

Geração de Modelos Digitais de Superfície empregando imagens do Sensor PRISM/ALOS – Estudo de caso para região da Zona da Mata de Minas Gerais

Giovanni Chagas Egg¹
Joel Gripp Junior¹
José Marinaldo Gleriani¹
Nilcilene das Graças Medeiros¹

¹ Universidade Federal de Viçosa - UFV/DEC/DEF
P.H. Holfs, S/N, 36570-000 – Viçosa – MG, Brasil
{giovanni.egg, jgripp, gleriani, nilcilene.medeiros}@ufv.br

Abstract. This work aims at the generation of Digital Surface Models (DSM) using the scene PRISM sensor - *Panchromatic Remote Sensing Instrument for Stereo Mapping* which is aboard the satellite ALOS - *Advanced Land Observing Satellite* taken in order *Triplet*. Were generated 54 DSMs divided into four tests which verified the minimum number of tie points to be used, using of the methodology proposed by IBGE (2009), the influence of the addition of control points and combination of looks associated with the use of different correlation strategies. The DSMs were evaluated by Decree-Law 89.817/1984, and check the effects of slope and relief of regions containing shadows, and clouds on the quality of altimetry MDSs. The results revealed that the PRISM sensor allows obtaining the DSMs compatible scale of 1:25,000 with the need to use a minimum number of seven control points associated with twelve tie points and use of viewing directions *Backward x Nadir* for the generation of models. The increase in the number of control points to perform the correction using the geometric Toutin model did not bring significant improvements to the quality of altimetric DSMs evaluated, although they showed the best results were those that used 60 control points in their generation. The methodology proposed by IBGE (2009) proved to be applicable to regions with similar characteristics to those studied in this work, although there is a need for testing in areas with similar characteristics studied.

Palavras-chave: Digital Surface Model, Cartographic Accuracy, image processing, Modelo Digital de Superfície, Exatidão Cartográfica, processamento de imagens.

1. Introdução

Tendo em vista a utilização de informações cartográficas para diversas áreas do conhecimento, principalmente quanto às atividades de planejamento e mapeamento da superfície terrestre, dispor de um conjunto de informações atualizadas, é de grande importância, o que reforça a necessidade de produtos cartográficos disponíveis aos mais diversos nichos de usuários.

Em 2006 a JAXA (Agência Espacial Japonesa) lançou o Satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*), composto de três sensores a bordo: AVNIR- *Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer*, PRISM - *Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping*; PALSAR - *Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar*. Dos três sensores a bordo, o sensor PRISM permite a obtenção de pares estereoscópicos, uma vez que ele é dotado de três detectores posicionados em visadas distintas, uma a nadir (*Nadir*), uma a vante (*Forward*) e outra a ré (*Backward*). Este sensor apresenta a possibilidade de realização de mapeamento planialtimétrico na escala de 1:25.000 ou menores. Estas imagens podem ser utilizadas para a obtenção de Cartas Topográficas e extração de Modelos Digitais de Elevação e Superfície, tornando-se uma alternativa viável para a atualização da cartografia nacional, uma vez que as imagens obtidas por este sensor apresentam um custo acessível, quando comparadas as obtidas de outros sensores de alta resolução espacial, tais como IKONOS e GEOEYE, por exemplo.

Com relação aos resultados obtidos, testes realizados pelo IBGE (2009) com imagens PRISM/ALOS na região de Itaguaí/RJ mostraram a possibilidade de geração de Mapeamento altimétrico na escala de 1:25.000 compatível com normas brasileiras quanto a sua exatidão cartográfica para aquela área de estudo. Lima *et al.* (2011) geraram MDEs para uma área urbana de Manaus no estado de Amazonas, utilizando uma cena 1B2R. Estes autores trabalharam no

sentido de estimar os coeficientes polinomiais racionais (RPCs), empregando o *Software* comercial ENVI 4.5 e pontos de controle derivados do Sensor ASTER. Segundo os autores os resultados não se mostraram satisfatórios, devido aos métodos empregados para geração. Oliveira (2011) realizou um estudo empregando três abordagens de correção geométrica, com o objetivo de obter MDSs do Sensor PRISM, bem como a influência do uso de diferentes estratégias de correlação de imagens, número de pontos de controle e espaçamento da grade dos MDSs sobre a acurácia posicional. Este estudo foi realizado na região de Resende, no estado do Rio de Janeiro, abrangendo em torno de seis municípios, cujas altitudes variam de 340m a 1.900m. Os resultados obtidos por este autor foram satisfatórios, embora haja ressalva quanto ao seu uso em outras regiões do país.

