

ANÁLISE DE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO PARA MODELAGEM DO RELEVO NO MUNICÍPIO DE FRANCISCO BELTRÃO – PR

ANALYSIS OF DIGITAL ELEVATION MODEL FOR RELIEF MODELING IN THE MUNICIPALITY OF FRANCISCO BELTRAO – PR

ANÁLISIS DEL MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN PARA MODELAJE DEL RELIEVE EN EL MUNICÍPIO DE FRANCISCO BELTRÃO – PR

Fabiano André Marion

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - Prof. Me. Curso de Geografia.

Grupo de Pesquisas em Geotecnologias, Rua Maringá, 1200, Bairro Vila Nova, CEP 85605-010, Francisco Beltrão - PR.

fabiano.marion@unioeste.br

Elmir Borges dos Santos

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - Bacharel em Geografia.

Grupo de Pesquisas em Geotecnologias, Rua Maringá, 1200, Bairro Vila Nova, CEP 85605-010, Francisco Beltrão - PR.

elmirborges@hotmail.com

Elvis Rabuske Hendges

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - Prof. Dr. Curso de Geografia.

Grupo de Pesquisas em Geotecnologias, Rua Maringá, 1200, Bairro Vila Nova, CEP 85605-010, Francisco Beltrão-PR.

elvis.hendges@unioeste.br

RESUMO

Modelos Digitais de Elevação (MDEs) consistem atualmente em uma das principais formas de representação do relevo, no entanto, seus resultados dependem em grande escala dos dados primários utilizados. O presente trabalho busca avaliar algumas fontes de dados altimétricos pela comparação entre perfis topográficos, levando em consideração a morfologia do terreno no município de Francisco Beltrão, Estado do Paraná. Foram analisados MDEs oriundos da fotogrametria, gerados a partir das curvas de nível e pontos cotados vetorizados de duas cartas topográficas nas escalas 1: 25.000 e 1: 50.000, e também de MDEs oriundos de interferometria, gerados pela SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) com resolução espacial de 90 m e 30 m e pelo refinamento destes dados (Projeto Topodata). Utilizou-se para a comparação, dados oriundos de um levantamento aerofotogramétrico de detalhe, em escala 1: 2.000 e com curvas de nível com equidistância de 1 m. Apresentaram melhor semelhança com a morfologia do terreno para a área estudada, os modelos derivados de interferometria, Topodata e SRTM de 30 m, superando inclusive, o modelo derivado da carta topográfica 1: 25.000.

Palavras-chave: MDEs; Perfil topográfico; Sudoeste do Paraná

ABSTRACT

Digital Elevation Model (DEM) currently consist of one of the main forms of relief representation, however, the results depend heavily on primary data used. This study aims to evaluate some sources of altimetric data by comparing topographic profiles, taking into account the morphology of the land in the municipality of Francisco Beltrao, State of Parana (PR). MDE were analyzed coming from photogrammetry, generated from contour lines and elevation points vectorized from two topographic charts in the scale 1: 25000 and 1: 50000, as well as MDE coming from interferometry, generated by the SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) with a resolution spatial of 90 m by 30 m and refinement of these date (Topodata Project). It was used for comparison, data from an aerial survey of detail, scale 1: 2000 and with contour lines with equal distance of 1 m. The models derived from interferometry, the Topodata project and SRTM 30 m, showed better resemblance to the morphology of the ground for the study area, surpassing even the model derived from topographic chart 1: 25000.

Keywords: DEM; Topographic profile; Paraná Southwest.

RESUMEN

Modelo Digital de Elevación (MDE) actualmente consisten en una de las principales formas de representación del relieve, sin embargo, sus resultados dependen de un conjunto de datos primarios a gran escala utilizados. Este estudio tiene como objetivo evaluar algunas fuentes de datos de elevación mediante la comparación de los perfiles topográficos, teniendo en cuenta la morfología del terreno en el municipio de Francisco Beltrao, Estado de Paraná. Fueron analizados MDE que viene de la fotogrametría, generados a partir de las curvas de nivel y puntos de elevación vectorizados mapas topográficos en las escalas 1: 25000 y 1: 50000, así como MDE derivados de la interferometría, generados por SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) con resolución espacial de 90 metros y 30 metros y el refinamiento de estos datos (Proyecto TOPODATA). Fue utilizado para la comparación, los datos de un arrolamento Aerofotogramétrico detallada en escala 1: 2000 y con curvas de nivel con equidistancia de 1 m. Mostró mayor similitud con la morfología del terreno para el área de estudio, los modelos derivados de la interferometría, TOPODATA y SRTM 30 m, superando incluso el modelo derivado del mapa topográfico 1: 25000.

Palabras clave: MDE; Perfil topográfico; Paraná Suroeste.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Valeriano (2008a), um MDE (Modelo Digital de Elevação) consiste em uma matriz com um valor de elevação em cada célula (pixel), ou seja, são arquivos estruturados em linhas e colunas georreferenciados, contendo registros altimétricos. Assim, um MDE é uma representação tridimensional do relevo, e pode ser usado para extrair variáveis geomorfológicas do mesmo, como declividade, orientação de vertentes e curvatura do terreno, servindo de suporte para a análise geomorfológica.

