

Sentinel-1 SAR: efeito de filtros espaciais no estudo do uso do solo amazônico

Emerson Luiz Servello¹
Edson Eyji Sano²
Nara Vidal Pantoja¹

¹ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA
Av. Ludovico da Riva Neto, n. 2364, centro de Alta Floresta/MT, CEP 78580-000
{emerson.servello, nara.pantoja} @ibama.gov.br

² Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA
Centro de Sensoriamento Remoto
SCEN Av. L4 Norte Bloco F Ed. Sede do IBAMA Brasília/DF, CEP 70818-900
edson.sano@ibama.gov.br

Abstract. The Sentinel-1 SAR sensor produces image in C-band and VV polarization. This paper studies the different responses of land cover/land use classes for environmental monitoring. Sentinel SAR image was calibrated and the digital number was converted into backscatter coefficients (σ_0 , units = decibels, dB). Using samples provided by the TerraClass project (analysis of regeneration in previously deforested areas, work conducted by INPE and EMBRAPA), was selected training pixels to extract backscattering coefficients from each land use/land cover classes (forest, non-forest and secondary forest). The results are showed in graphics. The images were filtered using Gamma and Lee spatial filters. The selected windows for each filters were 3 x 3 pixels and 7 x 7 pixels. The overlapping boundaries of each signal in the graphics tend to reduce as the areas become homogeneous. The homogeneity of the class is given to the reduction of granular effect caused by speckle which is inherent to radar images. As widens the window of the filter becomes more homogeneous areas he filters used in this study did not alter significantly the measured backscattering coefficients. The separation between the lower and upper limits of the non-forest classes, forest and secondary forest seems to start with the windows with 7 x 7 pixels. Despite the filtering, the forest and secondary forest classes kept in similar range.

Palavras-chave: Sentinel-1, SAR, tropical forest, banda C, Gamma filter, Lee filter.

1. Introdução

Sensores de radares de abertura sintética (SAR - *Synthetic Aperture Radar*) operam na região das micro-ondas. Os SARs são sensores ativos e independem da luz solar para adquirir imagens sobre a superfície da Terra. Entre suas vantagens está a baixa sensibilidade a cobertura de nuvens, recorrentes em regiões amazônicas.

Experiências com a banda C em florestas tropicais tiveram início com missões como SIR-C (Freeman e van den Broek, 1995; Kux et al., 2012), Radarsat-1 (Shimabukuro et al., 1998) e Radarsat-2 (Servello et al., 2010) que indicaram aplicabilidade do sensor, mas propuseram estudos complementares. Em 2014, foi lançado o satélite Sentinel-1, com um sensor de micro-ondas que opera na banda C. Dados do Sentinel-1 podem ser obtidos gratuitamente da rede mundial de computadores. As imagens, no entanto, seguem um calendário de aquisição, com datas e locais pré-definidos e temporalidade variável. Apesar de possuir um sensor polarimétrico, as imagens continentais são disponibilizadas apenas na polarização VV. As primeiras imagens em solo brasileiro foram adquiridas em outubro de 2014, no Estado do Acre.

O lançamento do novo sistema traz uma perspectiva ao monitoramento ambiental brasileiro. Destaca-se a intensificação das ações de desmatamento, em especial no Estado do Acre. O Estado apresenta uma tendência crescente nos indicativos de área explorada e/ou danificada (IBAMA, 2014). Dados públicos institucionais sobre a série histórica indicam a redução na detecção de desmatamento entre os meses de janeiro a abril, período que compreende intensas chuvas na região, o que prejudica a obtenção de imagens por sensores ópticos.

Os dados da banda C (Envisat ASAR), em estudos comparativos com imagens ópticas, apresentam desempenho favorável no reconhecimento visual de feições associadas ao desmatamento (Haarpaintner et al., 2009). A automatização do processo não apresenta resultados satisfatórios ou operacionais, seja no uso de dados simples (van der Sandem, 2002), ou polarimétricos (Kuplich et al., 2009).

