



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

USO DE DIFERENTES MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO EM MAPEAMENTOS URBANOS: UMA ANÁLISE NO MUNICÍPIO DE FRANCISCO BELTRÃO – PR

Josielle Samara Pereira ^(a), Elvis Rabuske Hendges ^(b) Rafaela Harumi Fujita ^(c)

^(a) Pós-Graduanda em Geografia/UNIOESTE, josy.samara@hotmail.com

^(b) Docente do curso de Geografia/UNIOESTE, elvis_hendges@hotmail.com

^(c) Docente do curso de Geografia / UNIOESTE, rafaela.fujita@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente artigo visa através da elaboração de diferentes produtos cartográficos, apresentar uma comparação de dados gerados de modelos tridimensionais disponíveis, verificando as possibilidades de usos para a área urbana de Francisco Beltrão/PR. Assim, selecionou-se o bairro Cristo Rei para a geração dos mapas: hipsométrico e clinográfico. Foi realizada a comparação de qual melhor representa a superfície entre os dados dos seguintes MDE: ASTER Global DEM; ALOS; SRTM; WORLDDDEM. Após a comparação foi possível perceber que os dados do WORLDDDEM são os que mais se aproximam do MDE de referência gerado a partir do levantamento planialtimétrico. No entanto ressalta-se, a necessidade de realização de pesquisas futuras, submetendo-se a comparação dos MDE analisados em áreas urbanas que apresentem outros aspectos de relevo, formação vegetal e de áreas edificadas, variando assim os fatores altimétricos que influenciam a coleta e a representação de dados fornecidos pelos modelos de elevação disponíveis no mercado.

Palavras chave: MDE, Geoprocessamento, Altimetria.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

1. Introdução

A espacialização de informações geográficas da paisagem, através de processos de representação vem auxiliando a sociedade ao longo dos anos. Devido à importância da obtenção de dados precisos de aspectos físicos e humanos da paisagem os processos de levantamento de informações e as formas de representação foram evoluindo ao longo do tempo. Nesse sentido, o desenvolvimento de equipamentos eletrônicos e de sistemas computacionais potencializaram significativos avanços (MARTINELLI, 2011).

A Topografia, por sua vez, utiliza-se de técnicas de levantamentos planialtimétricos capazes de determinar de forma precisa, o contorno, a dimensão, a elevação e a posição relativa de uma área limitada da superfície terrestre. Porém, as limitações quanto aos demorados procedimentos de campo, elevam os custos dos levantamentos, tornando a adoção destes levantamentos dificultados para áreas maiores (CASACA et al., 2015).

Para levantamentos planialtimétricos, o valor de elevação associado a um ponto representa a altimetria do terreno, definindo o relevo da área. Em um ambiente de SIG, os levantamentos planialtimétricos são representados pelos Modelos Digitais do Terreno (MDT), designação oriunda da tradução de *digital terrain model*, que tratam de modelos referenciados à altimetria do terreno ao nível do solo (CARVALHO, 2009). Os MDT são um tipo de MDE (Modelos Digitais de Elevação) que acordo com Valeriano (2008), consistem em uma matriz com valores de elevação para cada célula (pixel) e podem ser usado para extrair dados de relevo, levantamento de profundidade (mares e rios), informações meteorológicas, ou outros fenômenos representados por um valor Z (ROCHA, 2007). Outro tipo de MDE são os Modelos Digitais de Superfície (MDS) que representam a superfície do terreno conjuntamente com elementos como a vegetação e edificações (MATOS, 2008), que tratam de modelos referenciados à altimetria do terreno ao nível do solo (CARVALHO, 2009).

Para o uso de MDE em mapeamentos estes devem atender o Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais – PEC-PCD, que é um indicador estatístico



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

utilizado no Brasil, criado pela Norma da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais -ET-ADGV (DSG 2015). De acordo com o PEC-PCD, os produtos cartográficos digitais podem ser classificados nas classes A, B, C e D nas escalas de 1:1.000, 1:2.000, 1:5.000, 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000 (DSG, 2015).