Conforme Aspiazú; Alves; Valente (1990) surgiu da expressão *Digital Elevation Model* (DEM), para se referir aos modelos que consideram como característica do terreno, somente a elevação. O termo elevação é utilizado para qualquer imagem que armazene dados que possam ser vistos como elevação sobre uma determinada superfície. Entre os aspectos da qualidade da informação topográfica, a exatidão altimétrica absoluta é o menos exigido em grande parte das aplicações de MDE em estudos do relevo (VALERIANO, 2008b). Já o MDT (Modelo Digital do Terreno), conforme Carvalho (2009), trata-se do modelo referenciado à altimetria do terreno (ao nível do solo), enquanto o MDE, no sentido geral da palavra, é a representação (topografia) de qualquer superfície que não seja necessariamente referenciada ao nível verdadeiro do terreno (solo).

Com o MDE é possível definir a direção do fluxo da água, delimitar as bacias hidrográficas e calcular as áreas de contribuição de forma mais rápida, a partir de características morfológicas da bacia, tornando-se o método mais utilizado para cálculos geomorfológicos e extração de informações hidrológicas (LIN *et al*, 2006). A extração automática de informações da topografia em ambiente computacional, como exemplifica as análises de redes fluviais, a participação de microbacias hidrográficas e a identificação de unidades de relevo, amenizam a demanda de trabalho manual e a subjetividade dessas atividades. Esses exemplos, embora predominem entre as aplicações de MDEs, estão longe de esgotar as possíveis finalidades (VALERIANO, 2008b).

MDEs fornecem informações espaciais de grande importância para análise da superfície terrestre, podendo ser provenientes de levantamentos de campo com teodolito, fotografias aéreas (estereopar) e cartas topográficas, as quais necessitam de um controle manual e de interpolação para gerar um MDE. Outras fontes oriundas de interferometria como o Radar (*Radio Detecting And Ranging*) e o Lidar (*Ligh Detection And Ranging*) são fontes ativas de sensores abordo de satélites (orbitais) ou aviões (sub-orbitais) (CARVALHO, 2009). Áreas de difícil modelagem, em geral associadas à topografia plana, talvegues e divisores de águas, assim como de grande inclinação, dificultam a aquisição e conhecimento das formas presentes na área analisada, resultando em um MDE inconsistente.

Entre os dados de interferometria mais difundidos atualmente no Brasil, citam-se os produtos da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) - Missão Topográfica de Radar Transportado - que geraram MDEs com pixel de 90 e 30 metros de resolução (CARVALHO; BAYER, 2008), dados do projeto Topodata, resultantes de uma reamostragem, por *krigagem*, dos dados da SRTM gerando um MDE com 30 metros de resolução que recobrem o território brasileiro (VALERIANO, 2008a) e dados ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Refelctance Radiometer*), que adquire imagens pelo sensor *Visibile Near Infra-Red* (VNIR), com uma resolução de 30 metros (CARVALHO, 2009).

Para Sampaio; Souza Sá; Lima (2012), a principal diferença é que um MDE obtido por interferometria é caracterizado por erros distribuídos espacialmente, enquanto que os derivados do uso de curvas de nível geram erros mais concentrados em áreas de baixa densidade ou de ausência de dados, como fundos de vales, áreas planas e linhas de cumeadas. Entretanto, os dados derivados de interferometria disponíveis gratuitamente, não atingem o PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) A, que as cartas topográficas (escala 1: 50.000 e 1: 25.000) possuem, conforme observado por Miceli *et al* (2011) e Souza e Duarte (2012), o que ainda deixa dúvidas entre as fontes gratuitas, qual delas apresenta o melhor resultado no que concerne as formas do relevo.

A grande diversidade de dados topográficos disponíveis atualmente e a divergência de seus produtos, deixam em dúvida qual é o mais apropriado a um determinado estudo. O resultado final irá depender tanto dos processos aplicados, quanto do modelo utilizado, conforme evidencia Sampaio; Souza Sá; Lima (2012). Uma base confiável e precisa é crucial para a obtenção de um MDE que seja fiel às formas do relevo, sendo de fundamental importância para estudos em diversas áreas, como planejamento urbano, manejo de bacias e uso do solo entre outros. Assim, o trabalho tem como objetivo avaliar, entre dados disponibilizados gratuitamente, qual MDE melhor representa o relevo do município de Francisco Beltrão - PR.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização física do município de Francisco Beltrão-PR

O relevo de Francisco Beltrão – PR caracteriza-se como ondulado e nas áreas mais elevadas, como montanhoso a escarpado, o que forma um relevo de platôs elevados com áreas planas e desníveis acentuados. Os interflúvios são estreitos e os talwegues mostram tendência ao entalhamento, apresentando alta declividade próxima às cabeceiras (MINEROPAR, 2002). As altitudes variam desde 490 m nas margens do rio Marrecas, a nordeste do município, até 948 m no seu oeste, no macro divisor de águas entre as bacias do rio Capanema e do rio Chopim.

Por possibilitar a obtenção de diferentes morfologias ao traçar o perfil topográfico, trata-se de uma área que se encaixa na proposta deste estudo. Além disso, na área urbana e periurbana de Francisco Beltrão – PR foi realizado levantamento aerofotogramétrico em escala 1: 2.000, o qual permite a validação dos modelos utilizados. A figura 1 indica a localização do município no sudoeste do Estado do Paraná (PR) e nele, o retângulo da área onde foram gerados os perfis topográficos.

