

Imagens ALOS/PALSAR Kyoto & Carbon no programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite

Silvana Amaral¹
Dalton Morrison Valeriano²
Arango Sánchez Gildardo²
Arimatéa de Carvalho Ximenes¹
Arley Ferreira de Souza^{1,3}

^{1,2}Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil

¹{Silvana, Arimatéa, Arley}@dpi.inpe.br; ²{Dalton, Gildardo}@dsr.inpe.br

³ETEP Faculdades, São José dos Campos - SP, Brasil
arley.souza@etep.edu.br

Abstract. This paper presents a preliminary assessment of ALOS/PALSAR - Kyoto and Carbon Initiative radar images for the Brazilian Forest Monitoring Program. Using deforestation polygons mapped by DETER project, two ALOS/PALSAR ScanSAR images were analyzed considering the capability to detect deforestation patterns. Approximately 50% of polygons could be detected by ALOS/PALSAR images without orthorectification or radiometric calibration. Additional research efforts to develop better image products and multi-temporal approach should improve the deforestation detection capability. Considering the importance and the extension of Amazon forest and the cloud cover conditions, ALOS/PALSAR data has a strong potential to complement the Forest Monitoring Program. Having radar data operational at DETER project would also prepare the Forest Monitoring Program to integrate further radar data from planned Brazilian satellites – MAPSAR and CBERS-7.

Palavras-chave: Amazon rain forest, deforestation monitoring, ALOS/PALSAR imagery, DETER Project.

1. Introdução

O programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite do INPE conta hoje com dois sistemas operacionais, o PRODES e o DETER. O PRODES¹ - Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia - mede as taxas anuais de corte raso desde 1988, para incrementos superiores a 6,25 hectares. O DETER² é um sistema de apoio à fiscalização e controle do desmatamento da Amazônia que divulga mensalmente um mapa de Alertas, com áreas maiores que 25 ha. Estes mapas indicam áreas totalmente desmatadas (corte raso) e áreas em processo de desmatamento por degradação florestal progressiva (INPE, 2008). Além dos mapas com os limites dos Alertas DETER, mensalmente é publicado um relatório com uma análise dos Alertas baseada em imagens de satélites de média resolução (CBERS, LANDSAT), cuja disponibilidade depende da frequência de aquisição e cobertura de nuvens para a Amazônia.

Desde 2006, a Agência de Exploração Aeroespacial do Japão (Japan Aerospace Exploration Agency-JAXA) disponibiliza os produtos da plataforma orbital Advanced

¹ <http://www.obt.inpe.br/prodes/>

² <http://www.obt.inpe.br/deter/>

Land Observing Satellite (ALOS) para a comunidade científica. A bordo da plataforma ALOS, o radar de abertura sintética PALSAR tem sido utilizado para o monitoramento ambiental em escala global.

O Brasil é signatário do consórcio “Kyoto and Carbon Initiative” (K&C) organizado pela JAXA e Earth Observation Research Center (EORC). O INPE faz parte deste grupo de instituições científicas participantes do consórcio K&C e tem acesso a coberturas sistemáticas da Amazônia com dados do radar em banda L PALSAR com diferentes níveis de pré-processamento. Os dados disponíveis abrangem a região centro norte da América do Sul, para a qual são adquiridas imagens em dois modos: Fine Beam Double (FBD) de órbita ascendente e ScanSAR Short (Wide Beam - WB1) de órbita descendente. Iniciativas dos participantes do projeto K&C que se comprovem efetivas quanto ao uso de imagens ALOS para monitoramento ambiental e/ou mitigações de emissão de carbono terão acesso livre e contínuo das imagens ALOS durante o período de atividade do satélite.

Estágios finais de desmatamento, ou seja, corte raso foram anteriormente identificados em imagens SAR, JERS banda L (Almeida Filho et al., 2005). Dados polarimétricos também permitem a detecção de desmatamentos recentes, como observado por Santos et al. (2008), com imagens Mapsar na Floresta Nacional do Tapajós. A banda L apresenta-se sensível a variações entre incremento de desmatamento e floresta primária na Amazônia, como relatado por Guerra et al. (2008). Freitas et al. (2008) indicam ainda que entre dados polarimétricos, a polarização HH-HV é a melhor combinação para mapeamento geral de floresta, permitindo diferenciar floresta primária, secundária, solo exposto, agricultura e floresta degradada. Comparações entre imagens ópticas e de radar sugerem que imagens SAR Banda L podem ser uma fonte complementar de informações para mapear mudanças de cobertura da terra na Amazônia, especialmente no monitoramento de áreas cobertura de nuvens freqüente (Shimabukuro et al., 2007). Investigações preliminares com imagens ALOS/PALSAR mostraram que a resposta nestas imagens é sensível tanto ao corte raso, quanto à degradação florestal na Amazônia (Valeriano et al, 2008).

