

Avaliação geométrica de imagens ALOS/PRISM níveis 1B2G e 1B2R ortorretificada – estudo de caso: Itaguaí-RJ

Rafael Silva de Barros^{1,2}
Aline Lopes Coelho¹
Leila Freitas de Oliveira¹
Marilea Ferreira Melo¹
José Duarte Correia¹

¹ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
Diretoria de Geociências – Coordenação de Cartografia
Av. Brasil, 15671 – CEP 21241-051 – Rio de Janeiro
{rafael.barros, aline.lopes, leila.oliveira, marilea.melo, jose.correia}@ibge.gov.br

² Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ
Faculdade de Formação de Professores / Departamento de Geografia
Rua Dr. Francisco Portela, 794 – CEP 24435-000 – São Gonçalo

Abstract: The Japanese satellite ALOS (Advanced Land Observing Satellite) offers to the remote sensing community images from different sensors, among them PRISM (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping), generating a expectation of a good planimetric accuracy if compared to the existent ones, without using ground control points. This paper intends to evaluate the planimetric accuracy of a PRISM scene, with processing levels 1B2G and 1B2R orthorectified, acquired over a flat and mountainous area by means of 40 to 47 check points, determined by static relative GPS positioning in lower altitudes (up to 69 meters) and in higher altitude areas (between 102 and 558 meters). The results showed that, in this specific studied area, the displacements observed in the check points, when compared to their homologous positions in the image 1B2G, were very close to the indicated values by JAXA (Japanese Space Agency) in the second calibration report, in accordance to the PEC (Cartographic Pattern of Accuracy) for the first class of 1:50.000 scale. Considering the 1B2R scene, orthorectified using 7 Ground Control Points, accuracy was compliant to 1:25.000 scale, first class. The medium displacement was 11,5 meters, with 4,9 meters RMS for 1B2G scene and 4,0 meters, with 2,2 meters RMS for 1B2R scene. It was also confirmed that the largest displacements happened in the areas with higher altitudes.

Palavras-chave: remote sensing, planimetric accuracy, orthorectification, sensoriamento remoto, exatidão planimétrica, ortorretificação.

1. Introdução

O satélite japonês ALOS foi lançado em 24 de janeiro de 2006, visando à aquisição de imagens de todo o planeta para o monitoramento de desastres ambientais, levantamento de recursos naturais e suporte à cartografia (IBGE, 2007). Depois de 9 meses de calibração, o satélite passou a ser considerado operacional em 20 de outubro de 2006, adquirindo imagens com período de revisita (ciclo) de 46 dias.

O satélite ALOS apresenta um requintado Subsistema de Controle da Órbita e Atitude (AOCS) da plataforma, que o torna especialmente interessante para a cartografia pois, segundo a JAXA, as informações geradas por este sistema permitem gerar imagens com alta qualidade geométrica sem a necessidade de uso de pontos de controle medidos no terreno (ver item 1.3).

O ALOS possui 3 sensores a bordo: PRISM (*Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping*), AVNIR-2 (*Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer – Type 2*) e PALSAR (*Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar*). As características do PRISM estão apresentadas no item 1.2, a seguir e as dos sensores AVNIR-2 e PALSAR podem ser obtidas nas páginas da JAXA ou do IBGE, dentre outras.

A JAXA optou por estabelecer nós de distribuição das imagens para as diversas partes do mundo. A ASF (*Alaska Satellite Facility*), que é o nó responsável pela distribuição das imagens nas Américas, fez uma parceria com o IBGE para que este faça a distribuição das imagens para usuários não comerciais a preços bastante atraentes: custo final em reais equivalente a US\$ 125,00 (valor de referência até os dias atuais – novembro de 2008).

Em função do custo muito inferior às imagens existentes com as mesmas características e da excelente qualidade de posicionamento prometida, o interesse, de grande parcela da comunidade de sensoriamento remoto, incluindo o próprio IBGE, pelas imagens do ALOS, especificamente do sensor PRISM, tem sido intenso. Estas imagens apresentam grande potencial de uso para mapeamento topográfico, tanto devido a sua alta resolução espacial (2,5 metros) quanto a sua capacidade estereoscópica, que torna possível a geração de Modelos Digitais de Elevação (MDEs).