A figura 2 corresponde a um detalhamento da área indicada na figura 1, e ilustra o local onde foram traçados os perfis.

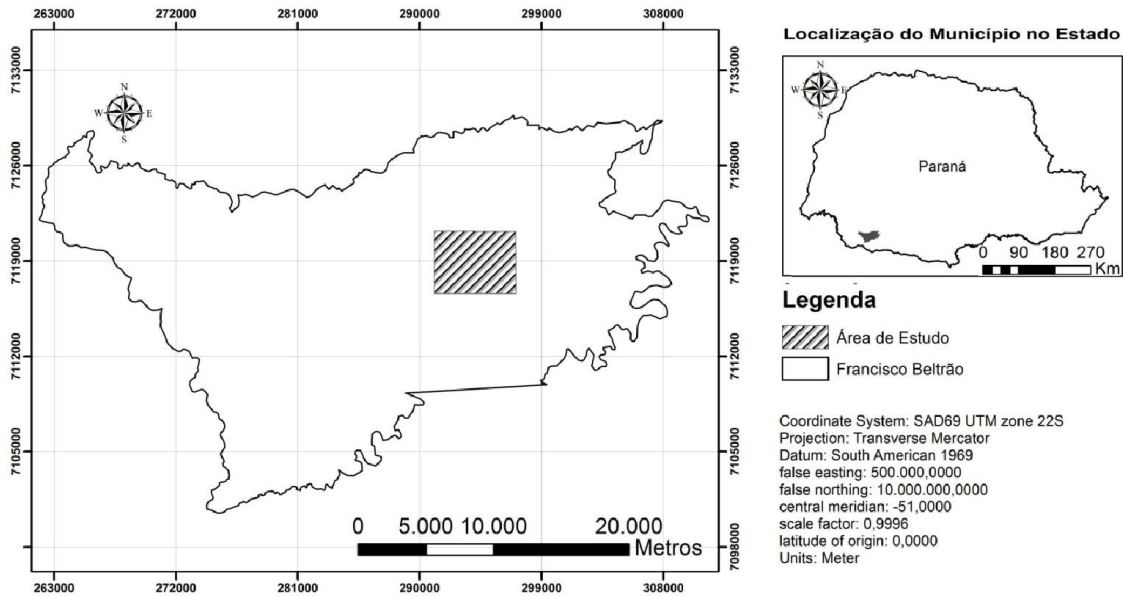


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo no município de Francisco Beltrão e sua localização no Estado do Paraná (PR)
 Fonte dos dados: Instituto de Terras, Cartografia e Geociências do Paraná - ITCG (2013).

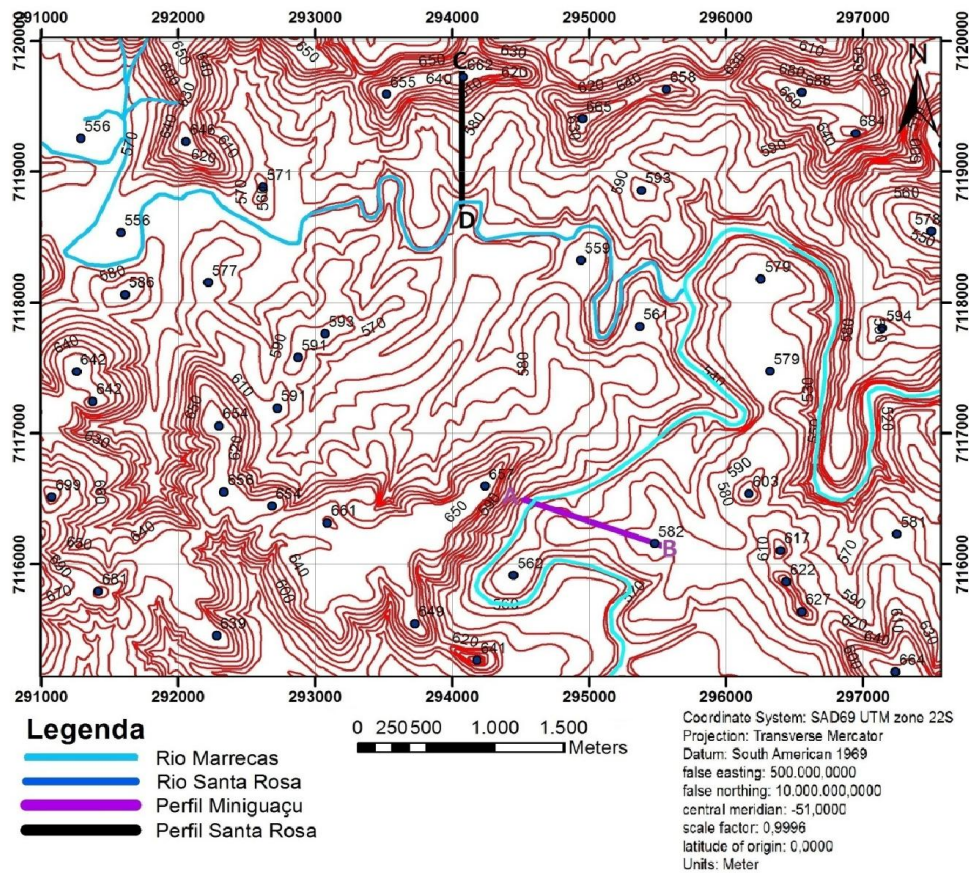


Figura 2 - Localização do traçado dos perfis.
 Fonte dos dados: Carta Topográfica elaborada pela DSG/Exército na Escala 1: 25000 (2011).

