

# Análise de imagens do ALOS/PALSAR para a discriminação da cobertura vegetal da Amazônia

Camila Aparecida Lima <sup>1</sup>  
Eristelma Teixeira de Jesus Barbosa Silva <sup>1</sup>  
Edson Eyji Sano <sup>2</sup>

<sup>1</sup> CENSIPAM  
SPO Área 5 Quadra 3 Bloco K CEP: 70610-200 Brasília – DF, Brasil  
{camila.lima, eristelma.silva}@sipam.gov.br

<sup>2</sup> Embrapa Cerrados  
BR-020 km 18 Cx. Postal 08223 CEP: 73301-970 – Planaltina – DF  
sano@cpac.embrapa.br

**Abstract.** Until now, remotely sensed data for Amazon monitoring have been restricted by intensive cloud cover or by limited radar data in terms of polarization. Since January, 2006, the remote sensing community has access to a new source of radar data with the launch of ALOS PALSAR satellite. It carries synthetic aperture radar systems that image the Earth surface from L-band (wavelengths of about 23 centimeter) and in three different operational modes (polarimetric, fine, and ScanSAR modes, with varying numbers of polarizations and spatial resolutions). This study aims to analyze the potential of ALOS PALSAR, fine mode, to discriminate different land cover classes in the Amazonia. A subset of 20 SAR scenes (from a total of 765 scenes), acquired from IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), were chosen randomly to conduct this research. They were located in different parts of States of Amazonas, Roraima, Pará, Maranhao, and Amapá. The images were georeferenced and converted into backscattering coefficients using the ASF MapReader 1.0 software package. Next, the images were overlaid with vector format, available land cover map of Amazonia in order to extract representative backscatter samples for the following land cover classes: dense forest, secondary vegetation (capoeira), agriculture, transitional vegetation, and others (grasslands, shrublands and others, typical of others bioms). The cluster analysis involving two PALSAR polarizations (HH and HV) discriminated three groups of land covers: forests, transitional vegetation, and others.

**Palavras-chave:** radar, land cover, remote sensing, backscatter, radar, cobertura da terra, sensoriamento remoto, retroespalhamento.

## 1. Introdução

De acordo com Asner *et al.* (2005), dados de sensoriamento remoto praticamente constituem-se na única alternativa viável para estudar o funcionamento de grandes biomas como a Amazônia. Sistemas sensores ópticos como o *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), a bordo das plataformas Terra e Aqua (Justice *et al.* 2002) e o CCD (*Charge Coupled Device*), a bordo do satélite sino-brasileiro CBERS-2 (INPE, 2008), são capazes de cobrir toda a Amazônia em bases quinzenal (MODIS) ou semestral (TM). No entanto, o sucesso na aquisição de imagens ópticas da Amazônia depende basicamente da ausência de cobertura de nuvens durante a passagem dos satélites (Asner, 2001).

Outro fato já amplamente conhecido da comunidade científica em sensoriamento remoto é a capacidade dos sensores de radar de abertura sintética (SAR – *Synthetic Aperture Radar*) em adquirir imagens independentemente da presença de nuvens, da presença de fumaças e das condições de iluminação solar (Raney, 1998). Por causa da capacidade de penetração dos sinais de radar em dosséis, relações significativas entre coeficientes de retroespalhamento ( $\sigma^0$ , quantidade de energia que retorna para a antena por unidade de área; unidades em dB – decibéis) e alguns parâmetros de vegetação como índice de área foliar e biomassa têm sido obtidas na literatura (e.g., Luckman *et al.*, 1998).

As duas bandas espectrais que têm sido utilizadas em sistemas orbitais de radar são a banda C (comprimento de onda de ~ 5 centímetros) e a banda L (comprimento de onda de ~ 23 centímetros). Para estudos florestais, imagens adquiridas em comprimentos de ondas mais longos têm apresentado melhor desempenho em relação às adquiridas em comprimentos de ondas menores (Rauste, 2005). O único sistema SAR orbital que operava na banda L era o satélite japonês JERS-1 SAR, que foi desativado em 1997 por problemas técnicos. Somente depois de quase uma década, o seu sucessor, o ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) PALSAR (*Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*) (Igarashi, 2001), foi lançado com sucesso em 24 de janeiro de 2006, pela Agência Espacial Japonesa (JAXA). Entre as diversas aplicações dos produtos gerados está a geração de modelo digital de elevação, a observação do uso e cobertura do solo, o monitoramento de desastres ambientais e o levantamento de recursos naturais. Melhorias significativas na configuração desse novo sistema sensor foram acrescentadas, destacando-se a incorporação de múltiplas polarizações (HH, HV, VH e VV) no modo PLR (polarimétrico) de imageamento e de duas polarizações (HH e HV) no modo FBD (modo fino, duas polarizações). O objetivo deste estudo foi analisar o potencial das imagens ALOS PALSAR, modo FBD para a discriminação de classes de cobertura vegetal do bioma Amazônia.

