

Comparações de cubagens de depósitos minerais geradas a partir de MDE do USGS e TOPODATA com topografia convencional: Um estudo de caso

Comparisons of cubes of mineral deposits generated from USGS DEM and TOPODATA with conventional topography: A case study

DOI:10.34117/bjdv7n10-054

Recebimento dos originais: 07/09/2021

Aceitação para publicação: 07/10/2021

Emanuel Itaquê de Negreiros Moreira

Ms. Engenheiro de Minas
Professor, UFC
emanuel.itaque@ufc.br

Belarmino Barbosa Lira

Dr. Engenharia de minas
Professor, UFPB
belarminoblira@yahoo.com.br

Jayson Dagoberto dos Santos Carneiro

Engenheiro de Minas
Professor, IFPB
jaysonguimaraes@hotmail.com

Júlio César de Souza

Dr. Engenharia de minas
Professor, UFPE
jcsouza@ufpe.br

Leandro de Lima Maia

Ms. Engenharia de Minas
Engenheiro de Minas, CARAÍBA
engenheiroleandromaia@gmail.com

Luis Henrique Nery Januario

Ms. Engenharia Mineral
Professor, UFMT
luisjanuario@ufmt.br

Rodrigo Luis de Souza

Ms. Engenharia de Minas
Professor Substituto, IFBA
rodrigoluis_23@yahoo.com.br

RESUMO

A cubagem de depósito é uma etapa importante no processo decisório de um projeto de mineração. As tecnologias SIG podem ser aplicadas para tal, com uma determinada precisão. Os dados SIG são disponibilizados gratuitamente e fornecem uma base na fase de exploração de um depósito mineral. Softwares gratuitos, como o QGIS, podem ser utilizados no tratamento de dados georreferenciados, imageadores ou não, e gerar produtos interessantes que representem características da superfície terrestre. Neste trabalho foi executado um estudo de representação topográfica de uma área contendo os pegmatitos Facheiro, Mina do Meio e Mina Velha para cubagem dos seus afloramentos, onde também foram feitos cortes longitudinais aos mesmos para análise geomorfológica dos MDTs gerados através dos Modelos Digitais de Elevação (MDE), obtidas pelos sites do USGS e TOPODATA, em software DATAMINE. Como resultado viu-se que os MDTs gerados pelo MDE do USGS foram as que mais se aproximaram da realidade, sendo aplicáveis para depósitos de grande extensão; já as geradas pelo MDE do TOPODATA não produziram resultados satisfatórios.

Palavras-chave: Cubagem, QGIS, MDE, USGS, TOPODATA.

ABSTRACT

The measurement of deposit volumes is an important step in the decision-making process of a mining project. GIS technologies can be applied to this with a certain precision. GIS data are made available free of charge and provide a basis in the exploration phase of a mineral deposit. Free software, such as QGIS, can be used to treat georeferenced data, image or not, and generate interesting products that represent characteristics of the earth's surface. In this work a topographic representation study of an area containing the Pegmatites Facheiro, Mina do Meio and Mina Velha was carried out to calculate the volume of its outcrops and longitudinal sections were also made for the geomorphological analysis of the TMD generated by the MDE obtained by the sites of the USGS and TOPODATA in DATAMINE software. As a result, it was found that the TMD generated by the USGS MDE were the closest ones to the reality, being applicable to large deposits, and those generated by the TOPODATA MDE did not produce satisfactory results.

Keywords: Measurement, QGIS, MDE, USGS, TOPODATA.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Curi (2014), a cubagem de depósitos minerais é uma atividade bastante importante na tomada de decisão sobre lavar uma determinada jazida ou não, durante a fase de planejamento de um projeto de mineração. Porém este procedimento, em alguns casos e níveis de detalhamento, pode ser dispendioso o bastante para inviabilizá-lo economicamente.

Na fase de estudos conceituais de um projeto de mineração se aceita um nível de erro da ordem de 30% em estimativas de custos de investimento (CURI, 2014), pois neste caso os dados são escassos e a sensatez e bom senso do tomador de decisão são um ponto chave para a melhor busca e interpretação dos mesmos, que muitas vezes são gratuitos e que possuem certa precisão.