1.1 Objetivos

Avaliar a exatidão planimétrica da cena PRISM sobre a região de Itaguaí-RJ, considerando-se dois níveis de processamento com correção geométrica: 1B2G (geocodificada – imagem orientada para norte) e 1B2R (georreferenciada – imagem orientada segundo a órbita do satélite) ortoretificada.

1.2 Sensor PRISM

As imagens adquiridas pelo PRISM são pancromáticas (comprimentos de ondas entre 0,52 e 0,77 microns), apresentando resolução espacial de 2,5 metros e resolução radiométrica de 8 bits. O PRISM é composto por 3 sistemas ópticos independentes, um com visada nadir e dois com visadas inclinadas para frente e para trás (Figura 1), tornando possível o imageamento estereoscópico ao longo da trajetória. No modo Triplet as 3 visadas são utilizadas, cada uma composta por 4 CCDs, imageando estereoscopicamente uma faixa de 35km (Figura 2). Neste modo as visadas têm inclinações de 23,8° para frente e para trás, formando pares estereoscópicos com uma relação base/altura (B/H) igual 1,0. Além da inclinação da visada, o sensor pode ser inclinado lateralmente em +/-1,5°.

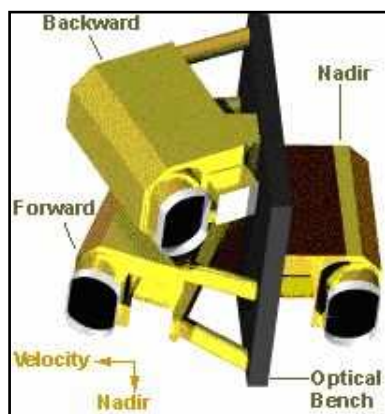


Figura 1 – Sensor PRISM e os sistemas ópticos para visadas Nadir, *Backward* (para trás) e *Forward* (para frente) © JAXA

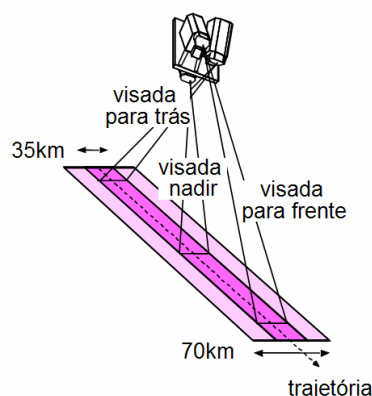


Figura 2 – Sensor PRISM – Modo de observação Triplet. (Traduzido de © JAXA)

1.3 Especificações de Exatidão da JAXA

O Subsistema de Controle da Órbita e Atitude do ALOS (AOCS) é composto por diferentes equipamentos, tais como Star Tracker Triplo, GPS dupla-fase, RRA (dispositivo

para *laser ranging*), Torqueador magnético e computador 64 bits. Maiores informações sobre estes recursos podem ser obtidas em Kramer (2006) e Kamiya (2007).

Os dados obtidos por estes equipamentos tornam possível produzir uma imagem com alta qualidade geométrica. A Tabela 1 mostra a exatidão geométrica esperada para as imagens processadas pela versão 4.01 do software de processamento de imagens ALOS utilizado pela JAXA para gerar imagens PRISM nível 1B2 (sem uso de pontos de controle no terreno). Os valores apresentados na tabela foram obtidos pela JAXA descontando o efeito de deslocamento do relevo, que é dependente do ângulo de visada e a da elevação do ponto (Acrés, 2007).

Tabela 1 – Resultados da calibração do produto PRISM nível 1B2, de março de 2007 (JAXA, 2007). Maiores informações sobre o teste podem ser obtidas diretamente na JAXA.

Exatidões		Direção do pixel (across track)	Direção da linha (along track)	Distância
Absoluta	Visada Nadir (RMS)	8 m	9 m	12 m
Relativa	Desvio padrão dentro de uma cena (1σ)	4 m	3 m	5 m

1.4 Descrição da Área de Estudo

A área utilizada para esta avaliação está localizada no estado do Rio de Janeiro, cobrindo o município de Itaguaí e parte dos municípios do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio Claro, Mangaratiba, Paracambi, Nova Iguaçu, Piraí e Queimados (Figura 3).

