



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Avaliação da acurácia do produto de altimetria do Laboratório de Agricultura e Floresta

João Mauricio Batista Filho¹, Arcilan Trevenzoli Assireu², Egidio Arai³, Nívea Adriana Dias Pons⁴ & Ramon Freitas⁵

¹Mestre, Pesquisador; Instituto de Recursos Naturais, UNIFEI, Itajubá, MG, 35450-000. joao281282@yahoo.com.br

²Doutor, Professor; Instituto de Recursos Naturais, UNIFEI, Itajubá, MG, 35450-000. arcilan@unifei.edu.br

³Doutor, Pesquisador; Divisão de Sensoriamento Remoto, INPE, C.P. 515, São José dos Campos, SP 12001-970, Brasil. egidio@dsr.inpe.br

⁴Doutora, Professor; Instituto de Recursos Naturais, UNIFEI, Itajubá, MG, 35450-000. npons@unifei.edu.br

⁵Doutor, Pesquisador; Divisão de Sensoriamento Remoto, INPE, C.P. 515, São José dos Campos, SP 12001-970, Brasil. aeroramon@gmail.com

Artigo recebido em 25/03/2014 e aceito em 13/08/2014.

RESUMO

Os dados do Shuttle Radar Thematic Map (SRTM) vêm sendo amplamente utilizados para aplicações em geomorfologia, topografia, estimativas de Tsunami e estudos urbanos, dentre outros. Recentemente, um projeto científico (<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat>) desenvolveu um aplicativo livre e amigável para visualização instantânea da elevação local dentro do conceito de laboratórios virtuais. Esta ferramenta, chamada de Laboratório de Agricultura e Floresta (LAF) permite estimativas da anisotropia da elevação em torno de um ponto geográfico selecionado. A visualização da anisotropia baseia-se em um gráfico polar de elevação em torno de dois círculos concêntricos, e permite uma visualização rápida da topografia em torno do ponto selecionado. Entretanto, o estudo sobre a confiabilidade deste produto exige verificações quanto a sua acurácia por comparações com medições de alta precisão, como o Sistema Diferencial de Posicionamento Global (DGPS). Neste trabalho é apresentado um estudo baseado em dados representativos e considerados verdade de campo, levantado a partir de DGPS, em uma região de relevo complexo no município de Itajubá (MG). Os resultados indicam e eficiência da ferramenta, mas apontam alguns cuidados necessários para a utilização acurada da mesma.

Palavras-chave: Topografia, Elevação, Acurácia.

Evaluation of the accuracy of the product of altimetry of the laboratory of Agriculture and Forest

ABSTRACT

Since Shuttle Radar Thematic Map (SRTM) data became available, many studies utilized them for applications in geomorphology, topography, vegetation cover studies, tsunami assessment, and urban studies, among others. Recently, a scientific project (<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat>) engendered on Brazilian National Institute for Space Research, developed a free and friendly tool for instantaneous visualization of local elevation within the concept of a virtual laboratory framework. This tool, named Laboratory of Agriculture and Forest, was build to assess the elevation anisotropy around selected points. The anisotropy visualization is a simple polar plot of elevation around two simple circles, allowing a rapid view of the topography around the selected point. This tool allows interactivity and provides a range of distance between the center of the selected coordinate and the sampled circles. However, overall assessment of the accuracy of this product requires additional regional studies involving accuracy verification methods with higher level of precision, such as the Differential Global Positioning System (DGPS). The study presented in this paper is based on ground truth control collected with DGPS system, with differential base station data, in a mountain in the Itajubá city. The results pointed out to the efficiency of the tool but indicate some necessary care for their accurate use.

Keywords: Topography, Elevation, Accuracy.

Introdução

Desde que foram disponibilizadas pela *United States Geological Survey* (USGS), após a missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), os modelos digitais de elevação (MDE) vem, cada vez mais, ganhando espaço nos mais variados estudos,

devido a sua aplicabilidade e fácil acesso. Os novos sensores orbitais e a aquisição contínua de imagens da superfície terrestre têm oferecido um volume e variedade cada vez maior de dados à comunidade de sensoriamento remoto (Freitas et al. 2011).

Assim, dada a importância dos dados topográficos para as diversas áreas das Ciências Ambientais e da aplicação extensiva destes dados, o

presente trabalho visou estudar o alcance de aplicação das informações altimétricas disponíveis na internet, tomando como exemplo, o Laboratório de Agricultura e Floresta do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (LAF-INPE).

