

Uso do sensoriamento remoto ótico para a compreensão da dinâmica dos manguezais no contexto amazônico.

Adeline Thevand ¹
Valéry Gond ²

¹ Universidade Paul Sabatier de Toulouse, França.
Laboratoire Régional de Télédétection
Route de Montabo- BP 165- 97323 Cayenne cedex Guiana Francesa
thevand@cayenne.ird.fr

² CIRAD, Departamento floresta.
Laboratoire Régional de Télédétection
Route de Montabo- BP 165- 97323 Cayenne cedex Guiana Francesa
gond@cirad.fr

Abstract

The mangroves represent an important source of goods and services for many communities living on the intertropical coastal regions. The study of such an ecosystem is thus essential. But this vegetation grows in hard conditions with periodical tidal inundations. Moreover, from the Amapá to the Venezuela, the littoral suffers the “amazonian muds’ dispersion system” which leads to rapid and dramatic changes of the coast. So, monitoring the amazonian mangrove requires frequent data. The remote sensing becomes then essential to save human and material resources. It is presented here some applications of the remote sensing to the study of amazonian mangroves. Temporal analysis allows the reconstitution of the coastal history and the understanding of its evolution. It is also used to realize an original datation of the mangroves. Correlations between population’s parameters as LAI and spectral properties of SPOT images are made in order to couple a model of reflectance with a model of development. A filter for the detection of the regeneration zones in the gap is also presented.

Key-words: temporal analysis, dynamic, filter, mangrove, remote sensing, amazonian region.

Palavras-chave: análise temporal, dinâmica, filtro, manguezais, sensoriamento remoto, região amazônica.

1. INTRODUÇÃO

Os manguezais representam a vegetação que cresce na zona inundada pela maré, nas regiões intertropicais. Entre 25°N e 25°S de latitude, cobrem 75% das costas e dos deltas (Day *et al.*, 1987) com uma superfície estimada de 182 000km² (Spalding *et al.*, 1997). Esse ecossistema tem um papel ecológico muito importante como zona de contato entre o meio terrestre e o meio aquático. Alimenta a cadeia trófica costeira (Dittmar *et al.* 2001) e serve como refúgio e berçário de muitas espécies animais como espécies de camarão por exemplo (Acosta e Butler, 1997; Primavera, 1998; Nagelkerken *et al.*, 2000). Além disso, tem um papel econômico primordial: os manguezais produzem bens e serviços para as comunidades que moram perto do mar. A presença de manguezais leva uma pesca mais rica e a gente coleta caranguejos no mangue. Consume-se também madeira para construção e produção de carvão (Hamilton e Snedaker 1984, Kovacs, 1999, Abuodha e Kairo, 2001).

O estudo da dinâmica desse tipo de ecossistema se torna então primordial para protegê-lo, ajudar a regeneração natural e melhorar os programas de regeneração artificial nas áreas de exploração.

Ora, o manguezal fica um meio ambiente com condições extremas com inundações periódicas e um solo instável. Isso torna o acesso e as medidas de campo no mangue muito difíceis. Além disso, no contexto amazônico, os manguezais sofrem uma dinâmica costeira original sob a influência do “sistema de dispersão das lamelas amazônicas”. Em efeito, cada ano, o Rio Amazonas descarrega milhares de toneladas de sedimentos no oceano Atlântico. Formam bancos de lamelas de vários quilômetros que, sob o corrente norte brasileiro, migram ao

longo da costa do Amápa (Brasil) até o delta do Orinoco no Venezuela (Prost e Charron, 1991, Allison et al., 1995). Ao nível da costa, se traduz pela alternância de fases de acreção (chegada dum banco de lama) e de erosão maciça (partida do banco). O littoral é então em perpetua e rápida mudança. Pois, o monitoramento de um sistema tão dinâmico necessita medidas muito regulares.

