

Avaliação da altimetria do modelo digital de elevação do SRTM

Rafael Silva de Barros^{1,2,3}
Carla Bernadete Madureira Cruz³

¹ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
Diretoria de Geociência – Coordenação de Cartografia
Av. Brasil, 15671 – CEP 21241-051 – Rio de Janeiro
rsbarros@ibge.gov.br

² Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ
Faculdade de Formação de Professores / Departamento de Geografia
Rua Dr. Francisco Portela, 794 – CEP 24435-000 – São Gonçalo

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ
Depto. de Geografia – Grupo de Sensoriamento Remoto ESPAÇO
Av. Brigadeiro Trompowski, s/n – Bl. I – s/ 012 – CEP 21941-590 – Rio de Janeiro
cmad@ufrj.br

Abstract. Cartography uses, traditionally, remote sensing products (aerial photographs) for generating topographical charts. Considering the improvement of products originating from orbital sensors, its use for planimetric data extraction had a very significant enlargement, especially since the last decade of the twentieth century. The use of the orbital images for obtaining altimetric data, however, is very incipient yet, even after the improvement of quality of the products generated by sensors/space missions available after 1999. This work presents an evaluation concerning the altimetry of SRTM DEM. Comparisons were made between altimetry values from DEMs and from brazilian benchmarks (RNs). Results were analyzed according to the Cartographic Accuracy Standard (PEC). Results indicate that the sample evaluated presents vertical accuracy corresponding to the Class A of 1:100.000 scale.

Palavras-chave: remote sensing, digital elevation models, cartography, SRTM, sensoriamento remoto, modelos digitais de elevação, cartografia.

1. Introdução

A utilização de produtos oriundos do sensoriamento remoto orbital para obtenção de dados planimétricos diversos já é uma realidade no Brasil há mais de uma década. A extração de dados altimétricos a partir de tais produtos, por outro lado, ainda é algo relativamente novo e que não está amplamente consagrado, apesar da grande demanda existente nesta direção.

A maior parte dos Modelos Digitais de Elevação (MDEs) utilizados são oriundos de restituição aerofogramétrica. No entanto alguns novos produtos estão contribuindo para alterar esta situação, como por exemplo a disponibilização dos MDEs SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) na Internet e de sensores orbitais capazes de adquirir pares estereoscópicos com melhores qualidade e confiabilidade.

Diversos trabalhos tem sido desenvolvidos no sentido de avaliar a qualidade de MDEs obtidos através de tais produtos, como Toutin & Cheng (2002), alguns deles enfocando especificamente o SRTM, como Gonçalves *et al.* (2005), Barros *et al.* (2005a) e Santos (2005). Em geral tais trabalhos têm demonstrado bom desempenho para estes dados, mostrando que há um leque de possíveis aplicações dos mesmos, facilitando o acesso a dados tridimensionais que antes estavam disponíveis para um número reduzido de usuários.

2. Objetivos

O presente trabalho faz uma avaliação do MDE SRTM, numa região com relevo bastante montanhoso, utilizando-se, como referência, de RNs (Referências de Nível) de Alta Precisão Ajustada, da Rede Altimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro, cujas coordenadas planimétricas foram determinadas por GPS, a partir de posicionamento relativo.

Especificamente objetivou-se a comparação das altitudes do MDE com as das RNs, analisando os resultados à luz do PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica), a fim de determinar até que escala a acurácia deste produto é compatível.

3. SRTM

O SRTM não é o nome de um satélite, mas de uma missão espacial liderada pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e NIMA¹ (*National Imagery and Mapping Agency*) com parceria das agências espaciais da Alemanha (DLR) e Itália (ASI), realizada entre 11 e 22 de fevereiro de 2000 visando mapear a superfície da Terra em três dimensões, num nível de detalhamento inédito (JPL, 2004).

