

A utilização de imagem ALOS PALSAR, na discriminação de áreas de manguezais e campos na Ilha do Marajó-PA

Rodrigo Antônio de Souza¹
Daniel Moraes de Freitas¹
Marcelle da Silva Calil^{1,2}
Ana Lúcia Ramos¹
Andreia Alimandro Corrêa¹
Kelly Maria Resende Borges³

¹ Centro de Sensoriamento Remoto do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis -CSR/IBAMA - Caixa Postal 09566 – 70818-900-Brasília DF
rodrigo-antonio.souza@ibama.gov.br, daniel.freitas@ibama.gov.br,
andrea.correa@ibama.gov.br, ana.ramos@ibama.gov.br.

² Departamento de Geografia do Universidade de Brasília – 70910-900- UnB – Brasília-DF
marcellescalil@gmail.com

³Instituto de Biodiversidade Chico Mendes –ICMBio- 70670-350-Brasília-DF
kelly.borges@ibama.gov.br

Abstract Mangroves have a role in maintenance of marine biodiversity, prevent soil erosion and has great relevance in the economic activities of the traditional populations. The use of optical satellite imagery for monitoring and identification of natural vegetation shows the limitation of weather condition. To avoid problems like clouds is increasing the use of SAR technology in orbital sensors. In this work we used RADAR imagery for discriminating mangroves of different classes of natural vegetation, as natural fields, and the anthropic land uses, as pasture and urban areas, in eastern Marajó Island - PA . We used ALOS PALSAR , HH and HV polarizations , sampled to 25 meters. We used 100 random points was generated for each class study (mangrove , deforestation , natural fields , pasture , secondary vegetation , urban areas , and Other Area unobserved) . In this study, we used the follow statistical analyzes, to reach the objective: multivariate discriminant analysis , the Kruskal -Wallis test. The result of this work showed that it is possible to discriminate the mangrove from other classes of natural and anthropogenic land use present in eastern Marajó Island - PA. However , it was not possible to separate areas of natural field and pasture . Among analyzed two polarizations, the HV polarization showed the best result .

Palavras-chave: RADAR, Banda L, Manguezais, Retroespalhamento, Band L, Mangroves, Backscattering

1. Introdução

Os manguezais são florestas costeiras dos litorais tropicais e subtropicais, suas árvores apresentam capacidade para sobreviver em um ambiente de solução salina ou salobra sob influência das marés (Tomlinson, 1986). Ele é composto por espécies vegetais típicas, as quais se associam a outros componentes vegetais e animais.

Segundo o novo código florestal (Lei nº 12.651/02), o manguezal é um ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência fluviomarinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os Estados do Amapá e de Santa Catarina.

Durante milhares de anos, o ecossistema manguezal vem constituindo um importante recurso econômico utilizado pelas populações costeiras dos trópicos (Sasekumar et al., 1992), sua produção primária é de extrema importância para as cadeias alimentares (Alongi et al., 1989). Por essa razão, os manguezais são usualmente considerados entre os habitats mais importantes das zonas úmidas (Dugan, 1992). A importância desses ecossistemas vai além do aspecto ecológico; muitas comunidades que vivem no litoral tiram seu sustento dos manguezais através da pesca artesanal e de subsistência; pescadores e catadores de moluscos e

crustáceos têm nestas atividades a fonte de renda necessária à sua sobrevivência. Desta forma, a degradação do referido ambiente causa não só modificações no meio ecológico, mas também impactos sociais e econômicos (Silva, 2006).

No entanto, os mangues são muito vulneráveis às alterações por se encontrarem em áreas litorâneas, onde existe a maior concentração populacional e atividades econômicas. Esses impactos ambientais e alterações são causados, principalmente, pela criação de camarão, desmatamento ilegal, pesca excessiva e poluição pelo desenvolvimento urbano (Spalding et al., 1997). Dessa forma, o mapeamento e monitoramento dos mangues brasileiros se torna essencial para que tenha o controle no avanço dessa degradação e retirada desse importante ecossistema.