Esta informação, por estar disponível num ambiente de fácil acesso, fez com que esta plataforma se transformasse em fontes de contínuas consultas e aplicações. A representação do terreno, onde são realizados trabalhos diversos, possui grande utilidade dentro das mais variadas áreas das engenharias e ciências da Terra: modelagem de terreno, determinação de cotas, mapas topográficos e produtos satelitários são alguns dos produtos bastante requisitados, tanto num planejamento, bem como no monitoramento de diversas aplicações (França, 2011). Além dessas aplicações, os modelos vêm sendo utilizados em um número cada vez maior de trabalhos acadêmicos e, por seu fácil acesso e manuseio, também no ensino básico.

Porém, como será mostrado ao longo do trabalho, o uso desses dados requer alguns cuidados, especialmente quando aplicados em áreas reduzidas, que representam a maioria dos levantamentos, e em terrenos que apresentam intensas variabilidades altimétricas.

Nas áreas de Ciências Geodésicas e Cartográficas é muito comum encontrar o termo acurácia, utilizado para indicar a qualidade de uma grandeza observada ou parâmetro estimado (Mônico et al., 2009).

Ainda, segundo Mônico et al. (2009), a acurácia incorpora, tanto tendência (erros sistemáticos) quanto precisão (erros aleatórios). Assim, vários procedimentos foram desenvolvidos nas áreas de Geodésia, Cartografia, Fotogrametria e ciências correlatas, visando reduzir erros sistemáticos durante a coleta de dados, bem como durante o processamento envolvendo o ajustamento dos dados.

Mikhail e Ackermann (1976) apresentam acurácia como sendo o grau de proximidade de uma estimativa com seu parâmetro (ou valor verdadeiro), enquanto precisão expressa o grau de consistência da grandeza medida com sua média.

O tamanho do pixel é de grande importância na acurácia de um modelo digital de elevação (MDE), um pixel de 90m tem área de 8100m², o que influencia o resultado final, pois o relevo não é constante nesse espaço (Barros e Cruz, 2007).

Devido à logística que dificulta a produção de trabalhos em áreas mais extensas, esses dados altimétricos, muitas vezes, são utilizados em análises de áreas reduzidas, o que incentivou a produção dessa pesquisa que tomou, por exemplo, o Laboratório de Agricultura e Floresta.

Para esse tipo de abordagem é necessário estabelecer uma referência, um dado real, para aumentar a qualidade na comparação das fontes. Para isso, optou-se pelo uso do DGPS que é um dos instrumentos mais utilizados para medições em campo, pois apresenta um alto grau de confiabilidade em seus resultados, com precisão na ordem de milímetros (Larocca, 2004).

O sistema de posicionamento global como é atualmente, teve seu início após o lançamento dos primeiros satélites NAVSTAR (*Navigation System using Time and Ranging*) e, após constatada sua grande aplicabilidade, o governo americano acabou por abrir o acesso para uso civil e, a partir da década de 90, o sistema se popularizou, já que o levantamento altimétrico feito com o auxílio do DGPS é bastante vantajoso em relação a outros métodos utilizados (Tagliani et al., 2006).

Assim como o Sistema de Posicionamento Global, os modelos digitais de elevação (MDE) resultantes da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), desde que foram disponibilizados pela *United States Geological Survey* (USGS), vem cada vez mais ganhando espaço nos mais variados estudos, devido a sua aplicabilidade e fácil acesso. Os novos sensores orbitais e a aquisição contínua de imagens da superfície terrestre têm oferecido um volume e variedade cada vez maior de dados a comunidade de sensoriamento remoto (Freitas et al. 2011).

SRTM é uma sigla referente à missão Endeavour, com o objetivo de obter dados altimétricos em diversas áreas do mundo. A nave espacial foi posta em órbita em fevereiro de 2000 e a missão teve duração de 11 dias, através dos quais 80% da superfície terrestre foi imageada, compreendendo os paralelos de 60°N e 56°S. A técnica utilizada no trabalho foi a interferometria, a partir da qual foram obtidos modelos tridimensionais (França, 2011).

Estudos feitos em regiões com baixas variações de altitudes mostram que os modelos SRTM podem ser utilizados em substituição as cartas de 1:100.000 (SANTOS et al., 2005) e também a comparação com mapas de 1:250.000 mostraram uma exatidão altimétrica dos dados SRTM muito próximas as existentes nas cartas topográficas (Lemos et al., 2009).

Já em regiões montanhosas, o modelo se comporta de maneira bastante boa. O tamanho do pixel tem grande influência na qualidade do MDE do SRTM, o qual apresenta uma resolução de 3arcos seg. ou 90m. Uma maneira de minimizar o efeito negativo do tamanho do pixel é objetivo do projeto TOPODATA. (Barros e Cruz, 2007).

