalho**

### **2.1 Área de estudo**

A área de estudo abrange a bacia hidrográfica do rio Capivara, situado no Município de Botucatu, região Centro-Oeste do Estado de São Paulo entre as coordenadas geográficas 22° 47' 10" a 22° 52' 38" de latitude S e 48° 22' 07" a 48° 26' 38" de longitude W.

### **2.2. Bases cartográficas**

Para a viabilização da construção deste estudo foram utilizados dois tipos diferentes de formas de dados, arquivos matriciais e vetoriais. Para os arquivos matriciais esta sendo utilizado os arquivos oriundos dos diferentes tipos de sensores de radar para a área que corresponde à bacia hidrográfica do Capivara, área esta descrita na caracterização geral da área. Para os arquivos vetoriais, para representação e caracterização da verdade terrestre, foi feito uso de arquivos gerados a partir das cartas topográficas do IGC (Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo) com escala de 1:2000, com isso tendo uma representação de curvas de nível com espaçamentos de 5 em 5 metros.

### **2.3. Verdade Topográfica**

Primeiramente foram trabalhados em plataforma CAD os dados pertencentes à Bacia hidrográfica do rio Capivara. Após os tratamentos preliminares em plataformas CAD os arquivos foram importados para uma plataforma de Sistema de Informação Geográfica (SIG), onde, neste ambiente, os dados foram convertidos para o formato Shapefile (.shp) com o sistema de coordenadas UTM e Datum SIRGAS 2000. Logo depois foi aplicada a ferramenta de interpolação TIN (malha irregular de triangulação). Dessa forma foi feita a criação/geração do Modelo Digital de Elevação (MDE) em formato matricial representando a Verdade Terrestre com resolução (dimensão do pixel) de 5 metros (Figura 1).

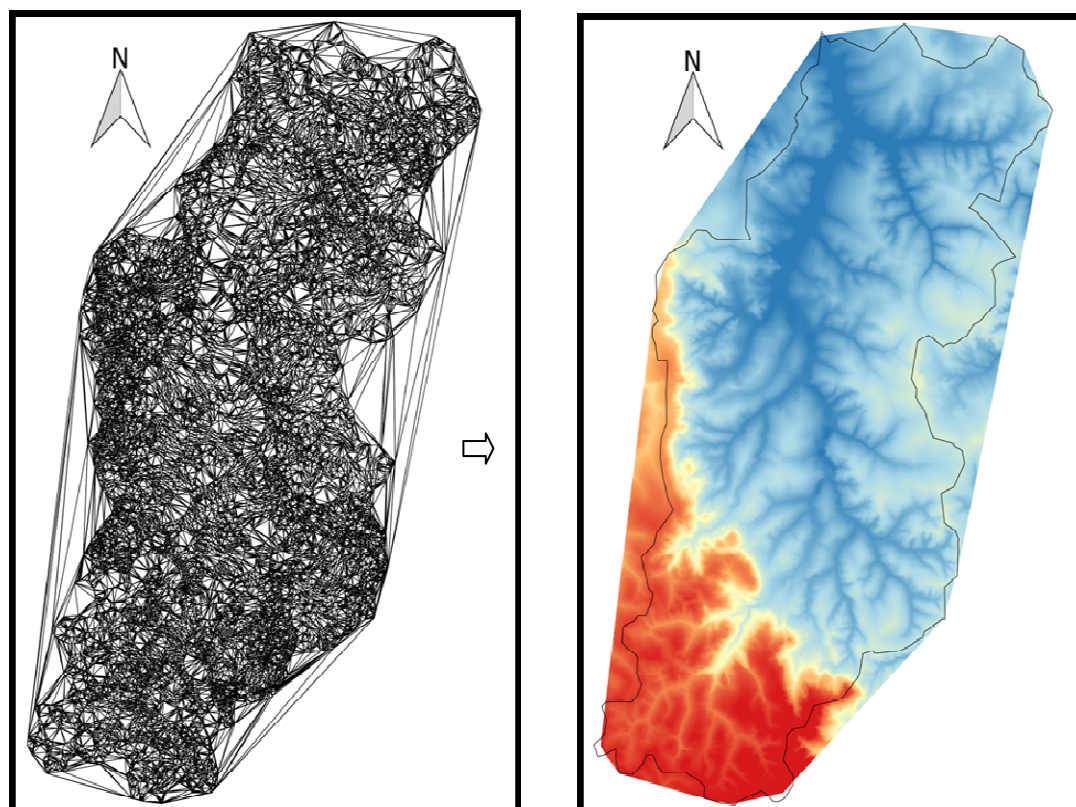


Figura 1 - Exemplo de Malha Irregular de Triangulação (TIN) e Modelo Digital de Elevação (MDE) da Verdade Terrestre (resolução espacial de 5 metros).

