

IDENTIFICAÇÃO DE CLASSES DE COBERTURA DA TERRA NA AMAZÔNIA UTILIZANDO IMAGENS ALOS/PALSAR E CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO

Identifying Land Cover Classes in Amazon with ALOS/PALSAR Images and Object Oriented Classification

Bruno Rodrigues do Prado¹
Vagner Azarias Martins¹
Ericson Hideki Hayakawa¹
João Batista Tavares Júnior²
Yosio Edemir Shimabukuro¹

¹**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE**
Divisão de Sensoriamento Remoto - DSR
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
prado@dsr.inpe.br
vagner@dsr.inpe.br
ericson@dsr.inpe.br
yosio@dsr.inpe.br

²**Universidade Federal do Paraná - UFPR**
Caixa Postal 19001 - 81531-990 - Curitiba - PR, Brasil
joaotavaresjunior@yahoo.com.br

RESUMO

Atualmente o sensoriamento remoto por microondas, aplicado ao monitoramento do meio ambiente, tem ganhado grande atenção. O monitoramento da cobertura e do uso da terra em ambientes tropicais é necessário para conhecer os padrões de uso e identificar os agentes que promovem as modificações nessas superfícies. O objetivo principal do trabalho é utilizar a classificação orientada a objetos em imagens de radar de abertura sintética, em banda L, identificando e quantificando as seguintes classes de cobertura e uso da terra: floresta primária, floresta degradada (florestas degradadas e secundárias), solo exposto e agricultura (agricultura e pastagens). Uma cena polarimétrica ALOS/PALSAR (modo FBD, nível de processamento 1,5), adquirida em 20 de agosto de 2007, foi utilizada nesse trabalho. Foi aplicado o filtro de ruído speckle Gamma (janela 5x5) sobre as imagens no formato amplitude. A classificação orientada a objetos foi realizada utilizando o software Defines. Segmentação multiresolução e lógica booleana foram os principais padrões empregados. A área de estudo abrange parte do município de Cláudia, localizada na região norte do estado de Mato Grosso, na Amazônia brasileira. Dados da área de estudo, obtidos pelos projetos PRODES, DETER e imagens Landsat 5/TM, foram utilizados para avaliar as classificações. Uma matriz de confusão foi empregada para avaliar a acurácia da classificação através do índice de concordância Kappa e acurácia global. Resultados iniciais indicam que, desconsiderando a informação de fase, a imagem de polarização cruzada (horizontal - vertical) promove a melhor distinção entre as classes de uso e cobertura da terra, especialmente entre floresta primária, degradada (áreas recentemente desflorestadas) e floresta secundária.

Palavras chaves: Banda L, Cobertura da Terra, Radar de Abertura Sintética, Dados de Amplitude, Amazônia.

ABSTRACT

Currently the microwave remote sensing for monitoring the environment has been gaining much attention. Monitoring land cover and land use is important for tropical environment and is necessary to know the land use patterns and to identify the agents of change. The main goal of this research is to apply the object oriented classification, in L-band synthetic aperture radar (SAR) data, for mapping and quantifying the following land cover/land use classes: primary

forest, degraded forest (degraded and secondary forest), bare soil and agriculture (agriculture and pasture). A polarimetric scene of ALOS/PALSAR (FBD, 1.5 level), acquired on august 20, 2007, was used in this work. Gamma speckle filtering method (window 5x5) was applied to the radar data in the amplitude image format. The object oriented classification was carried out using Definiens software. Multiresolution segmentation and boolean logic based classification are the main key process. The study area covers the municipality of Cláudia, located in the north region of Mato Grosso state, Brazilian Amazon. PRODES, DETER, and Landsat Thematic Mapper (TM) data covering the study area were used to evaluate the performance of the classification. The confusion matrix was used to assess the classification accuracy using Kappa coefficient of agreement and overall accuracy. Initial results indicate that, no phase considered, the cross-polarized (horizontal - vertical) image can improve the distinction between land cover/land use classes, especially primary forest, degraded (recently deforested areas), and secondary forest.