O projeto TOPODATA oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional, elaborados a partir dos dados SRTM disponibilizados pelo USGS na rede mundial de computadores (Valeriano et al., 2009).

Esses dados, que são disponibilizados na internet para livre acesso da comunidade de usuários, representam insumos fundamentais para a elaboração de informações de maior complexidade do relevo (Valeriano et al., 2009).

Segundo Valeriano e Rossetti (2010), a iniciativa TOPODATA propõe que derivações básicas da informação topográfica (declividade, orientação de vertentes, curvaturas etc.), a partir de dados SRTM, estejam prontamente à disposição da comunidade para seu uso.

Como citado anteriormente, a fim de dar suporte às análises em áreas reduzidas, o presente trabalho buscou investigar a eficiência da ferramenta do LAF nas estimativas de declividade do terreno, a partir de comparação com dados estimados pelo GLOBAL MAPPER, abastecido com dados do TOPODATA e também com dados medidos em campo, além de identificar e avaliar possíveis restrições quanto a utilização do produto altimétrico do LAF.

Material e Métodos

Para o levantamento de campo foram utilizados dois DGPS ASHTECH, modelo PROMARK 3 e 2 código C/A e L1.

O uso do DGPS tem por finalidade obter precisões superiores às precisões obtidas com o GPS de navegação. O DGPS fornece informações precisas ao usuário a respeito de sua localização, através do emprego de estações base ou de referência fixa em terra, essa estrutura acrescenta maior precisão aos dados coletados por receptores GPS a partir de uma correção diferencial.

Foram feitas visitas a campo em três áreas, dentro do município de Itajubá-MG, para levantamento dos dados altimétricos, através do DGPS, totalizando quatorze pontos. Foi utilizada a mesma nomenclatura para os pontos em todas as etapas do levantamento, sendo *Un* para os pontos da Unifei, *Es* para o bairro Estiva e *Va* para o bairro Varginha.

O município de Itajubá está localizado no sul do estado de Minas Gerais, situa-se entre relevos de degradação em planaltos dissecados com morros rebaixados, arredondados ou alongados e escarpas, denominados relevo de morros e montanhoso. Predominam declividades médias a altas (acima de 15%) e amplitudes locais de 100 a 300 metros nos morros, e no relevo montanhoso predominam declividades médias a altas (acima de 15%) e amplitudes locais acima de 300 metros (Primo, 2004 apud Mota e Pons, 2011).

Para manuseio dos dados TOPODATA foi utilizado o programa GLOBAL MAPPER. Foram feitas comparações entre os resultados obtidos pelo laboratório virtual e os gerados pelo GLOBAL MAPPER com dados TOPODATA.

O programa fornece a localização dos pontos e também os dados de altura do terreno nos quatorze pontos coletados em campo com o DGPS.

A imagem utilizada foi obtida através do banco de dados do projeto TOPODATA disponível em (<<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>>), cena 22s46,5, variável grade, extensão .grd.

Com essa imagem, foram inseridas, através do programa GLOBAL MAPPER, as coordenadas dos pontos levantados em cada área e, assim, foi gerado um

perfil longitudinal das áreas propostas a serem estudadas, para avaliar o comportamento de ambos os métodos.

O segundo método de levantamento utilizado foi o LAF, o laboratório virtual do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), está disponível em ambiente eletrônico (<<http://www.dsr.inpe.br/laf/series/>>).

No primeiro acesso é necessário um breve cadastro com e-mail e senha, após isso é possível utilizar os recursos da ferramenta.

O processo de uso do programa é simplificado, na página inicial aparece uma imagem da América do Sul, onde o usuário pode escolher um ponto qualquer a ser avaliado. As coordenadas do(s) ponto(s) escolhido(s) são exibidas ao lado da imagem e também são marcadas na imagem.

O usuário também pode optar por inserir as coordenadas do ponto ao invés de marcá-lo manualmente na imagem.

O programa permite avaliar a anisotropia do relevo, através de um gráfico polar de elevação em torno de dois raios amostrais (Freitas et al., 2011). Esses raios amostrais geram dois círculos concêntricos que podem ser ajustados de acordo com o objetivo do estudo. Os círculos resultantes possuem raios que podem variar desde 50m até 5000m, com incremento de 50 em 50m ao longo de cada círculo.

Resultados e discussão

Devido a algumas características do programa, alguns cuidados devem ser tomados quando a utilização da ferramenta de altimetria do programa do LAF, como, por exemplo, o gradeamento fixo e o espaçamento dos perfis do gráfico polar, especialmente em terrenos que apresentam intensas variabilidades altimétricas.