## 2 Metodologia de Trabalho

Com o intuito de dar prosseguimento aos seus diversos projetos de vigilância e proteção da Amazônia, o Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM) adquiriu recentemente, junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), um conjunto com aproximadamente 700 cenas do ALOS PALSAR, modo FBD da Amazônia. Desse conjunto, 20 cenas foram sorteadas aleatoriamente como materiais básicos para este estudo, utilizando-se da função *Aleatório*, disponível no aplicativo MS Excel™ (Figura 1). O modo FBD opera com as polarizações HH e HV, ângulos de incidência variando de 8° a 60°, resoluções em alcance inclinado de 14 a 88 metros e largura da faixa de imageamento de 40 a 70 km. As imagens foram georreferenciadas para o sistema de coordenadas geográficas (latitude e longitude), datum = WGS84 e convertidas para coeficientes de retroespalhamento ( $\sigma^\circ$ ) por meio do programa ASF MapReady 1.0, disponível para *download* na rede mundial de computadores (<http://www.asf.alaska.edu/aadn/>). Dados do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), os quais constituem-se num dos parâmetros de entrada do programa para a ortoretificação das imagens, foram obtidos da página eletrônica da NASA (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm>).

Primeiramente foi realizada uma análise visual das imagens, por meio da sobreposição do mapa de cobertura vegetal natural e antrópica do bioma da Amazônia (MMA, 2008) nas 20 cenas ALOS PALSAR. Para tanto, as cenas foram analisadas em composição colorida RGB HH-HV-HH. Posteriormente, foram extraídos valores de  $\sigma^\circ$  correspondentes às classes de cobertura vegetal e natural mais representativos de cada cena sorteada. Neste caso, foram coletadas 10 amostradas de 1 hectare para as três classes mais representativas para cada uma das 20 cenas analisadas. Ao todo foram extraídas 600 *Regions of Interesting* (ROI). Para todas elas foi realizada análise estatística multivariada por agrupamento hierárquico (hierarchical cluster analysis; Dillon e Goldstein, 1984) como ferramenta estatística de análise dos resultados. A análise de agrupamento, cuja medida de similaridade entre as classes é apresentada na forma de um dendrograma de similaridade (Moita Neto & Moita, 1998), foi aplicada para as polarizações HH e HV.

