

Comparação entre os modelos de elevação gerados com dados SRTM e cartas do mapeamento sistemático nacional na escala de 1:50.000

Maicon Rodrigues de Oliveira¹
Edésio Elias Lopes²

UFSC - Departamento de Engenharia Civil
88040-900 – Florianópolis SC
¹eng.maicon@gmail.com
²edesiolopes@gmail.com

Abstract: The present work compares the hypsometric maps and curves of level generated from the edition of the topographical maps of the Brazilian Systematic Mapping and the data of the SRTM. The comparison will be made taking in consideration the altimetric data and parallel information (hydrography and road system) of the topographical maps and the altimetric data of mission SRTM, in the scale of 1:50.000, both of the city of Tijucas - SC.

Palavras chave: topographical maps, SRTM, elevation model, remote sensing, image processing, cartas topográficas, SRTM, modelo de elevação, sensoriamento remoto, processamento de imagens.

1. Introdução

Os gestores públicos, de modo geral, buscam um estudo detalhado dos seus territórios para lançamento das diretrizes de apoio e realização dos objetivos de progresso desse território. Conhecer as necessidades do local a ser administrado é importante e necessário para que sejam realizadas as medidas necessárias a esta propulsão. Pode-se citar como objetos de interesse dos órgãos responsáveis pelo desenvolvimento territorial: áreas que apresentam riscos para ocupação urbana, áreas para preservação ambiental, áreas potenciais ao desenvolvimento de atividades industriais, a estrutura fundiária, infra-estrutura dos serviços básicos (estrutura viária e acesso hidrológico), indicadores naturais de mobilidade e circulação (relevo e hidrografia).

O Mapeamento Sistemático Nacional é tido como fonte de informações para conhecimento do território, em algumas escalas, possuindo muitas de suas cartas realizadas nas décadas de 70 e 80. O Mapeamento Sistemático Nacional tem por finalidade a elaboração e preparação de cartas do território nacional, em escala e fins diversos, segundo normas e padrões cartográficos pré-estabelecidos. O IBGE e a DSG são produtores e disseminadores dos produtos do mapeamento sistemático topográfico brasileiro nas escalas de 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000; fornecendo folhas topográficas digitais (para impressão, para análises espaciais, e ainda para outras aplicações necessárias).

Atualmente, com o desenvolver das tecnologias aplicadas ao conhecimento físico da Terra, temos a possibilidade da geração de produtos cartográficos através da *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM. A SRTM coletou medidas tridimensionais superficiais através de interferometria de uma passagem orbital. A NASA disponibiliza os dados provenientes dessa missão com incerteza de 90 metros de resolução espacial a nível mundial.

O presente trabalho propõe uma análise comparativa entre os dados fornecidos pelo modelo digital de elevação gerado com dados SRTM e o modelo de elevação gerado pelas cartas do Mapeamento Sistemático Nacional na escala 1:50.000, feitos para o município de Tijucas - SC.

2. Objetivo

Comparar os mapas hipsométricos e curvas de nível, além da sobreposição dos vetores oriundos do mapeamento sistemático sobre tais mapas. Essa comparação será feita levando em consideração os mapas gerados através dos dados SRTM e das cartas topográficas do Mapeamento Sistemático, ambos do município de Tijucas - SC.

Souza (2006) concluiu que para se utilizar o modelo digital de elevação original da SRTM na geração de altimetria em mapas de base é necessário fazer seu georreferenciamento, para que o mesmo atinja a escala de 1:50.000. Mediante isto a importância de compararmos os dados altimétricos gerados pelo SRTM e aqueles gerados pelo Mapeamento Sistemático nessa referida escala. Temos, ainda, um fator tempo na diferença entre as duas fontes de informação, ou seja, o Mapeamento Sistemático iniciado na década de 60 e a missão SRTM realizada na primeira década do século XXI.

3. Mapeamento Sistemático Nacional x SRTM

Ao longo da história a importância do mapeamento sempre se fez presente, pois foi desenvolvido pelo homem antes da escrita devido à necessidade de armazenar e documentar informações sobre rotas e destinos.

Atualmente, verifica-se cada vez mais, a importância de uma cartografia atualizada e adequada às necessidades dos usuários, e que possa subsidiar os investimentos e o desenvolvimento do país.