Parte de região escolhida apresenta relevo montanhoso, com variação aproximada de 0 a 1.300 metros, tornando possível, desta forma, avaliar a qualidade geométrica do sensor PRISM tanto em áreas planas como em áreas montanhosas, onde o deslocamento devido ao relevo é mais acentuado.

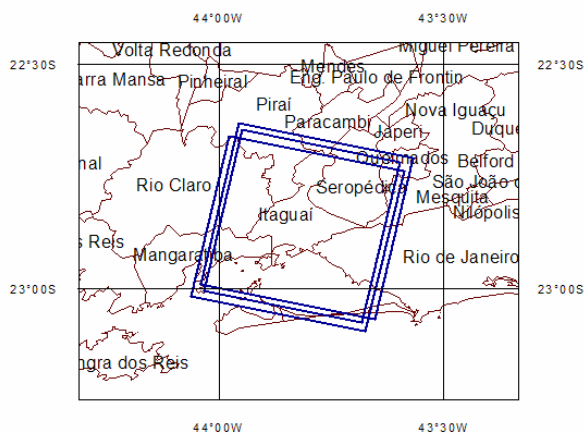


Figura 3 – Imagem PRISM *Triplet* da região de Itaguaí, RJ.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Descrição da imagem

Embora as imagens tenham sido adquiridas no modo *Triplet*, no presente estudo foi avaliada apenas a qualidade geométrica das visadas Nadir, por ser esta visada a que sofre menor deformação geométrica dentre as 3 visadas disponíveis. A Figura 4, a seguir, apresenta a cena Nadir, nível 1B2G, utilizada nesta avaliação com os pontos de verificação plotados.

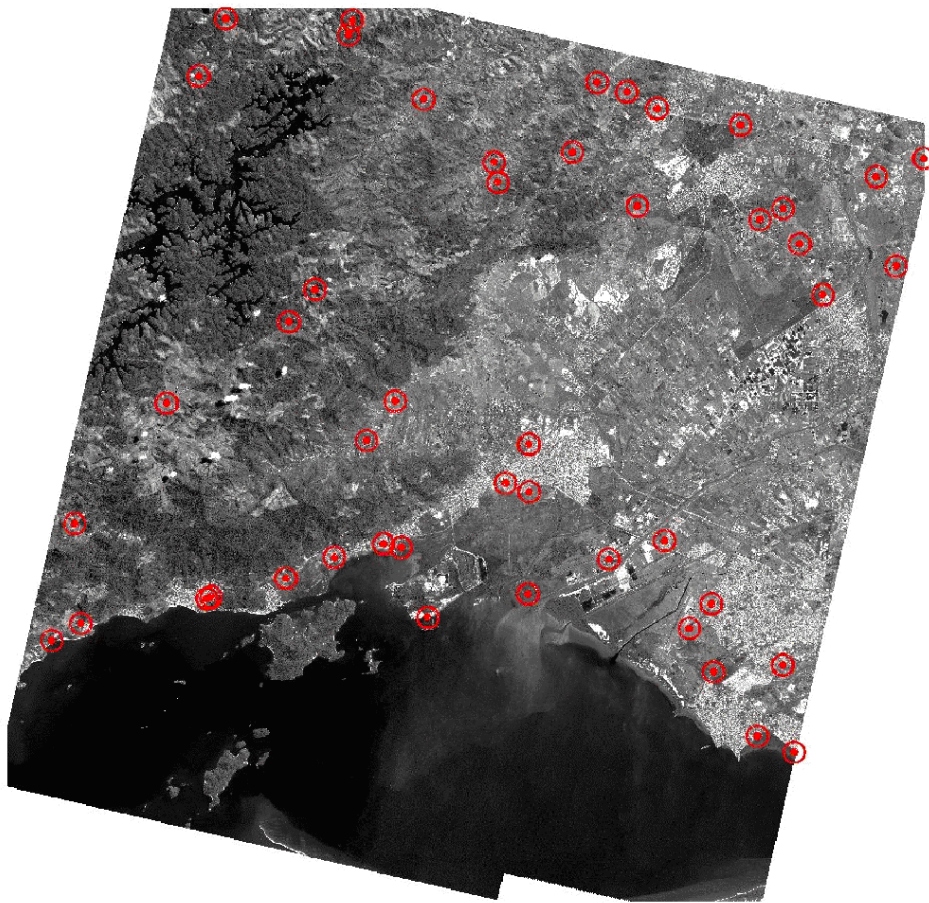


Figura 4 – Imagem PRISM Nadir com os 47 pontos determinados em campo.