Em seguida foi aplicado a ferramenta “cortador” (clip), isolando somente as áreas de real interesse, com valores corretos e também excluindo as áreas fora de análise e consequentemente com valores incorretos. Desta foi obtido o arquivo de MDE (Modelo Digital de Elevação) somente com as áreas de interesse do estudo e com todos os valores altimétricos com adequada representação da verdade terrestre. Com a posterior exportação deste MDE foi obtido um arquivo matricial em formato GeoTiff com sistema de coordenadas UTM e Datum SIRGAS 2000, sendo compatível com qualquer software com ambiente de SIG.

Posteriormente, houve a necessidade de se utilizar uma ferramenta para “Fatiamento de Imagens”, onde tal extrai as classes altimétricas a serem estudadas por meio do histograma. Desta forma é possível ser gerado um novo arquivo em formato matricial, não mais como representação de um MDE e sim com representação de Classes Altimétricas de 20 em 20 metros.

#### 2.4. Matriz de Confusão e o Índice Kappa

O índice Kappa é definido como um coeficiente de concordância para escala nominal que pede a proporção de concordância depois que a concordância atribuída a casualidade é retirada de consideração (COHEN, 1960). O coeficiente Kappa considera todos os elementos da matriz de erros ao invés de apenas aqueles que se situam na diagonal principal da mesma, assim sendo, estima também a soma da coluna e linha marginais

Contudo, há a necessidade de fazer a importação dos arquivos matriciais com as feições das classes altimétricas, representando os dados da Verdade Terrestre e os Dados dos arquivos dos Sensores de Radar para a plataforma de SIG QGIS.

Desta forma a matriz de confusão pode ser obtida em um arquivo de texto (.txt) a partir de um dos complementos do QGIS chamado Accuracy Assessment, onde neste está sendo

utilizado como Referencia (valores corretos, reais) o arquivo matricial de classes a partir da Verdade Terrestre e como Comparação (valores a serem julgados) os arquivos matriciais de classes gerados a partir dos dados oriundos dos arquivos dos Sensores de Radar.

Estes arquivos de texto gerados pela ferramenta Accuracy Assessment estão sendo formatados, transformados e trabalhados de forma para propiciar a sua utilização em plataforma Office Excel. Estando na plataforma Office Excel estão sendo aplicados os cálculos e fórmulas sobre a referida Matriz de Confusão para a extração do Índice Kappa:

$$K = \frac{n \left( \sum_{i=1}^c x_{ii} \right) - E_{i=1}^c (x_{i+} x_{+i})}{n^2 - \sum_{i=1}^c (x_{i+} x_{+i})} \quad (1)$$

em que:

n = número total de pixels amostrados;

x<sub>ii</sub> = número de pixels da i-ésima classe classificados corretamente;

c = número total de classes;

x<sub>i+</sub> = número de pixels selecionados (amostras) para comporem a i-ésima classe (linha);

x<sub>+i</sub> = número de pixels classificados como pertencentes à i-ésima classe (total da coluna).

O índice Kappa (Tabela 1) é o mais recomendado por utilizar todas as células da matriz ao invés de somente os elementos diagonais - diferentemente de métodos que fazem uso apenas da Exatidão Global, utilizando dados derivados dos cruzamentos das classes, onde os mesmos se situam na diagonal principal da matriz de confusão - o que garante ao índice Kappa uma maior precisão da acurácia em relação aos outros métodos devido à medição de um pixel estar corretamente classificado, em relação à probabilidade de estar incorretamente classificado, avaliando a acurácia temática por ser mais sensível as variações de erros de omissão e comissão, também conhecido na literatura como erro de inclusão (DEMARCHI et. al, 2011). Desta forma, o erro de omissão representa os pixels “perdidos” para outras classes, bem como o erro de comissão reflete os pixels “recebidos” de outras classes.