Conforme a legislação cartográfica, em vigor, estabelece no Capítulo V, “Da Cartografia Sistemática”, Art. 7º - “A cartografia sistemática tem por fim a representação do espaço territorial brasileiro por meio de cartas elaboradas seletiva e progressivamente” (...) e Art. 8º - “A Cartografia Sistemática Terrestre Básica tem por fim a representação da área terrestre nacional, através de séries de cartas gerais contínuas, homogêneas e articuladas, nas escalas-padrão discriminadas: série de 1:1.000.000, 1:500.000, 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000” (**Figura 1**).

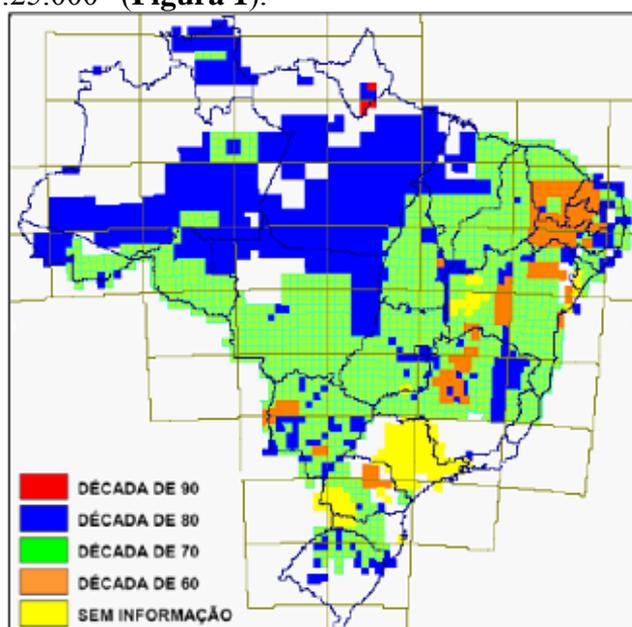


Figura 1 – Idade do Mapeamento Sistemático na escala de 1:100.000. Fonte: (IBGE, 2006)

O SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) foi uma missão espacial que teve como objetivo a geração de um modelo tridimensional do terreno quase global. O sensor correspondia a um radar (SAR) a bordo do ônibus espacial *Endeavour*, que adquiriu dados

sobre mais de 80% da superfície terrestre. O missão 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.

Basicamente o que se tem de resultado da missão SRTM é um conjunto de imagens com pontos de altitudes conhecidas, dispostos numa grade horizontal, e com espaçamento uniforme.

Segundo Souza (2006), os dados produzidos pela *Shuttle Radar Topography Mission*, são representados em modelos digitais de terreno (MDE) em formato matricial com resolução espacial de 1 arco-segundo (30m) ou ainda 3 arcos-segundos (90m) expressos em coordenadas geográficas (latitude e longitude) referenciados em lat-long no sistema de referência WGS84. A acurácia absoluta horizontal é de 20 metros (para erro circular com 90% de confiança) e a vertical é de 16 metros (para erro linear com 90% de confiança).

4. Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho, buscou-se adquirir conhecimentos sobre a SRTM e o Mapeamento Sistemático Nacional em seus aspectos gerais. Os conhecimentos na área de agrimensura, cartografia, geoprocessamento, e geodésia também foram acrescidos, além de buscar bases nas legislações e normas vigentes ao que dizem respeito ao uso, classificação, execução dos padrões de qualidade cartográficos nacionais.

Vinculado aos conhecimentos teóricos realizou-se um experimento com as imagens resultantes dos processamentos SRTM e das cartas topográficas, no qual foram gerados mapas de hipsometria e curvas de nível, diferindo-os, entre si, nas maneiras de processamento e nas particularidades de cada método abordado (SRTM e cartas topográficas).

4.1 Local de estudo

A área escolhida para o estudo foi o município de Tijucas - SC. O município de Tijucas possui, de acordo com senso de 2.000 divulgado pelo IBGE, uma área de aproximadamente 276.62 km², uma população de 25.910 habitantes e está localizado na Região dos Municípios da Grande Florianópolis (**Figura 2**). O município tem sua posição geográfica determinada pelas coordenadas $\varphi=27^{\circ}07'30''S$, $\lambda=48^{\circ}36'30''W$ e $\varphi=27^{\circ}22'30''S$, $\lambda=48^{\circ}49'30''W$; e possui a altitude variando entre 2m a 842m, onde a área central do município é totalmente plana e o interior é possui o relevo acidentado. Tem como confrontantes: ao norte o município de Camboriú; a leste os municípios de Itapema, Porto Belo e o Oceano Atlântico; ao sul os municípios de Governador Celso Ramos e Biguaçu e; a oeste o município de Canelinha.