Assim, o conjunto dum meio difícil de acesso com a necessidade de atualizar regularmente os dados sobre ele num contexto de mudança leva a obrigação de usar uma ferramenta que permite economizar tempo, recursos humanos e materiais, que ficam muito importantes no trabalho de campo nos manguezais. O sensoriamento remoto parece uma solução eficiente a esse problema. A maioria das pesquisas relacionadas com o uso do sensoriamento remoto para os manguezais tem como objetivo de mapear a vegetação e de identificar os manguezais entre os outros meios (floresta de terra firme, brejos...) nas imagens (Chavaud *et al.* 1998, Gao, 1998, Green *et al.*, 1998). Depois, faz-se um monitoramento da evolução global dos manguezais no tempo (Ramirez-Garcia *et al.* 1998, Ramachandran *et al.* 1998). Alguns trabalhos iniciam o estudo da estrutura das populações de mangue (densidade, espécies...) à partir das imagens de satélite (Ramsey e Jensen 1996, Proisy *et al.* 2000, Thevand, 2002, Thevand *et al.*, 2003).

Aqui, apresenta-se a utilização do sensoriamento remoto ótico centrada sobre a dinâmica dos manguezais da região amazônica, com o estudo de sítios no Brasil e na Guiana Francesa. Trata-se por uma parte de analisar series temporais de imagens para monitorar a dinâmica original dessa costa no tempo com a possibilidade de realizar uma datação das populações; e por outra parte de fazer uma espacialização de fenômenos como a colonização dos bancos de lama pelas plântulas o a regeneração dos mangues nas clareiras que foram antes medidos no campo, e relacionar os parâmetros da floresta encontrada no campo com as características (refletâncias, textura) observadas nas imagens.

2. MATERIAL E MÉTODO

a. Sítios de estudo.

Dois sítios foram escolhidos na Guiana Francesa:

- O estuário do Rio Kaw (4°45'N, 52°07'O) na região Norte-Este da Guiana. Este sítio foi escolhido por um programa de pesquisa multi-disciplinar (PNEC-programa nacional sobre os meios ambientes costeiros-França). A bacia hídrica fica pois bastante documentada;

- O estuário do Rio Macouria (5°04'N, 52°31'O). Neste sítio faz-se medidas de campo intensivas para caracterizar a colonização dos bancos de lama e estabelecer um modelo de crescimento das plântulas. Foi escolhido pois por uma parte pela relativa facilidade de acesso e por outra parte pela representatividade do lugar.

O terceiro sítio de pesquisa se localiza no Brasil, e inclui os manguezais de duas ilhas: a ilha de Japariquara e a ilha dos Ingêses, na baía de Turiaçu (1°38'S, 45°17'O) – Maranhão. Esses manguezais, antigos e com árvores bem altas são adequados pelo estudo da formação de clareiras e da regeneração dentro delas. Além disso, a equipe do laboratório de hidrobiologia e limnologia (LABOHYDRO) da Universidade Federal do Maranhão já monitora essas populações de mangue desde 4 anos e faz medidas regulares em algumas clareiras (Mochel e Façanha, 2002).

b. Dados de sensoriamento remoto.

Para constituir as séries temporais de imagens, utiliza-se ao mesmo tempo fotografias aéreas que permitem ir por trás até os anos 50, e imagens de satélite do Landsat (arquivos desde 1980) e do SPOT (arquivos desde 1986). Esses dados foram fornecidos pelos arquivos do

Laboratório Regional de Sensoriamento Remoto - Guiana Francesa e pelo site internet da Universidade do Maryland (USA) GLCF (Global Land Cover Facility). Pelo sitio do Rio Kaw foram reunidas: 2 coberturas aéreas (1950 e 1981), uma imagem Landsat TM 7 (1988), 5 imagens SPOT 3 & 4 (1991, 1998, 1999, 2000, 2001), captor HRV. Pelo sitio do Rio Macouria foram reunidas: uma cobertura aérea (1950), uma imagem Landsat TM 7 (1986), 8 imagens SPOT 3,4 & 5 (1988, 1993, 1994, 1995, 1996, 1998, 2000, 2001, 2003).

O monitoramento da colonização, ao nível de um banco se faz com uma série de 5 imagens SPOT 4 HRV (resolução de 20m) e uma imagem SPOT 5 HRV (resolução de 10m) do ano 2003 que foram adquiridas simultaneamente com as medidas de campo graças ao programa ISIS do CNES (Centro Nacional de Estudos Espaciais-França). O pré-tratamento dessas imagens inclui correções radiométricas e geométricas.