Keywords: L Band, Land Cover, Synthetic Aperture Radar, Amplitude Data, Amazon.

1. INTRODUÇÃO

Utilizar dados orbitais de sensoriamento remoto é uma forma eficiente para o monitoramento e estudo da superfície terrestre. A identificação das classes de uso e cobertura da terra auxilia a identificação das alterações e o modelo de organização da superfície. Em ambientes tropicais as modificações da superfície são aceleradas, condicionadas por padrões de desenvolvimento socioeconômicos (ANDERSON, 2004).

Na Amazônia Legal as modificações da superfície ocorrem de maneira intensa, sendo necessário o mapeamento contínuo da cobertura e uso da terra. Identificar essas classes possibilita quantificar o aumento de áreas desflorestadas e os processos de regeneração florestal existentes. No entanto, existem limitações inerentes aos sensores ópticos orbitais, como a intensa cobertura de nuvens sobre as regiões tropicais (ASNER, 2001). Entretanto, a utilização de imagens de radar permite a aquisição de informações sem interferência de fatores atmosféricos como nuvens e poeira, permitindo o imageamento da superfície sobre intensa cobertura de nuvens (HENDERSON e LEWIS, 1998; JENSEN, 2007).

Os dados de radar gerados em banda L dispõem de grande potencial na identificação de diferentes coberturas da terra, pois são sensíveis a estrutura da vegetação. Esse comprimento de onda possibilita penetração no dossel da vegetação e o retroespalhamento acaba sendo condicionado pelos galhos e troncos superiores. As imagens co-polarizadas nessa frequência são também indicadas para a diferenciação dos tipos florestais, permitindo a distinção entre estágios de sucessão secundária e processos de regeneração (SAATCHI *et al.*, 1997; DOBSON, 2000). Os dados de polarização cruzada apresentam ainda um potencial superior comparados aos dados de co-polarização para a detecção dos eventos iniciais de desmatamentos, de áreas queimadas e de vegetação secundária (ALMEIDA-FILHO *et al.*, 2005; 2007).

Este trabalho tem como objetivo avaliar a técnica de segmentação multiresolução e a classificação orientada a objetos para identificar classes de uso e cobertura da terra sobre imagens de radar do sensor ALOS/PALSAR. A classificação orientada a objetos

parte da premissa que a informação necessária para a interpretação de uma imagem não está presente somente no pixel, mas também nos objetos da imagem e nas relações entre eles (DEFINIENS, 2008). Este método é comumente empregado em ambientes urbanos (PINHO, 2006; ALVES *et al.*, 2007) dada a sua grande capacidade de discriminação de objetos, sendo o potencial da classificação orientada a objetos ainda pouco explorado em ambientes agrícolas e florestais (BLASCHKE *et al.*, 2000).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo se localiza no município de Cláudia (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), porção norte do estado de Mato Grosso, totalizando uma área de 839km². As principais atividades econômicas da região estão centradas no setor primário da economia, com destaque para a agricultura (cultura de soja, algodão e milho), atividades de exploração madeireira e pecuária extensiva (IBGE, 2008).

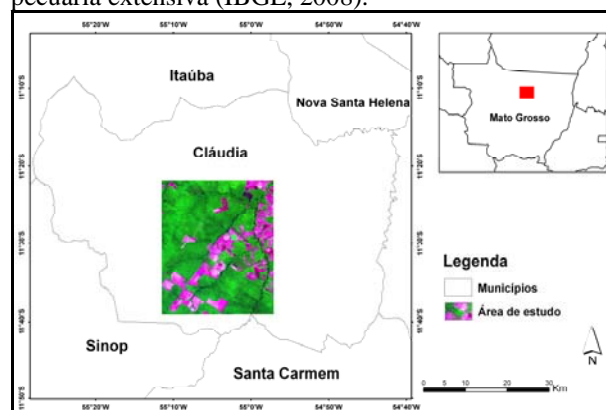


Figura 1 - Localização da área de estudo e municípios adjacentes.