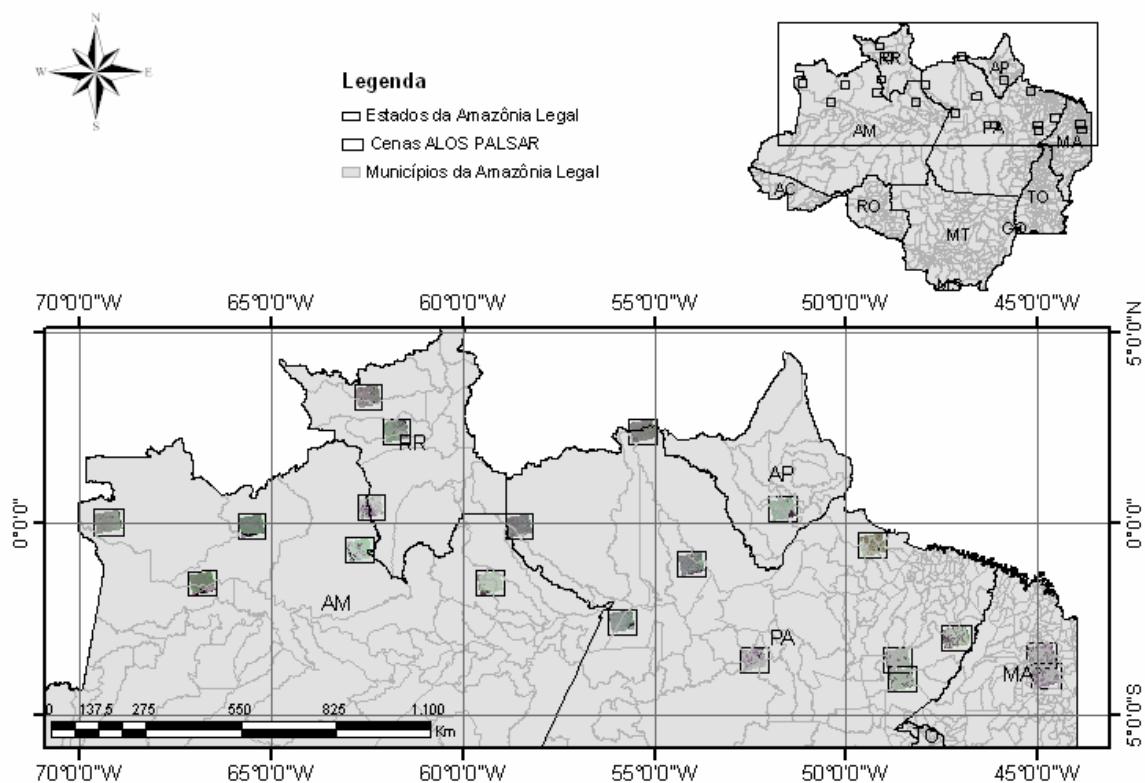


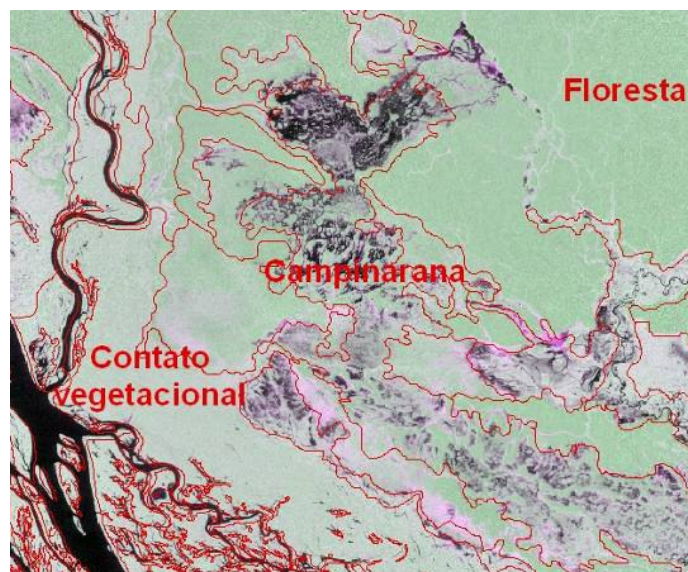
Figura 1. Mapa de localização das 20 cenas do ALOS PALSAR da porção norte da Amazônia Legal, modo fino e com duas polarizações, analisadas neste estudo.

### 3. Resultados e Discussão

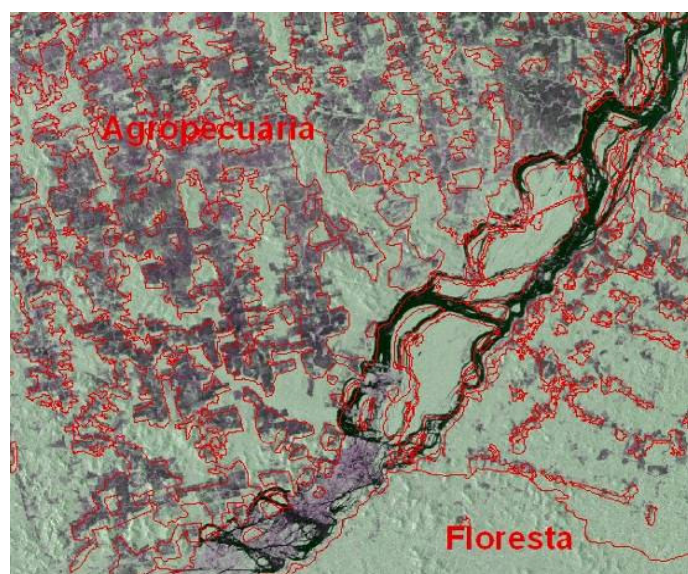
Nas 20 cenas analisadas neste estudo, não foi encontrado nenhum defeito evidente resultante da aquisição e pré-processamento de imagens, como, por exemplo, áreas com ausência de emissão e/ou retorno de sinal. No entanto, nas bordas de algumas cenas, percebeu-se a presença de faixas mais escuras em relação à parte central das cenas. De modo geral, a qualidade visual das 20 cenas analisadas é satisfatória. Na sobreposição dos dados vetoriais do mapa de cobertura vegetal natural e antrópica proposto por MMA (2008) com as cenas do ALOS PALSAR, percebeu-se uma nítida discriminação de classes como floresta primária, contato vegetacional, campinarana, áreas antrópicas (agricultura e pastagem) e formações savânicas (Figuras 2 e 3).