A missão utilizou radar (SAR – Radar de Abertura Sintética) a bordo do ônibus espacial Endeavour, que adquiriu dados sobre mais de 80% da superfície terrestre, nas bandas C e X, fazendo uso da técnica de interferometria para obtenção da elevação. Nesta técnica a altitude é obtida através da medição da diferença de fase entre duas imagens radar sobre um mesmo local na Terra (CCRS, 2004). O sistema SRTM contava com 2 antenas de recepção, separadas por um mastro de 60 metros, o que possibilitou a aquisição dos dados em uma mesma órbita, garantindo a melhor qualidade dos mesmos. Os dados, adquiridos com resolução de 1 segundo de arco, ou aproximadamente 30 metros, no equador, foram processados e distribuídos gratuitamente na Internet (<ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/>) com a resolução de 3 segundos de arco.

Ao se iniciar a missão, esperava-se alcançar 16 metros de acurácia absoluta para a altimetria e 20 metros de acurácia horizontal circular absoluta (Duren *et al.*, 1998; JPL, 2004). As análises dos MDEs gerados, porém, têm mostrado resultados melhores do que o requerimento do projeto propunha (Rodriguez *et al.*, 2005).

Apesar de todos os pontos positivos apresentados, os dados SRTM que foram distribuídos na versão 1.0 (chamada de *unfinished*), apresentam alguns problemas, tais como: valores espúrios (positivos e negativos) nas proximidades do mar e áreas que não possuem valores de altitude. Barros *et al.* (2005b), numa aplicação em que a avaliação do SRTM foi apenas qualitativa, mostraram, como outros trabalhos, que em algumas áreas a inexistência de valores em alguns pixels pode ser muito relevante, como no caso em que os autores perceberam a inexistência do Pão-de-Açúcar, num MDE que cobre parte da região metropolitana do Rio de Janeiro. Na versão 2.0 (*finished*), os MDEs SRTM foram editados e tais problemas foram eliminados ou minimizados – nem todas as áreas sem valor de altitude foram corrigidas –, sendo apresentados como superiores à versão 1 e indicados para a maioria dos usuários (NASA, 2006). Mesmo nesta versão, porém, problemas como o relatado em Barros *et al.* (2005b), não são completamente resolvidos, visto que a área sem valor de altitude é muito grande. Em NASA (2006), ao apresentar as regras de edição para a Versão 2 do SRTM, cita-se o uso do *layer* de água do Landcover (que apresenta 50 metros de erro horizontal absoluto – RMS – e cujas imagens – Landsat ortorretificadas – foram adquiridas em diferentes estações do ano), associado a mapas e

¹ Em Novembro de 2003 a NIMA mudou de Nome para NGA (Agência Nacional de Inteligência Geo-espacial)

cartas de média ou grande escala para o delineamento de água para a versão DTED 2 do SRTM. O uso do Landcover ocorre sempre que os mosaicos da ortoimagens SRTM não puderem ser empregados. Destaca-se que a versão DTED 2 é a de melhor resolução espacial, com o pixel original de aproximadamente 30 metros.

4. Área de Estudo

A área de estudo localiza-se entre as latitudes $22^{\circ} 30' S$ e $23^{\circ} S$ e longitudes $44^{\circ} W$ e $44^{\circ} 30' W$ (Carta Topográfica 1:100.000, de Bananal), envolvendo parte do litoral da Costa Verde, do Vale do Paraíba e da Serra do Mar (**figura 1**), entre os estados do Rio de Janeiro e São Paulo.

Esta área apresenta um relevo montanhoso, com desníveis e declividades bastante elevados e altitudes variando entre 0 e 1.850 metros. Esta configuração representa uma dificuldade significativa para a geração de MDE por sensoriamento remoto orbital.



Figura 1: Localização da Área de Estudo

5. Metodologia

A avaliação do MDE do SRTM baseou-se na comparação de sua altimetria com os valores de altitude de 36 RNs (Referências de Nível), localizadas na área da folha Bananal (1:100.000) e medidas com GPS, através de posicionamento relativo, para determinação precisa de suas coordenadas planimétricas.