A cena avaliada foi adquirida em 08/03/2007 (identificador ALPSMN059584060), no modo Triplet, com inclinação de $-1,2^\circ$ em relação à trajetória do satélite, tendo sido processada, tanto no nível 1B2R quanto 1B2G, pela ASF utilizando a versão 4.01 do processador.

2.2 Determinação dos Pontos de Controle no Terreno

Para avaliação da geometria foram determinadas as coordenadas de 64 pontos de controle identificáveis nas imagens. O levantamento de campo fez uso de receptores GPS de dupla frequência (NOVATEL DL 4 PLUS), através de posicionamento relativo estático, com tempo de rastreamento de 30 minutos e distância máxima à base local (ponto SAT 93819) de 40 km. Priorizou-se a medição de pontos precisamente identificáveis na imagem, cobrindo a maior variação de altitudes possível.

Os dados de campo foram pós-processados no *software* EZSurv Post Processor 2.22, da Viasat GEO Technologies. Para o processamento foi estabelecido o aceite apenas de solução fixa, com RMS centimétrico.

2.3 Avaliação Geométrica da Cena Nível 1B2G

Após a aquisição da cena 1B2G, recebida em formato CEOS, foi utilizado o programa MapReady v.1.0.3, desenvolvido pela ASF e disponibilizado gratuitamente pela internet, para a conversão para a extensão Geotiff.

Dispondo-se das coordenadas dos pontos determinados em campo, passou-se à fase de identificação de seus homólogos na imagem. A partir das diferenças entre as coordenadas

determinadas em campo e as de sua respectiva posição na imagem, foi calculada a resultante da diferença (aqui chamada de deslocamento) e, em seguida, sua análise para avaliação da exatidão planimétrica da imagem, bem como sua classificação quanto ao PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica).

Como a área apresenta porções baixas e outras elevadas, procurou-se classificar os pontos, dividindo-os de acordo com a altitude na qual estavam localizados, fazendo-se uma nova avaliação dos dois grupos de dados.

2.4 Avaliação Geométrica da Cena nível 1B2R

A cena 1B2R, também adquirida no formato CEOS, foi ortorretificada no software PCI OrthoEngine 10.1, que conta com um modelo físico para correção dos dados PRISM, tanto no nível 1B1, quanto 1B2R.

Para avaliar, também, a ortorretificação foram realizados testes utilizando diferentes quantidades de pontos de controle para correção (variando entre 6 e 12) e variando, ainda, o MDE usado (SRTM 90m e MDE gerado por fotogrametria – fotos em escala 1:30.000).

Os pontos de controle utilizados na ortorretificação da cena 1B2R foram determinados no mesmo levantamento de campo, não tendo sido utilizados na avaliação geométrica.

Assim como na avaliação da cena 1B2G, no teste da cena 1B2R ortorretificada os pontos de controle foram plotados sobre a imagem e comparados com suas posições homólogas na imagem, calculando-se as diferenças entre as posições. Os resultados foram avaliados de acordo com a especificação do PEC.

3. Resultados e Discussão

Dos pontos de controle determinados em campo, 47 foram utilizados para avaliação planimétrica da imagem PRISM 1B2G e 40 na avaliação da 1B2R. Os demais pontos de controle foram utilizados na correção geométrica da cena 1B2R e em outras avaliações em andamento para geração de MDE PRISM, tanto a partir da cena nível 1B2R quanto no nível 1B1.

3.1 Cena 1B2G

A média dos deslocamentos foi de 11,5 metros, com erro médio quadrático de 4,9 metros. Os deslocamentos mínimo e máximo foram 7,6 e 27,5 metros, respectivamente. Dos 47 pontos usados na avaliação, 45 (95,7%) apresentaram deslocamentos (diferenças entre as coordenadas determinadas em campo e suas posições homólogas na imagem) de até 25 metros. De acordo com o PEC, esta cena apresenta exatidão planimétrica compatível com a Classe A da escala 1:50.000.