Diante do apresentado, verifica-se a necessidade de avaliação de produtos cartográficos gerados em outras regiões do país, sendo este um fator motivador da realização deste estudo, o qual foi parte do trabalho do primeiro autor em sua dissertação de mestrado. Logo, este trabalho tem como objetivo geral a geração de MDSs usando imagens do Satélite ALOS – Sensor PRISM e avaliação dos produtos obtidos. Os objetivos específicos são:

- . Geração de MDSs por correlação automática usando imagens do Satélite PRISM/ALOS no modo *triplet* para o estabelecimento do par estereoscópico considerando características relacionadas ao número de pontos de controle e uso da abordagem utilizada por IBGE em 2009;
- . Realização de Avaliação dos MDSs obtidos empregando o padrão de Exatidão cartográfica – PEC, tomando como parâmetros de checagem, pontos obtidos através de levantamentos Geodésicos empregando receptores GNSS (*Global Navigation Satellite System*).
- . Verificação dos efeitos da inclinação do relevo sobre a qualidade altimétrica dos MDSs.

2. Metodologia do Trabalho

2.1 Sensor PRISM

O Satélite ALOS foi lançado pela Agencia de Exploração Aeroespacial Japonesa (JAXA, 2007). Seu lançamento foi realizado no dia 24 de Janeiro, no ano de 2006.

O sensor PRISM apresenta resolução espacial de 2,5 metros dotado de uma banda no modo pancromático, cujo comprimento de onda varia de 0,52 a 0,77 além de apresentar uma resolução radiométrica de 8 bits.

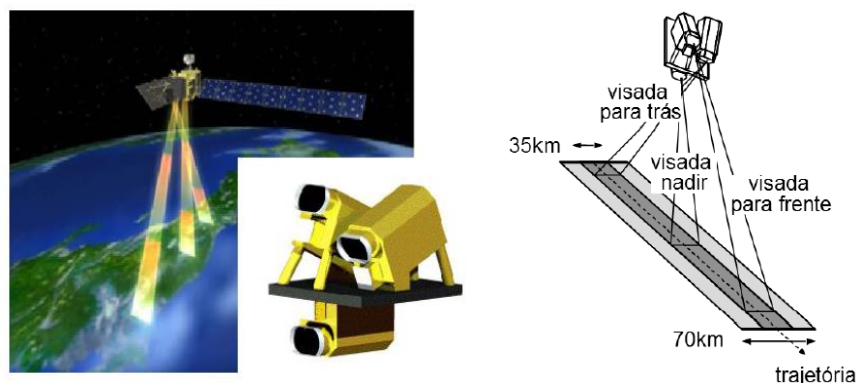


Figura 1. Visão geral do esquema de aquisição de dados do sensor PRISM e aquisição de imagens no modo de Observação *Triplet*. Fonte: Adaptado de JAXA (2007); IBGE (2010).

2.2 Área de estudo

A área de estudo abrange parte da região da Zona da Mata de Minas Gerais, compreendendo os municípios de Cajuri, Coimbra, São Geraldo e parte dos municípios Araponga, Canaã, Divinésia, Ervália, Guiricema, Paula Cândido, São Miguel do Anta, Viçosa e Visconde do Rio Branco, totalizando uma área de 35km x 35km, a qual está situada entre as coordenadas Geodésicas longitude: 42° 36' 0,27" a 43° 01' 34,42" (Oeste), e latitude: 20°

40°51,50" a 21°04'13,04" (Sul), Datum SIRGAS 2000. Esta região apresenta uma variação de altitude da ordem de 600 metros (Figura 2).