A realização do filtro de detecção das clareiras foi feita com uma imagem SPOT 4 de resolução 20m do 16 de junho 2003 (programa ISIS), com correções radiométricas e geométricas.

c. Análise das séries temporais.

A comparação do litoral a varias datas e com dados de diferentes tipos (imagens de varios captosres, fotos) necessita um primeiro tratamento de cada dado separadamente. As coberturas de avião representem varias fotografias aéreas que foram mosaicadas para obter a fotografia da região total (softwares Er-Mapper e ENVI 6.2). A imagem de satélite de melhor resolução espacial e a mais recente para cada das duas série (Kaw e Macouria) foi georeferenciada usando pontos GPS pegado em lugares reconhecíveis no campo e localizados na imagem. As outras imagens de satélite e as mosaicas aereas foram georeferenciada pegando pontos de Amer nessa imagem. Assim, pode-se sobrepor sem problema os diferentes dados.

A linha de costa foi digitalizada para cada data (softwares Mapinfo e ArcGIS). As diferentes fraldas assim obtidas foram sobrepostas para ver as mudanças da costa, calcular as superfícies em erosão o em acreção. A comparação das datas sucessivas permite identificar as populações de mangue aparecidas entre cada data. O conjunto da para realizar assim uma datação dos maguezais da região.

d. Relacionamento entre as características das imagens e os parâmetros florestais no campo.

No campo, no banco de lama ao nível do estuário do rio Macouria, 15 parcelas de 1m² localizadas em tres zonas de vegetação homogênea foram realizadas (5 por zona). Medidas de varios parâmetros florestais (diâmetro, altura, densidade, índice de área foliar) foram efetuadas cada duas semanas durante un ano. Um modelo de crescimento em altura das plântulas e curvas de evolução das densidades e do índice de área foliar foram estabelecidas. Durante a estação seca (agosto e setembro), 6 imagens SPOT 4 foram adquiridas na zona com tres correspondentes com datas de medidas no campo.

Os pixeles correspondentes às parcelas foram localizados nessas imagens e as valores de refletância foram extraídas.

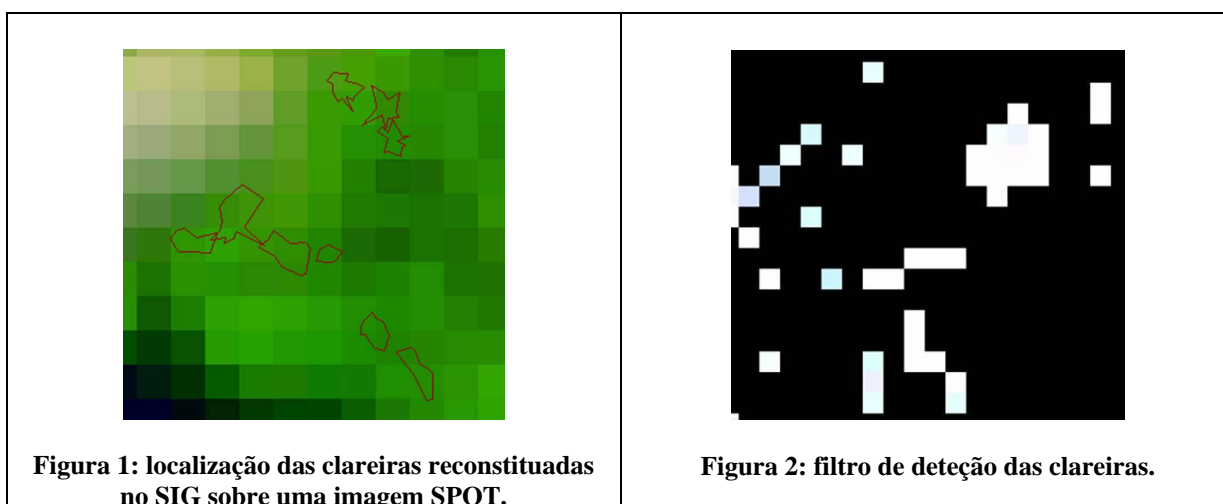
Correlações foram feita entre os parâmetros do campo e as refletâncias nas 4 bandas espectrais disponíveis nas imagens, e também com varios índices espectrais como o NDVI e o NDWI (software Student Systat).

e. Realização do filtro.