O MDE utilizado corresponde à versão 1, sem nenhum tratamento anterior. Como nesta versão os MDEs apresentam pixels sem valores de altitude e pixels com valores negativos / espúrios nas proximidades do litoral, foi necessário fazer um pré-tratamento dos mesmos. Utilizou-se o programa Blackart, obtido gratuitamente através da Internet (www.terrainmap.com/newsinfo.html), para fazer a substituição dos valores negativos por 0 (zero). A substituição por zero levou em consideração que os valores negativos ocorrem próximo ao litoral e que, na parte continental, são muito próximos de zero. Considerando-se a precisão estimada para os dados SRTM, esta operação não comprometeria os resultados finais. Foi utilizado, ainda, o programa SRTMFill, também obtido gratuitamente na Internet (www.3dnature.com/srtmfill.html), para fazer a estimativa de valores de altitudes nos pixels sem as mesmas, através de interpolação, utilizando os pixels vizinhos. Não foi definido nenhum critério quantitativo para controlar esta operação, verificando-se visualmente, apenas, que as áreas a sofrer interpolação, na parte continental, não fossem muito extensas.

Foram escolhidas RNs classificadas como de Alta Precisão Ajusta do BDG (Banco de Dados Geodésicos) do IBGE (exceto a 9020, localizada na praça de Bananal, que ainda apresenta-se

como Preliminar). A seleção das RNs também priorizou aquelas que apresentavam uma boa distribuição ao longo da folha Bananal e que localizavam-se sobre diferentes declividades. Para a determinação de suas coordenadas planimétricas, optou-se por ocupar pontos SAT com receptor Ashtech Promark 2 (uma frequência), utilizando-os como bases locais. Os pontos remotos foram medidos em distâncias de até 30 km, por um período de 40 minutos, utilizando-se o mesmo tipo de receptor ou Magellan Promark.

O sistema Ashtech Solutions 2.70 foi usado para o (pós) processamento dos dados. As coordenadas dos pontos SAT foram obtidas do BDG. Os valores de altura elipsoidal obtidas do processamento foram convertidos para altitude usando a ondulação geoidal para o EGM96 – que é a referência altimétrica usada pelo MDE SRTM – estimadas pelo *Geoid Calculator*, da página da NGA. Assim cada RN conta com 2 valores de altitude: a oficial referenciada a Imbituba, obtida por nivelamento geométrico e a calculada a partir da medição pr GPS.

Utilizou-se o ArcGIS para armazenar os dados deste trabalho e para fazer pequenas manipulações sobre os mesmos. As RNs foram plotadas sobre o MDE SRTM, registrando-se os valores de altitudes dos pixels sobre os quais as RNs estavam localizadas. Ou seja, não foi feita nenhuma interpolação para comparação das altitudes: optou-se por ler diretamente o valor do pixel do MDE.

Ainda no ArcGIS foi feito o cálculo da diferença entre as altitudes obtidas do MDE e a dos pontos medidos em campo, considerando-se tanto a altitude do BDG (nivelamento geométrico) quanto a estimada a partir da medição por GPS e acréscimo da ondulação geoidal para o EGM96. Utilizou-se, também o mapa de declividade gerado a partir de um MDE do Reference 3D, a fim de se poder fazer alguma inferência a respeito deste parâmetro.

Como os dados SRTM encontram-se disponíveis nas duas versões já apresentadas, optou-se por testar ambas, para verificar que diferenças o usuário pode encontrar. Por isso foram calculadas diferenças de altitude para as duas versões, ainda que o produto de referência seja a versão 1.

As diferenças de altitudes encontradas foram analisadas à luz do PEC altimétrico, levando-se em consideração as 3 classes nele mencionadas. Foram definidas os seguintes intervalos para as diferenças observadas:

- 0 a 15 metros (1:50.000, classe C)
- 0 a 25 metros (1:100.000, classe A)
- 0 a 30 metros (1:100.000, classe B)
- 0 a 37.5 metros (1:100.000, classe C)

Além do teste com os pontos medidos, foi feita também uma comparação do MDE versão 1 com a carta topográfica – 1:50.000 – de Volta Redonda. Para isso, usou-se o PCI OrthoEngine para gerar um MDE a partir das curvas de nível, pontos cotados e hidrografia (como *breakline*) obtidos daquela carta. Para evitar influência da borda da carta, optou-se por recortar 500 metros de cada lado do MDE. O sistema indica a quantidade de pixels em cada intervalo, permitindo que se calcule os percentuais em cada um deles.