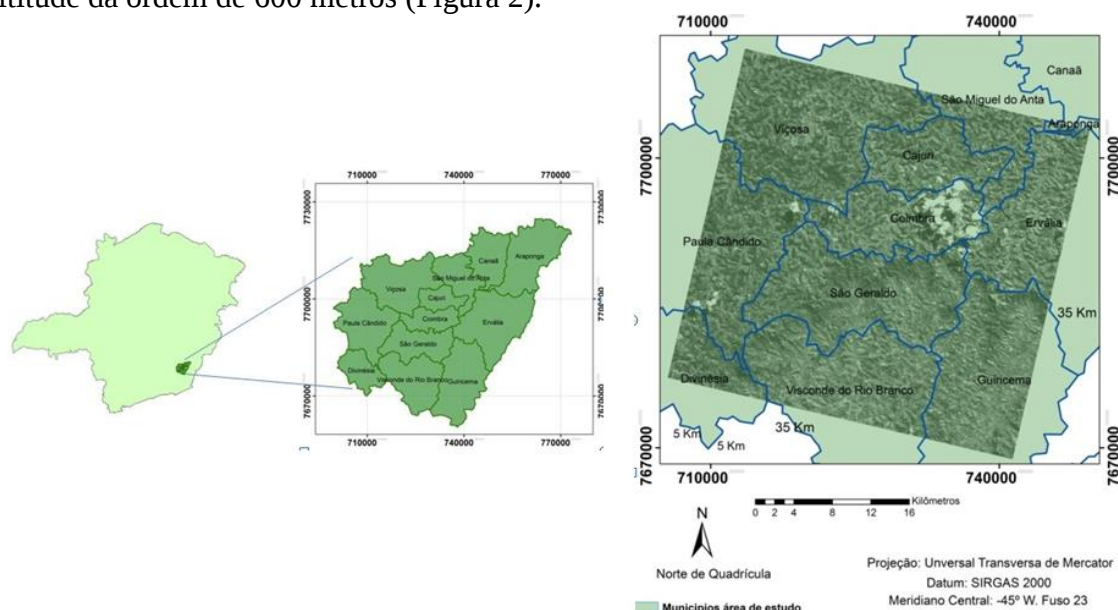


Figura 2. Área de estudo.

2.3 Materiais utilizados

Os seguintes materiais foram utilizados neste estudo:

- . Imagem do Sensor PRISM/satélite ALOS, cena ALPSMB130914075, produto 1B2R modo Triplet (visadas *Backward* - B, *Forward* - F e *Nadir*- N) com data de aquisição de 09/07/2008;
- . Receptor GPS de Navegação Modelo Garmin GPSMAP® 60CSx para auxílio na localização dos pontos de controle e checagem em campo e receptor GNSS dupla Frequência Leica GPS 900CS para coleta dos dados de controle e dados de checagem em campo;
- . Softwares STATISTICA versão 7.0 para realização dos cálculos estatísticos, Microsoft Excel 2007 para o desenvolvimento de gráficos e tabelas, Ashtech Solutions versão 2.7 para processamento dos dados coletados, PCI Geomatica versão 10.3 para geração automática dos MDSs e ArcGIS versão 9.3 para obtenção dos valores de altitude sobre os pontos de validação, geração dos mapas de isodeclividade e composição dos mapas finais.

2.4 Métodos empregados

A realização deste trabalho se deu através das etapas apresentadas na Figura 3.