Atualmente existem disponíveis no mercado, diferentes fontes de dados que agregam de forma digital a altimetria do terreno. Porém, muitos destes produtos não possuem a escala de análise necessária para gerar dados confiáveis, principalmente para áreas urbanas. Assim, a presente pesquisa visa apresentar uma comparação de dados gerados a partir de diferentes modelos tridimensionais disponíveis, verificando as adequadas possibilidades de usos destes para estudos da área urbana de Francisco Beltrão/PR.

2. Materiais e Método

O município de Francisco Beltrão está situado na mesorregião sudoeste paranaense, conforme classificação do IBGE. Em relação aos aspectos físicos do município o relevo 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. 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 (MINEROPAR, 2002).

No contexto urbano de Francisco Beltrão, foi selecionado o bairro Cristo Rei, pois o mesmo apresenta variações de relevo significativas, sendo que este faz divisa com o bairro do Aeroporto (com aproximadamente 650m de altitude) e como o bairro Centro com altitudes médias de 550m. O projeto foi criado tomando por base o DATUM horizontal SAD69, correspondente aos dados do levantamento planialtimétrico na escala 1:2.000, fornecido pela Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão, e que servirá como base para comparação dos dados gerados a partir dos MDE importados.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O primeiro MDE da área de estudo, oriundo do levantamento planialtimétrico com curvas de nível de equidistância de 1m, foi gerado a partir da triangulação das curvas (processo da geração de Grade TIN no SPRING) e posterior geração da grade retangular, com resolução espacial de 1m para o pixel.

O segundo MDE estudado conhecido como WORLDDDEM (dados STRIP MAP coletados pelas missões TerraSAR-X e TANDEM-X coordenadas pela Airbus, com camada altimetria com 12m de resolução espacial, coletados de abril de 2011 a março de 2014, sendo retiradas da superfície influencias de leitura produzidas pela vegetação e pelas edificações), foi fornecido pelo Grupo de Pesquisa em Geotecnologias da Unioeste (GEOTEC), e adquirido com recurso do CEPED (Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres do Paraná).

O terceiro conjunto de dados com características de MDS foram coletadas pelo sensor PALSAR (satélite ALOS - Advanced Land Observing System), com uma resolução de resolução 12,5m e distribuídos pelo Serviço de Satélites do Alasca¹. Já os dados de MDS obtidos pela missão SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) e disponibilizados com uma resolução de 1 segundo de arco (aproximadamente 30m) (FAR et al. 2007), bem como do ASTER Global DEM (Global Digital Elevation Model) também com uma resolução espacial de 30m foram obtidos através do LPDAAC Data Pool².

Segundo a PEC os MDE utilizados na presente pesquisa enquadram-se conforme Tabela I. Desta forma os MDE oriundos de uma melhor resolução espacial possibilitam um mapeamento em maiores escalas.

Após a importação dos MDE, foram elaborados os mapas: hipsométrico e clinográfico. Os processos de cruzamento das informações espaciais entre os mapas, foram

¹ <https://vertex.daac.asf.alaska.edu>

² https://lpdaac.usgs.gov/data_access/data_pool



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

realizados através da álgebra de mapas, implementada com a programação de Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), com cruzamento booleano de informações (operação de intercessão). As operações anteriormente mencionadas foram realizadas no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING).

Tabela I: Enquadramento dos MDE estudados no Padrão de Exatidão Cartográfica. Organização: Autores, 2018.

Autores	MDE	Escala Compatível	Tolerância Vertical
Costa et al., 2017	WORLDDEM	25.000	A
		10.000	A
IBGE, 2011	ALOS	50.000	A
		25.000	A
Morais, 2017	ASTER (30m)	100.000	A
		50.000	C
	SRTM (30m)	100.000	A
		50.000	B

3. Resultados

O primeiro dado MDE analisado diz respeito a hipsometria, sendo agrupadas em classes, diferentes áreas de mesma altitude. As classes hipsométricas definem um sistema de medição e representação das feições do relevo da área de interesse (DUARTE, 1991). Com uma diferença altimétrica de 106 m (valores altimétricos variando entre o mínimo de 538m e máximo de 644m) para o MDE resultante do levantamento planialtimétrico, estipulou-se através da fórmula estatística de Sturges o número de 8 classes para os mapas hipsométricos gerados dos demais MDE.