Tabela 1 – Intervalos de caracterização da acurácia em relação a verdade terrestre.

Valor de Kappa	Qualidade da Classificação
<0,00	Péssima
0,00 – 0,20	Ruim
0,20 – 0,40	Razoável
0,40 – 0,60	Boa
0,60 – 0,80	Muito boa
0,80 – 1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977)

### 3. Resultados e Discussão

Como primeiros resultados do estudo, após alguns testes de viabilidade e exequibilidade da pesquisa no tocante da elaboração da Matriz de Confusão, foi decidido obter a subdivisão das classes topográficas de 20 em 20 metros da bacia hidrográfica do Rio Capivara (Quadro 1), com as cotas variando de 440m até 940m de altitude.

Quadro 1: Dados altimétricos subdivididos em classes topográficas de 20 em 20 metros.

Classes Verdade	Classes TOPODATA	Cotas das Classes	Classes Verdade	Classes TOPODATA	Cotas das Classes
VERD 1	TOP 1	440 - 460	VERD 14	TOP 14	700 - 720
VERD 2	TOP 2	460 - 480	VERD 15	TOP 15	720 - 740
VERD 3	TOP 3	480 - 500	VERD 16	TOP 16	740 - 760
VERD 4	TOP 4	500 - 520	VERD 17	TOP 17	760 - 780
VERD 5	TOP 5	520 - 540	VERD 18	TOP 18	780 - 800
VERD 6	TOP 6	540 - 560	VERD 19	TOP 19	800 - 820
VERD 7	TOP 7	560 - 580	VERD 20	TOP 20	820 - 840
VERD 8	TOP 8	580 - 600	VERD 21	TOP 21	840 - 860
VERD 9	TOP 9	600 - 620	VERD 22	TOP 22	860 - 880
VERD 10	TOP 10	620 - 640	VERD 23	TOP 23	880 - 900
VERD 11	TOP 11	640 - 660	VERD 24	TOP 24	900 - 920
VERD 12	TOP 12	660 - 680	VERD 25	TOP 25	920 - 940
VERD 13	TOP 13	680 - 700			

### 3.1. Verdade Terrestre para Matriz de Confusão

Para a elaboração do arquivo da Verdade Terrestre de modo que se tornasse possível a sua utilização no estudo com a Matiz de Confusão, foi aplicada a referida subdivisão de classes aos dados altimétricos. Com a subdivisão em classes topográficas o arquivo se torna a real referência altimétrica da área de estudo (Figura 2), desta forma alcançando a informação fundamental para que possa ser feito o estudo de comparação com as classificações dos MDTs oriundos dos Sensores de Radar com a utilização da matriz de confusão.

### 3.2. Sensor de radar dados TOPODATA para Matriz de Confusão

O resultado da altitude derivada dos arquivos TOPODATA (Figura 3) através dos arquivos de MDT de altimetria da base de dados SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) com 90 metros de resolução e processados no Projeto TOPODATA com resolução de 30 metros, com intervalos de classes de elevação de 20 em 20 metros (mesmas classes de representação da verdade topográfica) apresentou resultado boa qualidade de classificação, especialmente tendo em vista as características morfométricas geradas pelo MDE da área estudada, pois a mesma apresenta interpolação para eliminar qualquer ausência de valores de altitude.

Podemos observar de acordo com a o mapa de classificação das altimetrias dos dados dos sensores TOPODATA que existe uma grande semelhança entre as feições expostas no mapa de classes da verdade terrestre.