As classes de cobertura da terra utilizadas pelo trabalho foram: floresta primária, floresta degradada, solo exposto e agricultura. A classe floresta primária consiste na formação vegetal arbórea original que não sofreu interferência ou degradação por uso antrópico. A classe floresta degradada abrange as formações florestais secundárias (resultantes dos processos naturais de sucessão) e as florestas degradadas propriamente ditas (submetidas a diferentes níveis de degradação

gerados por fatores como o fogo e a exploração madeireira). A classe solo exposto é caracterizada por reduzida cobertura vegetal, encontrada em períodos de preparo do solo para plantio. Por sua vez, a classe Agricultura abrange as áreas de culturas agrícolas e as pastagens.

Foi empregado um recorte de cena do radar polarimétrico ALOS/PALSAR, gerada em 20 de agosto de 2007 no modo Fine Beam Dual polarimetric (polarização HH e HV), nível 1.5 de processamento, geocodificada. A imagem dispõe de 4 looks, 16 bits e espaçamento de pixel de 12,5 x 12,5m, e foi adquirida via ALOS User Interface Gateway (AUIG), serviço integrado da Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). Para a redução do ruído speckle foram testados diversos filtros, sendo escolhido o filtro Gamma com janela 5x5 (RSI, 2005). Esse foi escolhido por proporcionar a mínima perda de informação textural e preservar os contornos dos alvos nas imagens. O sensor ALOS/PALSAR é um instrumento SAR multipolarizado que opera em banda L (comprimento de onda de 23,5cm) e possui três modos de imageamento: Fine, ScanSAR e Polarimétrico (JAXA, 2007). Como apoio na identificação das feições de cobertura da terra foi utilizado uma cena Landsat 5/TM, órbita-ponto 226/068, adquirida em 17 de agosto de 2007.

Dados vetoriais referentes ao ano base de 2007, produzidos pelo Projeto de Estimativa de Desflorestamento da Amazônia (PRODES) e pelo Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER) foram utilizados. O PRODES disponibiliza a estimativa anual do desflorestamento (do tipo corte raso) na Amazônia Legal, enquanto o DETER mapeia o processo de desmatamento por degradação florestal (CÂMARA *et al.*, 2006; INPE, 2008).

Para a segmentação utilizou-se o software Definiens (DEFINIENS, 2008). Esse segmentador multiresolução possui um algoritmo que leva em consideração múltiplas características da imagem e que se fundamenta na técnica de crescimento de regiões (BAATZ e SCHAPE, 1999). O processo inicia-se considerando cada pixel como um objeto e agrupando esses objetos através de um critério de heterogeneidade. Neste segmentador o limiar de similaridade e escala é formada pelos parâmetros de cor e forma, onde a cor é formada pela soma ponderada dos valores dos desvios padrões de cada objeto, e a forma é a união dos parâmetros de compacidade e suavidade. O parâmetro compacidade é definido pela razão da área do objeto e o raio da circunferência abrangente. O parâmetro de suavidade expressa o limite entre objetos, onde, quanto mais fractal, maior o índice de forma (DEFINIENS, 2008). A classificação orientada a objetos é representada por uma coleção de objetos que possuem características próprias e se relacionam entre si, onde os objetos são conceitos em um determinado domínio de uma aplicação (RUMBAUGH e BLAHA, 2006). Os objetos são agrupados conforme os atributos definidos e o método lógico (*booleano* ou *fuzzy*).

Para avaliar a concordância das classificações

temáticas foi utilizado o índice Kappa (HUDSON e RAMM, 1987) e o valor de acurácia global. O índice Kappa é gerado a partir da matriz de confusão e os valores são posteriormente comparados a uma tabela de referência que estima a qualidade das classificações (LANDIS e KOCH, 1977).