Foi feito ainda uma estimativa da diferença entre os referenciais altimétricos considerados – Imbituba e EGM96 – através da subtração das duas altitudes em cada RN, obtendo-se uma média destas diferenças para a área de estudo.

6. Resultados

Ainda que se soubesse que alguns trabalhos mostram que os dados SRTM têm apresentado desempenho melhor do que o esperado (16 metros para a acurácia vertical, segundo Duren *et al.*, 1998; JPL, 2004 e ASI, 2005), os resultados obtidos pela análise através das RNs superou as expectativas. A diferença média entre as altitudes do MDE SRTM versão 1 e as das RNS foi de 4,8 metros, com desvio padrão de 10,1 metros. A **tabela 1** mostra este resultado, assim como as demais médias calculadas.

Ao se confrontar as altitudes das RNs com seus respectivos valores no MDE versão 2, obtém-se a média de 4,6 metros, com desvio padrão de 10,3 metros. Deve ser feito o comentário de que ao se utilizar o MDE versão 2, observou-se que 1 RN passou a se localizar fora da linha de costa, ou seja, dentro d'água. A linha de costa, nesta versão, foi definida a partir das imagens ortorretificadas do SRTM (30 x 30 metros) ou do *layer* de água do Landcover (imagens Landsat com pixels de 28 x 28 m). Ambos tem resolução superior a do MDE SRTM analisado, o que faz com que o traçado da linha não acompanhe perfeitamente os pixels do MDE. No caso da RN em questão (3068-S), a linha de costa passa sobre parte do pixel do MDE que a contém, fazendo com que na versão 2 este pixel seja considerado como água (H = 0 m), enquanto na versão 1 ele teria um valor de altitude. No terreno, esta RN posiciona-se praticamente sobre a mureta de contenção que separa a rua do mar, localizando-se quase sobre a linha de costa. Se esta RN for removida da análise, a média passa para 4,8 metros e o desvio padrão para 10,3 metros (**Tabela 1**).

Tabela 1: Médias e Desvios Padrões das diferenças das altitudes medidas nos MDEs SRTM e nas RNs, considerando-se os referenciais Imbituba e EGM96.

	V1-RN	V1-GPS	V2-RN	V2-RN (válidos)
Média	4,8	5,4	4,6	4,8
Desvio Padrão	10,1	10,5	10,3	10,3

V1 – RN e V2 – RN = Diferenças entre os MDEs SRTM Versões 1 e 2 e as altitudes das RNs; V1 - GPS = Diferenças entre o MDE V1 e as altitudes obtidas a partir de dados GPS e ondulação geoidal para o EGM96; V2 – RN (válidos): refere-se à mesma diferença V2 – RN, excluindo-se a RN fora da linha de costa.

Considerando-se o PEC, os MDEs SRTM avaliados apresentam uma boa qualidade, visto que de 71,4 a 72,2% das RNs apresentam diferenças de até 10 metros para os MDEs, como mostra a **tabela 2**. Dependendo do referencial altimétrico considerado e da versão do MDE, entre 86,1 e 88,9% das RNs indicam diferenças de até 15 metros, chegando muito perto do limiar indicado pelo PEC para escala 1:50.000, classe C. Os MDEs avaliados se enquadram perfeitamente na escala 1:100.000, classe A. Se a análise mudar para a classe C da escala 1:100.000, atinge-se 100% das RNs medidas, o que é bastante significativo.

Tabela 2: Diferenças de altitudes entre as RNs e os MDEs SRTM

Intervalos (m)	V1-RN	V1-RN (%)	V1-GPS	V1-GPS (%)	V2-RN	V2-RN (%)	V2-RN (válidos)	V2-RN (%) (válidos)
0 a 10	26	72,2	26	72,2	26	72,2	25	71,4
0 a 15	32	88,9	31	86,1	32	88,9	31	88,6
0 a 25	34	94,4	33	91,7	34	94,4	33	94,3
0 a 37,5	36	100,0	36	100,0	36	100,0	35	100,0

O Erro Médio Quadrático (EMQ) calculado foi de 11,2 metros, valor bastante abaixo do limite indicado no PEC para a escala 1:100.000, classe A (16,7 metros).

