

# Utilização de dados altimétricos na cartografia do IBGE e avaliação de metodologias de comparações entre modelos digitais de terreno

Valmir Bosio<sup>1</sup>  
Luiz Coutinho Zuim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE  
21241-051 – Rio de Janeiro - RJ, Brasil  
{valbosio, luizuum}@ibge.gov.br

**Abstract.** This paper has the purpose to exemplify the Digital Elevation Model utilization in the systematic mapping accomplished by IBGE, describing the digital photogrammetric product importance, besides evaluating methodologies when comparing photogrammetric models and *SRTM*.

**Palavras-chave:** photogrammetry ortophoto, digital elevation model, fotogrametria, ortofoto, modelo digital de terreno.

## 1. Objetivo

O propósito deste trabalho é exemplificar o uso dos dados altimétricos gerados por fotogrametria, apresentando metodologias de comparações entre modelos digitais de terreno – *SRTM* e Fotogramétrico, descrevendo os tipos de modelos mais empregados na cartografia sistemática e a importância dos atuais processos fotogramétricos digitais para o desenvolvimento da cartografia digital do IBGE.

## 2. Introdução

Com o surgimento das imagens digitais da Terra em alta resolução no conteúdo e em aplicativos da rede de *internet*, observou-se um crescente interesse entre os usuários menos ou mais especializados na área de geociências, a procura por informações espaciais para as mais diversas finalidades. O fato é importante pois evidencia também uma acelerada demanda por informações qualificadas contidas nos produtos elaborados por especialistas da informação geográfica. Portanto a cartografia vem se implementando e adquirindo novas experiências com a era digital para tornar seus produtos compatíveis com as necessidades de aplicações modernas, agregando alta precisão e credibilidade nas informações representadas.

Este trabalho apresenta os resultados em experiências com modelos digitais de terreno em cartas sombreadas e no anaglifo. Descreve como a fotogrametria atual desenvolve-se digitalmente. Avalia com emprego de metodologias simples, formas de investigação sobre os dados altimétricos, comparando modelos distintos em uma mesma área. Utilizando um banco de dados em Spring do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE e um módulo comparativo - *Quality Statistic*, da estação fotogramétrica digital *Socet Set*, revela-se de forma inédita as diferenças dos dados, iniciando um importante passo para a compreensão dos insumos digitais aplicados à cartografia da atualidade.

## 3. Motivação

Avançar nas aplicações tecnológicas atualmente disponíveis sobretudo no uso para a modernização da produção cartográfica, empregando os conhecimentos de engenharia na produção de folhas topográficas por fotogrametria digital. Ressaltando que a importância está no fato da precisão planimétrica de uma ortofoto esta diretamente relacionada, entre outros, com a qualidade do Modelo Digital de Terreno empregado na ortoretificação.

#### 4. Produtos Fotogramétricos Digitais

Os modernos processos fotogramétricos surgiram com a crescente capacidade dos computadores em efetuar volumosas rotinas de cálculo por segundo, contando também com a grande capacidade de armazenamento dos dados. Com isto, a fotogrametria da atualidade desenvolve-se digitalmente e adquiriu um alto grau de automatização com baixa intervenção humana aliada a alta precisão. Logo, dois produtos tiveram destaque na era digital: Ortofotos e Modelos Digitais de Terreno - MDT. Pode-se dizer que estes produtos são como “irmãos gêmeos”, pois são gerados quase que simultaneamente nas estações de fotogrametria digital e herdaram as características das imagens aéreas que foram orientadas em um ajustamento aerofotogramétrico para um projeto de mapeamento.

O processo de cálculo do DTM é determinado par a par (imagens com sobreposição) do conjunto de imagens empregando-se algoritmos de correlação de pixel automática na intersecção espacial dos feixes perspectivos. A fidelidade com que o terreno será representado, ainda dependerá de outros parâmetros como a densidades dos pontos desta malha, a extração de elementos como linhas de quebra, massas d’águas, qualidade da imagem, entre outros.

As Ortofotos são imagens digitais (tais como as fotografias digitalizadas) com características cartográficas definidas, empregando a retificação diferencial com auxílio do modelo digital de terreno. O processo de cálculo de uma Ortofoto baseia-se nas equações projetivas, retificando ortogonalmente os feixes perspectivos em uma nova imagem matematicamente criada sem as deformações iniciais da câmera que originaram as fotografias aéreas.