A compreensão do comportamento dos objetos, considerando parâmetros como intensidade de retroespalhamento (dB) e ângulo de incidência, é obrigatório para o treinamento do classificador. Uma vez que a disponibilidade de dados é recente, este trabalho avalia a resposta espectral típica em termos de coeficiente de retroespalhamento (dB) (realçados por dois tipos de filtros espaciais) de quatro alvos representativos da área de estudo: água, floresta, não floresta e floresta secundária. O interesse primário desse estudo é fornecer subsídios para otimizar a identificação de áreas desflorestadas na Amazônia com uso de dados Sentinel-1 SAR (polarização VV).

2. Área de estudo

A área de estudo está localizada no estado do Acre, no município de Tarauacá (Figura 1). O município se insere no bioma amazônico com vegetação característica de floresta tropical ombrófila densa submontana. A ocorrência de chuva é distribuída ao longo do ano com períodos de baixa precipitação nos meses de junho a agosto. A ocorrência de nuvens é uma constante na região (Asner, 2001) (Figura 1). A expansão pecuária é o principal propulsor da conversão de uso do solo (INPE, 2010), o que resulta em uma crescente de indicativos de desmatamento, observados por IBAMA (2014).

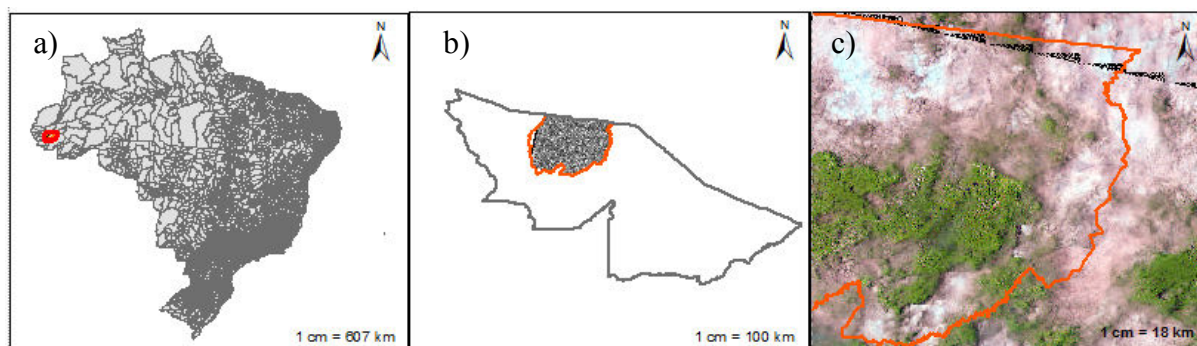


Figura 1. Área de estudo no estado do Acre. Em (a) localização do município em território nacional. (b) indicação do município de estudo no estado do Acre, sobreposto à imagem Sentinel-1 SAR VV. (c) detalhe aproximado do município de estudo com imagem LDCM-OLI em composição 4R5G7B de data concomitante à passagem do satélite Sentinel-1.

A região é reconhecida por possuir unidades de conservação (ICMBio, 2014). Estão localizadas, nos limites municipais, cinco unidades de conservação (Acre, 2014) de diferentes propósitos (Lei 9.985/2000): Floresta Estadual Rio Liberdade, Reserva Extrativista Riozinho da Liberdade, Reserva Extrativista Alto Tarauacá, Floresta Estadual do Mogno e Floresta Estadual Rio Gregório.

3. Materiais e Métodos

3.1 Imagens, processamentos iniciais e programas

As imagens obtidas pelo Sentinel-1 em área brasileira são adquiridas em polarização VV, na região espectral que compreende a banda C (30 cm de comprimento de onda). Cada cena é formada por uma composição de três observações sobre o solo. A junção das três cenas

produz uma imagem de 250 km, com resolução no terreno de 5 x 20 metros. A cena obtida no estado do Acre foi adquirida em 19 de outubro de 2014, no modo interferométrico (*IWS-Interferometric Wide Swath*) descendente, e processada no nível 1. Este nível indica que a imagem recebeu um pré-processamento de calibração dos dados. Os produtos resultantes podem ser *single-look complex (SLC)* ou *ground range detected (GRD)*. A imagem processada nesse estudo correspondeu ao produto GRD.