2.2 Procedimentos Técnicos

Os dados utilizados na análise consistem em duas cartas topográficas, uma com escala 1: 25.000 (Folha SG-22-Y-A-II-2-NE e MI-2861-2-NE) e a outra com escala 1: 50.000 (Folha SG.22-Y-A-II-2 e MI-2861/2). Foram também utilizados dados oriundos de interferometria resultantes da missão SRTM, distribuídos pela *United States Geological Survey Eros Data Center* – USGS EDC (disponíveis em: <<http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>>) com resolução espacial de 90 metros e de 30 metros, e MDEs do projeto Topodata (Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil), cuja resolução espacial é de 30 metros. Os dados advindos do levantamento aerofotogramétrico em escala 1: 2.000 foram adquiridos por um convênio entre a Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão com a Secretaria Estadual de Desenvolvimento Urbano e abrange sua área urbana e peri-urbana. Este, por apresentar maior nível de detalhe, serviu como critério de validação, ou seja, é a base através da qual foi utilizada no estudo para comparar os perfis resultantes das demais fontes de dados altimétricos já citados.

As duas cartas topográficas utilizadas são da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG) e utilizam o *datum SAD 69*. A carta com escala 1: 25.000 possui um nível de detalhamento maior, diminuindo as áreas com carência de dados, pois a equidistância entre as curvas de nível é de 10 metros, enquanto a carta topográfica com escala 1: 50.000 possui uma equidistância entre curvas de 20 metros.

Outra diferença importante entre as cartas topográficas é sua disponibilidade. São escassas as áreas no Brasil mapeadas na escala 1: 25.000. Por esse motivo, de restrição em serem encontradas, realizou-se a comparação também com as cartas 1: 50.000 (encontradas com maior facilidade), de forma a dar suporte para a escolha de fontes para trabalhos a serem utilizados em regiões que essa escala não está disponível.

Já os dados utilizados oriundos de interferometria, SRTM e Topodata, utilizam o *datum WGS 84* e possuem algumas diferenças consideráveis. O primeiro, de acordo com Valeriano (2008b), foi gerado através de um sobrevoo ocorrido em fevereiro do ano 2000, e resultou no recobrimento de cerca de 80% da superfície do planeta. O produto final foi disponibilizado gratuitamente como um MDE com pixel de 90 metros de resolução e comercializado com resolução de 30 metros, sendo liberado em setembro de 2014 para aquisição gratuita. Já o Topodata é o resultado de uma reamostragem, por *krigagem*, dos dados SRTM que recobrem o território brasileiro, e foi elaborado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), gerando um MDE com 30 metros de resolução (VALERIANO, 2008a). Os dados Topodata possuem acesso livre no site do INPE (disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>>), bem como as variáveis geomorfométricas deles extraídas.

Conforme Cremon e Valeriano (2011) os dados em formato matricial, que foram disponibilizados na internet de forma gratuita, possuem resolução de 3" (arcos de segundo), o que corresponde a pixels de aproximadamente 90 metros. Isso equivale dizer, que uma área de 8100 m² na superfície real do terreno, conta com o mesmo valor altimétrico no MDE. Sendo assim, pequenos vales ou elevações dentro dessa área, serão uniformizados a um mesmo valor. Portanto, o uso dos dados SRTM traz vantagens no estudo de grandes áreas, e é utilizado principalmente para estudos em mesoescala, isto é, mapeamentos em escalas a partir de 1: 250.000 (SOUZA; DUARTE, 2012).

Porém, existem dados SRTM com pixel de 30 metros (900 m²), os quais permitem um estudo em escalas maiores, mas que só foram disponibilizados de forma gratuita recentemente, em setembro de 2014. Tanto os dados com pixel de 90 metros, quanto os com pixel de 30 metros de resolução foram utilizados no presente estudo, a fim de verificar se, com o aumento na resolução espacial, ocorreu ganho de qualidade nos perfis gerados.

De uma forma geral, o projeto Topodata consiste em um refinamento, interpolado por *krigagem* os dados SRTM, de 3" para 1" (CREMON; VALERIANO, 2011). Este refinamento resultou em um banco de dados, com variáveis geomorfométricas, disponibilizado gratuitamente na internet pelo INPE. O MDE Topodata é resultante de um processo de reamostragem de dados mais "grosseiros". Segundo Valeriano (2008a), o processo de refinamento não necessariamente resultará em dados com nível de detalhe superior aos originais. Portanto, o uso dos dados Topodata em paralelo com os dados da SRTM, tem o objetivo de

determinar até que ponto, para a área de estudo em questão, os dados Topodata fornecem vantagem frente aos dados da SRTM.