O clima em virtude da posição geográfica é o temperado quente, com temperaturas médias entre 18°C e 29°C. O município é situado na bacia do Rio Tijucas e é cortado pela BR 101, suas principais fontes de renda são: a indústria de cerâmica, a pesca e a agricultura.



Figura 2 – Município de Tijuca -SC

4.2 Equipamentos

No desenvolvimento experimental utilizou-se os dados das cartas topográficas do Mapeamento Sistemático Brasileiro, das cartas referentes na escala de 1:50.000, são elas: nomeadas por: Biguaçu (nomenclatura MI 28944), Brusque (nomenclatura MI 28941), Camboriú (nomenclatura 28942) e São João Batista (nomenclatura 28943).

Os dados digitalizados providos dessas cartas foram disponibilizados pela Mapoteca Topográfica Digital de Santa Catarina EPAGRI/IBGE 2004 (<http://www.epagri.rct-sc.br/epagri/index.jsp>). A Mapoteca Topográfica Digital de Santa Catarina (MTD-SC) é fruto de convênio de cooperação técnica IBGE/EPAGRI. A MTD-SC representa a cópia fiel das bases cartográficas analógicas 1:50.000 e 1:100.000 existentes sem quaisquer correções ou atualizações. O formato disponibilizado é *shapefile* (*.shp) e as cartas originalmente produzidas no sistema de referência Córrego Alegre foram convertidas para o sistema de referência SAD69.

Os produtos disponíveis por cada carta estão agrupados por categorias de informações, tais como: alagados, cemitérios, cursos d'água, curvas de nível, escola, igreja, limites construtivos, linhas de comunicação, localidade, linha de transmissão de energia, mancha urbana, massa d'água, ponte, ponto cotado, praças esportivas, unidades habitacionais, vias interurbanas, vias urbanas, outros. Cada produto disponibilizado varia de carta para carta. Utilizaram-se também os dados SRTM, tais dados foram trabalhados na área interna do limite municipal de Tijuca. Os produtos comparativos do experimento foram disponibilizados pelo Modelo Digital de Elevação – SRTM/NASA – SC, ajustado pelo EPAGRI-2005 (<http://www.epagri.rct-sc.br/epagri/index.jsp>). O produto disponibilizado é o modelo digital de elevação (MDE) do estado de Santa Catarina com resolução espacial de 30 metros, em formato *geotiff* (16 bits). O MDE disponibilizado segue as seguintes características: foi interpolado a partir do MDE de resolução espacial de 3 arco-segundo (90m), resultando em uma resolução espacial de 1 arco-segundo (30m) com a finalidade de suavização da

representação do terreno; foi transformado ainda para o sistema de projeção UTM e sistema de referência SAD69.

No que tange ao processamento dos dados foi realizado no software *ArcGIS 9.0* (ESRI – 2004). Foram utilizados os módulos de processamento *ArcCatalog*, *ArcToolbox* e *ArcMap* e as derivações das ferramentas pertinentes a cada módulo.

4.3 Procedimento

Processamento dos dados das cartas topográficas do Mapeamento Sistemático Brasileiro:

O trabalho feito sobre os arquivos disponibilizados foi realizado, inicialmente, mediante a uma edição gráfica. Esta edição tinha por finalidade a junção de cada categoria de informação em um mesmo arquivo, já que foram necessárias 4 cartas topográficas distintas.

A edição das categorias de informação foi feita para os seguintes shapes: cursos d'água, curvas de nível, vias interurbanas. Um fator de importância deve ser dado às questões de edição das curvas de nível, porque é a partir delas que o MDE é gerado.

Na seqüência é gerado o modelo de triangulação (TIN); logo depois a rasterização, a reclassificação; e finalmente o mapa hipsométrico.

Todos os shapes e imagens raster foram trabalhados pelo limite do município de Tijucas, ou seja, após cada edição e/ou processamento das informações, os mesmos foram cortadas pelo limite municipal. Alguns parâmetros devem ser considerados nos dados acima, como na geração da triangulação que deve ser considerar as curvas de nível (o relevo) excedentes ao limite municipal, devido à interpolação feita nas extremidades do polígono.

Processamento dos dados SRTM:

Os dados SRTM, disponibilizados em formato matricial numérico, facilitam as operações e as técnicas de geoprocessamento no preparo dos produtos estudados no experimento, de maneira que os procedimentos foram a reclassificação; a geração de curvas de nível e o mapa hipsométrico.