A imagem requer processamentos iniciais para o tratamento da informação. Deste modo, os dados foram calibrados radiometricamente e convertidos para coeficiente de retro-espalhamento (σ^0). Os trabalhos de Furtado et al. (2013) e Rahman e Sumantyo (2010) podem ser consultados para maiores detalhes em termos de processos metodológicos similares no tratamento inicial das imagens. Os aplicativos computacionais empregados no tratamento dos dados foram o S1-Toolbox, desenvolvido na plataforma SNAP (*Sentinel Application Platform*), versão 1.0.2 e, para as fases de validação e organização de base de dados, utilizou-se o aplicativo de sistema de informações geográficas Quantum GIS Desktop 2.6.0. Ambos os aplicativos são de domínio público.

3.2 Amostras e análise

As classes de uso do solo analisadas foram: Floresta, Floresta secundária, Não-floresta e água. Para cada classe, foram obtidas amostras de 200 pixels, selecionadas a partir de dados disponibilizados pelo projeto TerraClass (INPE, 2014). O projeto TerraClass define 12 classes de uso do solo. Neste trabalho, estão assim definidas:

- i) **Floresta:** Áreas de vegetação arbórea, nativas, cujas copas fecham o dossel. Apresenta pouca ou nenhuma interferência humana;
- ii) **Floresta Secundária:** Áreas que, após a supressão da vegetação florestal, encontram-se em processo avançado de regeneração (INPE, 2014);
- iii) **Não-floresta:** áreas agropastoris, em processo produtivo ou não, sem a predominância de material lenhoso;
- iv) **Água:** cursos hídricos de textura homogênea e forma característica.

As imagens de radar apresentam ruídos (*speckle*) que prejudicam a sua interpretação (Lee e Pottier, 2009). O ruído é causado pela interferência destrutiva e aditiva do sinal de retorno do radar para cada célula de resolução. Diversos filtros têm sido desenvolvidos para atenuar o efeito destes ruídos. Neste trabalho, foram analisados os filtros Lee e Gamma, em janelas de 3 x 3 pixels e 7 x 7 pixels.

As amostras obtidas na imagem calibrada em valores logarítmicos do retro-espalhamento (dB) foram agrupados em gráficos de linhas em um intervalo e de intensidade média. Os gráficos de linha indicam variações entre os elementos de amostragem na classe. Gráficos de intensidade média de retro-espalhamento (dB) indicam as diferenças entre as classes neste critério. A apresentação gráfica é indicada para cada tipo de filtragem empregada.

4. Resultados e discussão

O sinal do retro-espalhamento em banda C representa o conteúdo estrutural contido no dossel da tipologia de vegetação. A interação com galhos e folhas de diferentes formas, dimensões e proporções influenciam na intensidade do sinal de retorno. O efeito de despolarização do sinal reduz com o conteúdo de vegetação (Figuras 2 e 3). Entre as classes Floresta e Floresta secundária, a diferença existente entre o sinal de ambas é sutil. A classe Floresta apresenta um sinal médio de -8,08 dB ao passo que a classe Floresta secundária é de -8,57 dB. Esta diferença indica não haver separação entre as classes.

