

Geração de Mosaico e Blocos Diagramas através do uso de imagens CBERS e DEM SRTM – Estudo de caso na Bacia da Baía de Guanabara, RJ

Rafael Silva de Barros^{1,2,3}
Carla Bernadete Madureira Cruz¹
Nilton de Assis Costa Júnior³
Gregor de Carvalho Mendel³
Ulisses dos Santos Gonçalves³
Tiago Duarte Cunha¹

¹ 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; tiago.duarte@terra.com.br

² Fundação IBGE - Coordenação de Cartografia (CCAR)
Av. Brasil, 15671 – CEP 21241-051 – Rio de Janeiro
rsbarros@ibge.gov.br

³ Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ / FFP – Depto. de Geografia
Rua Dr. Francisco Portela, 794 – CEP 24435-000 – São Gonçalo
nilton_junior@yahoo.com

Abstract: CBERS images are now free of charge at internet. It must encourage satellite image users to use it in a great number of applications and also to find a way of make the number of user improve. In this direction, this job wants to present an easy methodology to geometric correct CBERS images, mosaic them in color composition and present in a 3D visualization, using DEM generated by SRTM, using free programs obtained at Internet. The result was a mosaic of Guanabara Bay basin, and many 3D representation of the DEM, associated with the images or with topographic maps of the area, presenting the geographic space of part of Rio de Janeiro in some points of view which is not common for many people. We believe those products could be user by teachers, students and researchers because of the facilities involved in the process.

Palavras-chave: Remote Sensing, SRTM, Sensoriamento Remoto, CBERS, mosaics, mosaicos, 3D representation, representação 3D.

1. Introdução

Cada vez mais cresce a importância do uso de imagens orbitais na representação espacial de fenômenos atrelados a diferentes áreas do conhecimento. Muito deste avanço é devido a disponibilização crescente de *hardwares* e *softwares* mais potentes e acessíveis, o que faz com que a variedade e o número de usuários interessados aumente consideravelmente.

É sabido que os significativos avanços da tecnologia em geral nos últimos anos têm provocado grandes transformações que vêm se impondo sobre a sociedade de maneira cada vez mais rápida e definitiva. Dentre as diversas transformações, talvez a de maior impacto seja a que se observa no setor de informação / comunicação, que faz com que as distâncias se tornem relativamente menores a cada dia. Como melhor exemplo tem-se a Internet, meio comumente utilizado para disponibilização e troca de informação.

Com o reconhecimento da potencialidade da visão espacial em estudos atrelados a áreas convencionalmente distantes do eixo Cartografia-Geografia, incrementa-se a adoção de tecnologias que possibilitam maior rapidez no tratamento dos dados, maior capacidade de observação do espaço nas mais variadas escalas, tanto espacial quanto temporal, possibilitando o monitoramento das mudanças que se observam na superfície da Terra.

Assim, o uso do Sensoriamento Remoto na pesquisa em geral, e na geográfica mais especificamente, vem adquirindo fundamental importância, calcada em um potencial que só tende a ampliar. São bastante significativos o número e a variedade de satélites, orbitando e imageando a Terra, disponibilizando imagens de diversas resoluções, em atendimento a diferentes aplicações. As imagens podem abranger amplas porções do planeta, como é o caso das meteorológicas, até pequenas áreas da superfície, nas quais detalhes em torno da unidade métrica passam a ser visíveis. Tem-se ainda uma vasta programação de novos e inovadores sensores para os próximos anos.

Inserido nessa “constelação” tem-se o satélite CBERS 2, o segundo do acordo sino-brasileiro, que oferece importantes vantagens em termos de custo-benefício, principalmente para países de grande extensão territorial, como é o caso do Brasil e da China. Objetivando verificar o potencial e a limitação no uso dessas imagens com a finalidade simples de geração de mosaicos associados ou não a blocos diagramas (visualização tridimensional), este trabalho apresenta nossa experiência na construção do mosaico CBERS, sensor CCD, para a Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara utilizando-se, integralmente, de produtos gratuitos e obtidos na Internet.