Com o crescente aumento do uso de dados ambientais, adquiridos por plataformas orbitais, os estudos atuais apresentam um maior enriquecimento nas informações obtidas com uma maior confiabilidade nos dados. Conseqüentemente, as pesquisas têm se voltado para o entendimento das diferentes coberturas de terra e um controle sistemático no monitoramento dessa cobertura vegetal. Os sensores ópticos e os sensores na faixa das microondas têm como um dos objetivos a discriminação das diferentes classes vegetacionais e possíveis mudanças que por ventura possam ocorrer (Kerr e Ostrovsky, 2003).

A utilização de imagens de radar é uma das principais ferramentas utilizadas para o mapeamento e monitoramento de recursos naturais. Sua capacidade de produzir imagens independentemente da iluminação solar e condições climáticas, o torna particularmente adequado para o monitoramento de cobertura vegetal em países tropicais, onde os sistemas ópticos deixam de fornecer uma informação importante e sistemática (Kasischke *et al.*, 1997)

Novos sistemas de radar foram desenvolvidos nos últimos anos, agências espaciais européias, Canadense e Japonesa. Em particular, o satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) oferece informações da cobertura de terra do espaço na banda L, apresentando característica de retroespalhamento para áreas florestadas e não florestadas (Imhorr, 1995; Rignot *et al.*, 1997). O que ainda não está totalmente compreendido e, portanto, é um dos principais objetivos deste estudo, são as implicações que a imagem de radar pode fornecer discriminando áreas de mangue de outras classes de vegetação e ocupação do solo que ocorrem em conjunto.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

O estudo foi conduzido na região leste da ilha do Marajó, na bacia do rio Paracauary localizados nos municípios de Soure-PA e Salvaterra-PA, delimitada aproximadamente entre as latitudes -00°44' S e -00° 45' S e entre as longitudes -55° 31' W e -55° 45' W. Essa região foi escolhida por apresentar grandes áreas de manguezais em um mosaico heterogêneo com campos inundáveis, utilizados, por vezes, para a criação de bubalinos (Figura 1).