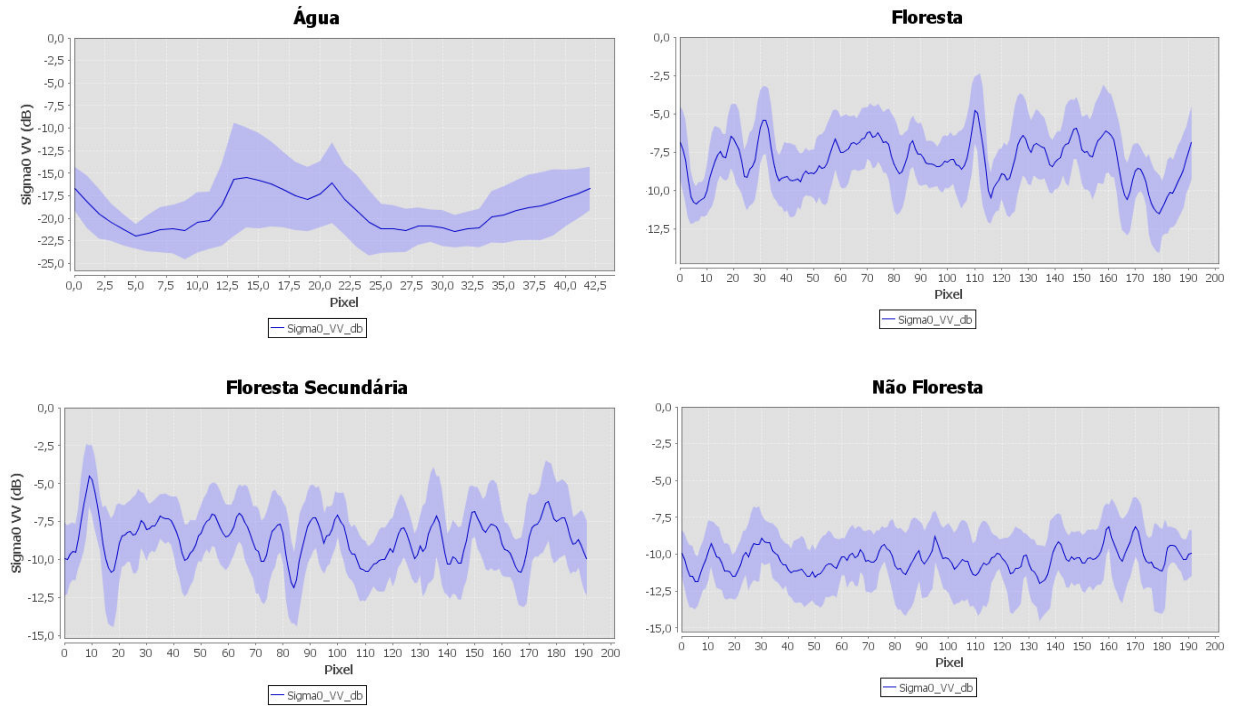
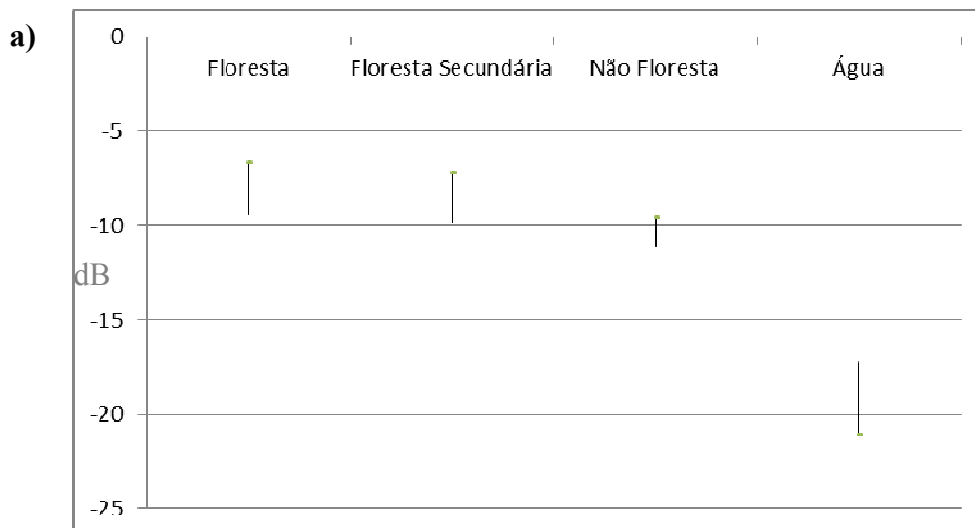
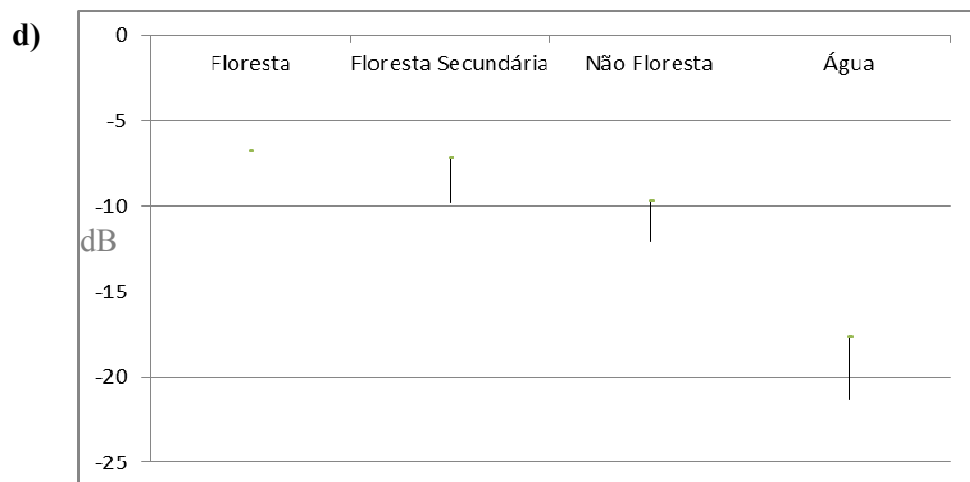