Uma importante área que carece de metodologias de fácil adoção e de custo viável é, sem dúvida nenhuma, a educacional. Esta constatação vem reforçar a necessidade de, não só se incentivar novas publicações, mas também de se disseminar o uso do Sensoriamento Remoto, o que requer novas estratégias, como por exemplo, a introdução dos seus produtos nos níveis de educação fundamental e médio e até mesmo de cursos de graduação, de forma a levar a um universo muito mais amplo o conhecimento desta tecnologia, tornando-a de uso mais corrente, e ampliando seu potencial de aplicação. Essa familiarização com produtos de sensoriamento remoto precocemente, ou por diferentes áreas do conhecimento, será motivadora de novas pesquisas, que potencialmente poderão gerar novos conhecimentos e, conseqüentemente, novas aplicações.

2. Objetivos

O presente trabalho visa testar o uso de imagens do satélite CBERS 2, sensor CCD, na geração de um mosaico para a Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara e de um bloco diagrama através da associação com o DEM do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com a utilização de sistemas computacionais igualmente gratuitos e facilmente obtidos na Internet.

Especificamente, objetiva-se:

- Efetuar a correção geométrica das cenas CCD através de modelo polinomial com o SPRING 4.0.
- Gerar mosaico em composição colorida para representação bidimensional e tridimensional através da associação com arquivos DEM (*Digital Elevation Model*) provenientes do SRTM, através do *software* 3DEM.
- Apresentar metodologia rápida e de fácil absorção por um usuário não experiente, embasada em produtos gratuitos e disponíveis na Internet.

3. Área de Estudo

A Baía de Guanabara, inserida no contexto da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, é um ecossistema de extrema importância para a população que vive e/ou trabalha em seu entorno. Segundo cálculos baseados no Censo de 1991, considerando-se a população total dos 15 municípios constituintes da Bacia da Guanabara (9,6 milhões de pessoas), estima-se em 7,3 milhões o número de pessoas que vivem na região da bacia (Zee, 2000), utilizando a baía para diversas atividades, tais como pesca, lazer, transporte, eliminação de esgoto, atividades portuárias. Destes 15 municípios, 9 estão totalmente inseridos na sua bacia hidrográfica (Duque de Caxias, São João de Meriti, Belford Roxo, Nilópolis, São Gonçalo, Magé, Guapimirim, Itaboraí e Tanguá) e 6 parcialmente (Rio de Janeiro, Niterói, Nova Iguaçu, Cachoeiras de Macacu, Rio Bonito e Petrópolis) (Nasser, 2001).

Situada entre as latitudes de 22° 40' e 23° 00' S e as longitudes de 43° 00' e 43° 18' W, a Baía de Guanabara apresenta uma bacia hidrográfica que ocupa uma área total de 4.600Km² (Mayr, 1998), contando com seu espelho d'água, e na qual existem aproximadamente 55 rios. Amador (1997) considera como limites da baía as pontas de Copacabana (posto 6) e de Itaipu, passando pelas ilhas Pai, Mãe e Menina, e totalizando uma área de aproximadamente 400Km² para o espelho d'água. A Baía de Guanabara se estende por 28 Km no sentido norte-sul e até 27 Km de largura (leste-oeste), tendo um perímetro de 130Km. Um canal central com mais de 20 Km de comprimento por 4 Km de largura se estende desde a entrada da baía até o seu interior, com profundidade variando entre 15 e 20 metros.

Tal como pode ser vista hoje, a Baía de Guanabara é resultado de um processo evolutivo que teve origem na Transgressão Guanabarina, iniciada há aproximadamente 18.000 anos, entre o Pleistoceno e o Holoceno (Amador, op. cit), relacionada ao aquecimento global e responsável pelo afogamento do paleo-rio-Guanabara. O resultado deste trabalho ao longo do tempo geológico foi a construção da Baía e da Bacia da Guanabara, onde se destaca um sistema estuarino magnífico que apresenta um complexo e variado ecossistema que incluía a mata atlântica, campos de altitude, manguezais, brejos, alagados, pântanos, lagunas, restingas, dunas, praias, enseadas, sacos, gamboas, ilhas, lajes, coroas, costões e pontões rochosos, falésias e feições parecidas a escombros (Amador, op. cit.). Denominada por autores, como Zee (2000), de Baixada da Guanabara, esta região está totalmente localizada na zona intertropical, apresentando um clima atual predominantemente quente e chuvoso, possuindo ainda hoje uma grande variedade de espécies de fauna e flora, com destaque para os manguezais e a Mata Atlântica.