Este espaço entre as estimativas que omite certas partes do relevo, pode influenciar de maneira significativa no resultado final, principalmente em relevos acidentados, em que as variações altimétricas são abruptas.

Quanto ao gradeamento fixo, ao marcar um ponto no terreno, espera-se que o gráfico polar ilustre o relevo que envolve este ponto. Porém, se o ponto em análise estiver na extremidade de um quadrante da grade que o programa sobrepõe ao terreno, há um deslocamento do gráfico (figura 1 e 2).

Para exemplificar essa situação escolheu-se a área localizada no bairro Varginha, onde também foi feito um levantamento de campo, utilizando o DGPS. Foram levantados 6 (seis) pontos com intuito de traçar o perfil longitudinal da área de estudo, um vale com média de 1300 metros de largura por 1700 metros de comprimento.

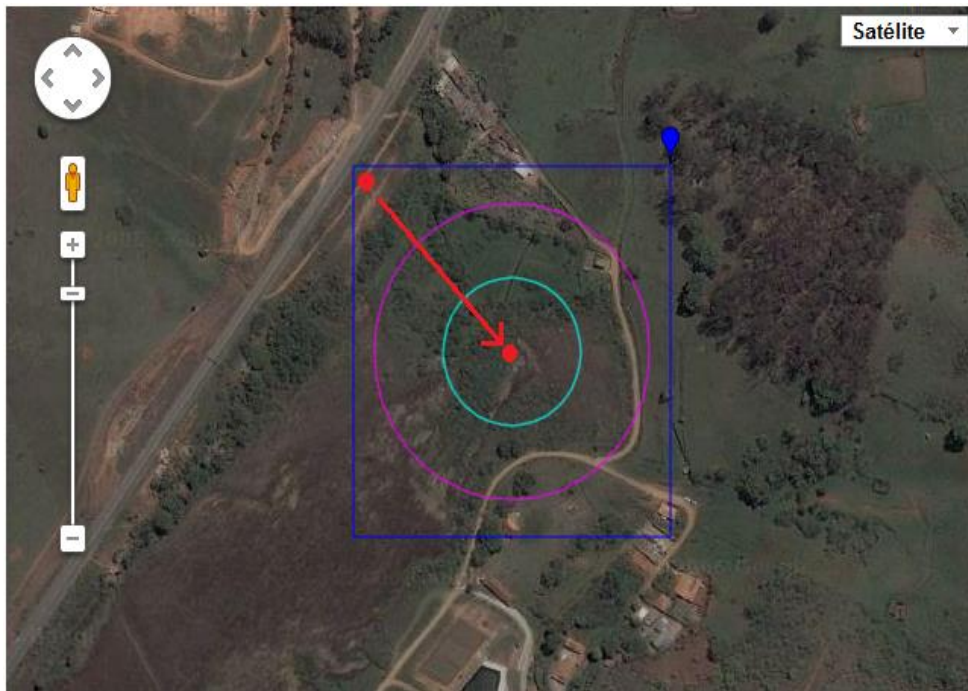


Figura 1: deslocamento do ponto marcado no terreno para o centro do quadrante.
 Fonte: <http://www.dsr.inpe.br/laf/series/mapa.php>, 2012.