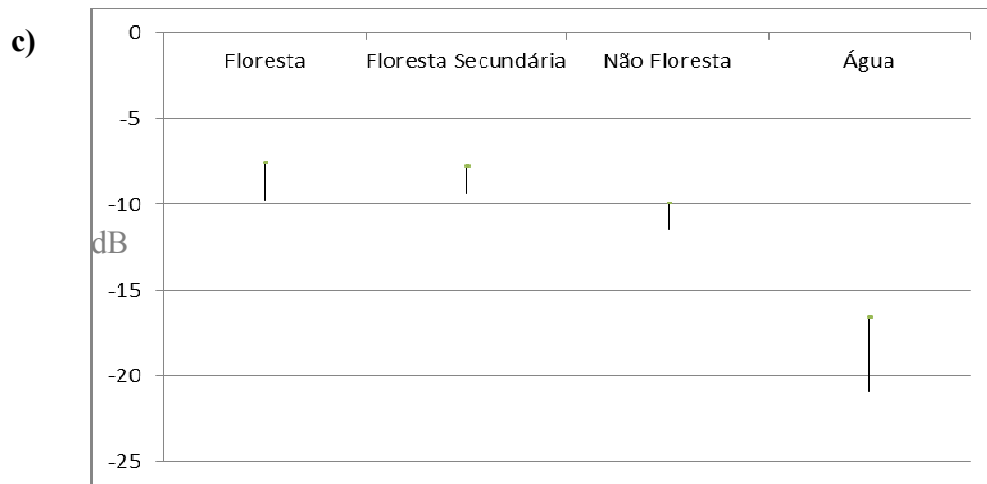
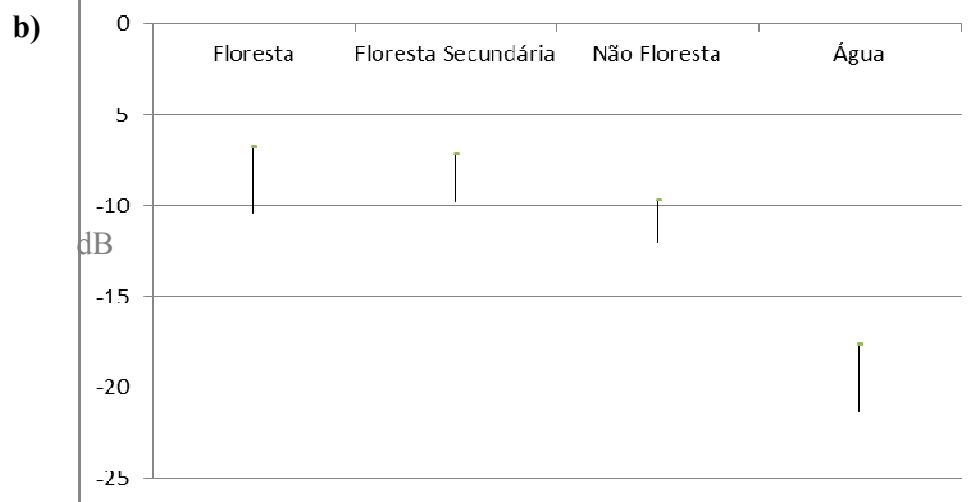