A fim de verificar estatisticamente a correlação espacial dos mapas hipsométricos foi calculada a correlação de Pearson (Figura 01). O coeficiente de correlação linear de Pearson, segundo Turkman e Silva (2000), estabelece um parâmetro de medida correlativa criando um nível de intensidade das relações entre as variáveis. Os resultados neste coeficiente (R^2)



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

apresentam valores num intervalo de -1 a 1, sendo: 0,01 a 0,39 a correlação é fraca; 0,40 a 0,69 a correlação é média; e 0,70 a 0,99 a correlação é forte.

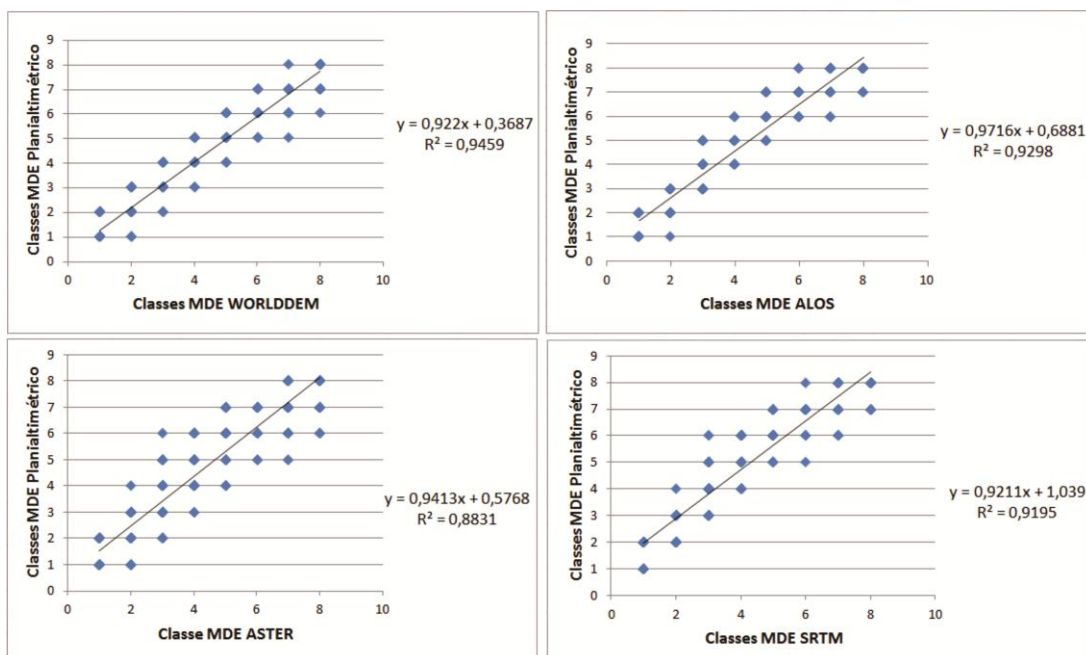


Figura 01 – Gráficos da correlação de Pearson dos mapas hipsométricos. Organização: Autores, 2018.

Nos gráficos de dispersão apresentados pela Figura 01, percebe-se que o modelo WORLDDEM é o MDE com maior correlação ($R^2=0,9459$), este significativo valor é explicado por ambos os mapas hipsométricos apresentar um maior percentual na primeira classe altimétrica (538 – 551m) com um total de 35,64ha para o levantamento planialtimétrico e de 33,89ha para o WORLDDEM. Os demais MDE apesar de levarem em conta dados altimétricos relacionados a vegetação e as edificações também apresentaram uma correção forte com o modelo planialtimétrico.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Para elaboração do mapa clinográfico (Figura 2) adaptou-se a metodologia de De Biasi (1996) estabelecendo critérios técnicos definindo as classes de declividade, baseando de fragilidade ao uso e ocupação do solo urbano em consonância com o artigo 3º da Lei Federal 6.766 de 19 de dezembro de 1979, e ao código Florestal Brasileiro. Assim estabeleceu-se cinco classes: [0 - 2,25°] - limite urbano-industrial; [2,25° - 13,5°] - limite máximo para urbanização sem restrições; [13,5° - 25°] - classe intermediária com declividades acentuadas; [25° - 45°] - limite máximo de corte raso, a partir do qual a exploração só será permitida se sustentada por cobertura de floresta (Art. 3º da Lei Federal 12.651 de 25 de maio de 2012); [> 45°] - proibida a derrubada de florestas, sendo tolerável apenas a extração de toros, em regime de utilização racional visando a rendimentos permanentes. (Art. 4º da Lei Federal 12.651 de 25 de maio de 2012).