De forma geral, a Baía de Guanabara tem sido privilegiada com o desenvolvimento de diversos estudos visando o seu conhecimento e a geração de uma base de dados que permitam o estabelecimento de ações que buscam a recuperação de sua qualidade ambiental. Diversas universidades, como UFRJ e UERJ, institutos e fundações como a FEEMA, IBAM e IBAMA, têm desenvolvido pesquisas sobre a baía e sua bacia hidrográfica.

4. Imagens CBERS

O CBERS (*China Brazilian Earth Resources Satellite*) faz parte de um programa alvo de um consórcio entre a China e o Brasil, compondo um modelo de cooperação e intercâmbio tecnológico entre países em desenvolvimento, cujo satélite encontra-se em sua versão 2 (outubro de 2003).

Já se encontram previstos os lançamentos dos satélites CBERS-2B e CBERS-3, marcados para 2006 e 2008, respectivamente. Essas versões prometem melhorias e inovações relativas aos produtos atuais.

Suas imagens variam de resolução, dependendo do sensor, de 20 a 260m, podendo atender a diferentes aplicações, consorciando detalhe e abrangência de acordo com a necessidade de estudo. Atendendo a esta variabilidade, o CBERS possui três sensores – WFI (Câmera de Amplo Campo de Visada), IRMSS (Imageador por Varredura de Média Resolução) e o CCD (Câmera Imageadora de Alta Resolução) -, cada qual possuindo características próprias que o tornam mais adequados a certas categorias de aplicações.

Neste trabalho, utilizou-se 4 cenas do sensor CCD (20m de resolução nominal em recortes de 113km) para abrangência total da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara.

A aquisição de imagens pode ser feita basicamente de dois modos: pela Internet, em que o usuário faz o *download* gratuito das imagens a partir do endereço do próprio catálogo; e por correio, em que o usuário recebe os dados gravados em CDROM, a um pequeno custo de manuseio e transporte, através do endereço: <http://www.dgi.inpe.br>. Os usuários podem ter acesso ao Catálogo de Imagens coletadas pelo CBERS-2 no endereço: <http://www.obt.inpe.br/catalogo/>.

5. SRTM

O SRTM é o nome de uma missão espacial liderada pela NASA com parceria das agências espaciais da Alemanha (DLR) e Itália (ASI), realizada durante 11 dias do mês de fevereiro de 2000 visando gerar um modelo digital de elevação quase-global. Corresponde a um radar (SAR) a bordo do ônibus espacial Endeavour, que adquiriu dados sobre mais de 80% da superfície terrestre, nas bandas C e X e fazendo uso da técnica de interferometria (CCRS, 2004), que possibilita a obtenção de melhores resultados se comparada com a técnica de estereoscopia. 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 foram adquiridos com resolução de 1 arco segundo, ou aproximadamente 30 metros, no equador. Os DEMs relativos à banda C estão sendo distribuídos gratuitamente pela NASA com resolução espacial de aproximadamente 90 x 90 metros (ftp://edcsgs9.cr.usgs.gov/pub/data/srtm/South_America/). Os dados relativos à banda X estão sendo processados e distribuídos pelo DLR – Centro Aeroespacial Alemão (JPL, 2004).

Várias aplicações dos modelos digitais provenientes do SRTM estão sendo analisadas por diversas frentes de estudo. Dentre eles, Barros et al. (2004) apresentam seu potencial no processo de ortorretificação de imagens do SPOT-4.

6. Metodologia

No desenvolvimento deste trabalho, efetuou-se a correção geométrica de 4 cenas, em 3 bandas (2, 3 e 4, correspondentes ao verde, vermelho e infravermelho próximo, respectivamente) do CBERS 2, sensor CCD, através de modelo polinomial de segunda ordem com o SPRING 4.0.