Figura 2. Intervalo de distribuição de intensidades de sinal nas amostras de diferentes classes de uso e ocupação do solo no município de Tarauacá/AC.

A redução do conteúdo de vegetação para as classes Não-floresta e Água refletem no sinal retro-espalhado. A classe Não-floresta apresenta uma intensidade média de -10,36 dB. A Água, cuja característica textural lisa auxilia decisivamente sua identificação, apresenta sinal de -19,18 dB. Embora a classe Não-floresta tenha um valor médio passível de distinção de classes, seu limite inferior (Figura 3a) sobrepõe as classes Floresta e Floresta secundária.





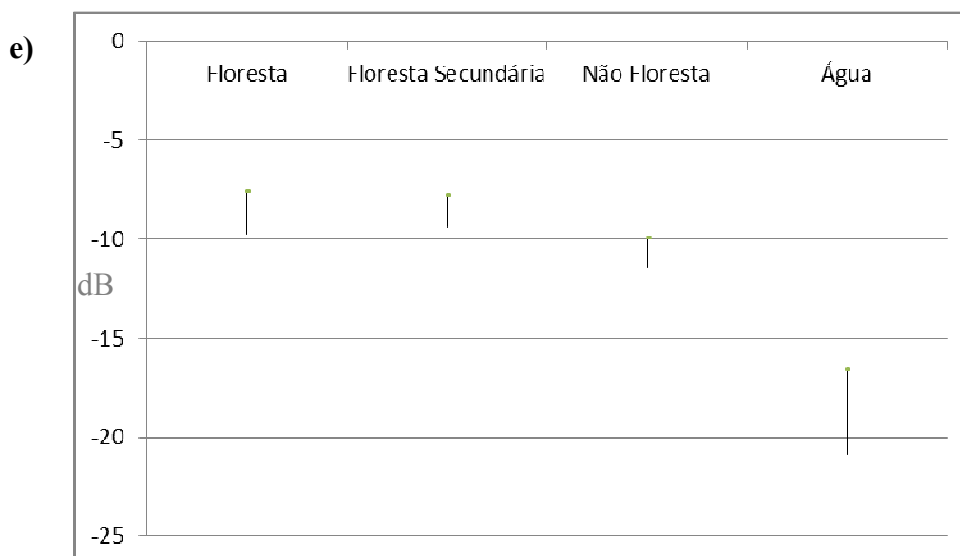


Figura 3. Intervalo de distribuição do sinal de retro-espalhamento (dB) e efeitos da filtragem para as classes de uso e cobertura do solo em Tarauacá/AC. Em (a) sem filtro; (b) filtragem de Lee com janela 3 x 3 pixels; (c) filtro de Lee com janela 7 x 7 pixels; (d) filtro de Gamma com janela 3 x 3 pixels; e (e) filtro de Gamma com janela 7 x 7 pixels.

Os limites de sobreposição encontrados tendem a se reduzir à medida que as áreas se tornam homogêneas. A homogeneidade da classe se dá com a redução do efeito granular causado pelo ruído, inerente às imagens de radar. À medida que se amplia a janela do filtro, mais homogêneas se tornam as áreas (Figuras 3b e 3c; 3d e 3e). O tipo de filtro empregado, embora com algoritmos diferentes, não alteraram de modo expressivo os resultados gráficos do sinal de retro-espalhamento mensurado. A separação entre os limites inferior e superior das classes Não-floresta, Floresta e Floresta secundária passa a ser observado na janela de 7 x 7 pixels. Apesar da filtragem, as classes Floresta e Floresta secundária, manteve um intervalo similar.