Devido ao grau de automatização empregado, estes dois produtos atingiram um grau de precisão muito superior aos preconizados pelo Padrão de Erro Cartográfico (PEC) das cartas. Portanto, eles são nativamente digitais e servem a projetos cartográficos digitais e seu emprego não se limita apenas na impressão de folhas topográficas como sempre foram utilizados na fase de restituição.

#### 5. As tecnologias atuais para MDT

Nestes últimos anos, surgiram também novas tecnologias para o levantamento da superfície terrestre em missões conjuntas internacionais como os empregados na missão *SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission)* com interferometria de radares, A Interferometria compara duas imagens de radar tomadas de pontos ligeiramente diferentes para obter o modelo digital de terreno. Existem ainda outras plataformas orbitais empregando também a estereoscopia com visadas laterais ou longitudinais. Pode-se portanto, utilizar as metodologias aqui apresentadas entre estes modelos

#### 6. Tipos de Modelos Digitais de Terreno

Destacamos aqui as principais características dos modelos de terreno, selecionando três tipos de MDT mais empregados na cartografia que foram denominados de acordo com sua informação primária:

##### 6.1 Modelos Topográficos

Gerados a partir de cartas topográficas digitalizadas, empregando-se programas de interpolação e triangulação como o Spring que transformam os elementos altimétricos (curvas e pontos) em malhas numéricas (**Figura 1**). Estes dados são anterior ao surgimento computacional e são provenientes da interpretação humana do terreno segundo a técnica de restituição nos aparelhos analógicos para representação do mapeamento projetado. Pode-se

obter modelos digitais das cartas 1:50000 de até 15 metros e 1:25000 de até 7,5 metros dependendo da topografia.