Na Figura 4, é mostrado o dendrograma relativo à similaridade das seguintes classes de cobertura vegetal da Amazônia: floresta primária, vegetação secundária, áreas antrópicas, áreas de contato vegetacional e outras classes (formações campestres, savânicas e pioneiras), tendo como variáveis, as polarizações HH e HV. Os seguintes grupos podem ser destacados desta figura, em ordem decrescente de similaridade: florestas primárias, áreas de contato vegetacional e outras classes. A primeira classe é a que apresenta a maior densidade de biomassa verde, resultando nos maiores valores de retroespalhamento. As áreas de contato vegetacional, principalmente com a savana florestada e savana densa, apresentaram valores intermediários de retroespalhamento (valores intermediários de bioma), enquanto a classe denominada de “outras”, em que predominam as formações campestres e savânicas, apresentaram os menores valores de retroespalhamento. Fransson *et al.* (2007) encontraram

resultados também satisfatórios na utilização das imagens ALOS PALSAR para detecção de mudanças na cobertura vegetal. Segundo os autores, essas imagens apresentam potencial satisfatório no uso de mapeamento da cobertura vegetal em grandes escalas.

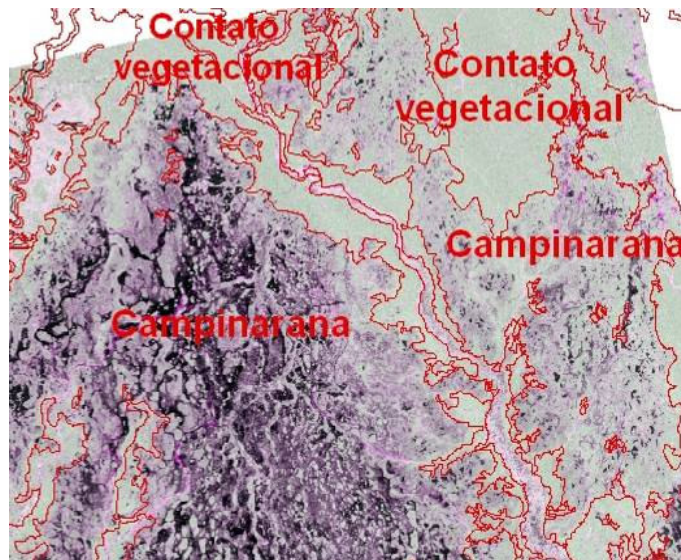


(a)

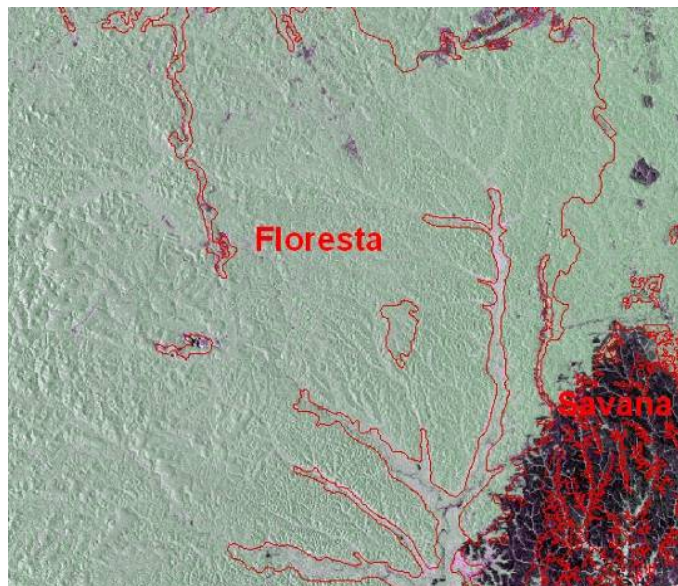


(b)