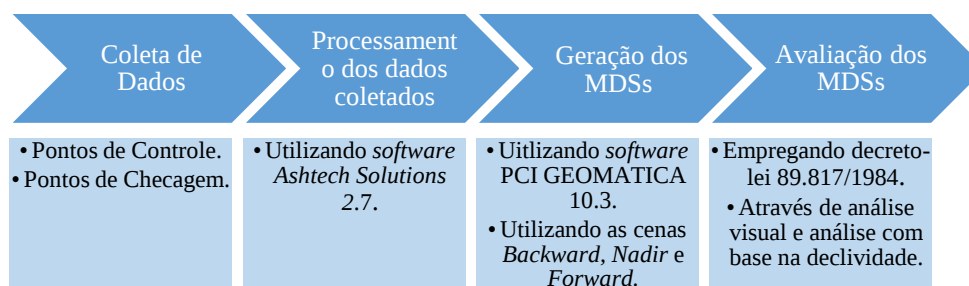


Figura 3. Etapas para realização das análises

2.5 Geração dos MDSs

Os MDSs foram gerados utilizando o Software PCI Geomatica 10.3, cuja licença foi

disponibilizada gentilmente pelo Instituto de Geociências Aplicadas – IGA, (atual IGTEC). Gerou-se ao todo 54 MDSs divididos em quatro testes descritos a seguir. Estes testes são apresentados com detalhes em Egg et al. (2012) e Egg (2013).

. **Teste 01:** *Verificação da influência do número de pontos de ligação (tie points - TPs) na geração de MDSs:*

Teve como objetivo verificar o número mínimo de TPs necessários para modelar a cena PRISM. Para tanto, foram gerados MDSs utilizando sete pontos de controle e combinação de TPs múltiplas de três, realizando testes com 3, 6, 9 e 12 pontos identificados manualmente sobre cada visada. Utilizou-se as combinações entre as visadas *BF*, *BN* e *NF*.

. **Teste 02:** *Uso da Metodologia apresentada por IBGE (2009):*

Neste teste empregou-se a metodologia utilizada pelo IBGE com vistas a verificar sua adequação a uma região com características diferentes da avaliada por este órgão. Gerou-se seis MDSs através combinações entre os pares estereoscópicos *BN*, *BF* e *NF*. Obteve-se então MDSs gerados com os mesmos parâmetros utilizados nos testes onde o IBGE conseguiu os melhores resultados.

. **Teste 03:** *Verificação da influência do número de pontos de controle:*

Neste teste verificou-se os efeitos do acréscimo de pontos de controle - PCs na qualidade altimétrica dos MDSs. Baseou-se na inserção de pontos de controle múltiplos de sete, gerando pares epipolares com 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56 e 60 pontos de controle, variando-se as combinações entre as visadas. Os MDSs foram gerados com tamanho do pixel igual 10 metros, 12 TPs.

. **Teste 04:** *Verificação da combinação de imagens epipolares na qualidade altimétrica:*

Foi realizado com vistas a verificar se a combinação entre os pares epipolares (*BF*, *BN* e *NF*) iria melhorar a qualidade altimétrica dos MDSs. Para realizá-lo utilizou-se os pares obtidos no teste 03 que gerados com 60 pontos de controle. Gerou-se seis MDSs utilizando as combinações *BN+BF*, *BN+NF* e *BN+BF+NF* e opção de preenchimento de valores de altitude com base nas imagens epipolares que apresentassem as melhores correlações.

2.6 Avaliação dos MDSs com base no PEC

A avaliação do MDS foi realizada utilizando os 30 pontos de checagem levantados em campo para validação. O método empregado para avaliação encontra-se descrito em Egg (2013). Para a avaliação, de posse dos valores de altitudes e suas discrepâncias realizou-se primeiramente o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade das discrepâncias. O teste de normalidade foi realizado ao nível de significância de 90%, utilizando o *Software* STATISTICA 7.0. Feito isso, realizou-se a análise de tendência empregando o Teste t de *Student*. O passo seguinte foi a análise dos MDSs empregando o PEC, que foi realizada tomando como base os valores constantes no decreto-lei para o tamanho do pixel em que o MDS de cada teste foi gerado.

Posteriormente, realizou-se a análise de Precisão empregando Teste do Qui-Quadrado com o objetivo de verificar se os MDSs se enquadravam na escala de 1:25.000. Um MDS se enquadrava na classe A para a escala avaliada se o mesmo fosse classificado como Classe A para análise empregando Decreto-Lei e Análise de Precisão, respectivamente, caso contrário, o MDS era avaliado para uma classe imediatamente inferior.