Comparação:

Depois da geração dos mapas hipsométricos sobrepôs-se nos mesmos os vetores de cursos d'água e vias interurbanas, propondo assim uma comparação visual instantânea. A comparação foi efetivada pelo cálculo matricial de subtração das altitudes entre os MDE's em questão: MDE's (cartas do IBGE) – MDE (SRTM). A operação resultou em outro mapa com as diferenças de altitudes entre os mapas hipsométricos gerados, essa diferença teoricamente deveria ser nula.

Foi feita uma comparação entre as curvas de nível editadas com base nas cartas topográficas e as curvas de nível geradas pelos dados da SRTM, de maneira que haja sobreposição das informações altimétricas em um mapa e acontecendo uma análise visual instantânea. A comparação foi efetivada pela escolha de um plano topográfico qualquer (altitude constante) que deveria ser coincidente, considerando os dados da carta topográfica e os dados SRTM.

5. Resultados e Discussões

Inicialmente compararam-se os mapas de hipsometria, gerados pelos dados das cartas topográficas e da missão SRTM (**Figura 3(a)(b)**). Ao fazer tal comparação entre os mapas hipsométricos percebem-se diferenças entre os modelos de elevação testados. Existem lugares no município que pertencem a uma classe hipsométrica no mapa feito pelos dados do IBGE, e o mesmo lugar pertence a uma classe diferente no mapa gerado através dos dados SRTM, essa diferença acontece de forma não regular para todo o município.

As classes hipsométricas foram escolhidas de modo a representarem melhor a variação do relevo no município de Tijucas. O MDE gerado pelas cartas topográficas tem uma variação na

altitude de 0 a 840m enquanto a variação do MDE gerado pela SRTM é de 0 a 842m, isso acontece porque as curvas de nível das cartas topográficas possuem equidistância de 20m e o MDE da SRTM varia o valor da altitude pixel a pixel.

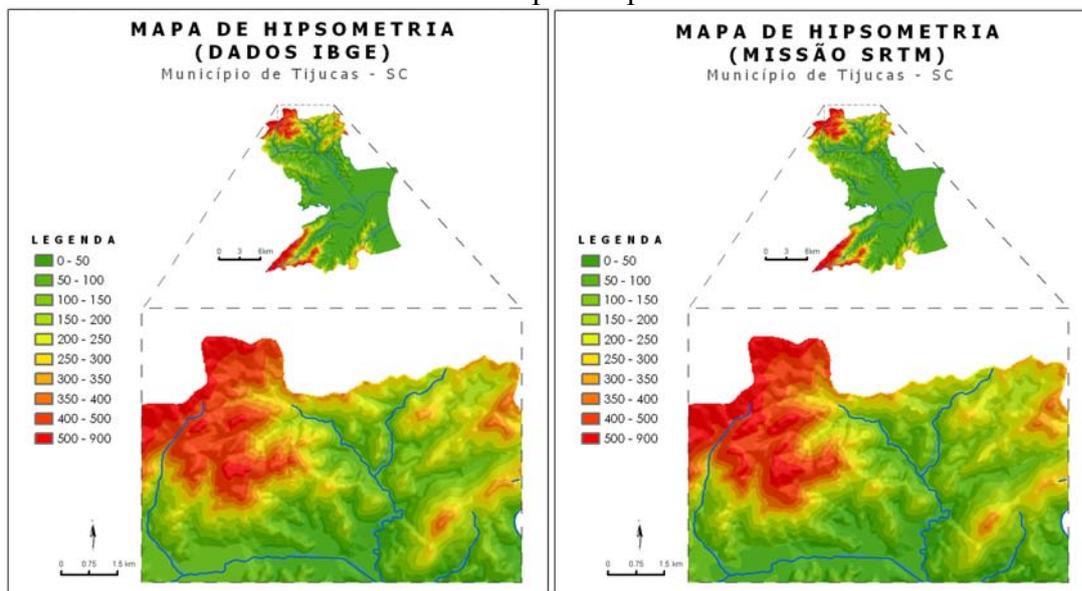


Figura 3 (a)(b) – Mapas de Hipsometria gerados a partir dos dados das cartas topográficas e da missão SRTM, respectivamente.