O sensoriamento remoto é uma ciência que tem sido muito utilizada nos últimos anos em diferentes áreas do conhecimento e na área de geologia tem sido grandemente aplicado no mapeamento de estruturas, litologias, erosão de solos, escorregamento, levantamento hidrogeológico, prospecção de óleo, gás e bens minerais (FERREIRA, 2012). Além disto, no levantamento do relevo da superfície terrestre, o sensoriamento remoto foi utilizado na missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), que obteve dados de altimetria estereoscópica de 80% da superfície terrestre (VITAL, 2010).

Neste estudo, foram utilizadas formas alternativas de cubagem de três depósitos minerais a partir de softwares específicos no intuito de se obter resultados satisfatórios e de baixo ou nenhum custo, utilizando-se de dados e plataformas gratuitas e pagas. Também foram gerados perfis topográficos com a intenção de se comparar as feições geomorfológicas geradas pelos dados do SRTM com as geradas pela carta topográfica produzida por topografia convencional.

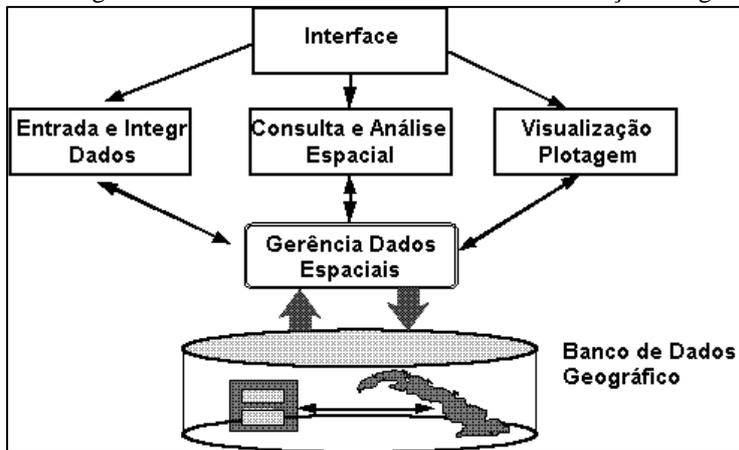
2 MATERIAIS E MÉTODOS

A área da pesquisa é pertencente à empresa MINEGRAN - Minerais e Granitos do Nordeste Ltda., e situa-se a nordeste da cidade de Tenório na região centro-norte do estado da Paraíba bem próximo à divisa com o estado do Rio Grande do Norte. Esta área de estudo possui 3 (três) corpos pegmatíticos, Facheiro, Mina do Meio e Mina Velha que serão os alvos deste estudo.

Tecnologias como o Sensoriamento Remoto (SR), Sistema de Informações Geográficas (SIG), Sistema de Posicionamento Global (GPS – *Global Positioning System*), dentre outras, formam um conjunto denominado de Geotecnologias (FLORENZANO et al, 2011). Segundo Câmara (1996) o geoprocessamento é um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico, onde suas atividades são comumente chamadas de SIG e possui os componentes abaixo, tal qual figura 1:

- Interface com o usuário;
- Entrada e integração de dados;
- Funções de processamento gráfico e de imagens;
- Visualização e plotagem;
- Armazenamento e recuperação de dados (banco de dados geográficos)

Figura 1 – Fluxograma do funcionamento do Sistema de Informação Geográfica (SIG)



Fonte: Câmara (1996).

De acordo com Câmara (1996), a interface homem-máquina define como o sistema é manipulado e controlado, o sistema de processamento de dados espaciais garante entrada, edição, análise, visualização e saída dos mesmos e o sistema de gerenciamento de dados garante o armazenamento e a disponibilização destes.