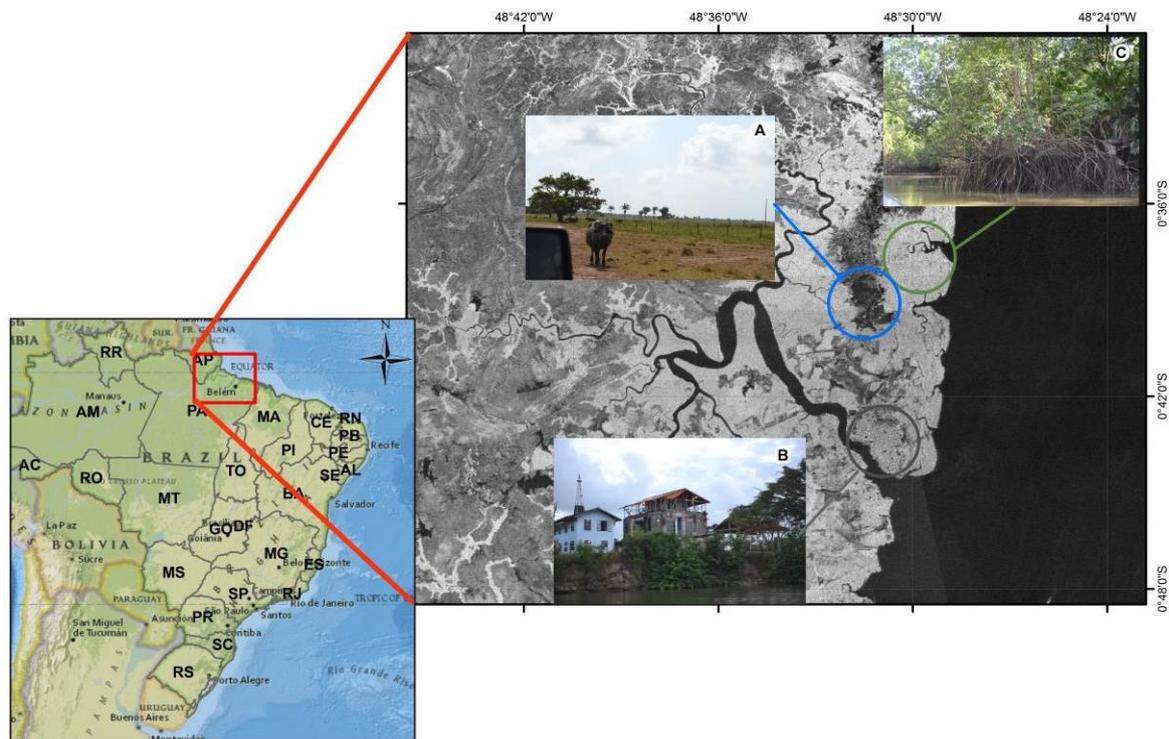


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo, imagem ALOS/PALSAR Fine Beam, HV e fotos de visita ao campo. A- pastos, B-Urbano, C- Mangue.

2.2 Materiais

Utilizamos imagens ALOS PALSAR, Fine Beam, polarizações HH e HV, amostradas para 25 metros. O ano de imageamento foi 2010. Mais características de imageamento são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características das imagens do satélite ALOS/PALSAR da Região do ilha do Marajó-PA, adquiridas para esse estudo.

Parâmetros de Imageamento	Especificações
Nível de processamento	1.5
Modo de aquisição	Polarimétrico
Polarização	HH, HV
Tamanho do pixel	25 m
Ângulo de incidência	28,8°
Comprimento de onda	23,6 cm
Área imageada	71 km x 71 km

Para auxiliar a interpretação de imagens de radar, foram obtidos: o mapa de cobertura vegetal natural e antrópica de 2010 do bioma Amazônico, elaborado pelo projeto TerraClass do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). Além de dados do mapeamento de mangues na costa brasileira, feita pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais

Renováveis, para o ano-base de 2010.

2.3 Métodos

A cena original, com resolução radiométrica de 16 bits, foi convertida para coeficientes de retroespalhamento [σ° ; unidade em decibéis (dB)], conforme Equação 1, abaixo (Rosenqvist *et al.*, 2007):

$$\sigma^\circ = 10 * \log_{10}[\text{DN}^2] + \text{CF} \quad (1)$$

onde CF = fator de calibração (-83 dB); e DN = valor digital da imagem amplitude em 16 bits.

Essa conversão foi feita meio do software ENVI 4.5, georreferenciada para o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), referencial geodésico horizontal WGS84 e zona 22S e exportados para o formato geotiff.

Geramos 100 pontos aleatórios em cada classe de cobertura vegetal analisada nesse estudo (Mangue, Desmatamento, Campos, Pasto, Vegetação Secundária, Outros, Área Urbana, Área não Observado). Nessa etapa, tomou-se cuidado para que esses pontos situassem o mais próximo possível dos centróides dos polígonos maiores de cada classe analisada. Cada ponto foi formado por um conjunto de pixels que variou de 25 a 30 pixels, o qual foi convertido para um único valor de σ° , correspondente à média aritmética simples. Tal procedimento foi feito para as imagens com polarizações HH, HV.

Para cada polarização e para cada classe temática, foram calculadas as médias (μ) e os correspondentes desvios-padrões (σ) de 100 valores de σ° . Todos os valores fora do intervalo $\mu \pm \sigma$ foram desconsiderados. As seguintes análises estatísticas foram conduzidas: análise multivariada discriminante, teste de Kruskal-Wallis, teste *ad hoc* de distância.

A análise discriminante foi utilizada para determinar qual seria a melhor polarização para distinguir as cinco classes de vegetação. O teste de Kruskal-Wallis é aplicado quando se comparam três ou mais grupos de dados independentes e não-paramétricos, que é o caso dos dados de radar analisados nesse estudo. O referido teste foi aplicado para verificar a existência de diferenças entre classes nas polarizações consideradas. Esse teste apenas indica se há diferença entre as classes. Para identificar entre quais classes estão as diferenças estatísticas, foi aplicado então o teste *ad hoc* (De Marco e Paglia, 2003).