Diferente do mapa clinográfico resultante do MDE do levantamento planialtimétrico que apresentou uma área de 0,41ha para áreas com mais de 45° de inclinação, os demais MDE não quantificaram áreas para a classe citada. Além de negligenciar as áreas com declividade acima de 45°, as áreas com declividade entre 25 à 45° também apresentam uma significativa redução, de um total de 6,3% no MDE do levantamento planialtimétrico para menos de 1,5% em todos os demais mapas gerados. No outro extremo, os MDE analisados também apresentaram uma redução das áreas mais planas (0 à 2,25°), reduzindo em termos percentuais de 15% (MDE planialtimétrico) para menos de 8% nos demais mapas clinográficos gerados.

A Tabela II apresenta a correlação (R^2) espacial dos mapas de declividade gerados. Ao serem comparados o percebe-se que somente as classes de declividade do MDE WORLDDDEM possui uma correlação espacial média (0.471) com o mapa de declividade oriundo do MDE do levantamento planimétrico. A tabela demonstra ainda que nenhum dos mapas de declividade dos MDE estudados possui uma correlação espacial elevada entre si.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

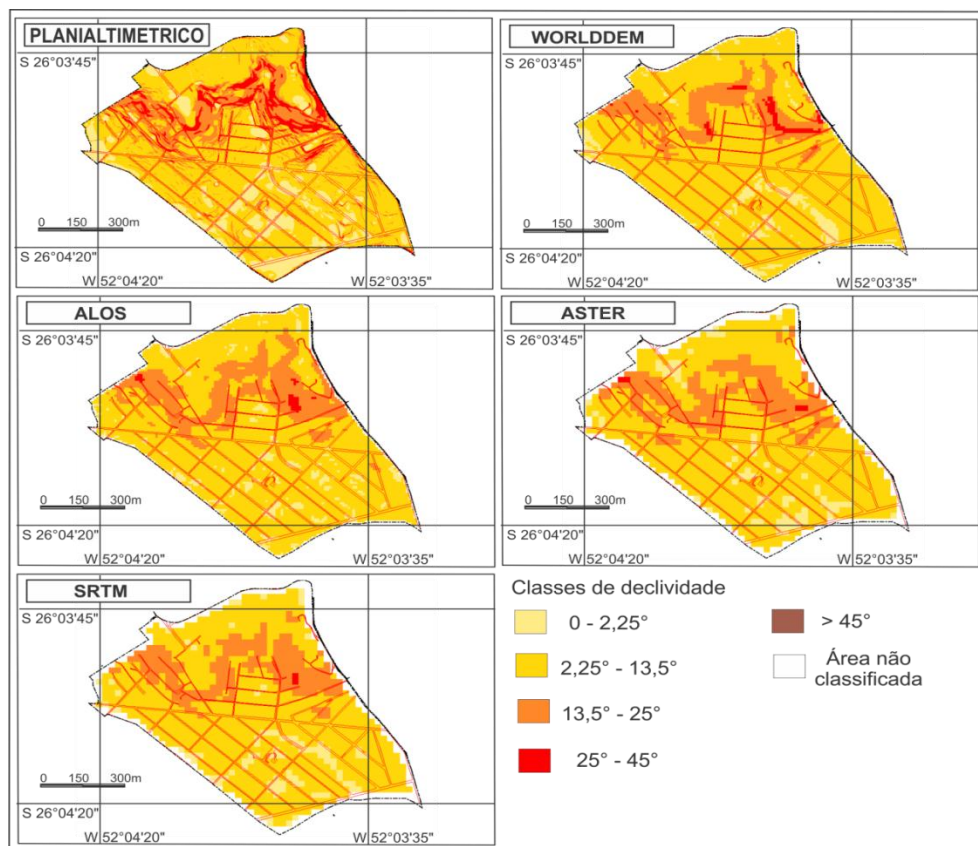


Figura 02 – Mapas clinográficos da área de estudo. Organização: Autores, 2018.