Apesar de apresentar todo este conjunto de resultados, considera-se como referência para esta avaliação aquele que utiliza as altitudes do BDG (nivelamento geométrico, referido a Imbituba), com os dados do MDE versão 1. Isto se deve ao fato daquelas altitudes terem sido obtidas pelo método mais confiável e consagrado, estando referenciado ao *datum* vertical oficial do país.

Entende-se, ainda, que o MDE versão 1 deve ser a referência porque se conhece o dado mais original, controlando-se seu processamento, evitando que dados espúrios sejam incluídos durante uma manipulação que não é específica para a área de estudo.

Somente 4 RNs apresentaram diferenças de altitudes para o MDE acima de 15 metros. Em 3 delas o terreno apresenta declividade acima de 40% e na outra, entre 20 e 40%. Em virtude do pequeno número de RNs localizadas em terrenos com declividades acima de 20% (11, no total), não se pode chegar a uma conclusão definitiva, mas há a indicação de que declividades elevadas interferem na acurácia vertical do SRTM. Estas 4 RNs localizam-se em altitudes que variam de 43 a 564 metros, não sugerindo haver relacionamento da acurácia com a altitude. As 4 RNs estão espalhadas pela carta topográfica, não havendo relação com a localização espacial.

Na **figura 2**, estão mapeadas sob a forma de gráfico de barras as diferenças entre as altitudes do MDE (versão 1) e das RNs (em relação à Imbituba e ao EGM96). Não há a indicação de haver relação entre a localização da RN e as diferenças encontradas: diferenças de altitude maiores e menores estão dispersas sobre toda a área. Destaca-se que nenhuma das RNs utilizadas nesta avaliação localiza-se sobre pixel sem valor de altitude no MDE original.

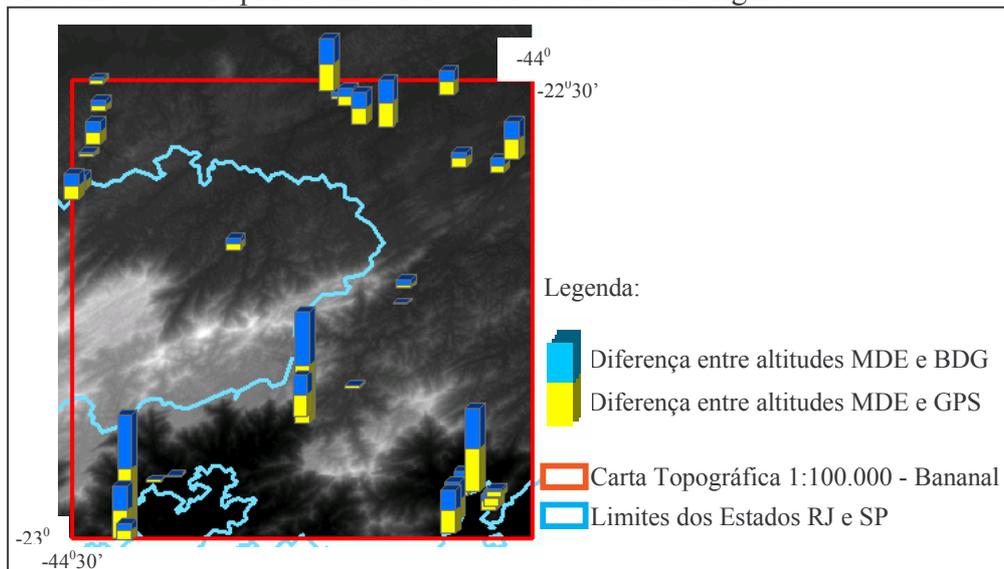


Figura 2: Distribuição das diferenças de altitudes do MDE e das RNs e do MDE e das altitudes obtidas pelo GPS, com a ondulação geoidal para o EGM96.