Uma campanha de reconhecimento de campo foi conduzida no período de 13 a 17 de outubro de 2011 (final da estação seca). Foram percorridas as vias de acesso que cruzavam as oito classes de alvos. Nessa campanha de campo, foram obtidas fotografias digitais, coordenadas GPS (latitude e longitude) e descrição qualitativa de algumas características (fitofisionomia, altura do dossel, estrutura da vegetação) das classes de vegetação encontradas no campo.

3. Resultados e Discussão

Na análise discriminante, a discriminação entre classes nas três polarizações foi significativa (Tabela 2). O primeiro componente principal (CP) concentrou 83% de toda a variação do modelo construído ($R = 0,835$; $p < 0,005$).

Tabela 2 – Resultado da Análise de discriminantes, relação canônica (R), Graus de liberdade (gl) e nível de significância (p) para os componentes principais (cp).

cp	R	gl	p
1	0,835	16	<0,05
2	0,632	7	<0,05

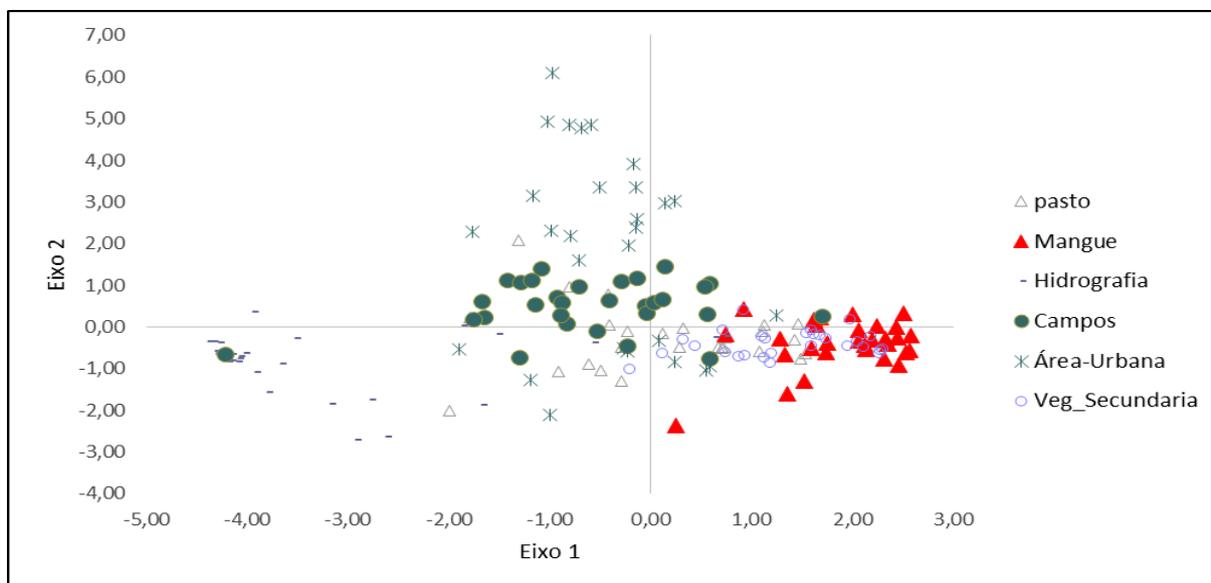


Figura 2- Distribuição das classes vegetacionais e de ocupação do solo em relação aos eixos principais determinados pela análise de discriminantes.

Na Tabela 3, é apresentada a importância de cada variável para a discriminação das classes nos dois eixos. A variável representada pela polarização HV apresentou a melhor resposta. Em outras palavras, a variável mais importante para explicação do CP 1 foi a polarização HV (peso mais alto em valor absoluto).