A técnica se inspira do método desenvolvido por Colson (2002) para a detecção das clareiras na floresta de terra firme. No campo, 18 clareiras foram localizadas. Para cada um ponto GPS

foi feito no centro da clareira com 3 medidas sucessivas utilizando o mesmo GPS. A localização é depois obtida pela média das 3 medidas ponderadas pelos “e.p.e.” (estimação do erro de posição, dada pelo GPS). As limites de cada clareira foram definidas com a medida da distância e do ângulo azimutal entre as árvores intatos que ficam alrededor da clareira e o centro da clareira onde se pega o ponto GPS. As distâncias foram medidas usando um telémetro laser (LaserAce). O contorno de cada clareira foi resconstituído sob um SIG (ArcGIS). Uma imagem SPOT 4 foi adquirida sobre a zona. Ela foi georeferenciada usando pontos GPS pegados no campo. As clareiras foram posicionadas na imagem graças aos pontos GPS central (**figura 1**).

As reflectâncias dos pixels correspondentes às clareiras foram extraídos e serviram para estabelecer escalões. Essas reflectâncias são características das clareiras e permitem isolar elas dos outros objetos. Faz-se primeiro um filtro que exclue os objetos parasitos com as nuvens e a água (diferenciação pela banda visível do SPOT), as sombras das nuvens (diferenciação pela banda NIR), a floresta de terra firme (diferenciação pela banda MIR). Depois se faz um filtro que separe as clareiras dos maguezais intatos (**figura 2**) baseado sobre o índice NDVI. Esse filtro foi validado usando 10 outras clareiras localizadas no campo. As clareiras detectadas pelo filtro são em seguida vectorizada e podem ser entrada num SIG para obter um mapa das clareiras da região. Esse dado pode ser utilizada para analisar a distribuição das clareiras usando geoestatística.



3. RESULTADOS & DISCUÇÃO

a. Utilização das séries temporais para a reconstituição da evolução do littoral e a datação dos manguezais.

Está análise mostra a evolução da costa em dois pontos e o numero de quilómetros tocados pela erosão/acreção (**figura 3**). Kaw e Macouria são longe demais para que as mudanças sejam a consequência do mesmo banco de lama. Entretanto, da para ver que a chegada e a partida do banco de Kaw e do banco de Macouria são simultâneas. A reconstituição do hitórico da costa está sendo feita por toda a costa do Amapá até o Surinam. Uma visão global será pois disponível para toda a zona costeira amazônica, o que permitirá uma compreensão integrada do mecanismo e a constituição de um modelo de predição das mudanças. O sensoriamento remoto permite de completar e de quantifiar os dados sociológicos sobre as variações da costa, coleitados com questionários nas comunidades do littoral.