Ainda na comparação dos mapas hipsométricos gerou-se um mapa de diferenças entre altitudes (**Figura 4**), entre o MDE das cartas topográficas e o MDE da SRTM. As diferenças de altitudes variam de -98 a 189m, ou seja, de acordo com MDE utilizado pelas cartas topográficas, existem lugares que tem altitudes até 98m menores daquelas encontradas pelo MDE da SRTM, e em contrapartida, também existem áreas do MDE (IBGE) que possuem altitude em até 189m maiores do que o MDE da SRTM.

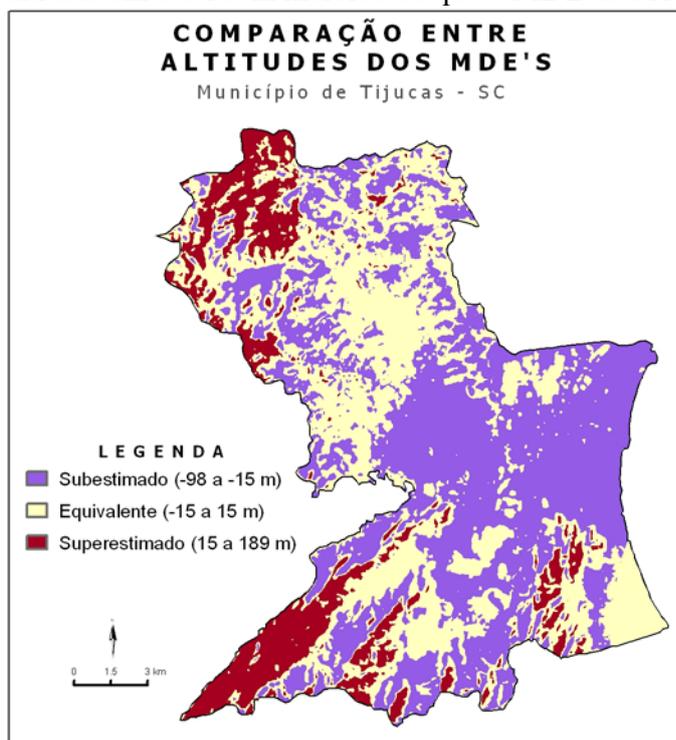


Figura 4 – Comparação entre as altitudes do MDE (cartas topográficas do IBGE) e o MDE (missão SRTM).

Os critérios para classificação das diferenças de altitudes foram de: subestimado (diferenças em que o MDE das cartas topográficas possui altitudes menores do que o MDE da SRTM, e variam entre 15 a 98m); equivalente (a diferença entre o MDE (IBGE) e o MDE da SRTM tem um intervalo de 30m, variando 15m para mais ou menos); superestimado (diferenças em que o MDE das cartas topográficas possuem altitudes maiores do que o MDE da SRTM, variando entre 15 a 189m)

Ao sobrepor os vetores curvas de nível das cartas topográficas e os vetores curvas de nível gerados a partir dos dados da SRTM, podem-se verificar diferenças acentuadas entre as mesmas. A **Figura 5(a)** mostra essa diferença para uma parte do município, onde os números dispostos sobre as curvas de nível são as altitudes das mesmas. Essa diferença acontece de forma variada em todo município.

Um exemplo dessa variação pode ser mais bem entendido na **Figura 5(b)**, onde é feita uma comparação entre o que deveria ser a mesma curva de nível. Foi utilizada a altitude 100m para representar o plano topográfico abrangido pelas duas curvas. Percebe-se também que a um deslocamento posicional (translação) entre essa curva de nível e outras ao redor dessa área amostrada.