Tabela 3 – Peso dos valores de Sigma 0 (σ^0) para as duas polarizações (HH e HV) para os eixos principais determinados pela análise de discriminantes

Sigma0	Eixo 1	Eixo 2
HH	-0,617	-0,786
HV	-0,930	-0,367

Na Figura 2, nota-se que as classes Mangue, Campos apresentam grupamentos relativamente distintos ao longo do CP 1. As classes Campos e Pasto podem ser consideradas como classe campo, distinguindo das outras classes que apresentam uma estrutura vegetal maior.

Ao serem analisadas cada uma das polarizações individualmente (teste de Kruskal-Wallis), foram encontradas diferenças estatísticas nas duas polarizações na discriminação entre as classes estudadas nas imagens de radar.

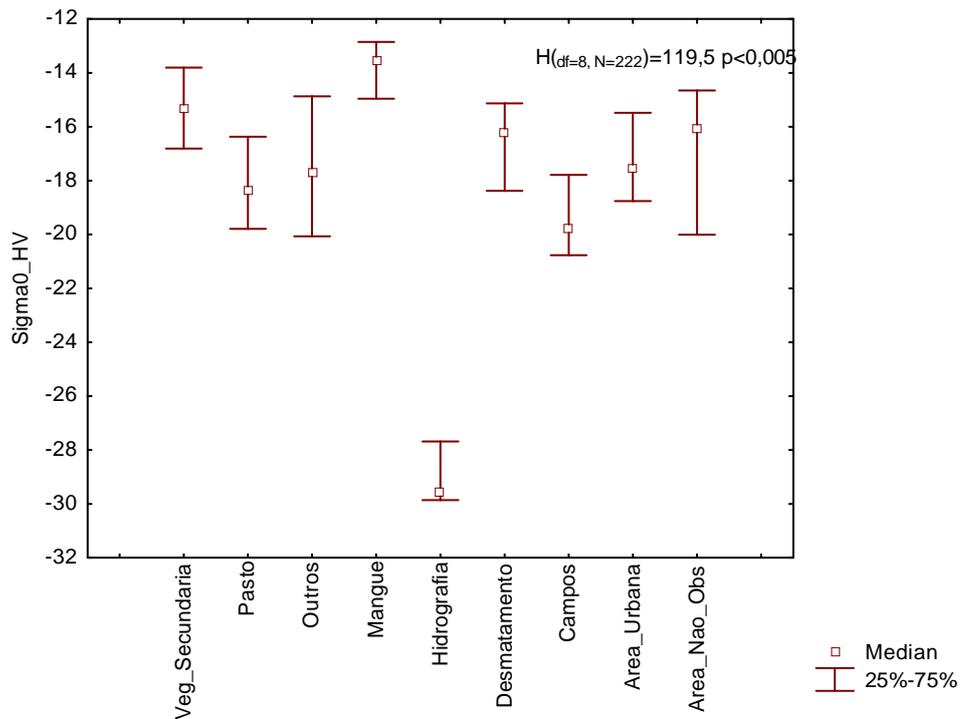


Figura 3- Mediana dos valores de σ^0 na polarização HV para as classes de vegetação e uso do solo na região de Soure. Valores do teste de Kruskal-Wallis para as diferentes classes de vegetação e ocupação do solo.