Tabela II: Correlação espacial das declividades mapeadas a partir dos MDE estudados. Organização: Autores, 2018.

	Planimétrico	WORLDDEM	ALOS	ASTER	SRTM
Planimétrico	1	0,457	0,3341	0,3017	0,2573
WORLDDEM	0,457	1	0,294	0,4182	0,298
ALOS	0,3341	0,294	1	0,2676	0,2999
ASTER	0,3017	0,4182	0,2676	1	0,2859
SRTM	0,2573	0,298	0,2999	0,2859	1



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Também foram gerados perfis topográficos (Figura 03) a fim de comparar os MDE, os perfis foram agrupados conforme maior semelhança na resolução espacial do modelo analisado. Ao comparar os perfis do MDE do levantamento planialtimétrico com os MDE oriundos do WORLDDDEM e do ALOS, pode-se perceber que na região de maior altitude, o perfil topográfico do MDE do ALOS apresenta maior valor altimétrico. Igualmente apresenta maiores valor altimétrico na região de menor altitude do bairro estudado, sendo ligeiramente maior para o MDE do ALOS, e intermediários para o MDE do WORLDDDEM. Cabe ainda destacar que para as regiões de maior declividade (altitudes intermediárias) entre as distâncias de 450m à 750m os dados altimétricos dos três MDE apresentam valores aproximados.

Já comparando os perfis resultantes do levantamento planialtimétrico com os dados do ASTER e do SRTM, pode-se perceber que ao longo de quase toda linha longitudinal (exceção 510m à 580m), os dados do ASTER apresentam valores altimétricos superiores aos do levantamento planialtimétrico. Já os dados do SRTM apresentaram valores superiores nas áreas mais planas (0m à 360m e 700m a 1.400m), e valores inferiores para áreas como maior declividade (360m à 700m).

Já comparando os perfis resultantes do levantamento planialtimétrico com os dados do ASTER e do SRTM, pode-se perceber que ao longo de quase toda linha longitudinal (exceção 510m à 580m), os dados do ASTER apresentam valores altimétricos superiores aos do levantamento planialtimétrico. Já os dados do SRTM apresentaram valores superiores nas áreas mais planas (0m à 360m e 700m a 1.400m), e valores inferiores para áreas como maior declividade (360m à 700m).

Já comparando os perfis resultantes do levantamento planialtimétrico com os dados do ASTER e do SRTM, pode-se perceber que ao longo de quase toda linha longitudinal (exceção 510m à 580m), os dados do ASTER apresentam valores altimétricos superiores aos do levantamento planialtimétrico. Já os dados do SRTM apresentaram valores superiores nas



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

áreas mais planas (0m à 360m e 700m a 1.400m), e valores inferiores para áreas como maior declividade (360m à 700m).