A principal vantagem da utilização do SIG é a manipulação e cruzamento de uma gama de dados de diversos tipos capaz de obter, como resultado, um produto bem elaborado (FILHO, 2016)

Foi assim denominada Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) a missão do órgão americano *United States Geological Survey* (USGS) em conjunto com as agências espaciais alemã DLR e italiana ASI, executada por um ônibus espacial com dois receptores de SAR (Radar de Abertura Sintética) acoplados em duas antenas, durante um período de 11 dias em fevereiro do ano 2000 com o intuito de se gerar o Modelo Digital de Elevação (MDE) da superfície terrestre quase global, inicialmente com resolução espacial de 1 (um) arco segundo para os Estados Unidos e 3 (três) arcos segundos para o restante dos outros países, sendo estes levantamentos projetados para atingirem precisões verticais e horizontais de 16 e 20 m, respectivamente (VITAL et al, 2010 e MEDEIROS et al., 2009). Posteriormente no ano de 2014 os MDEs com resolução espacial de 1 (um) arco segundo foram disponibilizadas para todo o restante do mundo.

O sistema TOPODATA tratou as MDE disponíveis em resolução espacial de 3 arcos segundos para uma resolução de 1 (um) arco segundo utilizando de krigagem de

derivações geomorfológicas (VALERIANO, 2008 e TEIXEIRA et al., 2018) com a intenção de se representar melhor as variações nas declividades dos solos, sendo estes produtos disponibilizados gratuitamente.

Segundo Vallin (2009), o Quantum GIS (QGIS) é fruto do avanço dos softwares livres de visualização de dados geográficos, sendo um software multiplataforma (Linux, Windows, MacOS etc.) com alto desempenho, onde sua arquitetura possibilita a inserção de novos plug-ins com diferentes funcionalidades, de acordo com o interesse do utilizador.

Neste trabalho foram executadas 2 (duas) metodologias para geração dos Modelos Digitais de Terreno (MDTs) a partir de dados disponibilizados gratuitamente pelo site do órgão americano *United States Geological Survey* (USGS), assim como do site do mapa índice do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA), administrado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) com o objetivo de se comparar os produtos topográficos, viabilizando ou não o método para geração de DTMs e cubagem preliminar de depósitos pegmatíticos. A sequência das etapas da realização do trabalho está descrita na tabela 1.

Tabela 1 – Metodologia aplicada para o trabalho

Etapa 1	Download dos MDEs dos sites do USGS e TOPODATA
Etapa 2	Importação dos MDEs para QGIS
Etapa 3	Geração das curvas de nível em QGIS e exportação para DXF
Etapa 4	Criação dos MDTs a partir das curvas de nível geradas por MDEs e topografia convencional em DATAMINE
Etapa 5	Comparação entre os MDTs gerados pelas MDEs e topografia convencional

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

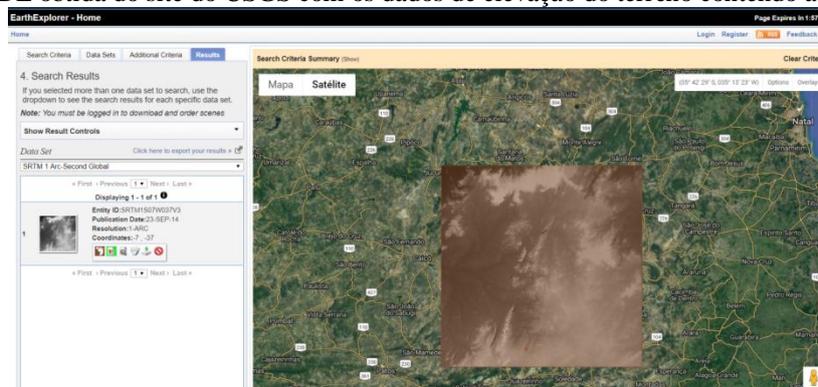
Com os MDE obtidos e com o mapa topográfico da área em estudo, construíram-se em software Datamine Studio 3 os Modelos Digitais de Terreno (MDTs) para em seguida, serem calculados os volumes dos corpos pegmatíticos aflorantes dentro dos seus limites de contato com a rocha encaixante, estes foram obtidos no mapa de geologia local, bem como analisar as diferenças nas representações dos relevos dos afloramentos de corpos pegmatíticos.