A assimilação de dados ALOS/PALSAR trará complementaridade às atividades do DETER realizadas com dados ópticos, permitindo a melhor detecção de degradação florestal e, principalmente, cobrindo áreas com constante cobertura de nuvens, como é o caso da parte setentrional da Amazônia brasileira, onde o DETER tem capacidade limitada de monitoramento no período chuvoso.

Este trabalho como objetivo apresentar uma avaliação preliminar do uso de imagens ALOS/PALSAR para a qualificação dos polígonos de Alerta do DETER. Espera-se que a partir desta avaliação sejam levantadas as necessidades metodológicas para que se possa operacionalizar o uso de dados de radar no Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica.

2. Área de estudo

Inicialmente trabalhou-se com os polígonos de desmatamento do DETER que foram verificados durante a missão de campo do INPE, no dia 18 de setembro de 2008. Os polígonos encontram-se nos municípios de Altamira, Novo Progresso e Itaituba (**Figura 1**), região de atividade freqüente de desmatamento no período de abril a setembro de 2008. Os polígonos de desmatamento do DETER foram verificados através de um sobrevôo, viabilizado através da colaboração com o IBAMA.

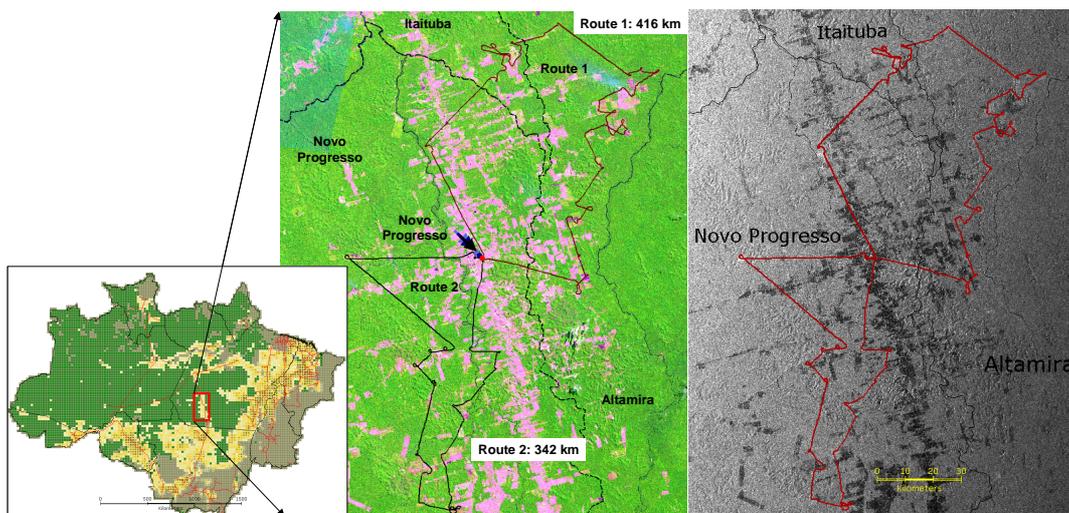


Figura 1. Área de estudo – polígonos de desmatamento DETER verificados em campo. Rota de sobrevôo sobreposta à imagem Landsat-TM (22765_250708) e imagem ALOS ScanSar (WB1-HH-300808).

Numa segunda etapa, propôs-se utilizar todos os polígonos de alerta DETER mais recente para avaliar como uma imagem ALOS/PALSAR poderia contribuir na qualificação dos dados do DETER. Neste caso, a área de estudo limitou-se a área equivalente a cobertura da imagem ALOS/PALSAR disponível (**Figura 2**).