Tabela 1 - Coeficiente Kappa e qualidade das classificações. Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977)

Valor do Kappa	Qualidade da classificação
< 0,01	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Boa
0,61 a 0,80	Muito Boa
0,81 a 1,00	Excelente

Para a identificação das classes de cobertura da terra e validação das classificações foram utilizadas informações disponibilizadas pelo programa PRODES, DETER e por interpretação visual de imagens ópticas Landsat 5/TM do período equivalente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A segmentação multiresolução foi aplicada sobre as imagens de radar de polarização HH, HV e sobre a imagem HH-HV (produzida pela subtração da imagem de polarização HV sobre a imagem HH). Os parâmetros utilizados para a segmentação multiresolução nas três polarizações foram: escala 200, cor 0,8 e compacidade 0,2. Com estes parâmetros foi obtido um nível de detalhamento diferenciado para cada imagem, ilustrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** A imagem HH produziu 1950 segmentos, a banda HV produziu 720 segmentos e a imagem HH-HV 1020 segmentos. Esse maior adensamento e detalhamento de segmentos produzidos na imagem copolarizada (HH) podem ser resultantes da maior variação nos níveis de amplitude dessa banda. Apesar das dimensões da imagem (2100 x 2560 pixels) o processo de segmentação foi extremamente rápido (cerca de dois minutos por imagem), fato pouco usual no processamento de imagens de radar, visto que os segmentadores específicos necessitam de muito tempo nesse tipo de atividade.

Após a definição dos segmentos foi escolhido um conjunto de amostras representativas para as quatro classes de cobertura da terra. A escolha das amostras foi norteada pelas informações existentes nos dados divulgados pelo PRODES e DETER. Nesse conjunto de informações foi possível identificar amostras das classes floresta primária e floresta secundária através dos dados do PRODES, ocorrências da classe floresta degradada

nos dados do DETER e as classes solo exposto e agricultura foram identificadas por interpretação visual.

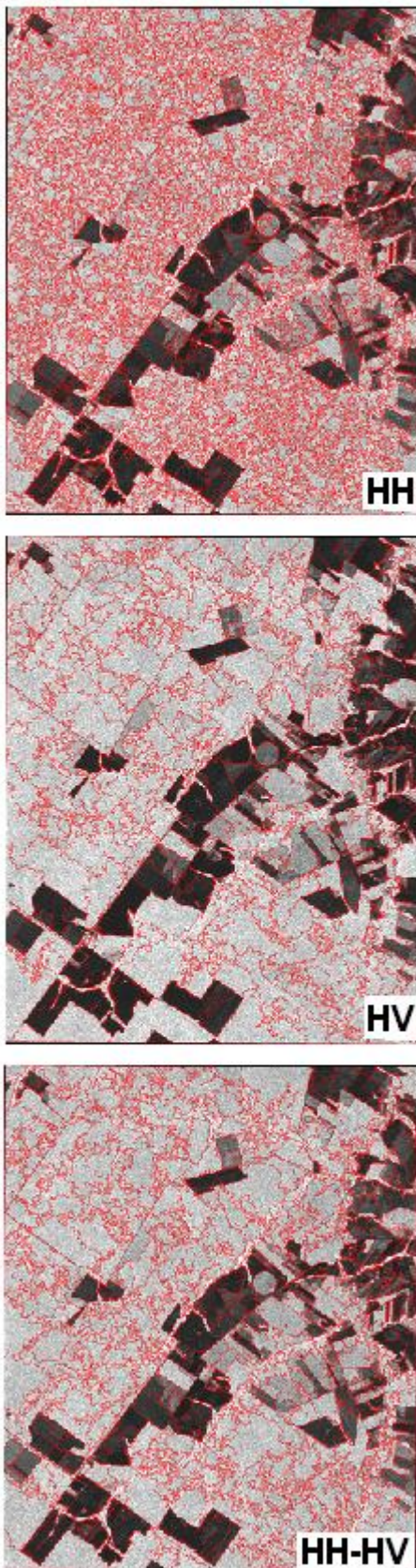


Figura 2 - Segmentação realizada nas imagens HH, HV e HH-HV.