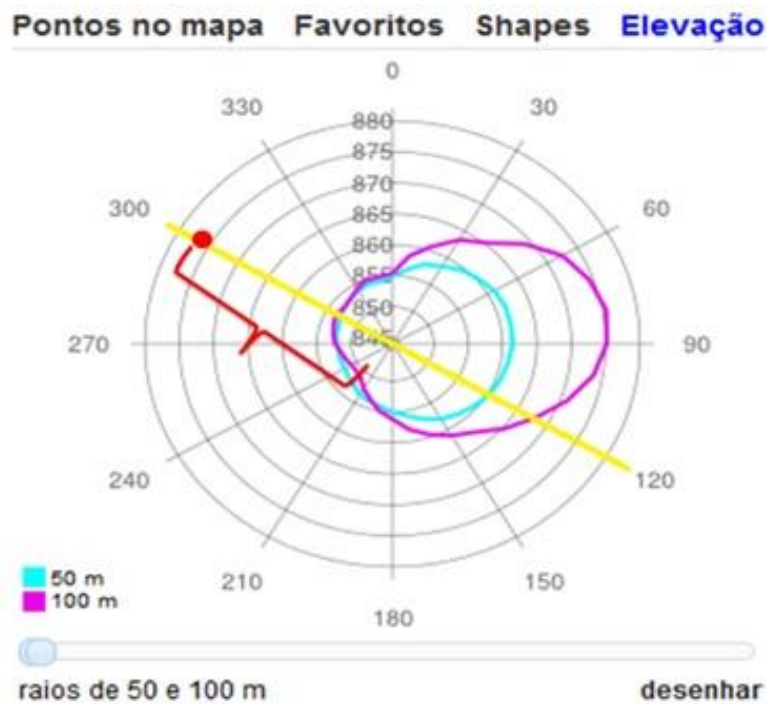


Figura 2. Gráfico polar com perfis concêntricos de 50m e 100m (linhas azul e rosa) e sentido do perfil traçado (linha amarela) e ponto original (vermelho) onde deveria ser estimado o relevo e seu deslocamento.
 Fonte: <http://www.dsr.inpe.br/laf/series/mapa.php>, 2012.

O centro do gráfico que deveria coincidir com o local do ponto consultado pelo usuário é deslocado para o centro do quadrante, onde o ponto está inserido. Trabalhos com aplicações diversas mostram uma boa qualidade dos dados de altimetria fornecidos pelo Google Maps, que é a base de dados do programa, o

que evidencia que a ferramenta do LAF não sofre distorções altimétricas oriundas da sua base de dados, mas sim da organização das informações obtidas através desses dados.

Devido ao deslocamento do ponto central do gráfico polar, a superfície coberta pelos círculos concêntricos não abrange a área pretendida, como

demonstrado na figura 3. Ao marcar um ponto no terreno, indicado pela seta preta (Figura 3), o usuário

espera que a superfície a ser coberta pelas estimativas ocorra na região indicada pela linha preta.

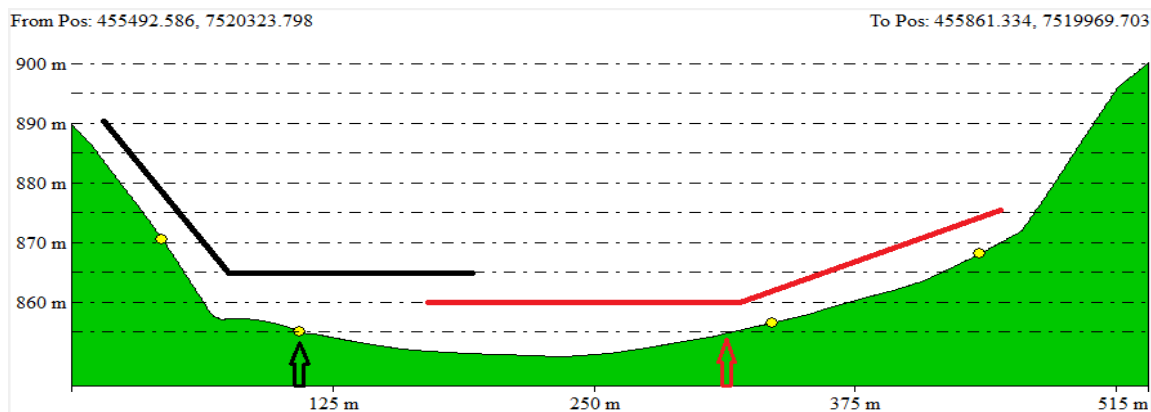


Figura 3: Seta preta e linha preta indicam, respectivamente, o ponto e a superfície selecionada pelo usuário. A seta vermelha e linha vermelha indicam, respectivamente, ponto e área avaliada pelo programa.

Assim, o programa de altimetria do LAF, quando utiliza as distancias de 50 e 100m para demonstrar a anisotropia do relevo, não “enxerga” o lado noroeste do vale investigado, ilustrando apenas o lado sudeste.

Essa situação gera o que se convencionou chamar neste trabalho de “efeito espelho” que ocorre quando o gráfico polar ilustra o relevo de maneira invertida a realidade, ou seja, ao invés de ilustrar a rampa com a face voltada para sudeste, ele ilustra com a face voltada para noroeste. Tais casos podem acontecer como evidenciado neste estudo, pela feição estreita do vale, em que um pequeno deslocamento do gráfico gera grandes distorções no perfil do relevo gerado pelo programa.

Esse problema pode ser contornado variando o incremento entre as estimativas do perfil. Porém, para **Tabela 1.** Valores de distância, altura e de diferença entre os pontos levantados pelo DGPS e pelo GLOBAL MAPPER com dados TOPODATA.