2.7 Avaliação visual dos MDSs e análise com base na declividade

A avaliação visual foi realizada utilizando os MDSs que obtiveram melhor classificação após emprego do Decreto-Lei 89.817/84 para os testes 02, 03 e 04.

A análise de declividade consistiu na verificação da influência do relevo sobre o processo de estéreo-correlação. Para realização deste teste, gerou-se os mapas de isodeclividade para os três MDSs utilizando o *Software* ArcGIS 9.3. De posse dos mapas, foi verificado se as

áreas com declividade mais elevadas apresentavam coeficiente de correlação baixo. Esta análise foi feita no intuito de se ter um indicativo do comportamento do aumento da declividade com relação ao coeficiente de correlação entre os pixels, em um nível global, dado o fato de que foram utilizados os próprios MDSs gerados. Logo esta análise consiste apenas em um indicativo da influência da declividade sobre os MDSs que foi obtido através de uma tabulação cruzada, onde se comparou os efeitos do aumento da inclinação do terreno em relação ao coeficiente de correlação. O Mapa de isodeclividade foi dividido em faixas de declividade.

As faixas de declividade foram divididas seguindo classificação apresentada por Pereira e Lombardi Neto (2004) sendo elas:

- Classe A: Declividade de 0 a 3% - Relevo Plano.
- Classe B: Declividade de 3 a 8% - Relevo Suavemente Ondulado.
- Classe C: Declividade de 8 a 13% - Relevo Moderadamente Ondulado.
- Classe D: Declividade de 13 a 20% - Relevo Ondulado.
- Classe E: Declividade de 20 a 45% - Relevo Forte Ondulado.
- Classe F: Declividade de >45% - Relevo Montanhoso e escarpado.

3 Resultados e Discussão

3.1 Avaliação empregando o PEC

Para o teste 01, constatou-se que o número de 12 pontos de ligação associado a 07 *tie points* apresentaram os melhores resultados após avaliação empregando o PEC. Conforme listado por Egg (2013), estes resultados são condizentes aos encontrados por Takaku et al. (2010) e Oliveira (2011). Contudo, ressalta-se também o estudo apresentado por Maruya e Ohyama (2007), no sentido de que a qualidade altimétrica relacionada ao uso do esteropor *BF* (relação Base/Altura igual a 1) está relacionada a técnica de processamento das imagens, bem como o uso de coeficientes polinomiais racionais-RPCs. Neste trabalho não foi realizado nenhum teste empregando os RPCs. A Tabela 1 apresenta os MDSs 14, 44 e 49 que obtiveram melhores resultados para os testes 02, 03 e 04 e escolhidos para a análise com base na declividade.

Tabela 1. Resultados da avaliação dos melhores MDSs obtidos nos teste 02, 03 e 04.

MDS	Teste	Nº de PCs	Preenchimento de vazios?	Combinação de visadas	Desvio Padrão	Distribuição normal?	Classificação (PEC)	Classificação χ^2	Classificação Final
MDS 14	02	07*	sim	BF; BN; NF	2,169	sim	A	A	A
MDS 44	03	60	não	BN	1,916	sim	A	A	A
MDS 49	04	60	não	BN; BF	1,971	sim	A	A	A

*MDS gerado utilizando 11 *tie points* e 7 PCs, conforme metodologia proposta por IBGE (2009)

Para o teste 02, verificou-se que o emprego da metodologia usada pelo IBGE para a região de Itaguaí se mostrou adequada ao uso para a área de estudo avaliada. O MDS 14 foi o que apresentou melhores resultados neste teste. Os resultados obtidos são condizentes com os apresentados por IBGE (2009), embora seja necessário testar o método em regiões diferentes da abordada neste trabalho.