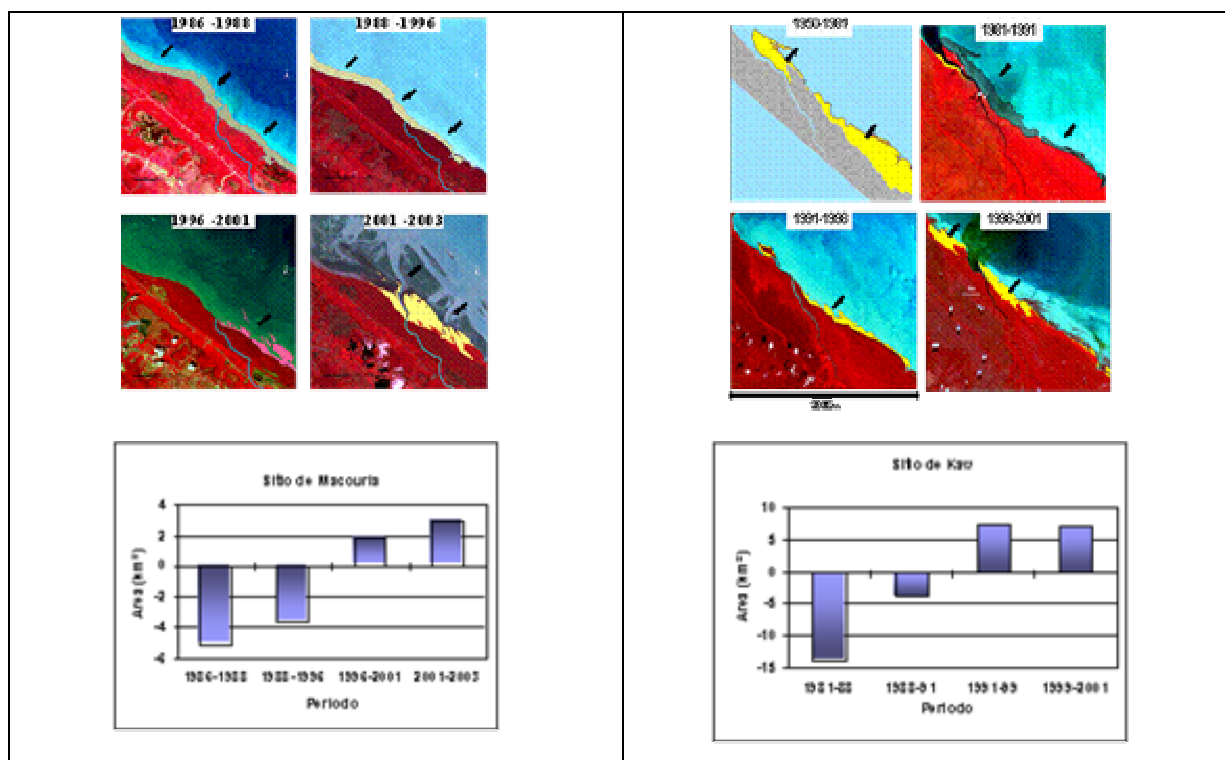


Figura 3: Evolução da costa (acima) e número de quilómetros concernidos (abaixo) em dos sítios da Guiana Francesa (Rio Macouria à direita; Rio Kaw à esquerda).

A realização da carta das idades das populações de manguezais é uma técnica original (**figura 4**). Fica difícil de dar diretamente uma idade aos mangues com métodos clássicos de dendrocronologia porque a produção de câmbio por essas árvores é irregular e não pode ser relacionada com um ciclo anual ou estacional. Alguns autores intentaram de construir um método de estimação da idade das árvores de *Rhizophora* pela conta dos internós (Duarte et al., 1999), mas a validade deste método ainda deve ser provada. Assim, o mapa construído com sobreposição das linhas de costa fica, pelo momento, o único método possível, mesmo se é indireta, de estimação da idade das populações. A precisão sobre a idade depende da frequência dos dados de sensoriamento remoto.

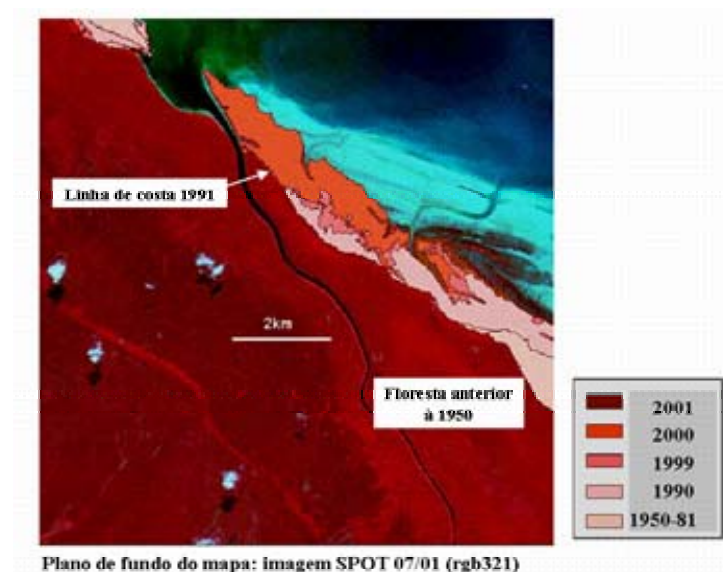


figura 4: mapa de datação dos manguezais da região de Kaw (Guiana Francesa).

b. Relacionamento entre as características das imagens e os parâmetros florestais no campo para o monitoramento da colonização.