Pontos	Distância entre o ponto e o ponto anterior	Altura TOPODATA	Altura DGPS	Diferença entre as alturas.
01	-	889,7	895,3	
02	-	870,5	872,8	5,5
03	43,3	855,0	848,1	2,2
04	65,4	856,4	844,8	6,8
05	226,6	868,0	856,3	11,5
06	99,1	900,1	878,9	11,6
	80,7			21,2

Entre os ponto 1, 2 e 3, a declividade é maior, 51,9% entre o ponto 1 e 2 e 43,3% entre o ponto 1 e 3, mas nesse espaço a diferença vertical média entre eles é de 4,87m com desvio padrão de 2,36m.

que essa técnica seja executada corretamente, deve-se ter atenção quanto as lacunas geradas pelo espaçamento entre as estimativas.

Em média, a diferença entre os valores do DGPS e do TOPODATA é de 9,84m com um desvio padrão de 6,06m.

A área estudada fica situada na Serra da Mantiqueira, local de desníveis e declividades bastante elevados, configuração que apresenta grande dificuldade para a geração de MDE por sensoriamento remoto orbital (Barros e Cruz, 2007).

Assim, esperava-se que as diferenças entre o DGPS e o TOPODATA fossem mais acentuadas em terrenos mais íngremes, mas os resultados mostram que, para esse caso, isso não aconteceu.

Entre os pontos 4 e 5, e 4 e 6, a declividade é de 28,0 % e 18,9%, respectivamente, e a média das diferenças é de 14,82m com desvio padrão de 5,52m.

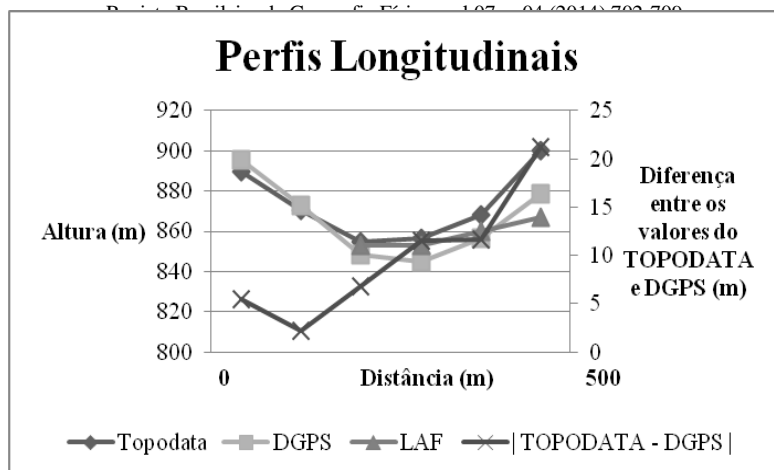


Figura 4: Perfis longitudinais gerados por cada método de levantamento na área 3, com os valores das diferenças de altura entre o DGPS e o TOPODATA.

Apesar dos três primeiros pontos coletados terem uma declividade mais acentuada que os três últimos, os resultados entre os métodos de levantamento são mais próximos entre os três primeiros.

Esse resultado mostra como realmente é bom o desempenho do TOPODATA em relevo acidentado, com características de fortemente ondulado e montanhoso (Miceli et al., 2011).

Como citado anteriormente, diversos trabalhos indicam uma boa qualidade dos dados de altimetria fornecidos pelo Google Maps. Para validar essas referências, a proposta de análise da área localizada no campus da UNIFEI foi de comparar os resultados do DGPS com os dados estimados em laboratório, através do produto de altimetria do LAF e do TOPODATA. Para este caso, o levantamento dos dados de campo foram direcionados para que os pontos coincidisse com os locais de estimativa do programa do LAF. Para

Tabela 2: Resultados da 1ª área avaliada.

Ponto Levantado	Resultado DGPS	Resultado LAF	Resultado TOPODATA
Ponto Central	841,7m	-	-
1º ponto (50 m)	841,9m	850m	849,8m
2º ponto (100 m)	842,0m	850m	850,0m

Para o centro do gráfico polar foi feita apenas uma medida com o DGPS. Esse resultado serve de parâmetro para a confirmação das demais medidas no terreno plano, já que o centro do gráfico polar tem apenas o valor de escala.

Esses resultados mostram que o TOPODATA e o LAF concordam bem, mas que existe uma diferença aproximadamente de 8m entre estes e o DGPS.

Os resultados das estimativas em terreno plano indicam um comportamento extremamente satisfatório dos métodos de laboratório quando comparados com os valores medidos em campo, o que corrobora com os trabalhos citados anteriormente (Barros e Cruz, 2007, Miceli et al., 2011, Almeida Filho et al., 2011), tanto para o LAF quanto para o TOPODATA.

Isso reforça, mais uma vez, a confiabilidade da base de dados utilizada pelo LAF, quando isolados

isso, foi utilizado um GPS de navegação para localizar a coordenada central do quadrante e, após isso, foi feita a medição com o DGPS no local.