As três imagens segmentadas foram classificadas separadamente, utilizando a classificação orientada a objetos, tendo como atributo o brilho, e função lógica *booleana*. As classificações são ilustradas na Figura 3, e foram avaliadas em relação aos seus índices de concordância *Kappa* e acurácia global (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores de Kappa e Acurácia Global

Classes Cobertura	Valor de <i>Kappa</i>		
	HH	HV	HH-HV
Floresta Primária	0.94	1.00	1.00
Floresta Degradada	0.14	0.49	0.60
Solo Exposto	0.97	0.64	0.87
Agricultura	0.48	0.98	1.00
Kappa Total	0.76	0.70	0.87
Acurácia Global (%)	0.86	0.82	0.92

A classificação orientada a objeto obteve resultados diferenciados sobre as imagens consideradas. A classe floresta primária foi identificada em todas as polarizações empregadas. A classe floresta degradada foi mais facilmente identificada na imagem HH-HV, praticamente não sendo identificável na polarização HH. A classe solo exposto foi melhor identificada na imagem HH, mas essa polarização não foi adequada para a identificação da classe agricultura. A classe agricultura foi melhor identificada nas imagens HV e HH-HV.

Apesar da segmentação obtida na imagem HH apresentar o maior número de segmentos, a melhor acurácia global na classificação foi obtida pela imagem HH-HV. Os segmentos gerados nessa imagem (HH-HV) permitiram um melhor delineamento dos alvos de interesse na cena, possibilitando assim uma classificação de maior concordância. Os melhores resultados obtidos pela classificação orientada a objetos nas imagens HV e HH-HV se devem ao fato da polarização cruzada apresentar maior sensibilidade para a discriminação de tipos florestais. Essa maior sensibilidade da polarização cruzada é proporcionada pela interação das ondas de radar no dossel, troncos superiores e galhos, atuando como elementos que ocasionam a despolarização da onda incidente (SAATCHI *et al.*, 1997; WATANABE *et al.*, 2007).

Essa despolarização da onda incidente e a interação na banda L com as diferentes estruturas do dossel permitem uma melhor identificação dos tipos florestais. Considerando que, quanto maior o brilho de retorno de imagens com polarização cruzada em formações vegetais, maior será o retroespalhamento volumétrico, pode-se utilizar esse atributo para melhorar a distinção entre a floresta primária e a floresta degradada.

Em suma, nota-se que as classificações a partir de segmentos de imagens de polarização cruzada apresentam melhores resultados na definição das classes

de cobertura da terra frente à classificação a partir de segmentos provenientes de imagens co-polarizadas.