Em seu trabalho acerca do desempenho dos dados da SRTM e Topodata, Cremon e Valeriano (2011) concluem que os dados Topodata são mais confiáveis por apresentar o mesmo nível de detalhamento, sem o efeito de rugosidade. Outros estudos utilizaram critérios estatísticos para realizar essa comparação. Cita-se Miceli *et al* (2011) e Souza e Duarte (2012) que utilizaram do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), através do cálculo da Tolerância Vertical e do Erro Médio Quadrático (EMQ), conforme especifica o decreto nº 89.817/1984 (BRASIL, 1984).

Quadro 1 - Desempenho dos MDE perante a Tolerância Vertical e EMQ.
Adaptado de: Miceli *et al* (2011) e Souza e Duarte (2012).

Autores	Sensor	Escala compatível	Tolerância Vertical	Erro Médio Quadrático
Miceli <i>et al</i> (2011)	SRTM (90 m)	1:100.000	A	A
		1:50.000	C	C
	TOPODATA (30 m)	1:100.000	A	A
		1:50.000	B	B
Souza e Duarte (2012)	SRTM (90 m)	1:100.000	A	A
		1:50.000	Não atinge os índices	Não atinge os índices
	TOPODATA (30 m)	1:100.000	A	A
		1:50.000	B	A

Tanto para Miceli *et al* (2011) quanto para Souza e Duarte (2012), os dados Topodata alcançaram índices melhores que a SRTM (90 m), atingindo a classe B para a Tolerância Vertical na escala 1: 50.000. Já no estudo de Souza e Duarte (2012), o índice de EMQ atinge a classe A do PEC. Neste mesmo trabalho, os autores concluem que a escala 1: 50.000 não é indicada para se trabalhar dados da SRTM, visto que estes, não atingiram sequer a classe C, tanto em Tolerância Vertical quanto em EMQ. Por outro lado, nestes trabalhos não foram utilizados dados da SRTM com resolução de 30 metros, apenas dados com resolução espacial de 90 metros, uma vez que estes foram disponibilizados recentemente de forma gratuita.

Como a proposta do trabalho foi avaliar a representação do relevo por meio de perfis topográficos, os quais abrangem do topo do morro ao fundo do vale, escolheu-se áreas de fácil identificação destas morfologias. Também evitou-se traçar os perfis sobre áreas urbanizadas, uma vez que os elementos contidos acima da superfície e as alterações antrópicas, interferem nos MDE obtidos por interferometria.

O primeiro passo para realizar a comparação dos dados, foi georreferenciar as cartas topográficas da DSG/Exército, e em seguida, digitalizar as curvas de nível e pontos cotados. Estes processos foram realizados no ambiente do Spring (versão 5.2.6), o qual pode gerar malhas numéricas através de curvas e pontos cotados, ou seja, dados altimétricos (BOSIO; ZUIM, 2007). Para a geração das malhas numéricas, primeiramente criou-se pelo método de triangulação *Delaunay*, uma malha triangular TIN, através da qual, por meio de interpolador linear, foi gerada a grade retangular bem como a matriz contendo os valores interpolados para cada pixel onde há ausência de dados.

Os dados *SRTM* e Topodata estão disponíveis em forma de matriz e possuem a grade com valores altimétricos e foram então, importados ao banco de dados do Spring e realizada a sua conversão para o sistema *SAD 69*, uma vez que esse é o sistema de referência do levantamento aerofotogramétrico, utilizado como base para a comparação dos perfis. Para tornar possível a comparação entre as diversas fontes de dados altimétricos, traçou-se dois perfis topográficos, comparando-os com os perfis do levantamento aerofotogramétrico que possui escala 1: 2.000 e equidistância das curvas de 1 m. Os perfis foram traçados na escala 1: 25.000 de acordo com a morfologia do terreno, de modo que abrangesse diferentes compartimentos:

topo do morro, encosta e fundo do vale, uma vez que a avaliação deve abranger diferentes morfologias do terreno, pois dependendo do tipo de dado, privilegia uma forma ou outra do relevo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 3 apresentam-se os MDEs que foram gerados por interpolação a partir de curvas de nível e pontos cotados ou adquiridos já em representação matricial para realizar a comparação. Nos detalhes circulados, constam os locais onde traçaram-se os perfis.

O primeiro perfil (A-B) foi traçado sobre a área localizada no bairro Miniguaçu, e abrange desde o topo do morro até o rio Marrecas, recebendo por isso esta denominação. O segundo perfil (C-D) foi traçado em uma encosta, desde o topo do morro até o rio Santa Rosa, afluente do Rio Marrecas, por isso, denominado de Perfil Santa Rosa. A figura 4 ilustra os diferentes resultados obtidos para o Perfil Miniguaçu e a figura 5, os resultados obtidos para o perfil Santa Rosa.