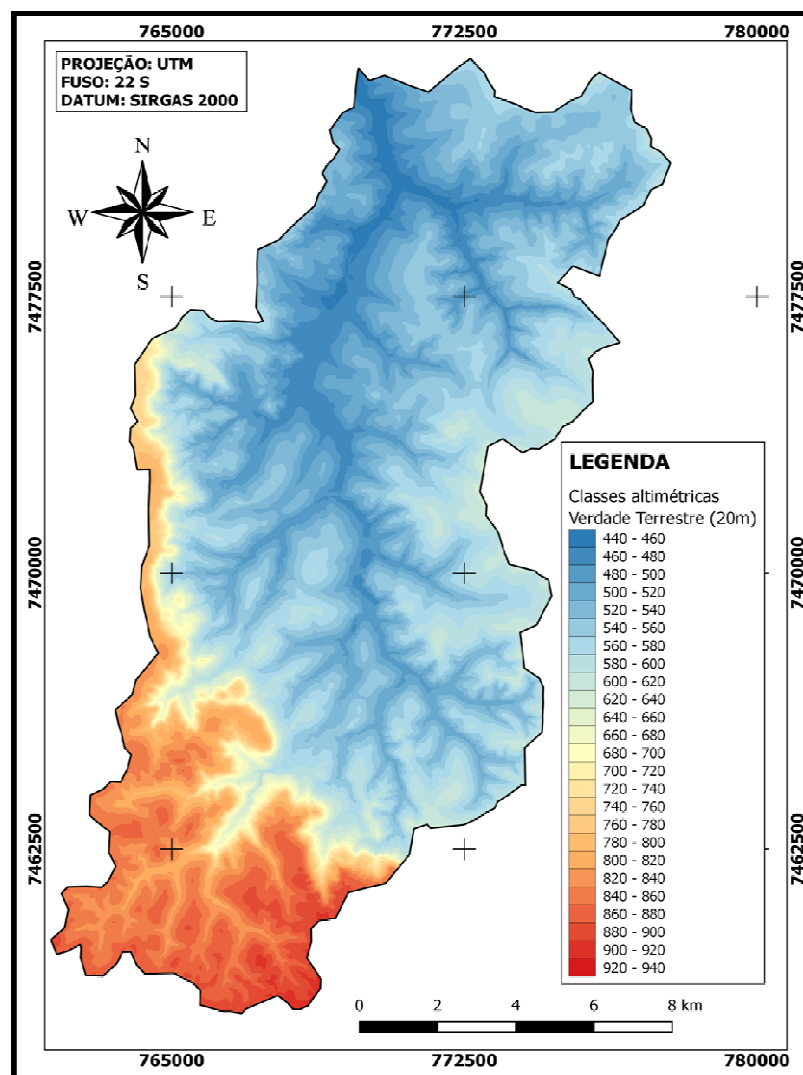


Figura 2 - Verdade terrestre em Classes altimétricas de 20 em 20 metros.

### 3.3. Matriz de Confusão VERDADE TERRESTRE x TOPODATA

De acordo com a avaliação expressa pela Matriz de Confusão gerada a partir da Altimetria do TOPODATA cruzada a Verdade Topográfica, levando em consideração o método da Matriz de Confusão de que quanto mais alto o valor estiver no eixo principal da matriz mais elevada será a acurácia, apenas 7 das 25 classes de informações altimétricas apresentadas (classes de 20 em 20 metros) não tiveram os seus maiores valores expressos nos respectivos eixos principais das classes confrontadas com a verdade topográfica da área. Desta forma, pode-se constatar um bom grau de acuracidade nos dados classificados do cruzamento do TOPODATA com a Verdade Topográfica apresentando um valor de 0,50114, o que segundo Landis e Koch (1977) indica uma classificação dentro do intervalo 0,40 a 0,60 (Tabela 1).