Com relação ao teste 03 verificou-se que o acréscimo de pontos de controle trouxe bons resultados sendo o MDS 44 aquele que apresentou os melhores valores. Oliveira (2011) realizou análise em imagens PRISM para a região de Resende no estado do Rio de Janeiro e verificou o comportamento de MDSs gerados utilizando dezessete pontos de controle, a combinação entre as visadas BN, BF e NF e tamanho da grade igual a 10 metros, obtendo classificação C para a escala de 1:25.000, além dos dados apresentarem tendência. Os resultados obtidos no presente

trabalho foram ligeiramente superiores aos obtidos por Oliveira (2011), contudo, vale ressaltar que a área de estudo aqui avaliada, apresenta uma variação de altitude inferior, além do fato de que, dentre outras configurações, a identificação dos TPs nas cenas foi realizada de maneira manual.

3.2 Análise local dos MDSs

A análise local foi realizada utilizando-se os MDSs 14, 44 e 49. As cenas utilizadas possuem uma cobertura de nuvens que representa aproximadamente 4% da área total da imagem. A área de sombra gerada pela presença das nuvens sobre a cena influencia de forma negativa no processo de correlação e consequentemente ocasiona presença de valores espúrios nestas áreas. Este efeito pode ser visto na Figura 5.

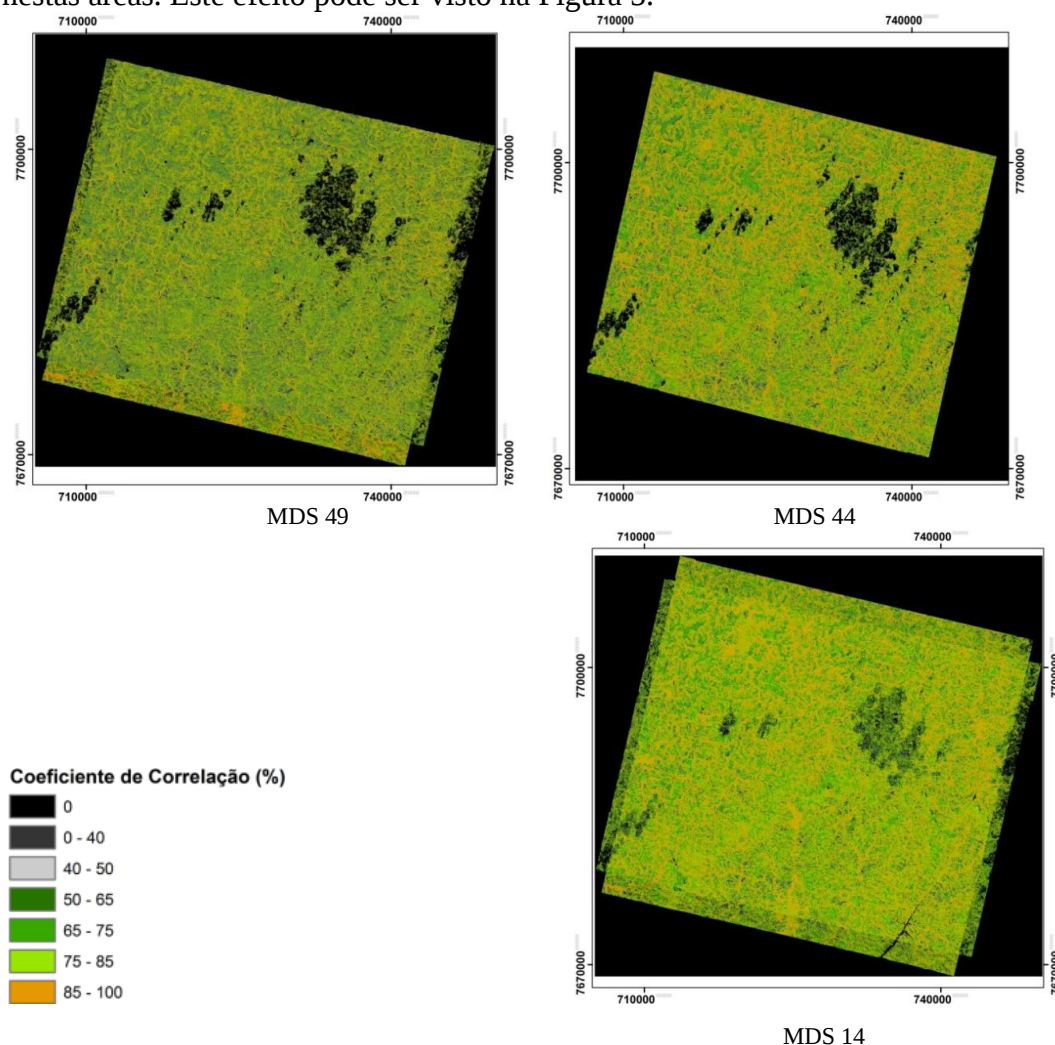


Figura 5. Coeficiente de Correlação dos MDSs avaliados.

3.3 Influência da declividade

As Tabela 2 apresenta um resumo contendo as classes de declividade em função a faixa de correlação com maior quantidade de pixels classificados.

Tabela 2. Coeficientes de Correlação levando em consideração maior ocorrência de pixels correlacionados para cada Classe de declividade

	Classes de declividade/ Coeficiente de Correlação					
	0-3%	3-8%	8-13%	13-20%	20-45%	>45%
MDS49	85-100%	75-85%	75-85%	50-65%	50-65%	0-40%
MDS44	85-100%	85-100%	85-100%	75-85%	75-85%	0-40%
MDS14	85-100%	85-100%	85-100%	85-100%	75-85%	0-40%

Da Tabela 2 verifica-se para o MDS 49 que para áreas com declividade maior que 45% o número de pixels com coeficiente de correlação variando entre zero e 50% foi elevado, o que ilustra a dificuldade por parte do algoritmo em atribuir valores de altitude para regiões que apresentam relevo montanhoso. Em regiões com relevo plano (declividades entre 0 a 3%) o número de pixels com coeficiente de correlação maior que 50% é alto. Ao se aumentar a declividade o número de pixels