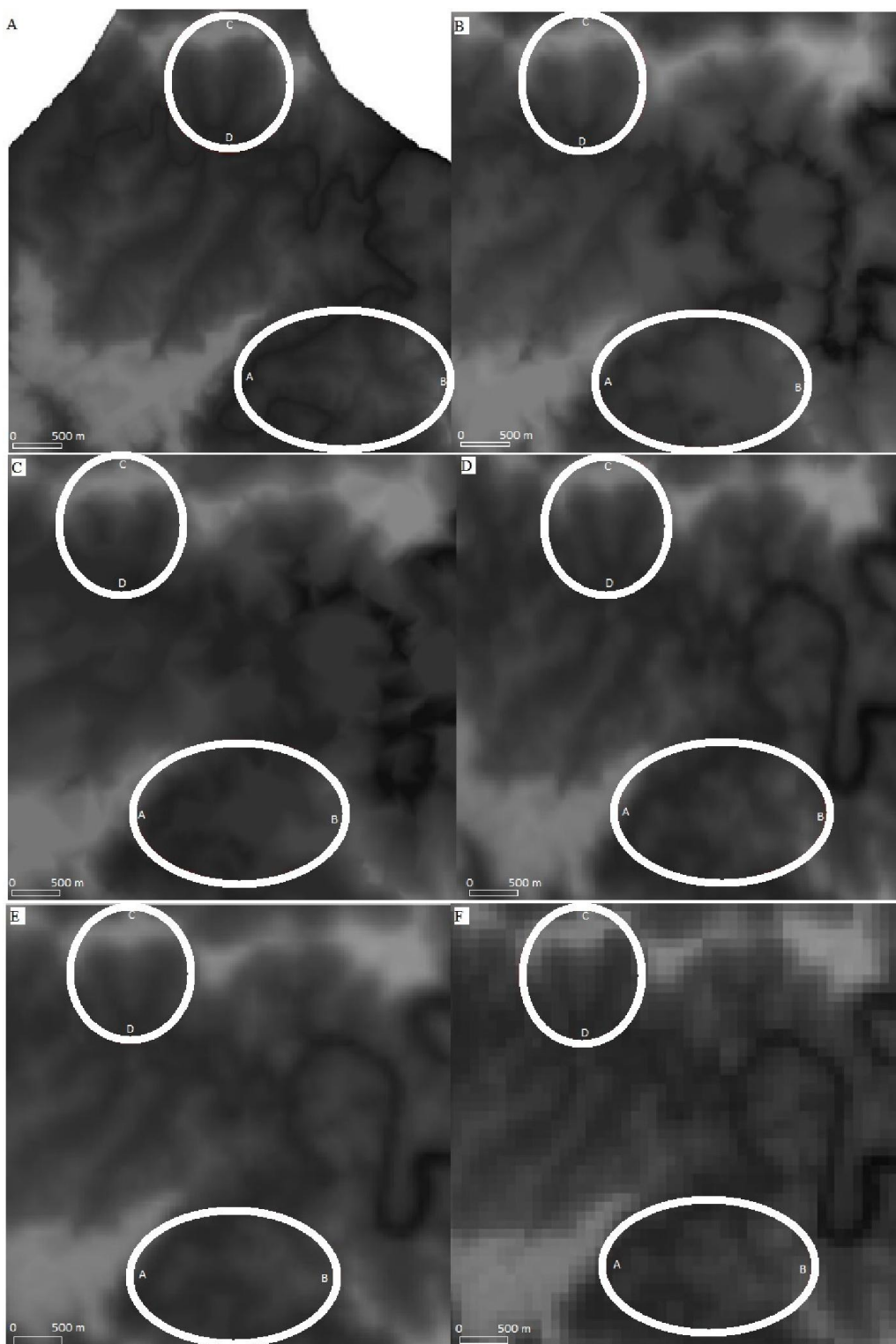


Figura 3 - MDE's produzidos através de diferentes fontes de dados altimétricos. **A:** Levantamento Aerofotogramétrico (1: 2.000); **B:** Carta Topográfica (1: 25.000); **C:** Carta Topográfica (1: 50.000); **D:** Topodata (30m); **E:** SRTM (30m); **F:** SRTM (90m). A-B: Perfil Miniguaçu. C-D: Perfil Santa Rosa.

Analisando os perfis traçados no bairro Miniguaçu (figura 4), podemos notar que os derivados de cartas topográficas ocultam algumas formas de relevo nas áreas planas, como pequenas elevações e depressões, o que se deve à baixa densidade de dados (curvas de nível e pontos cotados) nessas áreas. MDEs gerados a partir de curvas de nível, com resolução espacial de 1 metro para a carta 1: 25.000 e de 10 metros para a carta 1: 50.000 criam perfis angulosos, que não se traduzem na superfície real do terreno. Esse efeito também é visível, porém em menor proporção, no perfil gerado pelos dados SRTM de 90 m. Dessa forma, podemos notar a interferência que a resolução pode causar na modelagem do terreno.

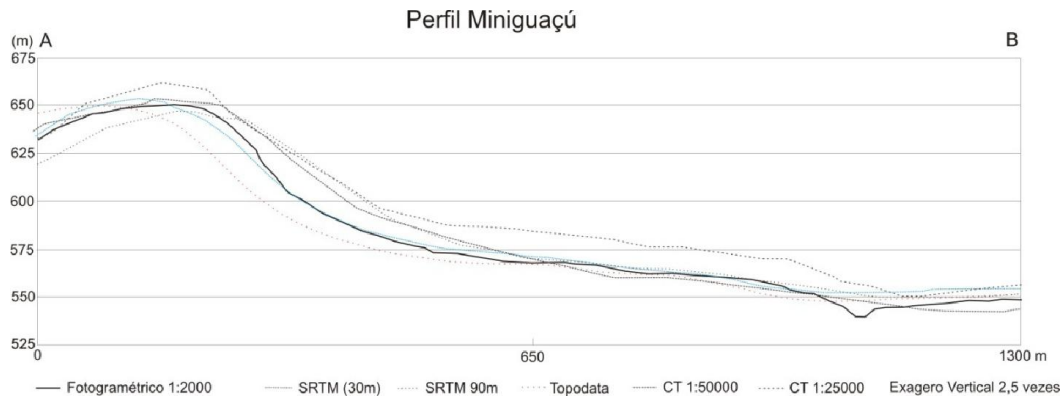


Figura 4 - Comparação entre perfis gerados por diferentes fontes no Bairro Miniguaçu.