No gráfico polar, o terreno foi ilustrado com raios de 50 e 100m, assim sendo, após a primeira medida correspondente ao centro do quadrante, foi feito, utilizando uma trena, outra medida a 50m de distância do 1º ponto no sentido norte.

Em seguida, novamente utilizando a trena, foi medido mais um ponto a uma distância de 50m do 2º ponto, sentido norte, totalizando 100m de distância do ponto central.

Assim, foram levantados três pontos com o DGPS, correspondentes ao ponto central do gráfico polar, ao raio de 50m e de 100m, possibilitando a comparação entre os resultados de cada método. Foi escolhida essa área que tem feição plana, para evitar possíveis distorções causadas pela declividade do terreno. Os resultados estão na Tabela 2.

os problemas de representação do relevo ao posicionamento da grade sobre o terreno.

Para a área localizada no bairro Estiva, foi avaliado o comportamento dos métodos em uma rampa. Foram feitas medidas em cinco pontos com o DGPS, as quais mostram que a rampa tem 469,6m de comprimento indo de 874,5m de altura no ponto mais baixo a 933,9m de altura no ponto mais alto.

Foram gerados dois gráficos com o produto de altimetria do LAF, com o valor das estimativas de 50 e 100m em cada gráfico. Também foi traçado um perfil longitudinal com valores do DGPS e do TOPODATA, feitos como referência para os resultados gerados pela altimetria do LAF.

Assim, foram levantados seis pontos com o LAF e cinco com o DGPS e com o TOPODATA. A diferença entre o número de pontos levantados se deve ao formato do programa do laboratório virtual que não

possui a versatilidade que as outras ferramentas têm de estimar a altura do relevo em qualquer ponto. Tal diferença não influi no resultado final da segunda área analisada, pois o objetivo é descobrir a eficiência de cada método em demonstrar a declividade do

terreno e, apesar dos pontos do LAF não serem os mesmos das outras ferramentas, todas as medidas se sobrepõem a mesma área, o centro da rampa. A tabela 3 apresenta os pontos levantados na segunda área e declividade obtida com cada método.

Tabela 3: Pontos levantados na segunda área e declividade obtida com cada método.

	Resultado LAF	Resultado DGPS	Resultado TOPODATA
Ponto 1	920,0	923,9	932,0
Ponto 2	906,0	909,1	917,9
Ponto 3	894,0	895,3	900,9
Ponto 4	889,0	886,5	892,3
Ponto 5	882,0	872,8	883,8
Ponto 6	880,0	-	-
Declividade (%)	10,4	10,6	10,2

O resultado de declividade obtido através do programa do LAF fica condicionado às características do programa, que utiliza uma forma padrão de coleta de dados. Desse modo, o resultado final varia de acordo com a posição da rampa em relação aos quadrantes que o programa usa para dividir o terreno. Quanto mais próximo ao centro do quadrante, que é onde o programa gera o gráfico polar de elevação, melhor será a qualidade do resultado.

Para essa rampa, por exemplo, o programa gera oito valores de altura, mas dois tem que ser descartados, por não se sobreporem ao perfil longitudinal traçado no centro da rampa (Figura 5). Isso faz com que o resultado de declividade saia de 8,2% (quando incorporados todas estimativas) para 10,4% (excluindo duas estimativas), valor muito mais próximo aos levantados com os outros métodos.



Figura 5: A linha vermelha indica o perfil longitudinal traçado na rampa, sobreposto aos dois quadrantes que são utilizados para sua estimativa. O quadrante da direita corresponde ao topo da rampa onde os valores do raio menor não são aproveitados.

Os valores de altura da rampa apresentam um padrão diferente da área plana, que manteve a diferença em torno de 8m entre os resultados de laboratório e de campo. Neste caso, os resultados na rampa tiveram uma maior variação, indo de 5,6 a 11,0m.

Conclusão

A comparação entre os dados TOPODATA, com medidas em campo obtidas através do DGPS, mostrou aceitável convergência entre os valores, e os dados TOPODATA representaram bem as principais

feições do terreno. O produto de altimetria do Laboratório de Agricultura e Floresta (LAF) apresenta a necessidade de alguns cuidados durante seu uso, sendo que grande parte das incertezas são minimizadas quando há um conhecimento prévio do local a ser estudado.

Como evidenciado neste trabalho, quando a área em estudo encontra-se encaixada de forma favorável dentro do gradeamento fixo pré-estabelecido pelo LAF, o programa responde bem e ilustra o relevo

de forma muito semelhante aos outros métodos usados: DGPS e TOPODATA.