As cenas trabalhadas foram a 150-125, 150-126, 151-125 e 151-126, todas obtidas gratuitamente através de *download* na Internet.

No processo de georreferenciamento utilizou-se pontos de controle obtidos em cartas topográficas na escala 1:50.000. Todos convertidos para o Datum SAD-69. Os pontos

selecionados tiveram como regra básica a identificação pontual e clara e a melhor distribuição espacial possível.

As 4 cenas foram corrigidas separadamente e só depois foram justapostas em um mosaico único num projeto SPRING. Como as cenas apresentavam diferenciação radiométrica relevante, necessitou-se minimizar as diferenças encontradas, para que o mosaico final apresentasse uma maior uniformidade. Esta equalização foi feita manualmente, cena a cena.

Recortou-se então o mosaico pelo limite da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara, área de interesse para aplicação neste trabalho. Este resultado foi exportado em formato TIF, composição colorida 4G3B2R, para o *software* 3DEM (também de obtenção gratuita), através do qual gerou-se o modelo tridimensional com os arquivos tridimensionais do SRTM. Assim como o 3DEM, os programas indicados para as correções necessárias dos produtos do SRTM também são gratuitos (BLACKART e SRTM_FILL) e permitem a eliminação de valores negativos e a interpolação de dados para áreas sem informação, que acompanham os arquivos originais. Os arquivos do SRTM corrigidos também foram unificados em um mosaico antes de serem justapostos com a imagem CBERS.

O 3DEM mostrou-se bastante simples no manuseio das funções necessárias para construção e visualização do bloco diagrama final. A possibilidade de se observar a superfície através de representações tridimensionais associadas a imagens orbitais amplia a capacidade de compreensão da realidade, diminuindo o nível de abstração. Este tipo de resultado tem muito a oferecer para aplicações educacionais.

7. Resultados

Como um dos resultados apresenta-se na **figura 1** o mosaico obtido em composição 4G3B2R para a bacia hidrográfica da Baía de Guanabara. Uma das maiores dificuldades para sua construção foi a diferença radiométrica observada em uma mesma banda, que surgem como três faixas verticais. Esta diferença pode ser maior em algumas bandas espectrais. Tal problema causa uma perda de qualidade significativa para o produto final e poderia vir a comprometer gravemente a geração de classificações digitais. Apesar disto, em escalas menores, esta diferenciação não foi percebida.

Outro problema diagnosticado tem a ver com a correção de sistema do CBERS. As imagens originais apresentaram erro de deslocamento na ordem de 10km, o que dificultou o georreferenciamento das mesmas. Depois de algumas tentativas, verificou-se que a ativação da opção correção de sistema comprometia o registro das imagens. Através de contato com o INPE, confirmou-se que se deve ignorar a correção de sistema para o caso do CBERS 2.

Observou-se ainda que a geometria interna das bandas também é diferenciada. Pontos de controle localizados em extremidades distintas apresentavam erros de ordem de grandeza diferente. Este problema impossibilitou o alcance de uma precisão maior de posicionamento. Os erros encontrados no registro das imagens (RMS) são apresentados na **tabela 1**.

Tabela 1: RMS das imagens

Cenas	RMS dos Pontos de controle	RMS dos Pontos de teste	Quantidade Pontos
150 125	1,728	9,661	10
150 126	1,965	6,610	15
151 125	4,301	6,730	12
151 126	3,9	8,5	12