Do total de pontos considerados, 37 estão localizados em terrenos baixos, com altitudes variando de 0 a 69 metros. Os 10 pontos restantes estão localizados em altitudes que variam de 102 a 558 metros. A Figura 5 mostra, através de gráficos de barras, o valor do deslocamento em cada um dos pontos plotados sobre o MDE SRTM da área de estudo.

Ao se separar os pontos em dois conjuntos, 37 pontos relativos a áreas com baixa altitude e os 10 localizados nas áreas mais altas, os resultados mostram claramente o efeito do relevo:

- áreas baixas (0 a 69 metros):
 - todos os 37 pontos apresentam deslocamentos menores ou iguais a 12 metros;
- áreas mais altas (102 a 558 metros):
 - 2 pontos com deslocamentos abaixo de 12 metros (altitudes de 102 e 194 metros);
 - 6 pontos com deslocamentos entre 12 e 25 metros (altitudes entre 398 e 464 metros);
 - 2 pontos com deslocamentos entre 25 e 28 metros (altitudes entre 468 e 558 metros).

Ou seja, ao focar apenas a área baixa, a imagem utilizada nesta avaliação poderia ser enquadrada na classe A da escala 1:25.000, tanto ao se considerar o percentual de pontos com deslocamento de até 12,5 metros (100%) quanto ao se considerar o erro médio quadrático (1,1 metro).

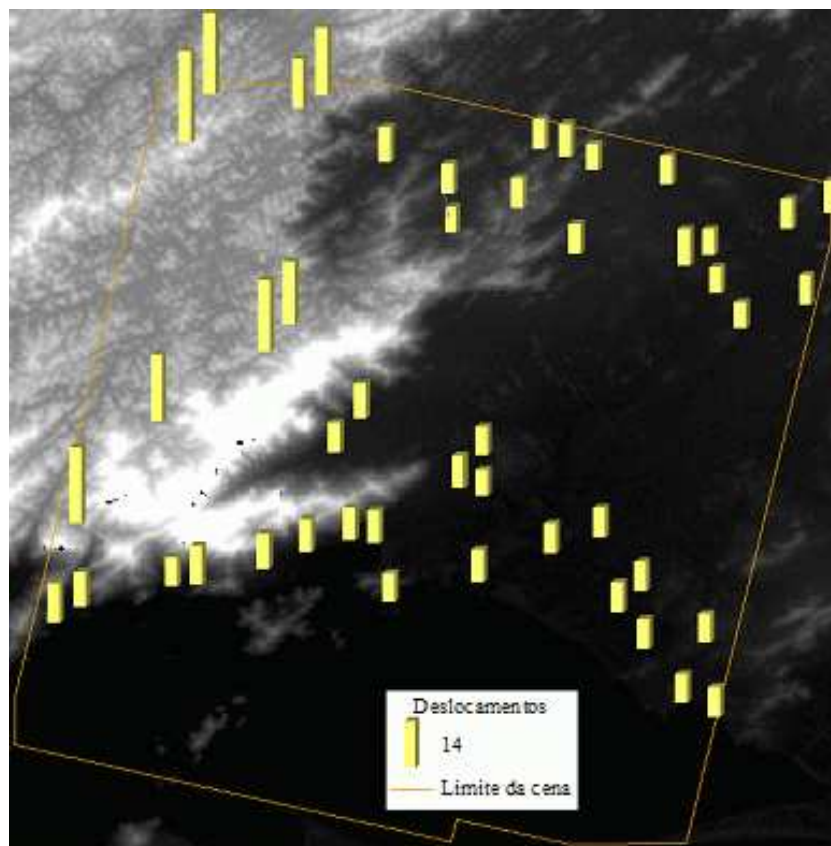


Figura 5: Deslocamentos observados nos 47 pontos de verificação sobre MDE SRTM.

Visando avaliar a influência do relevo na exatidão planimétrica da imagem, foi feito um cálculo do deslocamento máximo esperado para a área de estudo. Considerando os valores de inclinação da visada apresentados no item 4, se a máxima elevação observada na área (1.300 metros) estivesse localizada num dos extremos da imagem, deveria ser verificado um deslocamento de 60 metros. Elevações de 500 metros provocam deslocamentos de 23 metros, se estiverem localizadas nos extremos da imagem.