Figura 2. Parte das imagens ALOS PALSAR da porção norte da Amazônia Legal, mostrando o potencial para discriminação da cobertura vegetal natural e antrópica (floresta, agropecuária, contato vegetal e campinarana) da Amazônia. As linhas vermelhas correspondem aos polígonos mapeados por MMA (2008).



(a)



(b)

Figura 3. Parte das imagens ALOS PALSAR da porção norte da Amazônia Legal, mostrando o potencial para discriminação da cobertura vegetal natural e antrópica (floresta, savana, campinarana e contato vegetacional) da Amazônia. As linhas vermelhas correspondem aos polígonos mapeados por MMA (2008).

#### 4. Conclusões

Tanto a análise visual como a quantitativa referente ao desempenho dos dados do ALOS PALSAR, modo fino da Amazônia para discriminação de grupos de classes de cobertura vegetal do referido bioma se mostraram apropriados. Muitas classes de vegetação natural e antrópica foram discriminadas visualmente nas 20 cenas analisadas. Os resultados estatísticos por *cluster analysis* indicaram a separação das seguintes classes: floresta primária, áreas de contato vegetacional e outras classes com índices relativamente baixos de biomassa.

Como continuação dessa pesquisa, pretende-se avaliar o conjunto completo de cenas de radar já disponíveis para a Amazônia. Neste estudo, pretende-se avaliar as seguintes técnicas

de processamento e realce de imagens: segmentação orientada-a-objeto, divisão HH/HV e classificadores texturais.