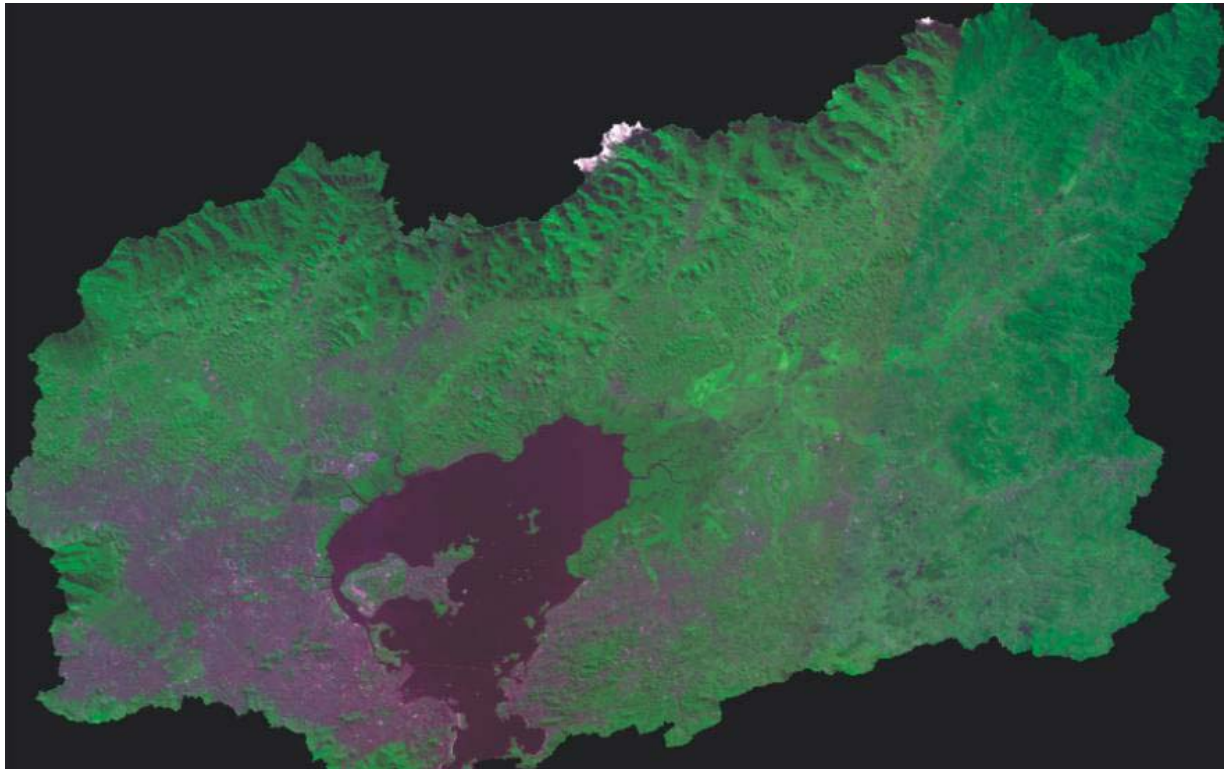


Figura 1: Mosaico CBERS da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara.

Cuidados também devem ser tomados na consideração da resolução espacial das imagens CCD. Apesar da especificação nominal de 20m, há fortes indícios de que a resolução real esteja na ordem de 40m, o que faz com que a sensação de embaçamento na escala 1:50.000 seja maior do que nas imagens Landsat.

As **figuras 2 e 3** apresentam recortes da área em 3D. Apesar da resolução de 90m do DEM do SRTM, detalhes do relevo característico da bacia da baía de Guanabara e do Rio de Janeiro podem ser facilmente percebidos e reconhecidos. Como se pode verificar, a riqueza de tal representação possibilita diversas considerações sobre a geomorfologia da área, dentre outros temas.

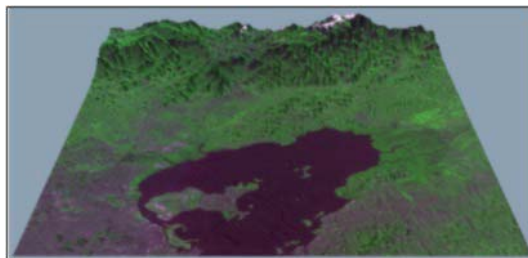


Figura 2: Serra do Mar ao fundo da baía.