O MDE obtido no site do Centro de Distribuição de Dados da USGS possui resolução de 1 (um) arco segundo (30 x 30m), sendo a entidade com ID

SRTM1S07W037V3 publicada em 23 de setembro de 2014 (figura 2). Já no mapa índice da TOPODATA, foi obtido o MDE 06S375 (figura 4) que possui também resolução de 30 x 30m, sendo obtidos, porém, a partir de tratamentos geoestatísticos executados em MDE com resolução de 90 x 90m disponibilizados pela USGS.

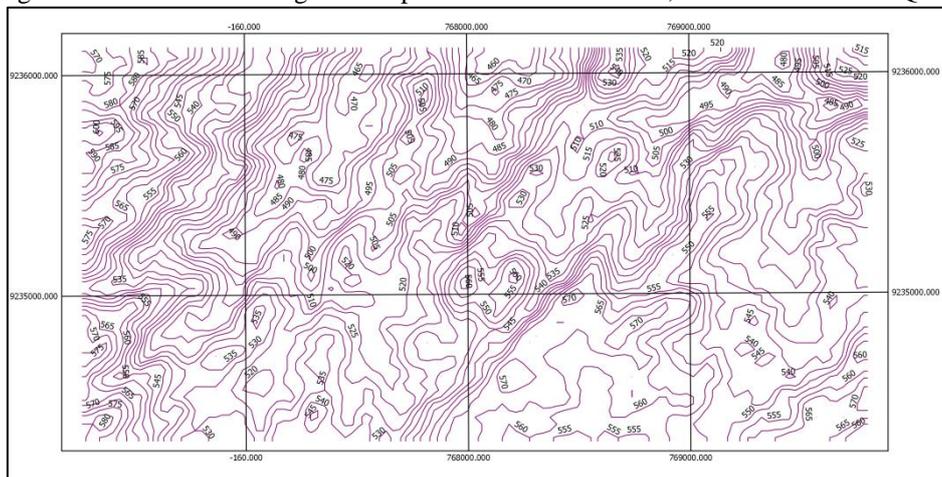
Desta forma, foram geradas as curvas de nível a partir dos tons de cinza para ambas MDEs (figura 3 e 5), no software gratuito QGIS versão 2.18.28, as quais foram exportadas para um arquivo em extensão DXF e estes, posteriormente, foram importados para o software Datamine Studio 3 para se gerar as MDTs.

Figura 2 – MDE obtida do site do USGS com os dados de elevação do terreno contendo a área estudada.



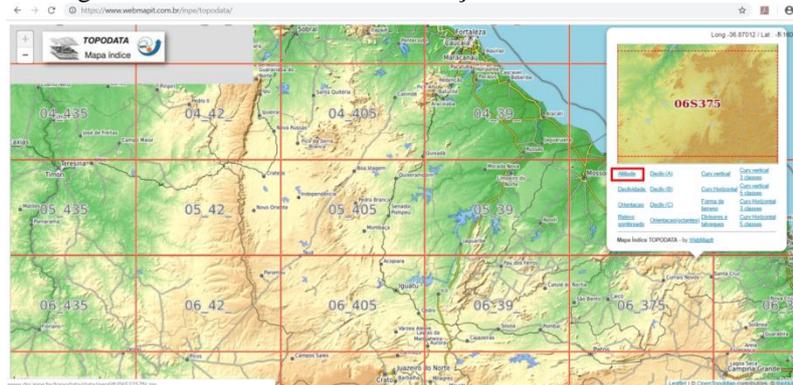
Fonte: USGS (2019)

Figura 3 – Curvas de nível geradas a partir do MDE do USGS, obtidas no software QGIS.