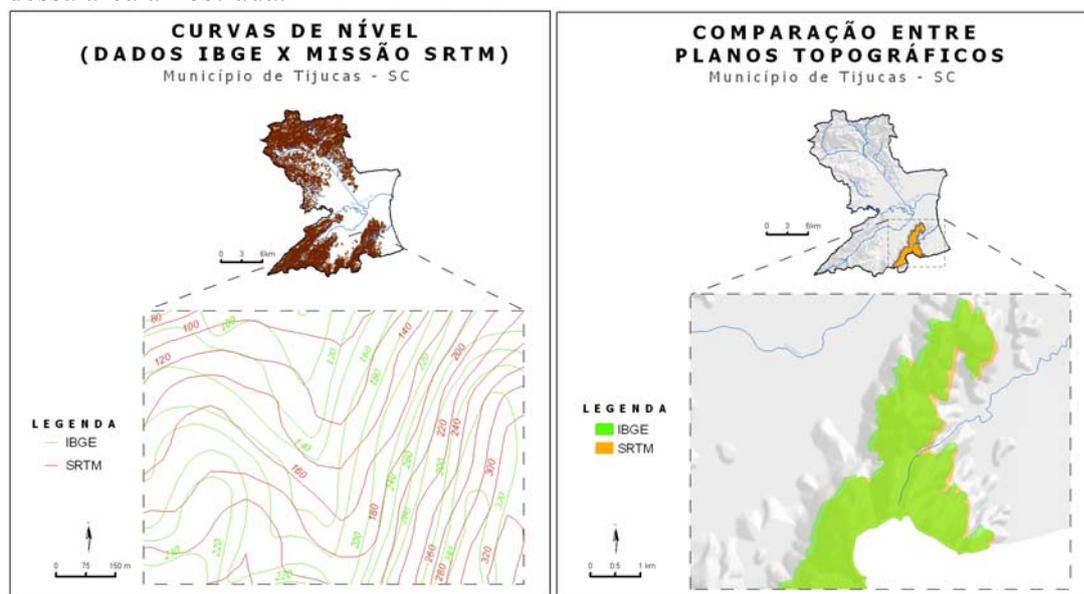


Figura 5 (a) – Comparação entre as curvas de nível das cartas topográficas e as curvas geradas a partir da missão SRTM. **(b)** – Comparação entre os planos topográfico da altitude 100 nos dados IBGE e na SRTM.

6. Considerações Finais

Os mapas gerados a partir dos dados contidos nas cartas topográficas diferem significativamente dos mapas gerados a partir dos dados da missão SRTM, analisados para o município de Tijuca.

A utilização do MDE da SRTM é um ganho de praticidade porque os dados são dispostos em formato numérico e são de fácil manipulação.

A edição das curvas de nível das cartas topográficas é uma tarefa que requer bastante atenção e conhecimento técnico sobre topografia e altimetria, porque os vetores ali contidos não se cruzam de maneira correta, sobrepondo a informação. Existem erros de vetorização e deslocamentos que são peculiares a cada carta topográfica.

Existe uma diferença temporal entre a aquisição das informações testadas neste trabalho, para Souza (2006), os dados da SRTM georreferenciados a uma base cartográfica local podem suprir a carência de informação altimétrica em escala média 1:50.000, para geração de curvas

de nível com equidistância de 20 metros, podendo substituir a altimetria do Mapeamento Sistemático, principalmente quando se exigir mais de uma carta topográfica.

Ao se trabalhar com mapeamento de um determinado local é importante que as informações dispostas formem um conjunto, ou seja, que os dados representados entrem em harmonia técnica de modo que tenha sentido todas as representações, sem condicionantes. Ao se construir um mapa de hipsometria ou de declividade, por exemplo, na escala de 1:50.000, as informações paralelas como hidrografia, vias e área com aglomerações urbanas são importantes por possibilitarem um análise em conjunto. Mas ao se trabalhar com os dados da SRTM, para geração dos mapas em exemplo, verifica-se que há uma discordância entre os dados mapeados e as informações paralelas, visto que essas informações são geralmente obtidas das cartas topográficas do IBGE.

Recomenda-se um estudo mais detalhado sobre a mensuração dos erros existentes entre os produtos provenientes das cartas topográficas e dos dados da SRTM. A proposição de metodologias para se trabalhar com os dados do IBGE e da SRTM em conjunto.

A diferença encontrada neste trabalho é conclusiva apenas para o município de Tijucas - SC, visto que carta topográfica tem suas particularidades e foram feitas e digitalizadas de modo diferentes para cada localidade nacional.

7. Referências Bibliográficas

Livro:

Moreira, A, M. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. Editora UFV, 2005. 3ª edição

Dissertação:

Souza, J.M. de. **Análise da qualidade cartográfica dos dados da Shuttle Radar Topography Mission – SRTM**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

Relatório Técnico:

Valeriano, M. M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2004. Disponível em <www.inpe.br>. Acesso em agosto de 2004.

Referências de Internet:

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (EPAGRI). Disponível em: <<http://www.epagri.rct-sc.br/epagri/index.jsp>> Acesso em outubro de 2006.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>> Acesso em outubro de 2006.

National Aeronautics and Space Administration (NASA) – Shuttle Radar Topographic Mission, 2003. Disponível em: <<http://www-radar.jpl.nasa.gov/srtm>> e <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm>> Acesso em setembro de 2006.