com coeficiente de correlação menor que 50% aumenta significativamente. Pode-se verificar que o uso do mapa de isodeclividade permitiu obter um indicativo da influência da inclinação do terreno no processo de correlação estéreo. Pôde-se verificar também que os MDSs que utilizaram um maior número de pontos de controle (60 pontos, no caso desta avaliação) para a geração dos pares epipolares foram mais susceptíveis a influência da inclinação do terreno do que aqueles que utilizaram uma menor quantidade (7 pontos no caso desta avaliação).

4 Conclusões

Com base nos resultados obtidos, pôde-se verificar que as imagens do Sensor PRISM/ALOS produto 1B2R permitem a geração de Modelos Digitais de Superfície compatíveis a Classe A do PEC para a escala de 1:25.000, empregando o Modelo de Toutin implementado no Software PCI Geomatica 10.3. Contudo, parâmetros relacionados ao número de pontos de controle, pares epipolares a serem utilizados e disposição destes pares devem ser levados em consideração ao se trabalhar com dados derivados deste Sensor.

A utilização da Metodologia proposta por IBGE (2009) para a área de estudo apresentou resultados similares a aqueles encontrados na região de Itaguaí pelo IBGE. Embora haja a necessidade de realização de mais testes para validação em outras regiões, o emprego desta metodologia pode ser realizado em locais que apresentem relevo com características semelhantes ao estudado neste trabalho.

O aumento do número de pontos de Controle não trouxe melhorias significativas aos Modelos Digitais obtidos neste trabalho, contudo os MDSs que apresentaram melhores resultados (Modelos enquadrados na Classe A segundo o PEC e sem a presença de erros sistemáticos) foram obtidos com o número máximo de pontos de controle (60 pontos).

A Resolução Radiométrica das imagens PRISM exerce influência na qualidade altimétrica dos MDSs, devido a dificuldade em se identificar pontos sobre as cenas principalmente quando se utiliza um maior número de pontos de controle. Para o caso estudado, ao se utilizar um conjunto de pontos de controle maior ou igual a quatorze, a identificação destes pontos sobre a cena acarreta em maiores erros com relação a altimetria, além de exigir um maior trabalho na etapa de identificação e localização dos pontos na coleta em campo, principalmente sobre o par *Nadir X Forward*, que para o caso estudado, apresentou os piores resultados.