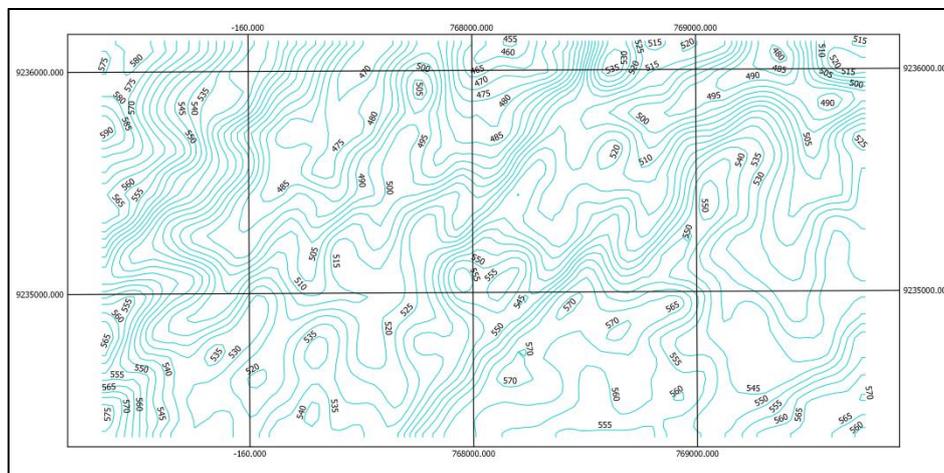
Fonte: Autores (2019)

Figura 4 – MDE com dados de elevação obtida no TOPODATA.



Fonte: Mapa índice do TOPODATA, INPE (2019)

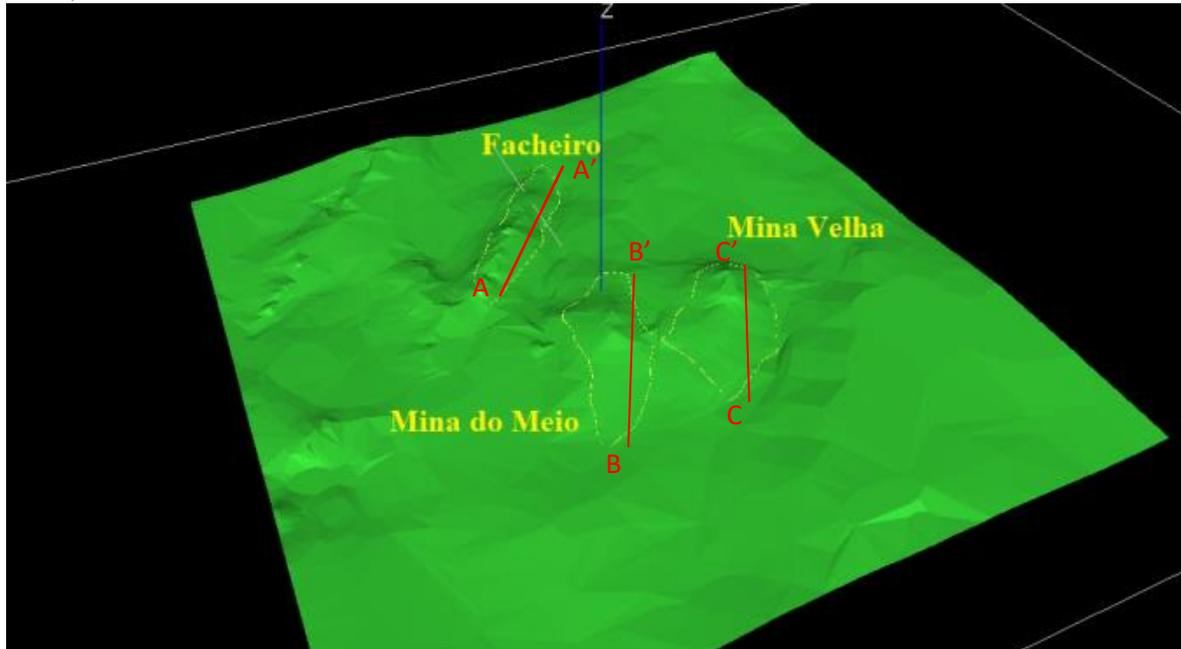
Figura 5 – Curvas de nível geradas a partir da carta obtidas no software QGIS a partir do MDE do TOPODATA.