As correlações encontradas entre os parâmetros no campo e o sinal radiométrico permitem de realizar um modelo de reflectâncias. Por outro lado, um modelo de funcionamento das plântulas já foi realizado com as evoluções dos parâmetros florestais. Pode-se então projetar de combinar os dois tipos de modelo, os dados do satélite entrando como forçagem do modelo de crescimento para caracterizar o estado de desenvolvimento dos manguezais e prever a evolução deles. Esse método já deu resultados encorajante com o monitoramento de culturas de trigo com dados SPOT HVR (Moulin, 1995).

c. Filtro de detecção das clareiras e mapeamento das zonas de regeneração.

O filtro precisa de ser melhorado. Por isso um bom posicionamento das clareiras na imagem é fundamental. As erros dadas pelo e.p.e. do GPS ficam inferiores à 5m geralmente, o que é com certeza bem suficiente por uma resolução da imagem de 20m. Mas o problema vem do georeferenciamento da imagem: o georeferenciamento básico proposto pelo SPOT Image que fornece a imagem é largamente deficiente com decalagem de mais de 10 pixels nas margens da imagem. O georeferenciamento feito com pontos GPS pegados no campo podem melhorar isso. Mas encontrar pontos de referência localizáveis na imagem como estradas, vilas...em áreas isoladas de manguezais se revela muito difícil.

Nos manguezais, a distinção vegetação / « solo » (lama) nuu é bastante clara o que permite identificar as clareiras. Entretanto, confusões podem aparecer entre clareiras e apicuns. Os apicuns são lugares hipersalgados onde os manguezais não sucedem crescer. Esse apicuns se encontram dentro dos manguezais. Parece que só se pode identifica-los pelo tamanho bem superior aos clareiras (**figura 5**). Mas tem que perguntar-se como distinguir um pequeno apicum de uma clareira recente onde a regeneração pode acontecer. Outras confusões aparecem beira rios com os pixels mixtos (água + manguezais) das bordagens. Essa confusão é limitada eliminando os pixels com NDVI demais baixo do filtro final.

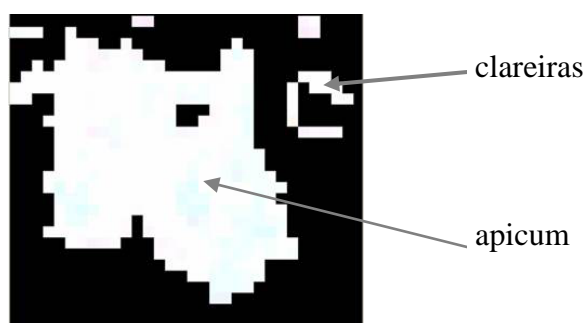


figura 5: diferencia de tamanho entre um apicum e as clareiras no filtro.

Um outro problema encontrado foi que as clareiras de manguezais são pequenas e pertas umas das outras. Assim o mapa revela sobretudo as zonas de manguezais intatas e as zonas de manguezais perturbadas. Distinguir cada clareiras com pixels de 20m se revela impossível. Uma possibilidade seria de utilizar dados de resolução mais alta como imagens SPOT 5 (10m) o Ikonos (4m). Nesse tipo de imagens, uma orientação na direção das análises de textura pode ser considerada (Thevand, 2002, Gond, 1999).

O sensoriamento remoto da acesso a uma informação espacial com a criação de um mapa. A etapa seguinte será de analisar a frequência e a distribuição das clareiras ao nível populacional. A hipótese de uma distribuição ao acaso será testada e podera-se pôr em

evidência eventuais anisotropia com direções terra-mar ou jusante-montante usando geostatística. O “turn-over” do dossel nos manguezais será estimado (Sherman et al., 2000).