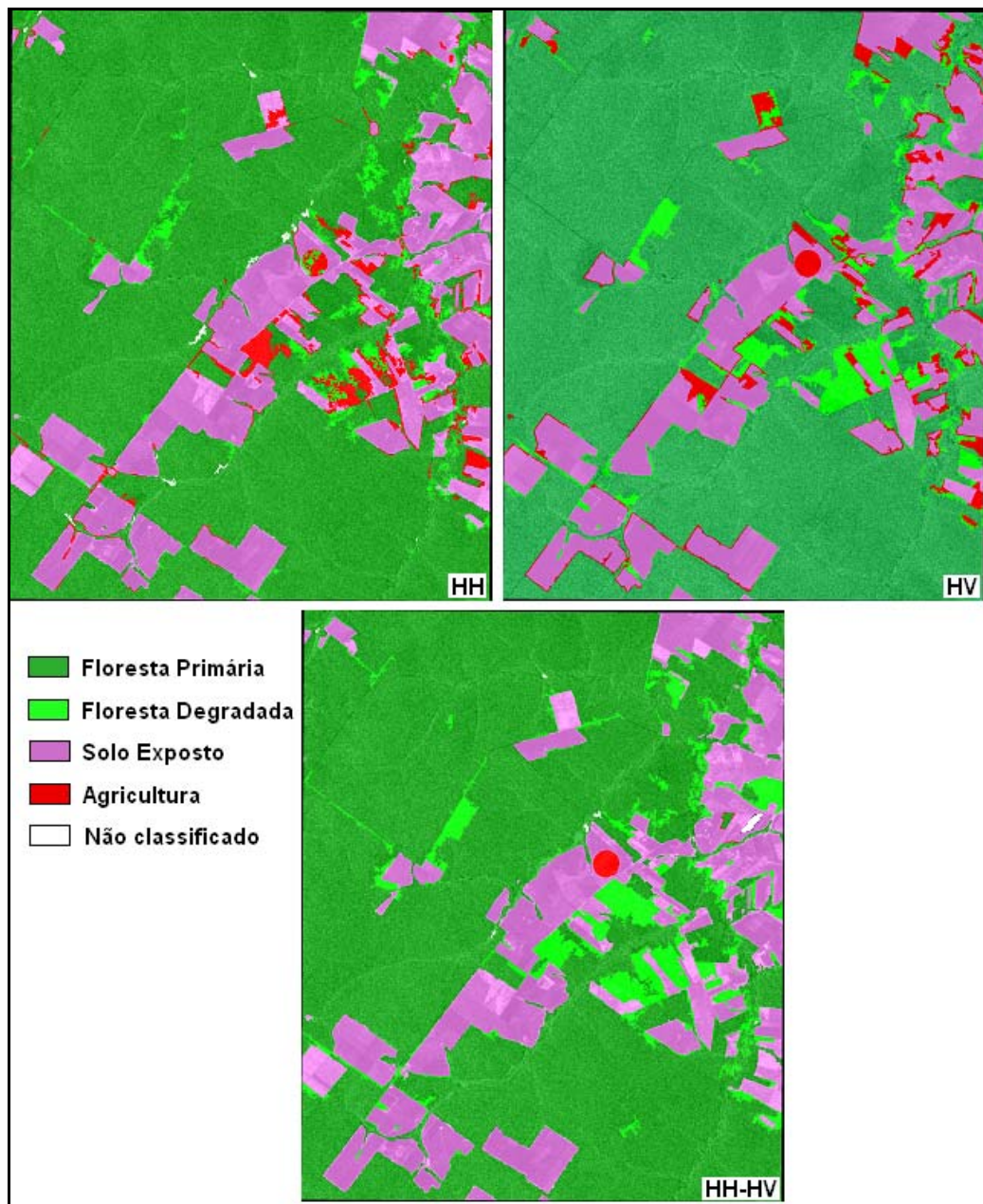


Figura 3 - Classificação orientada a objeto gerada para as imagens HH, HV e HH-HV.

Tal fato deve-se aos atributos definidos na classificação orientada a objetos e aos parâmetros do próprio sensor (frequência, polarizações, ângulo de incidência, resolução espacial, etc.). Um maior refinamento também pode ser obtido pela utilização de informações de relacionamento entre objetos para a discriminação das classes. Desse modo, pode-se elaborar um nível que permita a extração de informação de brilho (ou outro parâmetro, e.g. a textura) permitindo a separação de novas classes dentro dos segmentos já individualizados.

4. CONCLUSÕES

O trabalho apresentou a aplicação da classificação orientada a objetos sobre imagens de radar em banda L para a distinção de classes de cobertura da terra em ambientes de floresta tropical. Os resultados indicaram o grande potencial dessa ferramenta para os estudos de uso e cobertura da terra. Nesse sentido, é necessário considerar outros tipos de informações contidas nas imagens, e não somente as informações espectrais.

A metodologia de trabalho permitiu processamentos rápidos em imagens de radar com grandes dimensões. Tal característica é necessária frente

às técnicas usualmente utilizadas para o mapeamento do uso e cobertura da terra na Amazônia, pois supera uma série de limitações impostas pelo volume de dados a ser processado.