Fonte: Autores (2019)

Utilizando-se dos MDTs gerados e a partir dos limites dos corpos dos pegmatitos foram calculados os volumes dos corpos (tabela 2) partindo das linhas de contato até o topo do afloramento (como visto na figura 6) em software Datamine Studio 3 e, assim, comparou-se estes resultados obtidos através dos MDEs utilizados com o volume encontrado a partir do MDT da topografia convencional. Também foram feitos cortes verticais na direção longitudinal aos pegmatitos nos centros dos afloramentos, como nas figuras 6 e 7, para se observar o comportamento da representação da topografia e comparar os métodos de geração dos MDTs realizando a medição da diferença de cota máxima das topografias geradas pelos MDEs com a obtida pela carta topográfica.

Figura 6 – DTM da topografia convencional dos corpos pegmatíticos com os limites dos pegmatitos com a direção dos cortes AA' (pegmatito Facheiro) BB' (pegmatito Mina do Meio) e CC' (pegmatito Mina Velha).



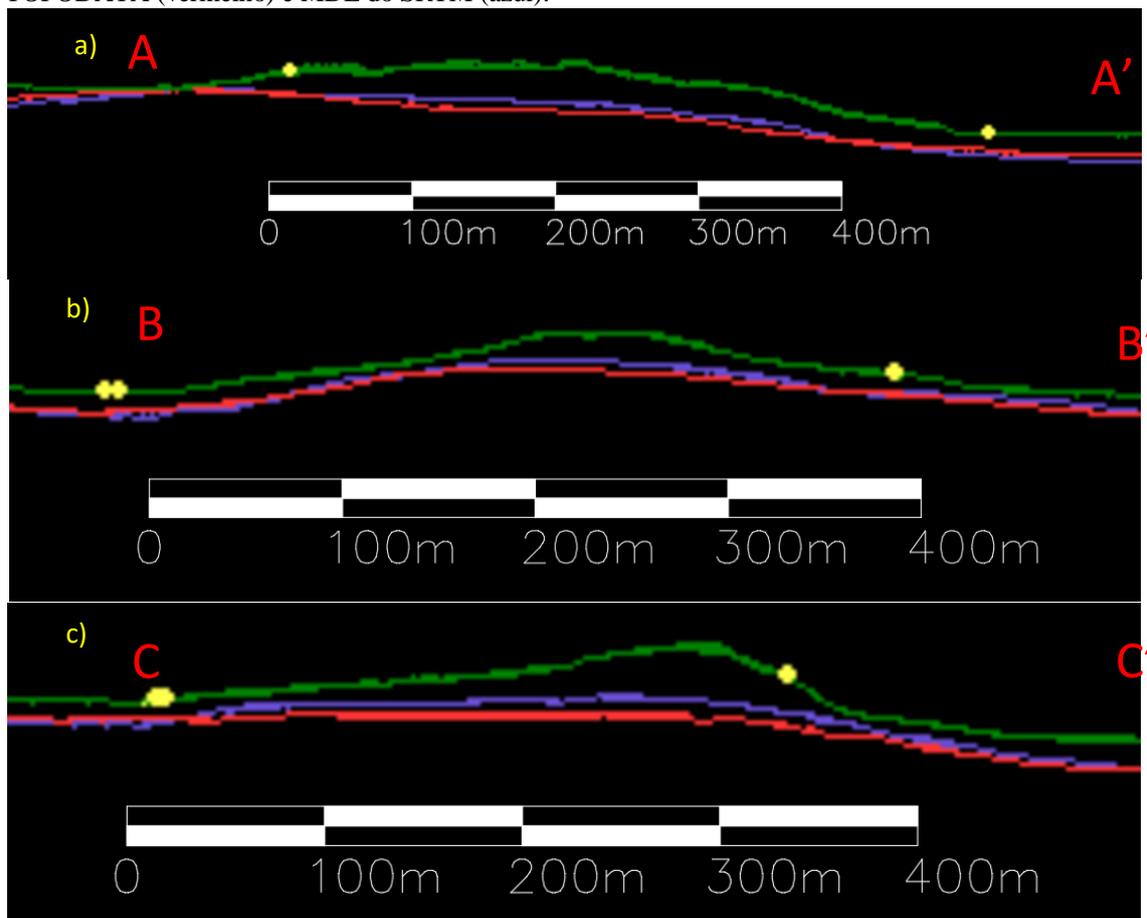
Fonte: Obtida no software DATAMINE (2019)