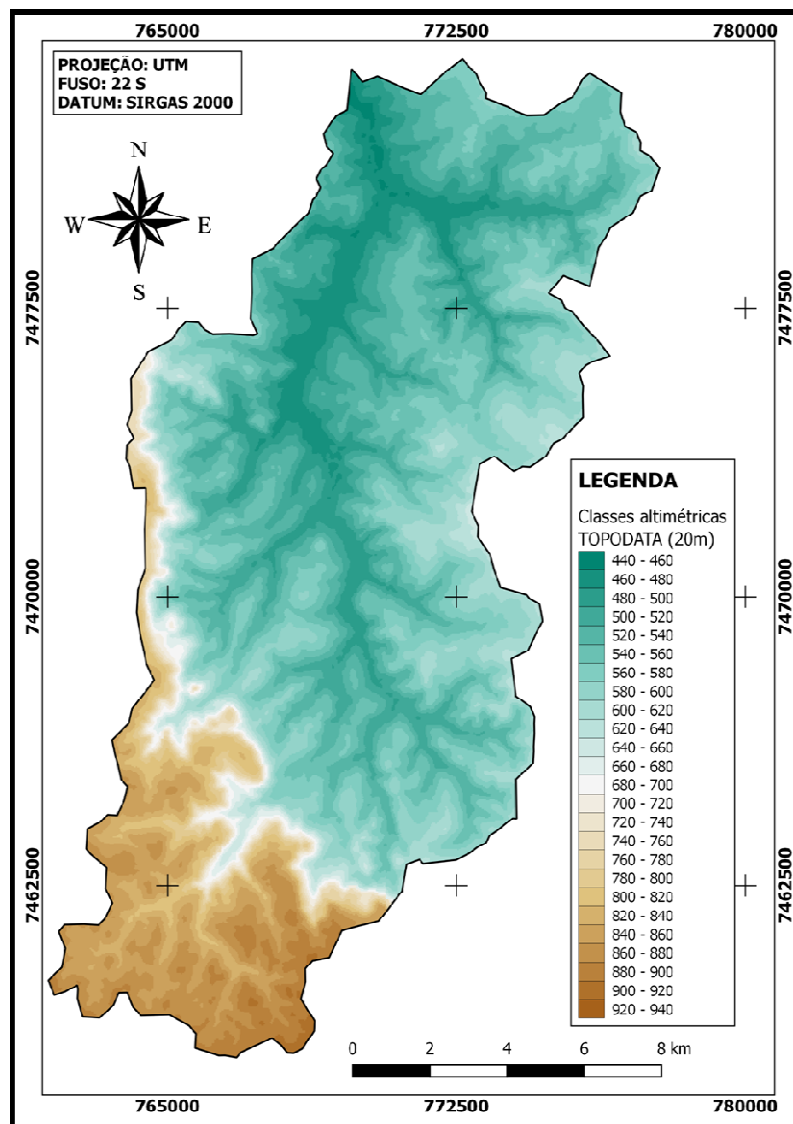


Figura 3 - TOPODATA em Classes altimétricas de 20 em 20 metros.

#### 4. Conclusões

A avaliação da acurácia do TOPODATA processada à Verdade Topográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Capivara apresenta um MDT de boa classificação com mais de 50%, o que possibilita tal produto como uma alternativa economicamente viável e rápida para mapeamento e modelagem ambiental.

#### Referências

COHEN, J. A. Coefficient of Agreement for Nominal Scales. **Educational and Measurement**. v. 20, p. 37-46, 1960.

Demarchi, J. C.; Piroli, E. L.; Zimback, C. R. L.. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo - SP usando imagens Landsat-5. **Ra'e ga (UFPR)**, v. 21, p. 234-271, 2011.

Freitas, R. M., Arai, E., Adami, M., Souza, A. F., Shimabukuro, Y. E., Rudorff, B. F. T., Yuzo, F., Rosa, R. R. Visualização Instantânea de Séries Temporais EVI2-MODIS na América do Sul. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 30 de abril a 05 de maio de 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos : INPE, 2011.

Fushita, A. T.; Reis, R. R.; Faresin, L.; Santos, J. E. Desempenho da classificação supervisionada em diferentes programas: comparação por meio do uso da terra e do índice de naturalidade da paisagem. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. 2013, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013, p. 6465.

Landis, R.; Koch, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v.33, n.1, p.159-174, 1977.

Rodrigues, M. T.; Cerignone, F. J.; Rodrigues, B. T.; Malheiros, J. M.; Monte, B. E. O.; Cardoso, L. G. Utilização do geoprocessamento na classificação do uso da terra em áreas conflitantes da bacia hidrográfica do rio capivara no município de botucatu-sp. IV Workshop Internacional de Planejamento em Bacias Hidrográficas. 2013, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente, SP: UNESP/FCT, 2013.

Valeriano, M. M.; Rossetti, D. F. TOPODATA: Seleção de coeficientes geoestatísticos para o refinamento unificado de dados SRTM. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 25 a 30 de abril de 2009, Natal-RN. **Anais...** São José dos Campos : INPE, 2009.