A subtração entre o MDE SRTM versão 1 e o MDE da carta topográfica 1:50.000 de Volta Redonda também demonstrou que não há uma concentração espacial das diferenças de altitude entre os dois produtos. Foi observado que em 70,7% do MDE SRTM a diferença para o MDE da carta foi de até 10m e em 90% da área, a diferença foi de até 25 metros topográfica.

A diferença estimada para os 2 referenciais altimétricos (Imbituba e EGM96) na área de estudo foi de -0,54 metros com desvio padrão de 0,74 metros, valores pequenos ao se considerar as grandezas envolvidas.

7. Conclusões

Os dados SRTM apresentam uma qualidade bastante boa, com uma distribuição dos erros que não indica maiores concentrações espaciais na área de estudo. O produto, porém, tem problemas

(valores negativos próximos ao mar e as áreas sem dados – onde não se conseguiu calcular o valor da altitude), que precisam ser considerados em quaisquer usos, especialmente naqueles em que a acurácia e a confiabilidade nos dados são mais demandadas.

Por outro lado, a abrangência, a gratuidade (para as versões 1 e 2, com resolução de 3 segundos de arco ou 90 metros), a simplicidade no manuseio e a qualidade geral do produto são fatores que incentivam definitivamente seu uso, especialmente em países como o Brasil, que ainda não completaram, a contento, seu mapeamento nas diversas escalas necessárias. Repete-se, ainda, a importância da disposição do dado sob a forma de MDE, que vem de encontro ao anseio de muitos usuários de geotecnologias, em geral. Essa importância está diretamente ligada ao fato de que nem sempre a geração de um MDE, a partir de curvas de nível e pontos cotados, é uma tarefa das mais simples para muitos usuários – além de trabalhosa – visto que em muitas vezes apesar do dado se encontrar no meio digital, ainda é necessário realizar edições e inserção do valor da cota nas curvas.

Em termos objetivos, as médias das diferenças de altitudes do MDE SRTM para altitudes obtidas de produtos consagrados na cartografia (RNs, pontos medidos por GPS somados às ondulações geoidais, neste caso para o EGM96) mostraram-se, na maior parte dos casos, baixa, variando de 4,0 a 5,4 metros, com desvios padrões variando de 10,1 a 10,5 metros. A maior diferença encontrada foi na RN 1022 S (que foi um ponto medido com muita obstrução), cuja altitude medida por GPS e ondulação geoidal para o EGM96 é 34,5 metros menor do que a indicada no MDE.

A amostra de MDE SRTM versão 1 (e também a versão 2) analisada enquadra-se na acurácia indicada pelo PEC para a escala 1:100.000, classe A. Não chega a alcançar o especificado para a escala 1:50.000, nem mesmo na classe C, apesar de chegar bem próximo dos valores de tolerância.

8. Considerações Finais e Recomendações

O problema dos diferentes referenciais altimétricos utilizados no sistema cartográfico brasileiro e no MDE SRTM ainda deve ser considerado, mas certamente tem uma influência pequena, visto que para a escala 1:100.000 – a que se sugere o uso do SRTM – as tolerâncias são maiores (25 metros), ficando muito acima das diferenças entre os referenciais verificados na área de estudo.

Sua utilização não é indicada, se houver disponibilidade – numa relação custo x benefício semelhante – de produtos de melhor qualidade, em especial de modelos fotogramétricos.

Apesar do fornecedor não fazer maiores comentários sobre a influência da declividade na acurácia vertical, é provável que seja uma questão importante a se considerar. Como neste estudo não se dispunha de muitos pontos em declividade acima de 20% (11 pontos), não se pode fazer maiores afirmações a este respeito, ainda que as maiores diferenças ocorreram em pontos com declividades acima deste valor.