Dentre as características da imagem de radar, foi explorado somente o parâmetro de brilho. Inicialmente esse parâmetro mostrou-se particularmente importante pelas variações dos níveis de cinza gerados pelo retroespalhamento, permitindo assim a distinção das classes de cobertura consideradas. Entretanto, a classificação orientada a objetos permite descritores capazes de considerar outras propriedades das imagens, tais como a tonalidade, textura, tamanho, forma, vizinhança, etc., possibilitando que se efetuem novas investigações visando aperfeiçoar o desempenho na classificação de imagens de radar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- ALMEIDA-FILHO, R.; ROSENQVIST, A.; SHIMABUKURO, Y. E.; SILVA-GOMEZ, R. Detecting deforestation with multitemporal L-band SAR imagery: a case study in western Brazilian Amazônia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, n. 6, p. 1383-1390, 2007.
- ALVES, C. D.; SOUZA, I. M.; PEREIRA, M. N. Análise orientada a objeto para extração automática de áreas urbanizadas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 5187-5189.
- ANDERSON, L. O. **Classificação e monitoramento da cobertura vegetal do estado do Mato Grosso utilizando dados multitemporais do sensor MODIS**. 2004. 247p. (INPE-12290-TDI/986). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2004.
- ASNER, G. P. Cloud cover in Landsat observations of the Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, v. 22, n. 18, p. 3855-3862, 2001.
- BAATZ, M.; SCHAPE, A. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: **AGIT-Symposium Salzburg**. Karlsruhe, 1999.
- BLASCHKE, T.; LANG S.; LARUP, E.; STROBL, J.; ZEIL, P. Object-oriented image processing in an integrated GIS/Remote Sensing environment and perspectives for environmental applications. **Environmental Information for Planning, Politics and the Public**, v. 2, p. 555-570, 2000.
- CÂMARA, G.; VALERIANO, D. M.; SOARES, J. V. **Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. 2006. 24 p.
- DEFINIENS. **Ecognition: user guide 3**. Germany. Disponível em: <<http://www.definiens-imaging.com/down/ecognition>>. Acesso em: 02 jan. 2008.
- DOBSON, M. C. Forest information from Synthetic Aperture Radar. **Journal of Forestry**. n. 98, p. 41-43, 2000.
- HENDERSON, F. M.; LEWIS, A. J. (Ed.) **Manual of Remote Sensing. Volume 2. Principles and Applications of Imaging Radar**. 3rd ed. New York, NY: John Wiley & Sons. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1998.
- HUDSON, W. D.; RAMM, C. W. Correct formulation of the kappa coefficient of agreement. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. v. 53, n. 4, p. 421-422, 1987.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Banco de Dados Agregados**. 2008. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/territorio>>. Acesso em: 02 jun. 2008.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real na Amazônia - DETER: Aspectos gerais, metodológicos e plano de desenvolvimento**. 2008. 16 p.
- JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY (JAXA). Earth Observation Research Center. **ALOS User Handbook**. NDX-070015. 2007.
- JENSEN, J. R. **Remote sensing of the environment: An earth resource perspective**. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2007. 592p.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.
- WATANABE, M.; SHIMADA, M.; OUCHI, K.; WANG, H.; MATSUOKA, M.; SATO, M. Forest monitoring with JERS-1/SAR and ALOS/PALSAR. **Geoscience and Remote Sensing Symposium**, p. 2326-2329, 2007.

PINHO, C. M. D. **Análise orientada a objetos de imagens de satélite de alta resolução espacial aplicada á classificação de cobertura de solo no espaço intra-urbano: o caso de São José dos Campos - SP.** 2006. 180 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2006.

RUMBAUGH, J.; BLAHA, M. **Modelagem e Projetos Baseados em Objetos com UML 2.** Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2006. 576 p.

RESEARCH SYSTEMS INC. (RSI). **The Environment for Visualizing Images - ENVI.** Boulder, CO, USA, 2005.

SAATCHI, S. S.; SOARES, J. V.; ALVES, D. S. Mapping deforestation and land use in Amazon rainforest by using SIR-C imagery. **Remote Sensing of Environment.** v. 59, p. 191-202, 1997.