Os MDSs obtidos com apenas um conjunto de pares epipolares, que apresentaram melhores resultados foram aqueles gerados através da combinação entre as visadas *Backward* e *Nadir*. Os Modelos obtidos pelo par *Backward X Forward* também apresentaram bons resultados. Os que obtiveram pior avaliação foram aqueles obtidos através do estereopar *Nadir X Forward*.

Como pôde ser observado nos resultados, áreas que apresentam maior inclinação do terreno sofrem maior influência no processo de correlação automática entre as cenas. A análise local permitiu a obtenção de um indicativo com base na declividade, onde pôde-se verificar que áreas com declividade superior a 50% apresentam valores inferiores de coeficiente de correlação e consequentemente Modelos com piores resultados.

Recomenda-se para trabalhos futuros o uso de técnicas de estimativa de área contendo sombras em cenas PRISM empregando o Modelo Linear de Mistura Espectral, uma vez que de posse destas regiões é possível verificar locais onde houve falha na correlação e consequentemente analisar erros grosseiros relacionados à altimetria de maneira quantitativa, bem como localizar área de falhas sobre os MDSs. No caso deste trabalho esta identificação se deu através da localização de áreas realizada de maneira manual.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto de Geociências Aplicadas por disponibilizarem o uso do *Software* PCI Geomatica 10.3, fundamental ao desenvolvimento deste trabalho e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo fornecimento de uma bolsa de estudos para realização de Mestrado.

Referências Bibliográficas

BRASIL. **Decreto Lei 89.817, de 20 de Junho de 1984**. Estabelece instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional. Brasília, 1984. Disponível em:

<<http://www.concar.ibge.gov.br/indexf7a0.html?q=node/41>>. Acesso em 04. ago. de 2010.

EGG, G. C. **Geração de modelos digitais de superfície compostos utilizando imagens do sensor PRISM/ALOS**. 2012. 159 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2012.

EGG, G. C.; GRIPP JR, J.; MEDEIROS, N. G. **Geração de modelos digitais de superfície compostos utilizando imagens do sensor PRISM/ALOS**. Revista Brasileira de Cartografia, V 65/5, p.951-966, 2013.

IBGE. **Avaliação geométrica de imagens ALOS/PRISM níveis 1B2G e 1B2R ortorretificada – estudo de caso: Itaguaí RJ**. Relatório, 2009. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/alos/relatorios.php>>. Acesso em 18. ago. 2009.

IBGE. **Imagens do satélite ALOS**. 2010. Retirado de: <<http://www.ibge.gov.br/alos/sensores.php>>. Acesso em 15. ago. 2010.

JAXA. **ALOS User Handbook**. 2007. Disponível em:

<http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/doc/alos_userhb_en.pdf>. Acesso em 25. ago. 2010.

LIMA, A. B.; VIEIRA, A. M.; SOARES, C. B. S. S. **Utilização de imagens ALOS/PRISM nível 1B2R para a extração de MDE em área urbana de Manaus/AM**. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, Curitiba. 2011.

MARUYA, M.; OHYAMA, H. **Accurate DEM and ortho-image production from ALOS/PRISM**. Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2008 IGARSS 2008 IEEE International. p. 185-188. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=4778824>. Acesso em 12 jun. 2011.

OLIVEIRA, L. F. O.; **Análises de Modelos Digitais de Superfície Gerados a Partir de Imagens do Sensor PRISM/ALOS**. 2011, 163f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2011.

TAKAKU, J.; TADONO, T.; SHIMADA, M. **High resolution DSM generation from ALOS/PRISM – Calibration updates**. Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2008 IGARSS 2008 IEEE International. p. 181-184. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=4778823&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D4778823>. Acesso em 07 jun. 2011.