5. Considerações finais

O uso de imagens Sentinel-1, obtidas na banda C, agregam informações espaciais sobre objetos em períodos de alta nebulosidade amazônica. O efeito de ruído nas classes prejudica as análises que se fundamentam na textura do objeto. A redução do efeito granulado (speckle) tende a atenuar a diferença de resposta dentro das classes de interesse. Classes de uso e cobertura do solo, em especial Floresta e Não-floresta, tornaram possível sua separação aplicando filtros com janelas superior a 7 x 7 pixels, uma vez que, em imagens sem tratamento, o ruído torna prejudicial a definição dos limites de classes por classificadores.

A aplicação da metodologia em escala de bioma requer aprimoramentos. Estudos complementares com novos tipos de filtros devem ser empregados, bem como o comparativo com dados da literatura especializada. Outras classes de uso do solo presentes na região amazônica devem ser incorporadas ao projeto à medida que há a disponibilidade de imagens.

6. Referências

Acre, Governo do Estado do Acre, disponível em < www.acre.ac.gov.br > acessado em 07/11/214.

Asner, G. P. Cloud Cover observation of Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, v. 22, p. 3855-3862, 2001.

Freeman, A.; van den Broek, B. Mapping vegetation types using SIR-C data. **Proceedings: Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS '95)**, 1995. Fizenzi-Italy. p 921-923.

Furtado, L. F. de A.; Silva, T. S. F.; Novo, E. M. L. de M. Backscattering response of diferente land cover types in the Lago grande de Curuai Floodplain (Amazon, Brazil) determined from Radarsat-s and TerraSAR-X. *Anais do simpósio brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Foz do Iguaçú, PR, Brasil, 2013, p. 8475 – 8482.

Haarpaintner, J.; Almeida-Filho, R.; Shimabukuro, Y. E.; Malnes, E.; Lauknes, I. Comparasion of Envisat ASAR deforestation monitoring in Amazonia with Landsat-TM and Alos Palsar imagens. *Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2009. Natal. p 5857-5864.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), disponível em: <siscom.ibama.gov.br> acessado em 07/11/2014.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), disponível em <www.icmbio.gov.br> acessado em 07/11/2014.

Intituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), projeto TERRACLASS disponível em: <www.inpe.br/cra> Acessado em 07/11/2014.

Kuplich, T. M.; Shimabukuro, Y. E.; Servello, E. L.; Sano, E. E. Polarimetric signatures and classification of tropical land covers. *Proceedings: Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS '09)*, 2009. p 118-121.

Kux, H. J. H.; Santos, J. R. dos; Keil, M.; Scales, D. R, Evalutation of SIR-C/X-SAR data for the improvement of geomorphology and soil maps in Acre state, Brazil. *Proceedings of International Symposium for Photogrametry and Remote Sensing (ISPRS '12)*, 2012. p 394-397.

Lee, J. S.; Pottier, E. *Polarimetric SAR Radar Imaging: From Basic to Applications*, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2009.

Rahman, M. M.; Sumantyo, J. T. Mapping tropical forest cover and deforestation using synthetic aperture radar (SAR) images. *Apply Geomatic*. Springer. v.2 p. 113-121, 2010.

Shimabukuro, Y.; Amaral, S.; Ahern, F. J.; Pietsch, R. W. Land cover classification from RADARSAT data of the Tapajós National Forest, Brazil. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 1998. p 393-401.

Servello, E. L., Kuplich, T. M.; Shimabukuro, Y.; Sano, E. E. Tropical Land Cover Change detection with polarimetric SAR data. *Proceedings: Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS '10)*, 2010. Hawaii-United States of America. p 1477-1480.

Van der Sanden, J. J. RADARSAT-1 applied to the mapping of tropical rain forest: a case study in Guyana. *Asian journal of geoinformatics*, v.2.n. 3, maio 2002. p 1- 12.