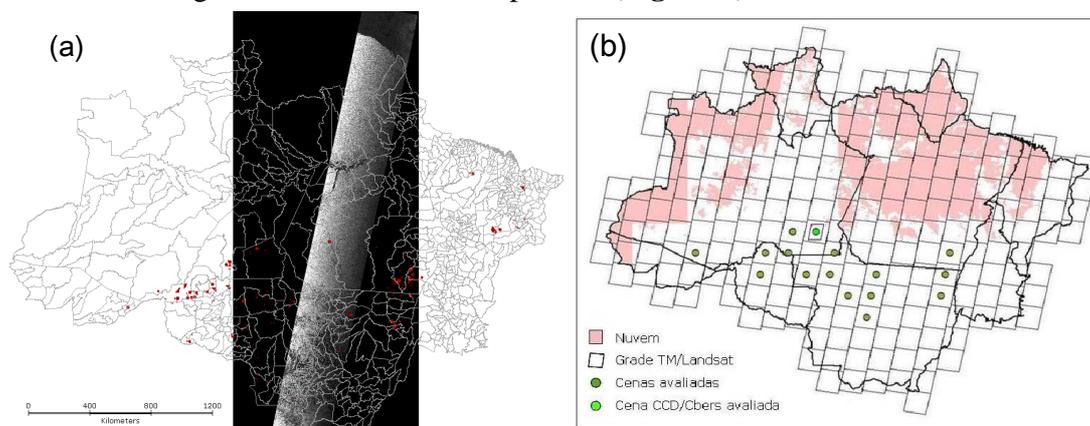


Figura 2. (a) Cobertura da imagem Alos Palsar (WB1-HH-101508) e os alertas de desmatamento do DETER de setembro de 2008 (vetores em vermelho). (b) Cobertura de nuvens (rosa) e cenas qualificadas dos dados de alerta DETER para setembro de 2008.

3. Materiais e métodos

Dados DETER

Antes da divulgação dos dados quinzenais de alertas do DETER na internet (<http://www.obt.inpe.br/deter/>) faz-se uma qualificação por amostragem dos polígonos identificados durante o mês de referência. Esta qualificação baseia-se na interpretação por amostragem dos polígonos de alerta sobre as imagens de satélite de média resolução (Landsat/TM e CBERS/CCD) disponíveis para o período livre de nuvens. A **Figura 2b** apresenta a amostragem realizada para a qualificação de setembro de 2008. O resultado da qualificação indica a porcentagem de alertas que correspondem a corte raso, degradação

florestal de intensidade leve, alta ou modera, e polígonos não confirmados como desmatamento. Além desta validação sistemática, expedições de campo também são realizadas para calibrar a metodologia e aprimorar os resultados do monitoramento. As fotos referentes às expedições de campo podem ser acessadas em <http://www.obt.inpe.br/fototeca/>.

Para este trabalho, foram utilizados dois subconjuntos de dados de Alerta do DETER. Os polígonos de alerta confirmados como desmatamento no trabalho de campo de 18 de setembro constituem o primeiro conjunto de dados. Para este caso, foram considerados os alertas DETER identificados de maio a agosto de 2008, com área maior que 100 ha.

De modo a simular o uso de imagens ALOS PALSAR K&C operacionalmente para a qualificação dos alertas DETER, verificou-se a possibilidade de qualificar os alertas DETER de setembro. Neste caso, o segundo conjunto de dados compreende todos os polígonos DETER do mês de setembro que foram avaliados sobre a imagem PALSAR de outubro.

Imagens ALOS -PALSAR

As imagens ALOS/PALSAR K&C, são regularmente obtidas pelo INPE através de uma implementação que acessa as imagens diretamente da JAXA e as organiza numa base de dados. As imagens são salvas em uma área segura das quais se obtém as informações referentes ao nome do arquivo, polarização, data de aquisição e retângulo envolvente (box). Um portal³ foi desenvolvido para consultar esta base de dados e selecionar as imagens de interesse por data, polarização e coordenada de interesse central. A cobertura das imagens selecionadas pode ser verificada com auxílio do Google Earth (**Figura 3**), e até o momento, a requisição deve ser feita ao gerente da base de dados. Uma vez definida a política de acesso aos dados, e a implementação concluída utilizando-se de uma servidora, o portal estará disponível a comunidade científica.