3.2 Cena 1B2R

Como a proposta das imagens ALOS PRISM é a de apresentar uma exatidão planimétrica muito boa sem a necessidade de uso de pontos de controle no terreno, foram feitos experimentos variando a quantidade destes pontos no processo de ortorretificação, desde o mínimo – 6 pontos – indicado pelos manuais do software utilizado (PCI OrthoEngine) até o dobro disso. Para a ortorretificação da imagem, é necessário, ainda, o uso de um MDE. Estão em andamento avaliações do MDE gerado a partir do próprio Triplet PRISM. Como os testes não estão concluídos, ainda, e como muitos usuários podem preferir utilizar o MDE SRTM (pela sua disponibilidade, boa qualidade e gratuidade), optou-se por avaliar o uso deste modelo na ortorretificação da imagem PRISM. Em função do tamanho do pixel do SRTM disponível (90 metros) ser muito maior do que a resolução espacial do PRISM, optou-se por avaliar também o uso de um MDE gerado a partir de aerofotogrametria (pixel de 20m) para a ortorretificação.

Antes de apresentar os resultados deve ser comentado que o manual do PCI OrthoEngine recomenda a ortorretificação de imagens PRISM com nível de processamento 1B1, sem nenhum tipo de correção geométrica. Neste nível cada visada do Triplet é formada por 4 imagens que, quando mosaicadas, completam a cobertura de 35 km x 35 km esperada para este sensor. Esta característica aumenta muito a demanda por pontos de controle, reduzindo uma das grandes vantagens deste satélite que é minimização da necessidade de pontos de controle no terreno. Em função disto, optou-se por testar o uso de uma cena com nível de processamento 1B2R, em que as 4 imagens originais de cada visada no nível 1B1 já se encontram mosaicadas.

A Tabela 2, a seguir, apresenta, resumidamente, os resultados obtidos com a ortorretificação ao se variar o número de pontos de controle e o MDE utilizado. Nesta avaliação da cena 1B2R foram considerados todos os pontos em um único conjunto, sem distinção de faixa de altitude.

Tabela 2. Classificação da cena 1B2R ortorretificada, segundo quantidade de pontos de controle e MDE utilizados.

Teste	MDE	Pontos Controle	Pontos Avaliação	Erro Planimétrico (metros)			PEC Classe A
				Máximo	Médio	EMQ	
1	SRTM	6	40	25,2	12,0	6,6	1:50.000
2	Fotogrametria	6	40	25,3	11,2	7,0	1:50.000
3	SRTM	7	40	9,6	4,0	2,1	1:25.000
4	Fotogrametria	7	40	8,4	3,3	1,8	1:25.000
5	Fotogrametria	9	40	8,5	3,8	2,1	1:25.000
6	Fotogrametria	12	40	9,2	3,8	2,2	1:25.000

Pela análise da Tabela 2 percebe-se que a exatidão da imagem ortorretificada é pouco alterada ao se variar o MDE. O fator que mais influenciou os resultados foi a quantidade de pontos de controle utilizados. Usando-se o mínimo de pontos de controle, tanto com o MDE SRTM quanto com o oriundo de fotogrametria a ortorretificação pouco melhora a geometria da imagem, enquadrando-a apenas na classe A da escala 1:50.000, mesma categoria alcançada pela cena 1B2G.

Ao se incluir um sétimo ponto de controle, usando-se quaisquer dos dois MDEs, a ortorretificação permite enquadrar a imagem na escala 1:25.000, classe A. A partir de sete pontos de controle, não foi percebida melhora significativa nos resultados pela inclusão de novos pontos.

4. Conclusões

A avaliação desta imagem ALOS/PRISM possibilitou identificar coerência e estabilidade nos resultados, visto que os valores de deslocamentos observados entre pontos na imagem e seus homólogos no terreno, medidos em campo através de posicionamento relativo estático, variaram muito pouco quando uma mesma condição de terreno era observada.

A cena 1B2G apresentou exatidão planimétrica compatível com a classe A da escala 1:50.000. Destaca-se que nas áreas planas e baixas a exatidão observada foi ainda maior.