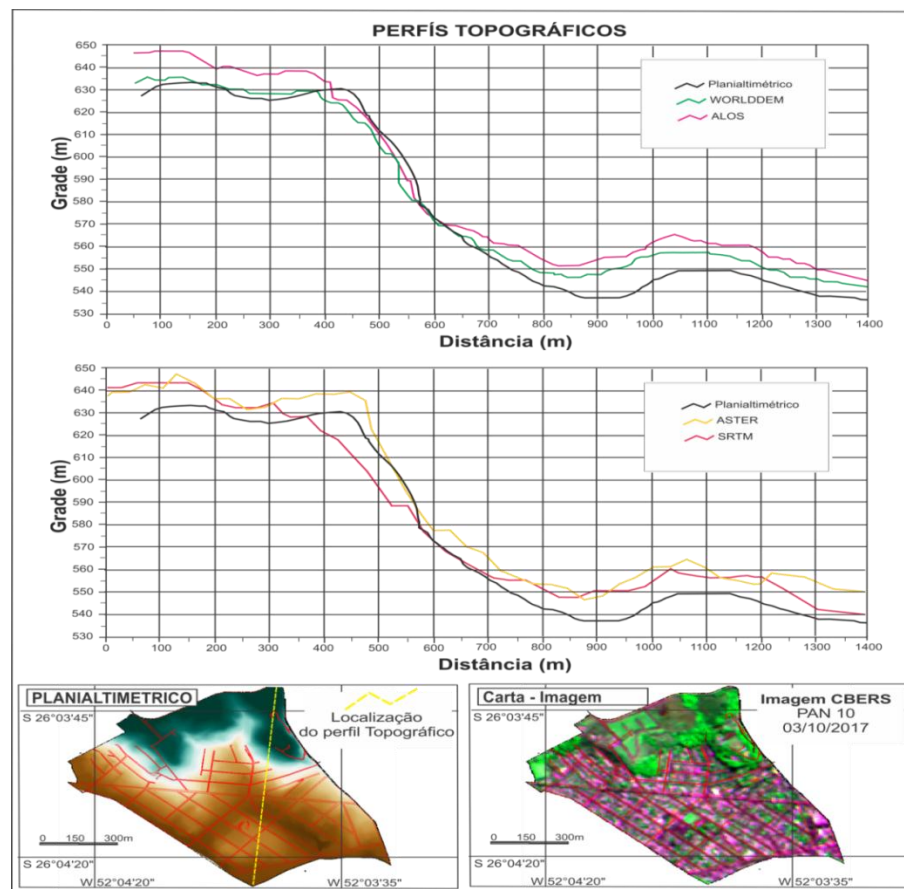


Figura 03 – Perfis topográficos comparando diferentes MDE. Organização: Autores, 2018.

4. Conclusão

Após a comparação dos produtos cartográficos gerados a partir dos MDE mapeados, é possível perceber que os dados do WORLDDDEM são os que mais se aproximam do MDE de referência gerado a partir do levantamento planialtimétrico (escala 1:2.000). Um dos fatores que explica a tal semelhança é o fato dos dados serem do tipo MDT, que na hora da



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

aquisição, suprime da superfície terrestre elementos da paisagem como dosséis florestais e edificação.

Para fins de parcelamento urbano, no quesito planialtimétrico, faz-se necessário mencionar, que no caso de Francisco Beltrão, os dados do MDE analisados não são utilizáveis, uma vez que para a implantação de um loteamento, arruamento, desmembramento e remembramento de áreas é necessário que o solicitante realize o mapeamento da situação do terreno na escala de 1:1.000 indicando em planta os perfis de todas as linhas de escoamento das águas pluviais e o relevo do solo por meio de curvas de nível, de latitudes equidistantes de 1m (Lei Municipal 3.372 de julho de 2007).

5. Referências Bibliográficas

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.

CASACA, J. M., DE MATOS, J. L.; DIAS, J. M. B. **Topografia Geral**. Rio de Janeiro. LTC, 2015.

COSTA, G. C.; SILVA, R. C.; ALMEIDA, I. C.; GALVÃO R. J. S. Estudo sobre o emprego de modelos digitais de terreno e elevação, gerados de levantamento topográfico convencional, Perfilamento a Laser Aéreo, SRTM, TOPODATA, ASTER GDEM V2 e WorldDEM, com ênfase em projetos viários. **Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto**. 2017.

DE BIASI, M. **A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção**. 1996.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

DUARTE, P. A. **Cartografia Temática**, Florianópolis, SC: Editora da UFSC, 1991.

IBGE –INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA: Avaliação Planialtimétrica de Dados ALOS/PRISM, Estudo de Caso: Itaguaí – RJ. **Relatório**. Rio de Janeiro, 2011.

MATOS, J. **Fundamentos de Informação Geográfica**, Lisboa, Editora Lidel, 2008.

MARTINELLI, M. **Mapas da geografia e cartografia temática**. São Paulo, Contexto, 2011.

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

MORAIS, J. D. Avaliação de Modelos Digitais de Elevação provenientes de dados de Sensoriamento Remoto de distribuição gratuita. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**, Juiz de Fora, Editora do Autor, 2007.

TURKMAN, M. A. A.; SILVA, G. L.. **Modelos Lineares Generalizados: da teoria à prática**. Lisboa, Universidade de Lisboa, 2000.

VALERIANO, M. M. Dados Topográficos. In: FLORENZANO, T. G. (org). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**, São Paulo, Oficina de Textos, 2008.