O tamanho do pixel tem uma importância grande na acurácia de um MDE. O MDE SRTM original apresenta 1 segundo de arco (aproximadamente 30 metros no equador) de resolução espacial, sendo reamostrado para 3 segundos de arco (aproximadamente 90 metros no equador) nas versões que estão sendo distribuídas na Internet, o que tem uma grande influência no uso do produto final. Ao se proceder a reamostragem, faz-se com que um valor de altitude antes atribuído a uma área de 900 metros quadrados seja atribuído a uma área de 8.100 m². Em cada um dos casos é assumido que a declividade é constante naquela área, o que obviamente não é verdade. Um teste interessante para este produto seria aplicar metodologia semelhante à

empregada por Valeriano (2005), visando minimizar a influência negativa do tamanho do pixel na geração de produtos derivados.

Saindo-se do universo da cartografia sistemática, a aplicação do MDE SRTM, tanto na versão 1 quanto na 2, pode se dar, para a grande maioria dos usuários de cartografia, para fins temáticos, até a escala 1:50.000 (e menores) – já que os resultados estão muito próximos da classe C para esta escala – desde, que sejam consideradas as dificuldades apontadas anteriormente.

A avaliação dos MDEs SRTM ainda pode (e deve) ser ampliada, porém, acredita-se também que ela representa um importante teste de um produto quanto a sua aplicação cartográfica. Considerando-se a realidade atual de nosso mapeamento sistemático, entende-se que, se for economicamente viável e se a produção cartográfica puder ser otimizada com o MDE SRTM, seu uso poderia ser considerado para a escala 1:100.000 (e menores), inclusive para a classe A. No caso dos MDEs SRTM, resente-se da falta de metadados capazes de fornecer maiores informações a respeito dos dados e seu processamento, o que poderia significar uma maior confiabilidade nos mesmos.

9. Referências Bibliográficas

ASI. **Technical Appendix**. Site: http://srtm.det.unifi.it/eng_vers/app_tec0.htm. Último acesso: 11/12/2005.

Barros, R. S., Cruz, C. B. M., Silva, N. C. C.; Reis, R. B.; Seabra, V. S. **Avaliação da Qualidade Vertical de DEMs do SRTM**. In: XXII Congresso Brasileiro de Cartografia. 2005a. Macaé – RJ.

Barros, R. S.; Cruz, C. B. M.; Costa Júnior, N. A.; Mendel, G. C.; Gonçalves, U. S.; Cunha, T. D. **Geração de Mosaico e Blocos Diagramas através do uso de imagens CBERS e DEM SRTM – Estudo de caso na Baía da Baía de Guanabara, RJ**. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 819-826. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.19.12>>. Acesso em: 10 jul. 2006.

CCRS. **Canada Centre for Remote Sensing**. Site: www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs. Acesso: 05/01/2004.

Duren, R.; Wwong, E.; Breckenridge, B; Shaffer, S; Duncan, C.; Tubbs, E.; Salomon, P. **Metrology, attitude and orbit determination for spaceborne interferometric synthetic aperture radar**. AeroSense Conference on Acquisition, Tracking and Pointing. XII. 1998.

Gonçalves, G. A.; Da Silva, C. R.; Mitishita, E. A. **Comparação dos Dados do SRTM com as RNs da Rede Geodésica Altimétrica do IBGE para Região Sul do Brasil**. In: IV Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas. 2005. Curitiba – PR.

JPL. **Jet Propulsion Laboratory – Shuttle Radar Topography Mission**. Site: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/dataprod.htm>. Acesso: 12/02/2004.

NASA. **SRTM V1 & V2**. Site: <ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/>. Último acesso: 26/05/2006a.

Santos, P. R. A. **Avaliação da Precisão Vertical dos Modelos SRTM em Diferentes Escalas: Um Estudo de Caso na Amazônia**. 2005. Dissertação de Mestrado. IME. Rio de Janeiro. 2005.

Toutin, T. & Cheng, P. **Comparison of Automated Digital Elevation Model Extraction Results Using Along-Track ASTER and Across-Track SPOT Stereo Images**. SPIE Journal, Optical Engineering, 41 (9), p. 2102-2106. 2002.

Valeriano, M. M. (2005). **Modelo Digital de Variáveis Morfométricas com Dados SRTM para o Território Nacional: O Projeto TOPODATA**. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 819-826. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/10.29.11.41>>. Acesso em: 10 jul. 2006.