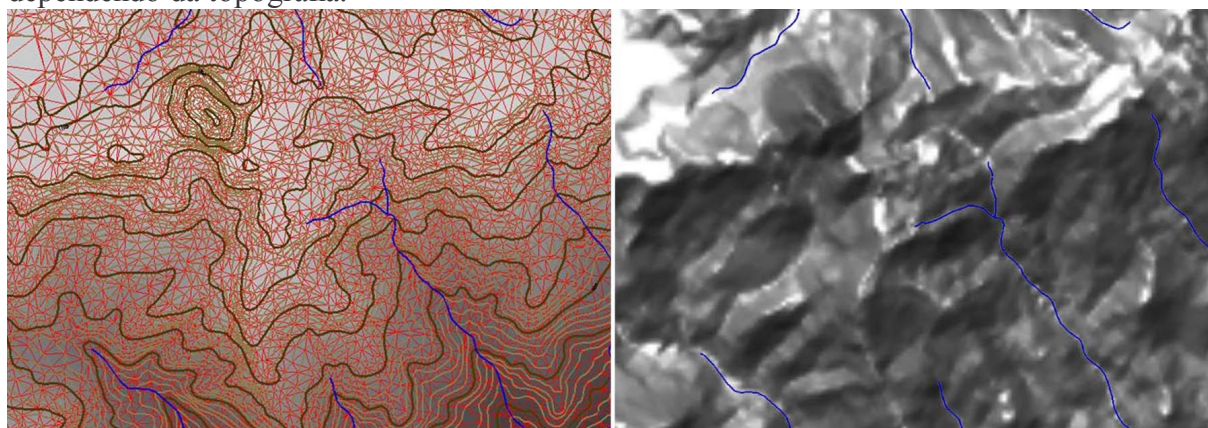


figura 1

## 6.2 Modelos Fotogramétricos Digitais

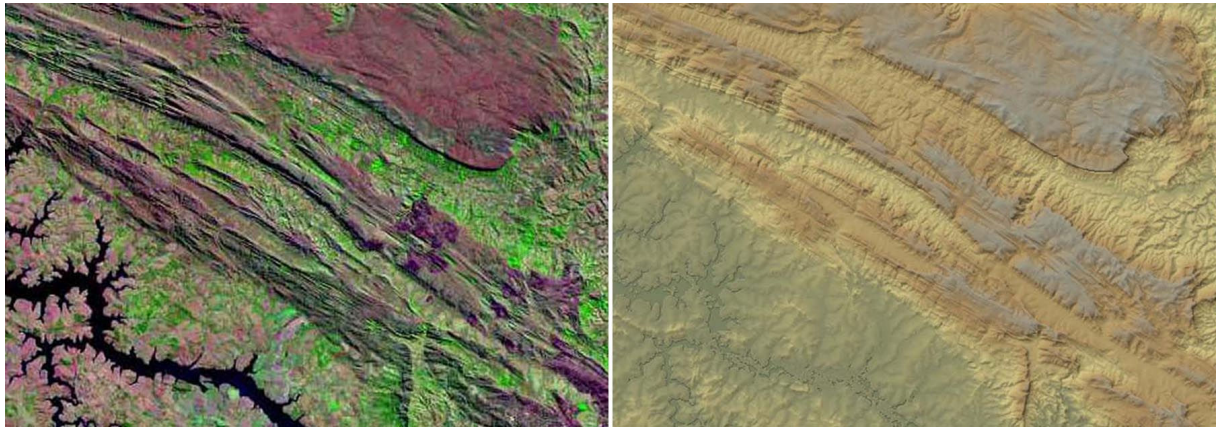
Extraídos por correlação automática de pares estereoscópios de fotografias aéreas digitalizadas e orientadas, a representação da superfície é uniforme segundo uma determinada malha de pontos. Nota-se que este tipo de modelo representa a influencia de objetos e cobertura vegetal como mostrado na **figura 2**. Para uma melhor modelagem, deve-se extrair visualizando o modelo 3D alguns elementos relevantes como linhas de quebra e contornos de massas d'águas. Dependendo do tratamento pode-se interpolar isolinhas para a representação cartográfica. As características destes modelos estão diretamente ligadas ao projeto de recobrimento aéreo.



figura 2

## 6.3 Modelos de Interferometria por Radar:

Refere-se aos dados da missão *SRTM*, estes dados são obtidos em quadriláteros geográficos de 1 grau por 1 grau cobrindo grandes extensões de áreas (**Figura 3**). Seus arquivos apresentam informações com perdas de dados em alguns pontos e sua disponibilidade é degradada pelos responsáveis destes dados. Constituem, entretanto, uma excelente fonte de dados com abrangência mundial. Seus benefícios são enormes se empregados à regiões sem mapeamento e por ter seu custo nulo.



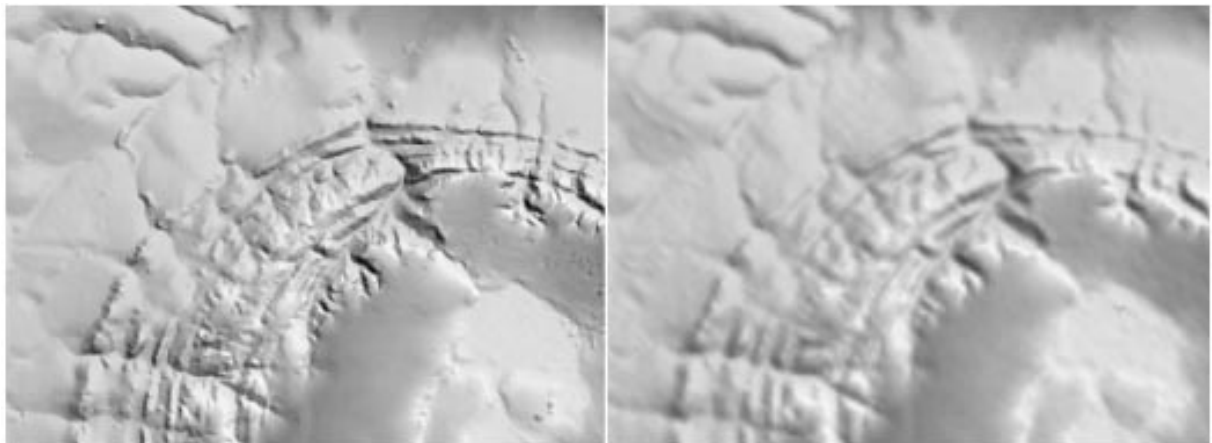
**figura 3**

## 7. Metodologias para comparação de MDT

Para realizar as comparações entre modelos fotogramétricos digitais e do *SRTM*, utilizou-se dados da quadrícula S18W049 do *SRTM* e os dados fotogramétrico correspondente ao bloco 4 do projeto SP-MG-GO. Representando 3 folhas de 1:50000 com área de aproximadamente 2090 Km<sup>2</sup>. Foram utilizados estes dois tipos por constituírem fontes para melhor avaliação dos métodos. Empregou-se quatro formas de comparação: Visual, Pontual, Linear e de Área, pretendendo desta forma, abranger todas as maneiras de comparar superfícies de terreno .