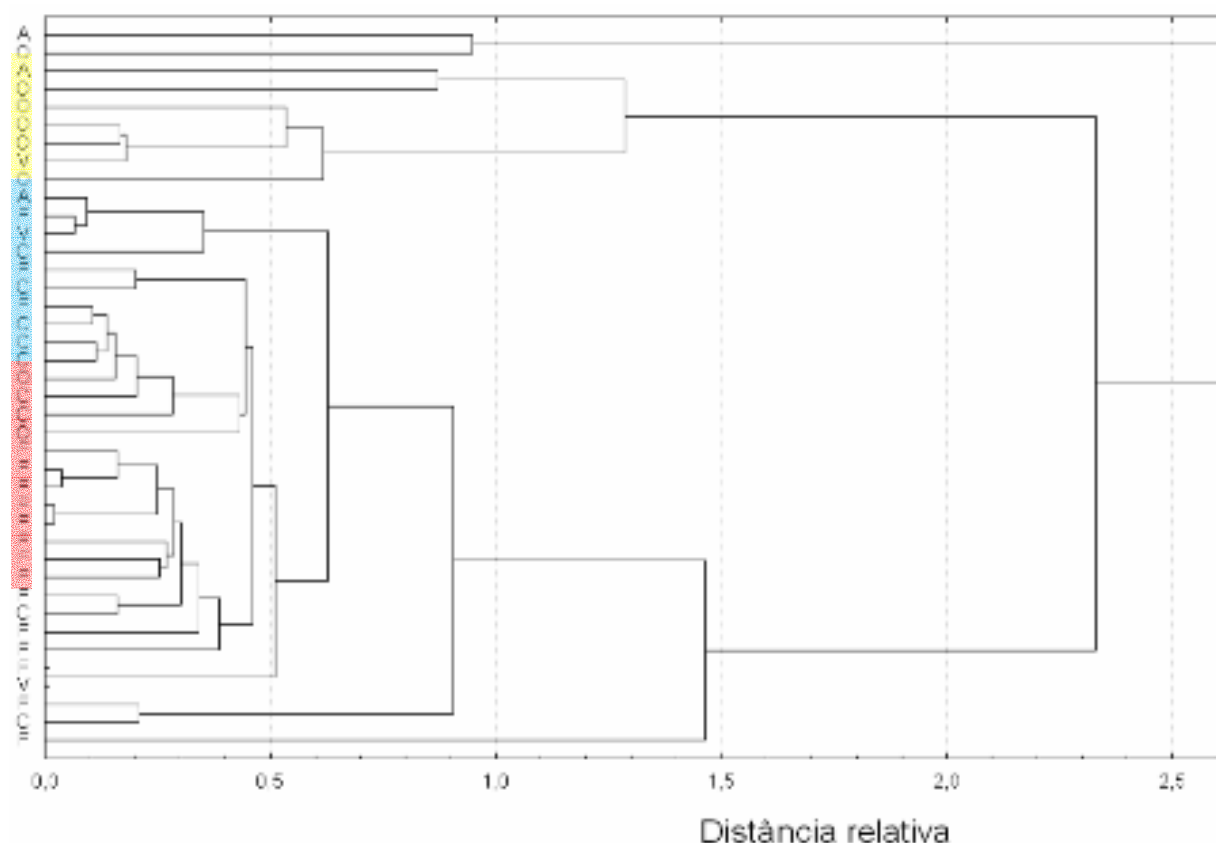


Figura 3. Dendrograma de agrupamento hierárquico, utilizando, como variáveis, as polarizações HH e HV do ALOS PALSAR, modo fino. F = floresta primária; C = áreas de contato vegetacional; V = vegetação secundária (capoeira); A = áreas antrópicas (culturas agrícolas e pastagens cultivadas); O = outras classes (formações campestres, savânicas e pioneiras).

## 5. Referências Bibliográficas

Asner, G.P. Cloud cover in Landsat observations of the Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, vol. 22, n. 18, p. 3855-3862, 2001.

Asner, G. P.; Knapp, D. E.; Cooper, A. N.; Bustamante, M. C.; Orlander, L. P. Ecosystem structure throughout the Brazilian Amazon from Landsat observations and automated spectral unmixing. **Earth Interactions**, v. 9, Paper 7, 2005. 31 p.

Dillon, W. R.; Goldstein, M. **Multivariate analysis. Methods and Applications**. New York: John Wiley & Sons, Cap. 5, p. 157–208, 1984.

Igarashi, T. ALOS mission requirement and sensor specifications. **Advances in Space Research**, vol. 28, n. 1, p. 127-131, 2001.

INPE. **Satélite sino-brasileiro de recursos terrestres**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <[http://www.cbbers.inpe.br/pt/index\\_pt.htm](http://www.cbbers.inpe.br/pt/index_pt.htm)>. Acesso em: 11 nov. 2008.

Fransson, J. E. S.; Magnusson, M.; Olsson, H.; Eriksson, L. E. B. Sandberg, G. Smith-Jonforsen, G. Ulander, L.M.H. Detection of forest changes using ALOS PALSAR satellite images. In: **Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)**, 2007, Barcelona. 2007. Artigo, p. 2330-2333. ISBN: 978-1-4244-1211-2

Justice, C. O.; Townshend, J. R. G.; Vermote, E.; Masuoka, E.; Wolfe, R.; Saleous, N.; Roy, D.; Morisette, J. An overview of MODIS land data processing and product status. **Remote Sensing of Environment**, vol. 83, p. 3 – 15, 2002.

Luckman, A.; Baker, J.; Honzak, M.; Lucas, R. Tropical forest biomass density estimation using JERS-1 SAR: seasonal variation, confidence limits, and application to image mosaics. **Remote Sensing of Environment**, vol. 63, p. 126-139, 1998.

MMA. **Mapas de cobertura vegetal dos biomas brasileiros**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=72&idMenu=3813>>. Acesso em: 13 nov. 2008.

Moita Neto, J. M.; Moita, G. C. Uma Introdução à Análise Exploratória de Dados Multivariados. **Química Nova**, vol. 21, n. 4, p. 467–469, 1998.

Raney, R. K. Radar fundamentals: technical perspective. In: Henderson, F. M.; Lewis, A.J. (eds.), **Manual of Remote Sensing**. Principles and Applications of Imaging Radar. Vol. 2, 3<sup>a</sup> ed., Nova Iorque: John Wiley & Sons, p. 9–130, 1998.

Rauste, Y. Multi-temporal JERS SAR data in boreal forest biomass mapping. **Remote Sensing of Environment**, vol. 97, p. 263-275, 2005.