Para áreas de grande extensão essa técnica pode ser eficaz, porém, para os corpos de minério aqui estudados, bem como o relevo de seus afloramentos possuem pequena extensão, então percebeu-se que a topografia dos pegmatitos não foi bem representada, pois a resolução dos MDEs do USGS e do TOPODATA possuem resoluções baixas (1 arco seno), comparado com a extensão dos pegmatitos (Facheiro 473 m x 100 m, Mina do Meio 407 m x 130 m e Mina Velha 330 m x 190 m). Assim, os ressaltos na topografia gerados pelos pegmatitos não foram identificados nos MDTs gerados, o que permite afirmar que para pequenos depósitos a ferramenta mostrou-se imprecisa, necessitando-se de tratamento e correção para que possa ter alguma representatividade.

É interessante ressaltar que o pegmatito Facheiro possui espessuras em muitas de suas seções transversais menores que 100 m, e sabendo-se da resolução dos MDEs, entende-se que seu relevo não seria bem evidenciado, sendo que o mesmo gera uma mudança brusca na geomorfologia do relevo local.

Para relevos de grandes extensões os MDEs possuem uma representatividade aumentada, visto que, quanto maior a resolução de um levantamento em relação a uma área, melhores os resultados obtidos.

Figura 7 – Perfil topográfico do corte longitudinal aos pegmatitos Facheiro (a) Mina do Meio (b) e Mina Velha (c) dos MDTs gerados pelas curvas de nível da topografia convencional (verde) MDE do TOPODATA (vermelho) e MDE do SRTM (azul).



Fonte: Autor (2019)

Tabela 2 – MDT da topografia dos corpos pegmatíticos.

MÉTODOS	Volumes (m ³)					
	Facheiro	Diferença	Mina do Meio	Diferença	Mina Velha	Diferença
SRTM	54.550	-76%	108.511	-15%	169.498	-20%
TOPODATA	ERRO	-	11.080	-91%	27.353	-87%
TOPOGRAFIA	228.909	-	127.615	-	211.933	-

Fonte: Autores (2019)

Outros fatores considerados no estudo foram as diferenças entre as cotas das superfícies geradas pelos MDEs com a superfície produzida pela carta topográfica obtida por método convencional de topografia. Assim, foram encontrados os seguintes resultados apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – MDT da topografia dos corpos pegmatíticos.

Pegmatitos	Diferenças máximas (ELEVAÇÃO)	
	USGS	TOPODATA
Facheiro	29m	35m
Mina do Meio	16m	21m
Mina Velha	27m	39m

Fonte: Autores (2019)

A partir dos resultados gerados e demonstrados nas tabelas anteriores pode-se afirmar que os dados obtidos diretamente do USGS são mais representativos, essa representatividade aumenta quando aplicados a depósitos mais extensos, como foi o caso dos pegmatitos Mina do Meio e Mina Velha, diferentemente para o pegmatito Facheiro que possui uma pequena largura e assim o resalto na topografia gerado pelo seu afloramento não obteve representatividade adequada, pois a resolução do levantamento SRTM é de 30 x 30 m e do TOPODATA de 90 x 90 m tratados por levantamento geostatístico. Observou-se também que o MDT gerado a partir dos dados TOPODATA não foi representativo, gerando erros muito acima dos aceitos na etapa de estudos conceituais, para todos os corpos estudados, já os dados obtidos no USGS geraram resultados satisfatórios a partir de corpos de minério com grandes extensões em duas dimensões (dentro dos 30% aceitáveis na fase de estudos conceituais) como no caso dos pegmatitos Mina do Meio e Mina Velha, sendo recomendado, então, a utilização desta metodologia apenas para corpos extensos.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se então que os dados disponibilizados pela TOPODATA foram insatisfatórios para a extensão dos corpos considerados no estudo, enquanto que o MDE obtido no site da USGS possui uma resolução maior e produziu resultados aceitáveis para os pegmatitos Mina do Meio e Mina Velha, os quais possuem maiores extensões em duas dimensões com relação ao Facheiro, este último não gerando resultados consistentes.