### 7.1 Visual

Neste método muito simples de comparar, podemos avaliar o desempenho dos modelos aplicando-se um aspecto para tornar compreensível o comportamento da topografia dos seus dados altimétricos. A **figura 4** mostra o modelo fotogramétrico digital (a esquerda) em comparação ao modelo SRTM (a direita) da região de Patrocínio - MG



**figura 4**

Espera-se que no futuro existam ferramentas mais interativas proporcionando a visualização de dois modelos simultaneamente e alterando seu ponto de vista observando diferentes perspectivas.

### 7.2 Pontual

Utilizando pontos ajustados por fotogrametria, foi importado para o projeto de aerotriangulação o modelo *SRTM*, e aplicou-se o módulo *Quality Statistic* do *software Socet*

Set (estação de fotogrametria da *Leica*), resultando 1908 pontos confrontados com o modelo e apresentados em uma listagem onde observou-se o seguinte:

média = -1.8382, rms = 4.1108 e desvio padrão = 3.6778

Os máximos valores positivos e negativos encontrados na listagem gerada, foram respectivamente: positivo de 22,631 metros no ponto 34\_1149\_5 e negativo de -9,959 metros no ponto 30\_917\_1.

Observa-se que os pontos fotogramétricos foram escolhidos na execução da aerotriangulação sem a influência de cobertura vegetal ou isentos de sombras ou obstáculos naturais. Portanto tiveram uma média excelente. Nesta avaliação, pode-se interpretar como aceitável porém a diferença de mais de 22 metros está bem acima dos valores esperados dos dados *SRTM*.

### 7.3 Linear

Empregando o *software* Spring, utilizou-se dois perfis para a comparação. Traçando um na região baixa do modelo, esta linha abrangeu regiões de bruscas variações topográficas passando às vezes longitudinalmente por vales das calhas da hidrografia. A outra linha foi planejada para atravessar regiões altas com algumas reentradas nas linhas de drenagens e predominantemente em topos de chapadas, apresentando os seguintes gráficos comparativos:

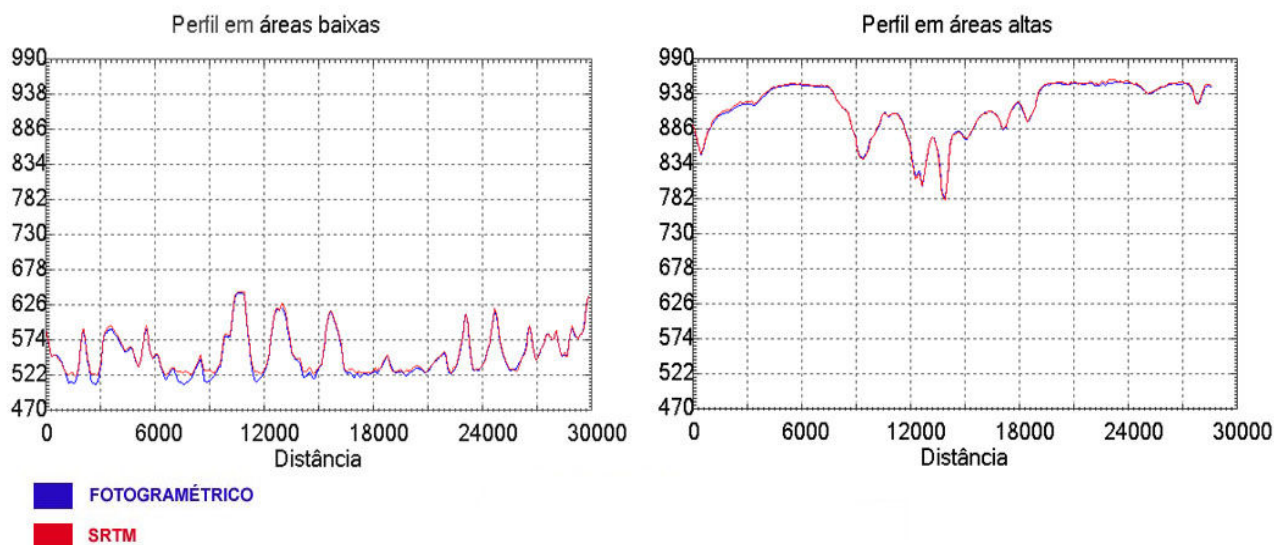


figura 5

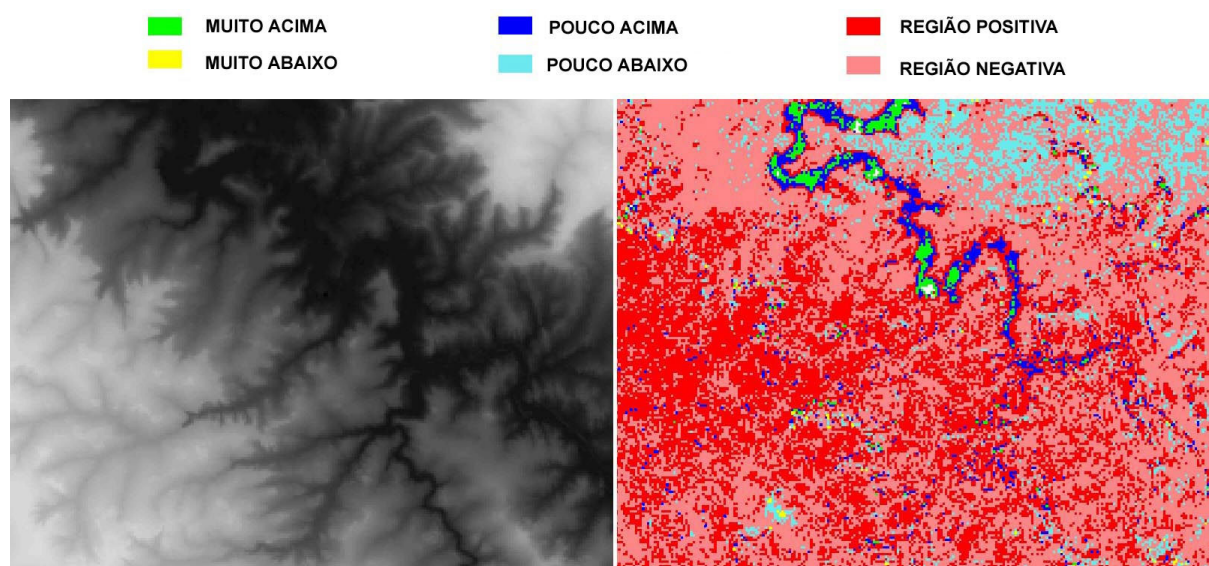
Observa-se na **figura 5** acima, que a maior diferença é próximo aos córregos e rios onde existem massas de água da drenagem, que devido também à diferença de data, é possível apresentar significativas diferenças. Nas regiões altas, as diferenças comportam-se igualadas com pequenas alterações quase imperceptíveis. Notou-se que este método é melhor aplicável para curtas distâncias em função da escala de apresentação dos gráficos.

### 7.4 De Área

Este método foi empregado uma subtração dos modelos digitais analisados representados em uma mesma categoria numérica. Empregando-se também o *software* Spring em um programa Legal (Linguagem Espacial de Geoprocessamento Algébrico), produziu uma terceira matriz numérica a diferença dos dados entre os modelos e posteriormente a realização do fatiamento em classes temáticas para identificação das áreas de maiores diferenças positivas e negativas.

Sendo assim, optou pela classificação em três distintas margens de diferenças entre positivas e negativas:

- Muito abaixo: de -39 m a -24 m ;
- Pouco abaixo: de -24 m a -15 m ;
- Região negativa: de -15 m a 0 m ;
- Região positiva: de 0 m a 15 m ;
- Pouco acima: 15 m a 32 m ;
- Muito acima: 32 m a 47 m ;