Dados de Imagens
Images between 2008-01-01 and 2008-12-31
Polarization HH
Images next to (-2.08, -55.10)

Nro	Filename	Date	Polarization	Upper left lat	Upper left long	Upper right lat
1	KC_003-16406N08S25WB1SLT1.tar.gz	2008-01-13	HH	6.78427219	-50.33219910	7.469614
2	KC_003-16409N08S25WB1SLT1.tar.gz	2008-01-18	HH	7.14598036	-51.86618805	7.8286653
3	KC_003-19406N08S16WB1SLT1.tar.gz	2008-05-30	HH	6.76626276	-50.34286118	7.435774
4	KC_003-19409N08S16WB1SLT1.tar.gz	2008-06-04	HH	7.14785385	-51.86725616	7.817874
5	KC_003-20409N09S12WB1SLT1.tar.gz	2008-07-20	HH	7.57900953	-51.77285385	8.251596
6	KC_003-21406N09S21WB1SLT1.tar.gz	2008-08-30	HH	7.74315119	-50.13478851	8.418361
7	KC_003-21409N08S16WB1SLT1.tar.gz	2008-09-04	HH	7.20635462	-51.85453415	7.879265
8	KC_003-22406N08S30WB1SLT1.tar.gz	2008-10-15	HH	6.79147148	-50.32365036	7.482315

Total de registros desta tabela: 8 (1 página)
Página atual: 1

Buttons: Início, Anterior, Próxima, Final
Ir para a página: de
Número de linhas da tabela: 60
Mostrar a tabela
Google Earth (kmz) | Excel 2003 e XP | Exportar dados (txt)

Figura 3 – Portal para seleção de imagens ALOS PALSAR K&C e verificação do recobrimento das cenas selecionadas.

A imagem ALOS/PALSAR ScanSAR de 30 de agosto de 2008 foi selecionada para a primeira análise, considerando-se apenas os dados DETER (de abril a agosto de 2008)

³ <http://www.dpi.inpe.br/sima/bancos/>

verificados em campo. Para a segunda análise, utilizou-se a imagem ALOS-PALSAR ScanSAR de 15 de outubro de 2008. Ambas imagens são de formato WB1 (Scan SAR 5-beam short burst), polarização HH, *slant range*, 100 m de resolução espacial.

As imagens foram processadas apenas o suficiente para possibilitar a correta sobreposição dos arquivos vetoriais de alertas do DETER. Utilizando-se o software SarScape, as imagens foram importadas, e tiveram a geometria corrigida a partir dos parâmetros de aquisição das imagens. Neste processo de georreferenciamento, as imagens foram reamostradas para a resolução de 50 m, através de convolução cúbica, para o sistema de projeção cartográfica UTM-WGS84.

Para implementação dos dados de ALOS PALSAR K&C no programa Monitoramento da Amazônia por Satélites no INPE as imagens deverão ser registradas utilizando-se de modelos digitais de elevação e deverão passar por processo de correção do padrão de antena. Contudo, o procedimento completo de pré-processamento mais refinado ainda não estava definido e operacionalizado para ser aplicado neste trabalho.

Após a correção geométrica, as imagens ALOS PALSAR K&C de potência foram convertidas para o formato tiff (8 bits) de modo a facilitar a manipulação das imagens e integração com os dados de alertas DETER nos sistemas de informação geográfica utilizados: SPRING e TerraView.

Os polígonos de alerta DETER foram sobrepostos às imagens ALOS PALSAR K&C e interpretados visualmente quanto à capacidade de discernir padrões de resposta diferenciadas na imagem de radar. Valores de níveis digitais mais claros que os registrados para a floresta são associados à resposta espectral de áreas de desmatamento recente. Áreas que sofreram desmatamento há um ano ou mais, e que já possuem alguma cobertura vegetal, como pastos ou cultivos, apresentam valores de níveis digitais mais escuros. Além da variação da tonalidade dos pixels, a presença de limites retilíneos entre feições foi usada como critério para interpretação. Cada polígono de alerta DETER foi então qualificado quanto à possibilidade de ser discriminado ou não nas imagens ALOS avaliadas.

4. Resultados

O processamento simplificado adotado para a correção das imagens ALOS PALSAR K&C possibilitaram a avaliação proposta. A diferença de iluminação nas imagens dificultou em parte, mas não comprometeu a avaliação. A precisão de posicionamento da imagem em relação aos polígonos de alerta DETER, da ordem de 500 m, foi suficiente para a análise por interpretação visual proposta, como pode ser observado na **Figura 4**.

De todos os polígonos de Alerta DETER (67) referentes a corte raso verificados mais da metade deles (55%) foram discerníveis sobre a imagem ALOS/PALSAR (**Tabela 1**). A capacidade de detecção variou de acordo com o tamanho do polígono, do tipo de borda, do contexto na cena, da condição de iluminação na imagem, e principalmente pelo relevo.