4. CONCLUSÃO

Os manguezais ficam ambientes muito difíceis de acesso. Trabalhar e coletar dados de campo nestas condições pedem importantes recursos humanos e materiais. Além disso, os manguezais amazônicos apresentam uma dinâmica única, rápida e dramática. O estudo deles necessita pois a obtenção de dados frequentes. Por essas razões, o sensoriamento remoto se torna uma ferramenta realmente poderosa. Mostra-se nesse artigo que se pode usa-lo de diferentes formas, seja pela análise de séries temporais de dados de sensoriamento remoto (foto aéreas e imagens de satélite) ou seja pela análise das reflectâncias características de objetos estudados como clareiras. O sensoriamento remoto permite então de estender a visão do pesquisador seja no tempo (com arquivos de dados) o no espaço (da parcela de campo ao nível regional). Nota-se que a utilização do sensoriamento remoto não fica só qualitativa com uma simples foto-interpretação das imagens mais pode tornar-se quantitativa e fornecer dados de entrada em modelos.

Assim, o sensoriamento pode levar a uma verdadeira gestão global desse tipo de ecossistema que fica o meio de vida de muitas comunidades morando beira mar nas zonas intertropicais.

Os manguezais, e em particular os manguezais da área atlântica, têm uma diversidade específica muito baixa (6 espécies ao máximo na Guiana francesa e no Brasil do norte). A estrutura das populações também fica bastante simples, pelo menos nos estados de colonização, com a presença, geralmente, de coortas homogêneas de indivíduos. Assim, libera-se dos elementos parasitos encontrados na floresta tropical de terra firme, onde um ecossistema muito complexo torna o sinal do satélite difícil de interpretar. Os manguezais podem pois ser considerados como um caso interessante num ponto de vista teórico.

Aqui, trata-se do uso do sensoriamento remoto ótico. Como sempre nas zonas tropicais, fica o problema da abundância das nuvens. Por isso, estudos que mexem com a propagação do sinal radar na cobertura dos manguezais e os relacionamentos com parâmetros florestais poderão ser um bom complemento quando dados radar de satélite serão disponíveis (Melius, comunicação pessoal).

Referências

- Abuodha, P.A.W.; Kairo, J.G. Human-induced stresses on mangrove swamps along the Kenyan coast. **Hydrobiologia**, v. 458, p. 255-265, 2001.
- Acosta, C.A.; Butler, M.J. Role of mangrove habitat as a nursery for juvenile spiny lobster, *Panulirus argus*, in Belize. **Marine and freshwater research**, v. 48, n. 8, p. 721-727, 1997.
- Allison M.A.; Nittrouer, C.A.; Faria, L.E.C. Rates and mechanisms of shoreface progradation and retreat downdrift of the Amazon river mouth. **Marine Geology**, v. 125, p. 373-392, 1995.
- Chauvaud, S.; Bouchon, C.; Manière, R. Remote sensing techniques adapted to high resolution mapping of tropical coastal marine ecosystem. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, p. 3625-3639, 1998.
- Colson, F. Characterization and localisation of canopy gaps in humid tropical rainforest (Counami, French guiana), 43 p, 2002 - CIRAD-UIA report.
- Day, J.W.; Conner, W.H.; Ley-Lou, F.; Day, R.H.; Navarro, A.M. The productivity and composition of mangrove forest, Laguna de Terminos, Mexico. **Aquatic Botany**, v. 27, p. 267-284, 1987.
- Dittmar, T.; Lra, R.J.; Kattner, G. River or mangrove? Tracing major organic matter sources in tropical Brazilian coastal waters. **Marine Chemistry**, v. 73, p. 253-271, 2001.