Desta forma, se recomenda a utilização das MDEs com resolução espacial de 30 x 30m da USGS para depósitos extensos, pois observou-se que a diferença chegou a 15% da topografia executada por métodos tradicionais, dependendo da extensão dos corpos.

Observou-se também que as diferenças de cotas máximas entre os MDTs gerados pelos MDEs foram bastante altas, com especial atenção aos gerados pelo MDE da TOPODATA que chegaram à ordem de 39 metros, sendo conhecido que estes dados

foram obtidos de um tratamento geoestatístico de MDE com resolução espacial de 90m, o que gerou um erro na representação das feições geomorfológicas.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo auxílio financeiro e que gera a manutenção do desenvolvimento tecnológico e sustentável de nossa nação, à Universidade Federal de Pernambuco pelo suporte e contribuição que facilitaram a execução do trabalho e à empresa MINEGRAN por disponibilizar gentilmente suas áreas para desenvolvimento de pesquisas.

REFERÊNCIAS

CÂMARA, Gilberto. CASANOVA, Marcos A. HEMERLY, Andrea S. MAGALHÃES, Geovane C. MEDEIROS, Cláudia M. B.. Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica. Projeto GEOTEC, Escola de Computação, SBC, 1996, p. 193.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. LIMA, Suely Franco Silveira. MORAES, Elisabete Caria. Formação de professores de Geotecnologias por meio de ensino a distância. Educar em Revista, Editora UFPR, Curitiba. 2011. n. 40, p. 69-84.

FILHO, Luís Fernando Dias. A Utilização de Open Source Gis na mineração: Prospecção regional de pegmatitos da Faixa Seridó paraibana. 2016. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Minas do Centro de Tecnologia e Geociências, da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

MEDEIROS, L. C. FERREIRA, N. C. FERREIRA, L. G. (2009) Avaliação de Modelos Digitais de Elevação para Delimitação Automática de Bacias Hidrográficas. Revista Brasileira de Cartografia n61/02, 2009. p. 138-151

OLIVEIRA, Joyce Avila de. Mapeamento das feições superficiais da galeria grey, campo de gelo patagônico sul, com uso de imagens de alta resolução espacial. 2015. 129 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – do Instituto de Ciências Humanas e da Informação da Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande-RS, 2015.

TEIXEIRA, Renato Cardoso. BRITO, Gustavo Henrique Mendes. ANTUNES, Arlindo Modesto. ROCHA, Ivandro José de Freitas. Avaliação dos modelos digitais de elevação (mde) derivados de imagens de sensoriamento remoto orbital. Científica – Multidisciplinary Journal. 2018. P 45-51.

VALERIANO, Márcio de Morisson. ROSSETI, Dilce de Fátima. Topographic modeling of Marajó Island with SRTM data. Revista Brasileira de Geomorfologia. Vol 9. Nº1. 2008. P 53-64.

VALIN, Mariana Mello. Uso de Softwares Livres para o Desenvolvimento de SIG WEB de Acessibilidade a Atrativos Turísticos: Estudo de Caso da Cidade de Campinas - SP. 2009. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

VITAL, Saulo Roberto de Oliveira. SILVEIRA, Thyago de Almeida. ALENCAR, Heloísa Maria Quirino de. FERREIRA, Bruno. Uso de imagem SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) para o mapeamento geomorfológico na microbacia do açude Taperoá ii, Paraíba, Brasil. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife – PE. 2010. P. 001-005.