Verificando-se a área média dos polígonos de Alerta DETER que foram ou não identificados na imagem ALOS/PALSAR (**Tabela 2**), observa-se que foram detectadas áreas maiores que 2 km², e a cada mês, os polígonos de Alerta DETER não identificados são em média menores que os identificados.

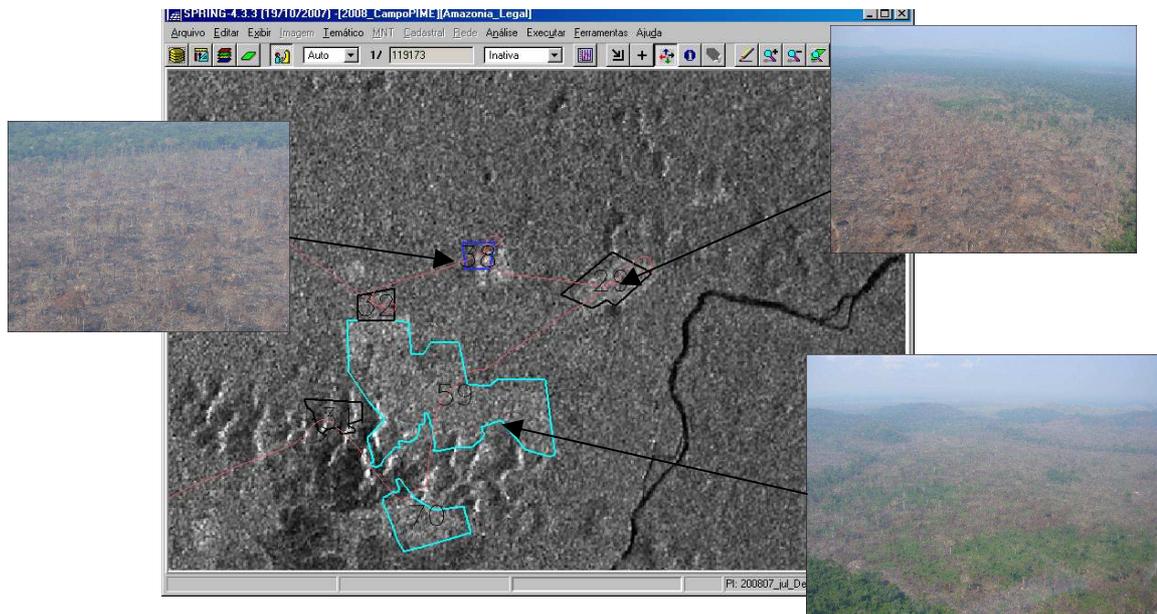


Figura 4. Exemplo de sobreposição dos polígonos de alerta DETER à imagem ALOS ScanSAR (30/08/08). Fotos aéreas dos alertas Deter de junho (cian), julho (azul escuro) e agosto (preto) de 2008, verificados no sobrevôo (linha vermelha) próximos ao rio Curuá, município de Altamira -PA.

Considerando-se todos os polígonos de Alerta DETER apenas para o mês de setembro de 2008, com uma única cena ALOS/PALSAR WB1 (15/10/2008), apenas 76 polígonos, dos 565 mapeados para a Amazônia Legal coincidiram com a cobertura da imagem. Contudo, a imagem selecionada de data mais próxima para o período não inclui as regiões com maior intensidade de polígonos de Alerta de DETER. Para o mês de setembro, seria indicado o uso de no mínimo 3 órbitas para cobrir as áreas de maior densidade de Alerta.

Tabela 1 – Polígonos de alerta DETER verificados no campo (>100 ha) e detectados na imagem ALOS/PALSAR .

	Alertas Deter	Deteção ALOS	%
Mai	12	6	50.00
Junho	17	7	41.18
Julho	14	10	71.43
Agosto	24	14	58.33
Total	67	37	55.22

Como foram considerados todos os polígonos de Alerta de setembro, tem-se outras classes que não apenas corte raso em avaliação. Os resultados indicam que apesar dos Alertas de setembro apresentarem área média menor do que os encontrados para o período de maio a agosto, 45% dos polígonos foram identificados na imagem ALOS/PALSAR (**Tabela 3**). Contudo, a maior parte dos polígonos de Alerta corresponderam a feições escuras na imagem ALOS/PALSAR, indicando áreas de desmatamento mais antigas. Novas

avaliações, com imagens ópticas de resolução de maior detalhe deveriam ser realizadas para validação dos resultados.