- Duarte, C.M. ; Thampanya, U. ; Terrados, J. ; Geertz-Hansen, O. ; Fortes, M.D. The determination of the age and growth of SE Asian mangrove seedlings from internodal counts. **Mangrove and salt marshes**, v. 3, p 251-257, 1999.
- Gao, J. A hybrid method toward accurate mapping of mangroves in a marginal habitat from Spot multispectral data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, p. 1887-1899, 1998.
- Green, E.P.; Clark, C.D.; Mumby, P.J.; Edwards, A.J.; Ellis, A.C. Remote sensing techniques for mangrove mapping. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, p 935-956, 1998.
- Gond, V.; Bartholomé, E ; Ouattara, F.; Nonguierma, A.; Bado, L. Surveillance et cartographie des plans d'eau et des zones humides et inondables en régions arides avec l'instrument VEGETATION embarqué sur SPOT-4. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, p. 987-1004, 2004.
- Hamilton, S.; Snedaker, S.C. **Handbook for mangrove area management**, 1984, 123 p.
- Kovacs, J.M. Assessing mangrove use at the local scale. **Landscape and Urban Planning**, v. 43, p. 201-208, 1999.
- Mochel, F. R.; Façanha, F.R. Caracterização de Clareiras em Áreas de Manguezal na Baía de Turiagu, Amazônia Costeira Maranhense. In: Workshop Ecolab, 06., 2002, Belém, Brasil, 2002.
- Moulin, S. **Assimilation d'observations satellitaires courtes longueurs d'onde dans un modèle de fonctionnement de culture**. 1995. 235 p. Tese de doutorado, Universidade de Toulouse 3, Toulouse (France). 1995.
- Nagelkerken, I.; Van Der Velde, G. ; Gorissen, M.W.; Meijer, G.J.; Van't Hof, T.; Hartog, C.D. Importance of mangroves, seagrass beds and the shallow coral reef as a nursery for important coral reef fishes, using a visual census technique. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 51, p. 31-44, 2000.
- Primavera, J.H. Mangroves as nurseries: Shrimp populations in mangrove and non-mangrove habitats. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 46, p. 457-464, 1998.
- Proisy, C.; Mougin, E.; Fromard, F. ; Karam, M.A. Interpretation of polarimetric radar signatures of mangrove forests. **Remote Sensing of Environment**, v. 71, p. 56-66, 2000.
- Prost, M.T. ; Charron, C. **L'érosion côtière en Guyane. Colloque international sur la defense des côtes et protection du littoral.**, 1991, 16 p.
- Ramachandran, S. ; Sundaramoorthy, S. ; Krishnamoorthy, R. ; Devasenapathy, J. ; Thanikachalam, M. Application of remote sensing and CIS to coastal wetland ecology of Tamil Nadu and Andaman and Nicobar group of islands with special reference to mangroves. **Current Science**, v. 75, p. 236-244, 1998.
- Ramirez-Garcia, P.; Lopez-Blanco, J.; Ocaña, D. Mangrove vegetation assessment in the Santiago River Mouth, Mexico, by means of supervised classification using Landsat TM imagery. **Forest Ecology and Management**, v. 105, p. 217-229, 1998.
- Ramsey, E.W.; Jensen, J.R. Remote sensing of mangrove Wetlands : Relating canopy spectra to site-specific data. **Photogrammetry Enginier. & Remote Sensing**, v. 62, p. 939-948, 1996.
- Sherman, R.E.; Fahey, T.J.; Battles, J.J. Small-scale disturbance and regeneration dynamics in a neotropical mangrove forest. **Journal of Ecology**, v. 88, p. 165-180, 2000.
- Spalding, M.D.; Blasco, F.; Fields, C.D. **World mangrove atlas**. Okinawa: The international Society for Mangrove Ecosystems, 1997, 178 p.
- Thevand, A. **Structure et dynamique des mangroves de la région de Kaw (Guyane Française). Etude par télédétection et analyse in-situ**. 2002. 31p. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade de Toulouse 3, Toulouse (França). 2002.
- Thevand, A.; Fromard, F.; Proisy, C.; Couteron, P. Structural features and dynamics of mangrove forests in the Amazonian coastal region. A case study in the Kaw River estuary, French Guiana, using field measurements and high resolution remote sensing techniques. In: Mangrove 2003 Conference, Salvador, Bahia (Brasil), 2003.