Os resultados mostram que o programa que usa a base de dados do Google Maps, é muito confiável quanto aos valores que apresenta e que os problemas com os resultados estão associados à localização das estimativas. O programa estima o valor de altura com grande qualidade, mas nem sempre o faz onde o usuário quer. O gradeamento fixo usado mostrou-se o maior limitador para aplicações da ferramenta de altimetria do LAF em regiões onde o relevo possui variações acentuadas. Apesar desta limitação, encoraja-se o uso do produto, devido a sua eficiente interface gráfica, de fácil operação e imediata interpretação, o que insere este produto inclusive como um forte aliado em atividades ligadas ao ensino introdutório ao Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEMIG pelo apoio e ao Laboratório de Agricultura e Florestas (LAF) do INPE pela disponibilização do Laboratório Virtual (<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat>). O primeiro autor agradece a agência Capes pela concessão da bolsa de mestrado.

Referências

- Almeida Filho F. G. V.; Brito Jr., I.; Yoshizaki, H. T.Y.; Cunha C. B. 2011. Análise comparativa do perfil altimétrico obtido pelo gps de navegação e o google elevation api. XXV Congresso Nacional da ANPET - Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, v. 1, p. 1-12.
- Barros, R. S.; Cruz, C. B. M. 2007. Avaliação da altimetria de modelo digital de elevação do SRTM. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril, INPE, p. 1243-1250.
- França, A. F. 2011. Mapas altimétricos do estado de Pernambuco utilizando dados SRTM e dados altimétricos provenientes da Base de Dados do Estado de Pernambuco. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.3666.
- Freitas, R. M., Arai, E., Adami, M., Souza, A. F., Shimabukuro, Y. E., Rudorff, B. F. T., Yuzo, F., Rosa, R. R. 2011. Visualização Instantânea de Séries Temporais EVI2-MODIS na América do Sul. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 30 de abril a 05 de maio de 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos : INPE.
- Freitas, R.M.; Arai, E.; Adami, M.; Souza, A.F.; Sato, F.Y.; Shimabukuro, Y.E.; Rosa, R.R.; Anderson, L.O.; Rudorff, B.F.T. Virtual laboratory of remote sensing series: visualization of MODIS EVI2 data set over South America. *Journal of Computational Interdisciplinary Sciences*, 2:57-64. 2011.
- Larocca, A. P. C. O Uso do GPS com Instrumento de Controle de Deslocamentos Dinâmicos de Obras Civis – Aplicação na Área de Transporte. Tese. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.
- Lemos, M. C.; Souza, S. F.; Rocha, R. S. 2009. Avaliação Da Qualidade Dos Dados Altimétricos Derivado Do *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM): *Resultados Preliminares*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Mikhail, E.; Ackerman, F. 1976. *Observations and Least Squares*. University Press of America, p. 497.
- Miceli, B. S.; Dias, F. M.; Seabra, F. M.; Santos, P. R. A.; Fernandes, M. C. 2011. Avaliação vertical de modelos digitais de elevação (mdes) em diferentes configurações topográficas para médias e pequenas escalas. *Revista Brasileira de Cartografia* No 63/01.
- Monico, J.F.G.; Dal Póz, A.P.; Galo, M.; Oliveira, C.L. 2009. Acurácia e precisão: revendo os conceitos de forma acurada. *Bol. Ciênc. Geod., sec. Comunicações*, Curitiba, v. 15, no 3, p.469-483, jul-set.
- Mota, M.S.; Pons, N. A. D. 2011. Uso de geoprocessamento para análise do uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanente do município de Itajubá – MG – Brasil. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio.
- Santos, P. R. A.; Gaboardi, C.; Oliveira, L. C. 2005. Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril, INPE, p. 4473-4480.
- Tagliani, C. R. A.; Conterato, M. R.; Antikeira, J. A. F.; Calliari, L. J.; Tagliani, P. R. 2006. Construção de um modelo de elevação digital de terreno para a Ilha dos Marinheiros, Rio Grande-RS, com uso DGPS e rotinas de geoprocessamento. Gravel, Porto Alegre, Dezembro.
- Valeriano, M. M.; Rosseti, D.F.; Albuquerque, P. C. G. 2009. TOPODATA: Desenvolvimento da primeira versão do banco de dados geomorfológicos locais em cobertura nacional. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril, INPE, p. 5499-5506.
- Valeriano, M. M.; Rosseti, D.F. 2010. Topodata: Seleção de Coeficientes Geoestatísticos para o Refinamento Unificado de Dados SRTM. Projeto de Produtividade em Pesquisa "Desenvolvimento de aplicações de dados topográficos SRTM", CNPq. INPE, São José dos Campos.