Quanto à diferença altimétrica, a carta 1: 50.000 foi a que mais se aproximou dos dados de referência, tanto no topo do morro quanto no fundo do vale superando, inclusive, a carta 1: 25.000, o que pode ter acontecido devido a algum erro ao referenciar o *datum* altimétrico durante a sua confecção. Entretanto, o intuito do trabalho não é avaliar a acurácia altimétrica e sim, as formas de relevo resultantes, a qual gerou um perfil com formas retilíneas e angulosas, que não correspondem com o relevo real. Os dados da SRTM também acabam ocultando algumas formas de relevo, principalmente os dados com pixel de 90 m. Os perfis que apresentaram os melhores resultados na comparação com o levantamento em escala 1: 2.000 no perfil Miniguaçu foram os provenientes de interferometria: o projeto Topodata e da SRTM de 30 m.

Para não limitar-se aos resultados obtidos através dos perfis traçados no Miniguaçu (figura 4), foi gerado um segundo perfil, exposto na figura 5. Dessa forma, buscou-se apontar se os modelos derivados de interferometria continuarão apresentando melhor aproximação com o perfil de referência.

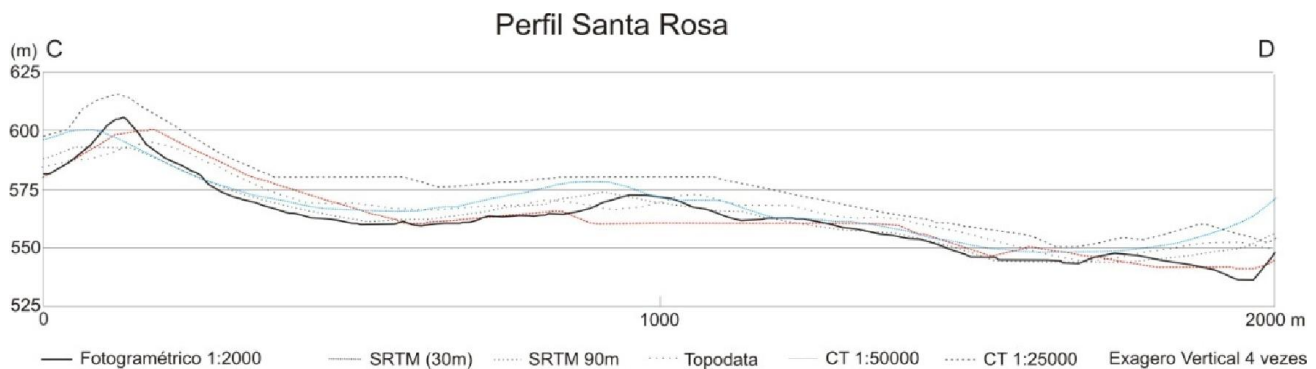


Figura 5 - Comparação entre perfis gerados por diferentes fontes na localidade de Santa Rosa.

Tomando por base o perfil gerado através do levantamento aerofotogramétrico e por trabalhos de campo, quando comparamos os perfis Topodata (30 m) e a Carta Topográfica (1: 50.000), para a área do perfil Santa Rosa, percebe-se que os dados Topodata permitem uma leitura mais fiel do relevo, tanto em morfologia, quanto em diferença altimétrica. Se comparados aos dados SRTM 30 m, nota-se uma grande semelhança entre os perfis, porém, os dados Topodata são mais aproximados em termos de diferença altimétrica com o levantamento aerofotogramétrico. Sendo assim, dos dados altimétricos disponíveis gratuitamente para esta área, os resultantes do projeto Topodata são mais adequados para trabalhos do gênero, tendo superado não só a carta 1: 50.000, mas inclusive, a carta com escala 1: 25.000 e os dados SRTM 30 m.

Dessa forma, ao analisarmos a diferença altimétrica de cada fonte de dados nas figuras 4 e 5, pode-se perceber que as cartas topográficas apresentam uma discrepância maior, quando comparadas ao levantamento aerofotogramétrico, embora a origem seja a mesma do MDE de referência (interpolação de pontos cotados e curvas de nível). Entre as cartas topográficas, a de escala 1: 25.000 é a que apresentou maior diferença, principalmente no topo do morro. Nesse quesito, destacam-se o desempenho dos dados Topodata, que apresentaram pequena diferença no fundo do vale, diferença essa ainda menor no topo do morro. Quanto ao aspecto visual dos perfis, nota-se que os originados de interferometria, se comparados aos derivados das cartas topográficas, resultam em perfis mais suaves, principalmente as fontes de dados com pixel de 30 m (Topodata e SRTM).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a área estudada, os modelos mais aproximados da realidade do terreno são os derivados de interferometria. Dentre esses, destacou-se os dados do projeto Topodata, seguido da SRTM 30 m que mostraram os melhores resultados, pois proporcionaram maior semelhança no que diz respeito à morfologia. Assim, comprovou-se que os MDEs obtidos por curvas de nível e pontos cotados, mesmo com a escala maior do que os dados gerados por interferometria apresentaram resultados inferiores em áreas com baixa densidade ou ausência de dados.