A cena 1B2R, ortorretificada com 7 pontos de controle foi enquadrada na classe A da escala 1:25.000, tanto ao se utilizar um MDE gerado por fotogrametria quanto ao se usar o MDE SRTM (90 metros de pixel). Ainda serão feitas avaliações adicionais quanto ao uso do MDE SRTM, mas os resultados obtidos indicam – nesta área de estudo – a possibilidade de aplicação deste modelo na ortorretificação de cenas PRISM 1B2R. Confirmando-se esta

possibilidade, amplia-se a facilidade de ortorretificação destas imagens, o que garante sua qualidade geométrica independentemente do relevo da área imageada.

Os resultados, em geral, foram muito promissores, incentivando a continuidade do projeto de avaliação das imagens PRISM em outras áreas e com nível de processamento 1B1, bem como dos MDEs gerados a partir das três visadas deste sensor.

Vale acrescentar que a imagem utilizada neste trabalho foi processada pela ASF utilizando a versão 4.01 do processador; entretanto a JAXA já está utilizando a versão 5.00 (de abril de 2008). De acordo com informações da JAXA, imagens processadas com versões mais recentes que a aqui utilizada irão apresentar qualidade geométrica superior, o que serve como motivação para a continuidade das avaliações do uso destas imagens para geração de produtos cartográficos.

Apesar de ser um teste com apenas uma cena 1B2G, deve ser destacado, que os resultados são atraentes para usuários que não necessitam ortorretificar as imagens, pois podem comprar produtos no nível 1B2G a um custo muito baixo e com uma exatidão muito boa se comparado com a ampla maioria dos produtos disponíveis no mercado. Lembrando-se que esta avaliação refere-se apenas a um estudo de caso, é importante enfatizar, também, que estas imagens podem ser usadas como referência para registro de outras, sempre que a exatidão observada seja apropriada para a aplicação, em especial nas áreas planas.

Para se ter uma maior garantia acerca da exatidão planimétrica das imagens PRISM, planeja-se continuar a avaliação em diferentes partes do país, cobrindo áreas com diferentes características topográficas e de uso da terra e cobertura vegetal.

Bibliografia

ACRES - **ALOS Geometric and Radiometric Specifications**. Outubro 2007. Disponível em: <http://www.ga.gov.au/acres/prod_ser/ALOS_geo.jsp>. Acesso em: 21.jul.2008.

EORC/JAXA, **ALOS PRISM Level 1 Product Format Descriptions Rev.J**, NEB-01006 (ALOS-DPFT-E01). October 2006. Disponível em: <<http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/doc/format.htm>> Arquivo: PRISM_L1_J_ENa.zip. Acesso em: 21.jul.2008.

EORC/JAXA. **ALOS user handbook**. Novembro 2007. Disponível em: <http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/doc/alos_userhb_en.pdf> Acesso em: 21.jul.2008.

IBGE. **Imagens do Satélite ALOS**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/alos/default.php>>. Acesso em: 22.jul.2008.

JAXA, 2007 **Calibration Result of JAXA standard products**. March 29, 2007. Disponível em: <http://www.eorc.jaxa.jp/hatoyama/satellite/data_tekyo_setsumei/alos_hyouka_e_20070329.html> Acesso em: 21.jul.2008.

Kamiya I. Geometric Characteristics of the Early Products of ALOS PRISM. **Bulletin of the Geographical Survey Institute**, vol.54, pp.75–82. 2007.

Kocaman S.; Gruen A. Rigorous Sensor Modeling Of ALOS/PRISM Imagery. Institute of Geodesy and Photogrammetry. In: 8th Conference on Optical 3D Measurement Techniques, Zurich, Switzerland. **Anais...** Julho de 2007. On-line. Disponível em: <http://www.photogrammetry.ethz.ch/general/persons/sultan_pub/Kocaman_Gruen_Opt3D_07.pdf>. Acesso em: 21.jul.2008.

Kramer, H. J. **Observation of the Earth and Its Environment: Survey of Missions and Sensors**. eoPortal directory ALOS. 2006. Disponível em: <http://directory.eoportal.org/pres_ALOSAdvancedLandObservingSatelliteDaichi.html> Acesso em: 20.set.2006.