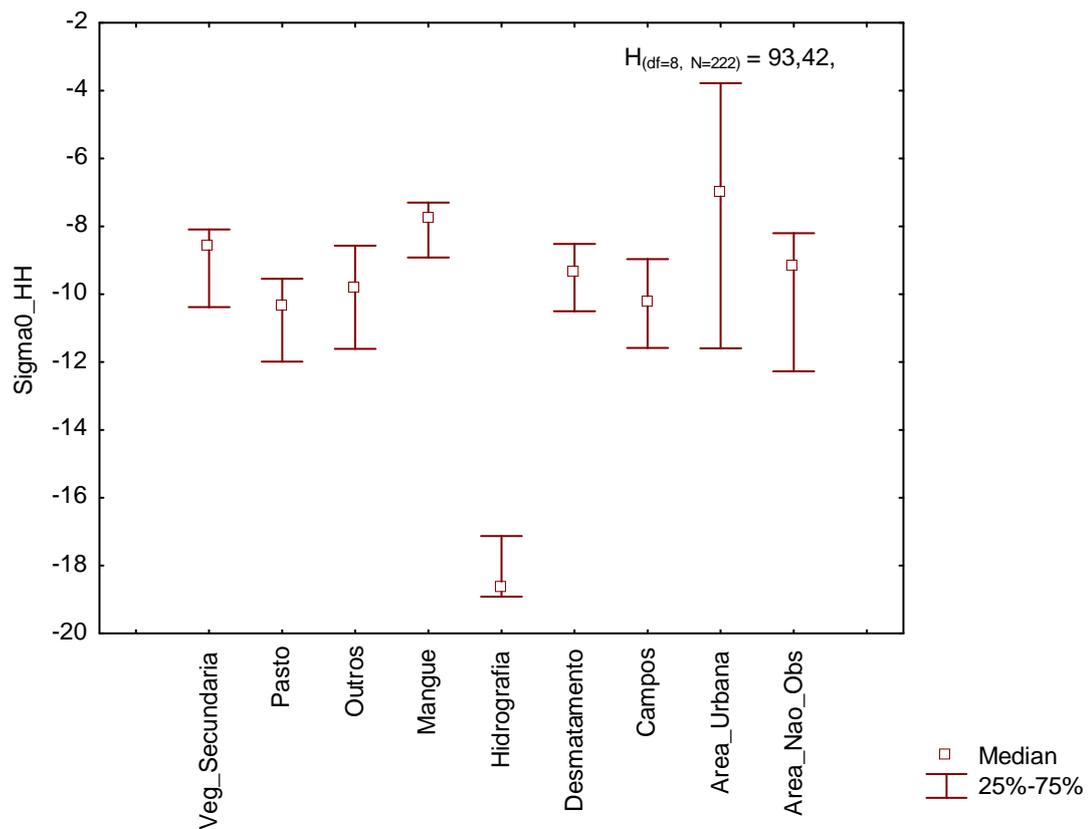


Figura 4- Mediana dos valores de σ^0 na polarização HH para as classes de vegetação e uso do solo na região de Soure. Valores do teste de Kruskal-Wallis para as diferentes classes de vegetação e ocupação do solo

Assim, pode-se afirmar que as classes de cobertura de terras representativas da área de estudo podem ser distinguidas pela análise dos valores de retroespalhamento nas duas polarizações consideradas (Figuras 2, 3 e 4).

Podem-se analisar ainda as diferenças existentes entre as classes de vegetação para cada polarização, observando os valores. Nas duas polarizações, foi possível verificar as diferenças existentes entre as classes, destacando uma maior diferença entre as classes florestadas (mangue, vegetação secundária) em relação às classes arbustivas/gramíneas (campos e pastos). Em todas as polarizações analisadas do ALOS/PALSAR, não foi possível discriminar entre as classes campos, pasto, desmatamento e área Urbana (Figura 3 e Figura 4).

Na classe Mangue (Figura 1c), é evidente a presença de muitas folhas, troncos e galhos, com pouca exposição de solo. O dossel é bem fechado, predominando árvores de porte relativamente elevado. Na área de estudo, essa classe acompanha os leitos dos rios na bacia do Paracuary, beneficiando-se do efeito do movimento das marés. Com uma elevada biomassa e uma estrutura vegetal mais complexa em conjunto com uma alta umidade nos galhos e folhas, determinam um maior valor do coeficiente de retroespalhamento nas diferentes polarizações das imagens de radar. Representando um maior número digital e um elevado brilho do pixel na imagem (Kasischke e Borgeau-Chaves 1997).

A classe Vegetação Secundária, apesar de ser ainda uma vegetação florestada apresenta uma arquitetura estrutural (troncos e galhos) mais simples e menor biomassa em comparação com a classe Mangue. Nesse caso, a tendência é a de que os valores de retroespalhamento de Vegetação Secundária sejam ainda mais altos que classes de vegetação Campos, Pastos, Urbano, porém, com valores de sigma menores do que os do Mangue.