Tabela 2 – Polígonos de alerta DETER verificados no campo (>100 ha) e detectados na imagem ALOS/PALSAR (30/08/2008) .

Mês	Área média dos polígonos DETER (km ²)	
	Presentes	Ausentes
Maio	7.00	3.86
Junho	5.51	3.21
Julho	2.46	1.68
Agosto	2.35	1.83
TOTAL	4.33	2.65

Tabela 3 – Polígonos de alerta DETER mapeados em setembro de 2008 e detectados na imagem ALOS/PALSAR (15/10/2008)

ALOS/PALSAR (15/10/2008)	Polígonos DETER Setembro/2008	Área Média (km ²)	% polígonos
Presentes	34	0.92	44.74
Ausentes	42	0.75	55.26
Total	76		

5. Comentários Finais

Este trabalho apresentou a primeira avaliação do uso de imagens ALOS/PALSAR para auxiliar a qualificação dos dados de Alerta DETER na Amazônia. A média de identificação de 55% dos polígonos de Alerta DETER deve ser aprimorada conforme as metodologias de orto-correção e calibração radiométrica sejam estabelecidas. Além de aprimorar e operacionalizar o pré-processamento das imagens ALOS/PALSAR, prevê-se a elaboração de um mosaico de imagens para 2008, que proporcionará a análise multi-temporal para identificar desmatamento na floresta Amazônica. Esta contribuição é fundamental para monitorar áreas de intensa e freqüente cobertura de nuvens, dificilmente mapeadas pelo DETER.

A assimilação de dados ALOS/PALSAR no projeto DETER deverá preparar o INPE e o Programa de Monitoramento da Amazônia por Satélites para futuras missões de radares orbitais previstas no Programa Espacial Brasileiro que prevê o lançamento do MAPSAR em 2013 e do CBERS-7 em 2016, ambos portadores de radar em banda L, com características similares ao PALSAR (INPE, 2008).

Agradecimentos

Os autores agradecem à equipe do DETER do INPE pelos dados, e em especial aos pesquisadores Maria Isabel S. Escada, Camilo D. Rennó e Taise F. Pinheiro pela oportunidade de colaboração durante o trabalho de campo.

Referências

- Almeida-Filho, R.; Rosenqvist, A.; Shimabukuro, Y. E.; Santos, J. R. Evaluation and Perspectives of Using Multitemporal L-Band SAR Data to Monitor Deforestation in the Brazilian Amazônia. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 2, n. 4, p. 409-412, 2005.
- Freitas, C. C.; Soler, L.S.; Sant'Anna, S. J. S.; Dutra, L. V.; Santos, J. R.; Mura, J. C.; Correia, A. H.. Land Use and Land Cover Mapping in the Brazilian Amazon Using Polarimetric Airborne P-Band SAR Data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 46, p. 2956-2970, 2008.
- Guerra, J. B.; Freitas, C.C.; Mura, J. C. (2008). Evaluating the potential of L Band POLSAR data to discriminate deforestation increment in Amazon Rain Forest. In: International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2008, Boston, USA.
- INPE. Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real na Amazônia – DETER: Aspectos gerais, metodológicos e plano de desenvolvimento. Relatório técnico científico contendo avaliação detalhada do DETER 2006/2007, INPE, 2008. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/deter/>>. Acesso em: 07 nov. 2008.
- Santos, J. R.; Mura, J. C.; Paradella, W.R.; Dutra, L. V.; Gonçalves, F. G. Mapping recent deforestation in the Brazilian Amazon using simulated L-band MAPSAR images. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, p. 4879-4884, 2008.
- Shimabukuro, Y.E.; Almeida-Filho, R.; Kuplich, T.M.; Freitas, R.M. Quantifying optical and SAR image relationships for tropical landscape features in the Amazônia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, n. 17, p. 3831-3840, 2007.
- Valeriano, D. M.; Paradella, W. R.; Oliveira, C. G.; Almeida, C. A.; Amaral, S. ALOS PALSAR data assimilation in INPE's Brazilian Amazon Deforestation Monitoring Program (PRODES and DETER). In: ALOS K&C 10th Science Team Meetings, RESTEC/Tokyo, 2008.