**Figura 6**

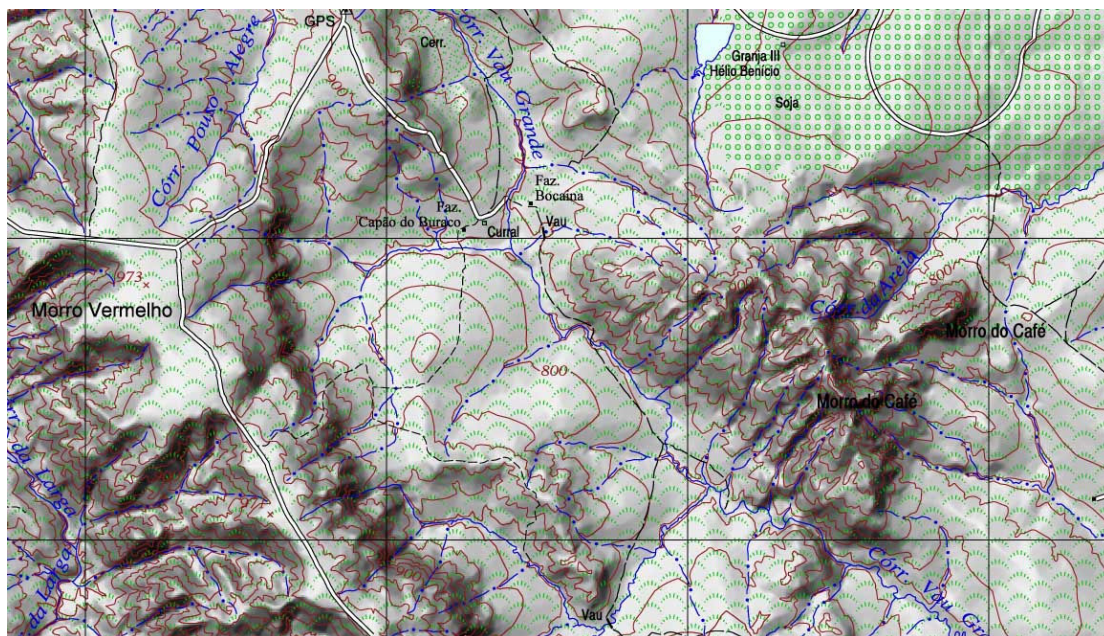
Na avaliação deste método, observando a **figura 6** acima, ficou evidente o resultado do cruzamento espacial dos modelos que permitiu uma representação contínua da área para a classificação em cores das classes a serem representadas. Nota-se que nos fundos dos vales, cor mais preta, existe maior incidência da classe azul escuro onde as diferenças são muito significantes em função da movimentada topografia. Incidências de áreas verdes e amarelas indicam grandes diferenças onde os dados refletem algum tipo de problemas de sinal na interferometria do *SRTM*. Pode-se afirmar também que os modelos por serem de fontes diferentes, não se ajustam, provocando regiões de descompensações em nivelamento, regiões vermelhas e regiões em cian.

## 8. Utilização na produção Cartográfica

Os Modelos Digitais de Terreno, constituem uma valiosa fonte de dados altimétricos e estão modernizando a cartografia. Estes insumos tornam-se cada vez mais práticos e eficientes de acordo com o desenvolvimento de gerações de programas específicos. Seu emprego em cartas topográficas ainda que apresentadas da forma convencional, são excelentes meios de aperfeiçoarmos a informação terrestre ao leitor. Nas aplicações cartográficas digitais, podemos ter vários empregos em sistemas de informações geográficas como intervisibilidade de pontos, modelos meteorológicos, análises geomorfológicas, ambiente *VRML* (*Virtual Reality Modeling Language*) e muitas outras. Logo citaremos apenas dois exemplos aplicados a folhas topográficas