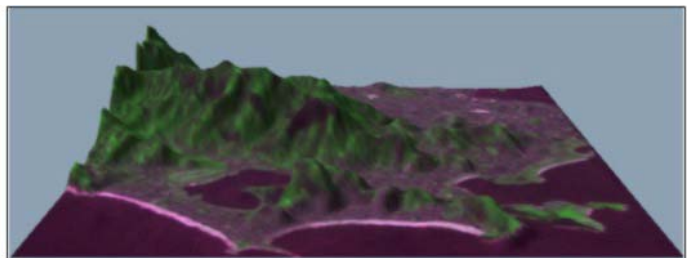


Figura 3: Zona Sul e Maciço da Tijuca

A **figura 3** ressalta ainda a existência de uma barreira física, o Maciço da Tijuca, entre as zonas Norte e Sul do Rio de Janeiro.

A **figura 4** apresenta a forma de ocupação peculiar da cidade do Rio de Janeiro, cuja geomorfologia, marcada por um relevo acidentado, gera barreiras físicas importantes. Pode-se

perceber claramente as imposições dos Maciços da Pedra Branca e da Tijuca (parcialmente apresentado) em torno das lagoas costeiras da Barra da Tijuca e, ao fundo, o Maciço do Mendanha como divisor do município.

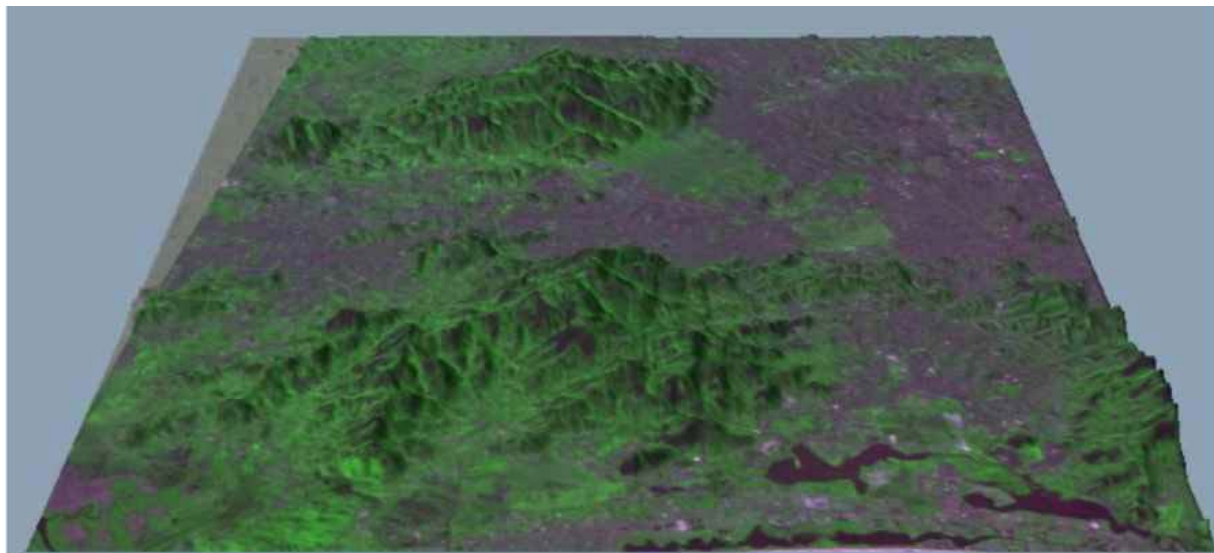


Figura 4: Ocupação do sítio da cidade do Rio de Janeiro e a presença marcante dos três maciços (Tijuca, Pedra Branca e Mendanha).

Na **figura 5**, diferentemente dos demais blocos diagramas, associou-se ao DEM à imagem de uma carta topográfica georreferenciada. No caso, referente ao fundo da baía de Guanabara, nas proximidades do município de Magé, com a Serra do Mar em destaque.



Figura 5: DEM do SRTM associado à imagem de uma carta topográfica.

Para finalizar, mais uma imagem tridimensional da belíssima entrada da Baía de Guanabara, marcada por seu relevo acidentado nas duas margens (**figura 6**).

Obviamente que, associada à possibilidade de se gerar representações tridimensionais, a variação de ângulos de visada através de operações de rotação, facilita a compreensão do espaço.