A classe campos ocorre em áreas baixas e periodicamente inundadas. Na área de estudo existe a predominância da ocorrência de espécies campestres, com ausência de árvores e arbustos nessa região do Marajó.

Em imagens de radar, diferenças nos valores de σ^0 para as classes deve-se a estrutura da vegetação, ocorrendo um alto valor em regiões com uma maior biomassa, havendo uma grande interação entre a microonda e o alvo, conseqüentemente um alto retorno do sinal para antena em relação a uma estrutura vegetacional menor. Áreas com alto retorno do sinal aparecem com uma tonalidade mais clara do que áreas que apresentaram fraco sinal.

4. Conclusões

Resultados desse estudo demonstraram que é possível discriminar as áreas de manguezais de outras classes de cobertura vegetal natural e uso antrópica do solo, presentes na bacia do rio Paracuary na ilha do Marajó-PA, com base nas imagens de radar do satélite ALOS/PALSAR. Entretanto, ainda não é possível separar áreas de campo e pasto, utilizando essas imagens. Dentre as duas polarizações analisadas, a HV foi a que apresentou melhor desempenho na discriminação das classes de vegetação natural e uso antrópico do solo. Para pesquisas futuras, recomenda-se analisar o desempenho da combinação das duas polarizações na referida discriminação.

5. Agradecimentos

Agradecemos a Agência de Exploração Espacial Japonesa (JAXA) pelas imagens utilizadas. Agradecemos ao apoio da equipe da RESEX de Soure do ICMBio, na saída de campo.

6. Referências Bibliográficas

Alongi, D.M.; Boto, K.G.; Tirendi, F.. Effect of exported mangrove litter on bacterial productivity and dissolved organic carbon fluxes in adjacent tropical near shore sediments. **Marine Ecology Progress Series** 56:133-144. 1989.

De Marco Jr.; P.; Paglia, A. P. Estatística. Interpretação de Dados. In: Cullen, L. J.; Pádua, C. V.; Rudran, R. **Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre**. Curitiba: UFPR, 2003. 665p.

Dungan, P. J (ed). **Conservación de Humedales – Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias**. UICN, Gland, Suiza, 1992, 100 p.

Imhoff, M.L., A Theoretical-Analysis of the Effect of Forest Structure on Synthetic-Aperture Radar Backscatter and the Remote-Sensing of Biomass. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 1995. 33(2): p. 341-352.

Kasischke, E. S. and L. L. Bourgeau-Chaves. “Monitoring South Florida Wetlands using ERS-1 SAR imagery”, **Photogrammetric Engineering e Remote Sensing**, 63(3):281-291. 1997.

Kerr, J.T.; Ostrovsky, M. From space to species: ecological applications for remote sensing. **Trends in Ecology and Evolution**. v. 18, n. 6, p. 299-305, 2003.

Rignot, E.; Salas, W. A.; Skole, D. L., Mapping deforestation and secondary growthn Rondonia, Brazil, using imaging radar and thematic mapper data. **Remote Sensing of Environment**, 59(2): p. 167-179. 1997.

Rosenqvist, A.; Shimada, M.; Ito, N.; Watanabe, M. ALOS PALSAR: a pathfinder mission for global-scale monitoring of the environment. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.45, n.11, p.3307-3316, 2007.

Sasekumar, A.; Chong, V.V.; Leh, M.; D'Cruz, R. Mangroves as habitat for fish and prawns. **Hydrobiologia** 247:195-207. 1992.

Silva, J. B.: **Territorialidade da pesca no estuário de Itapessoca - PE: técnicas, petrechos, espécies e impactos ambientais**. Dissertação de Mestrado em Geografia. UFPE, Recife, 2006. p. 83.

Spalding, M.; Blasco, F.; Field, C.D. (eds). **World mangrove atlas**. The international Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan. 1997.178pp.

Tomlinson, P.B. **The Botany of mangroves**. Cambridge University Press. Cambridge. 1986. 418pp.