O fato de que dados de cartas topográficas e dados gerados por interferometria serem obtidos por processos diferentes, limita a comparação entre ambos. Portanto, aconselha-se novos estudos comparativos para áreas com morfologia diferente desta, pois de acordo com o objetivo de cada trabalho, o resultado pode variar, dependendo da área de estudo, da forma de avaliação e dos interpoladores utilizados. Assim, recomenda-se também, testar outros interpoladores, além do *TIN*, sobre os dados derivados de cartas topográficas, a fim verificar se ocorrerá melhoria nos resultados.

Recomenda-se também, realizar testes com outros dados, como do sensor ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Refelctance Radiometer*), que diferentemente dos MDEs da SRTM, o ASTER adquire imagens pelo sensor *Visibile Near Infra-Red (VNIR)*, com uma resolução de 30 metros.

REFERÊNCIAS

ASPIAZU, C; ALVES, L. M; VALENTE, O. F. Modelos digitais de terrenos conceituação e importância. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.21, p.27-36, dez. 1990.

BOSIO, V.; ZUIM, L. C. Utilização de dados altimétricos na cartografia do IBGE e avaliação de metodologias de comparações entre modelos digitais do terreno. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos, INPE, 2007, p. 1257-1264. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.01.27/doc/1257-1264.pdf>>. Acesso em: 30 de ago. 2014.

BRASIL – REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. **Decreto nº 89.817** de 20 de Julho de 1984. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm> Acesso em: 28 de set. 2009.

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, n.1, p.35-41, 2008.

CARVALHO, T. M. Parâmetros geomorfométricos para descrição do relevo da reserva de desenvolvimento sustentável do Tupé, Manaus, Amazonas. In: SANTOS, E. N.; SCUDELLER, V. V. (Org.). **Biotupé: meio físico, diversidade biológica e sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central**. Manaus: UEA, 2009. v. 2. p. 3-17.

CGIAR – CONSORTIUM FOR SPATIAL INFORMATION (CGIAR-CSI). **Dados SRTM**. SRTM Data Search. 2004. Disponível em: <<http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>>. Acesso em: 09 de out. 2014.

CREMON, É. H.; VALERIANO, M.M. Comparação do desempenho de dados SRTM-C e X em derivações geomorfométricas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos, INPE, 2011, p. 2316-2323. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1505.pdf>>. Acesso em: 31 de ago. 2014.

EXÉRCITO BRASILEIRO. **Banco de Dados Geográficos do Exército**. Geoportal Exército Brasileiro. 2008. Disponível em: <<http://www.geoportal.eb.mil.br/mediador/>>. Acesso em: 02 de ago. 2014.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**. Topodata. s.d. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/dados.php>>. Acesso em: 10 de ago. 2014.

ITCG – INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. Dados geoespaciais de referência. s/d. Disponível em: <<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/faq/category.php?categoryid=8>> Acesso em: 06 de set. 2014.

LIN, W; CHOU, W; LIN, C; HUANG, P; TSAI, J. Automated suitable drainage network extraction from digital elevation models in Taiwan's upstream watersheds. **Hydrological Processes**. v.20, p.289–306, 2006.

MICELI, B. S; DIAS, F. M.; SEABRA, F. M.; SANTOS, P. R. A.; FERNANDES, M. C. Avaliação vertical de modelos digitais de elevação (MDEs) em diferentes configurações topográficas para médias e pequenas escalas. **Revista Brasileira de Cartografia**, Brasília, v.63, n.1, p.191-201, 2011. Disponível em: <<http://www.campoterritorio.ig.ufu.br>>. Acesso em: 30 de mar. 2014.

MINEROPAR – Minerais do Paraná S.A. **Avaliação do potencial mineral e consultoria técnica no município de Francisco Beltrão**: relatório final. Curitiba: Mineropar, 2002. 66 p.

SAMPAIO, T. V. M.; SOUZA SÁ, E.B.; LIMA, R.A. Modelo Digital de Elevação Misto, interpoladores e formas de relevo derivadas. Um estudo na Serra da Prata – PR. In: SINAGEO – SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 9, 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ/UGB: 2012. p.1-5. Disponível em: <www.sinageo.org.br/2012/trabalhos/8/8-130-333.html>. Acesso em: 01 de set. 2014.

SOUZA, J. O. P.; DUARTE, C. C. Análise da precisão altimétrica dos Modelos Digitais de Elevação para área semiárida, Serra da Baixa Verde, Pernambuco. In: SINAGEO – SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 9, 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ/UGB: 2012. p.1-4. Disponível em: <<http://www.sinageo.org.br/2012/trabalhos/8/8-463-447.html>>. Acesso em: de 06 set. 2014.

VALERIANO, M. M. Dados Topográficos. In: FLORENZANO, T. G. (org). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008a. Cap. 3, p.72-103.

VALERIANO, M. M. **Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos: INPE. 2008b. Disponível em: <<http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 17 de ago. 2014.