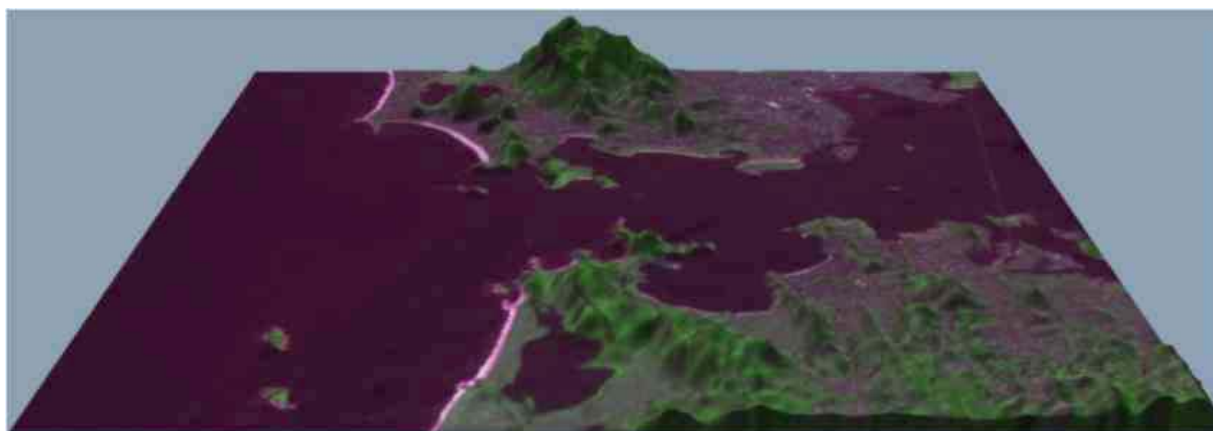


Figura 6: Entrada da Baía de Guanabara.

7. Considerações Finais

Geralmente, o uso de imagens orbitais, convencionalmente na forma bidimensional, possui um apelo muito grande para a maioria dos usuários. Associadas a produtos tridimensionais, conforme o apresentado neste trabalho, apresentam tal clareza na representação espacial, que dificilmente poderiam ser ignoradas.

O uso desses produtos em sala de aula tem muito a contribuir para o aprimoramento da passagem de conhecimentos específicos e para a diminuição do grau de abstração comum em produtos cartográficos, principalmente quanto às formas de representação do relevo.

Um fato que se destaca neste trabalho, é que todos os produtos utilizados, desde as imagens orbitais, o modelo digital de elevação do SRTM e os *softwares* são gratuitos e se encontram disponíveis na Internet. Considera-se aqui que as limitações encontradas, principalmente com relação às imagens CBERS, não foram impeditivas para a geração de produtos de qualidade.

Uma grande e agradável surpresa para todos os autores deve-se ao fato da metodologia sugerida ser realmente de fácil absorção, podendo, desta forma, atingir a uma gama maior de usuários.

8. Bibliografia

AMADOR, E. S. (1997). Baía de Guanabara e Ecossistemas Periféricos: Homem e Natureza. Edição do Autor. Reprodução e Encadernação: Reproarte Gráfica e Editora Ltda. Rio de Janeiro. Brasil. 539 pp.

BARROS, R. S. Avaliação do Modelo Digital de Elevação do SRTM na Ortorretificação de Imagens Spot 4 Estudo de Caso: Angra dos Reis – Rj. In: I SIMGEO. Recife. Setembro de 2004. Anais: CD-Rom.

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

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

MAYR, L. M. (1998). Avaliação Ambiental da Baía de Guanabara com o Suporte do Geoprocessamento. Rio de Janeiro: UFRJ/Geociências. Tese de Doutorado.

NASSER, V. L. (2001). Sensoriamento Remoto e Geoestatística Aplicados ao Estudo de Qualidade de Água da Baía de Guanabara. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE. Dissertação de Mestrado.

ZEE, D. (2000). Baía de Guanabara – Dossiê Sócio-Ambiental. Gestão Sustentável da Baía de Guanabara - Seminário Internacional –Centro Internacional de Desenvolvimento Sustentável – Escola Brasileira de Administração Pública – Fundação Getúlio Vargas.