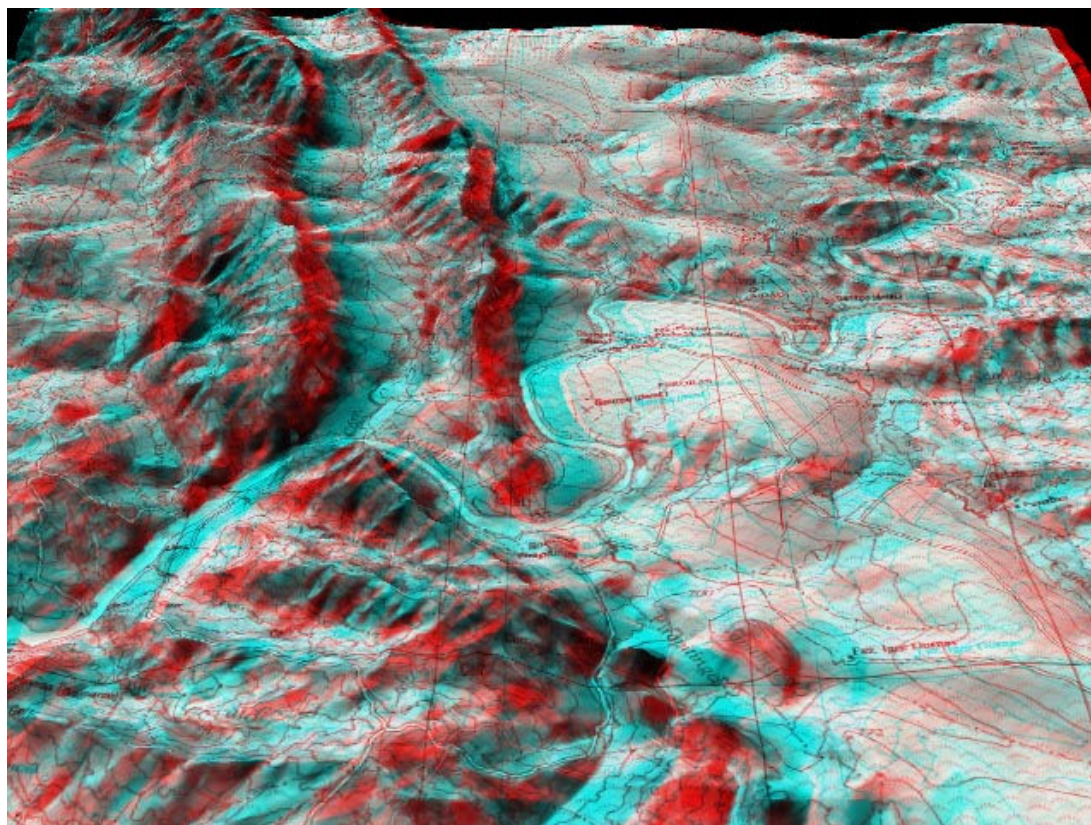
## 8.1 Sombreamento

A **figura 7**, apresenta um exemplo de carta com o emprego do sombreamento da superfície para produto final 1:50.000.



## 8.2 Anaglifo

A **figura 8**, apresenta em anaglifo o produto cartográfico, onde utilizando um óculos filtrante das cores vermelha e azul para a visão 3D, observará a profundidade do relevo.



Para a aplicação de sombreamento, utilizando os dados do *SRTM*, constatou-se que estes somente são empregados em cartas com escalas menores que 1:250.000.

## 9. Conclusão

Este trabalho teve o propósito de mostrar experiências no tratamento de sombreado aplicado nas folhas topográficas geradas pelo mapeamento sistemático do IBGE, observando que este era um processo executado manualmente com pistolas de tintas e que simplesmente substituímos pelo prático uso dos modelos digitais de terreno. Descrevemos várias formas de comparar modelos prevendo que no futuro próximo, outras ferramentas irão proporcionar maior interatividade nestas análises. Analogamente, observa-se a comparação dos modelos digitais com o que ocorre com os meios empregados na escrita. Por exemplo: a ponta esferográfica de uma caneta com um giz de cera. São tecnologias diferentes e não devem ser comparadas. Portanto foram empregados apenas os modelos Fotogramétricos e *SRTM* que representam a superfície de um modo contínuo e automático. Deixamos a cargo do leitor a interpretação das diferenças resultantes dos métodos para que tirassem suas próprias conclusões

A proposta futura é realizar mais comparações em outras áreas mediante a disponibilidade de projetos com mapeamento aerofotogramétrico, analisando modelos em vários parâmetros de extração automática. Ainda para efeitos de comparações utilizando o Spring, deve-se ter o cuidado de aplicar as devidas transformações de *datum* e sistemas de projeções, fase preliminar de extrema importância para os métodos comparativos apresentados.

## 10. Referências

Andrade, J. B. **Fotogrametria**, SBEE, Curitiba, 1998, 246 p.

**SPRING**: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

**JPL** (2004). Jet Propulsion Laboratory – Shuttle Radar Topography Mission. Site: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/dataprod.htm>. Acesso: 23/09/2005.

Artigos técnicos sobre *Shuttle Radar Topographic Mission*.  
<http://www.esteio.com.br/newsletters/paginas/006/coordenadas.htm> >. Acesso em 16/09/2006