

SENSORIAMENTO REMOTO SOBRE ECOSSISTEMAS DE MANGUEZAL DA ILHA DE SANTA CATARINA, BRASIL. I: ADEQUAÇÃO DA TÉCNICA

J. M. FROIDEFOND
E. J. SORIANO-SIERRA

Laboratório de Sensoriamento Remoto, Depto de Geologia e Oceanografia, Université Bordeaux I,
Avenue des Facultés, Bordeaux, França. FAX. 33 (56) 84 08 48.

Núcleo de Estudos do Mar -NEMAR-, Universidade Federal de Santa Catarina -UFSC-.
88040-970, Florianópolis, SC, Brasil. FAX. 55 (048) 231 96 72.

Abstract. This work is a contribution to the remote sensing techniques adjustment for mangrove small areas mapping and survey. The study was made on the Ratonas mangrove ecosystem (SantaCatarina Island, Brazil), using SPOT images and field data. The images was atmospheric corrected. The numeric values from each channel (XSI, XS2 and XS3), corresponding to any vegetal formation and objet identified and positioned by land studies was employed to make a chart. This chart can be utilized to mapping and survey any other complex mangrove area from atmospheric corrected satellite images.

Key words: SPOT & Field Data; Remote Sensing; Mangrove Ecosystems; Santa Catarina Island; Brazil.

INTRODUÇÃO

Sensoriamento remoto e geoprocessamento constituem técnicas freqüentemente empregadas em estudos de casos em ecossistemas de manguezal. Desta forma, os principais manguezais do litoral brasileiro, vem sendo objeto de mapeamentos, levantamentos florísticos e monitoramento ambiental, devido ao crescente interesse pela preservação da biodiversidade e do valor sócio-econômico destes ecossistemas.

O estudo de setores de imagens de satélite que comportam manguezais, pode não representar uma atividade muito complicada, dependendo dos objetivos do estudo; se a cobertura vegetal for continua e principalmente se o ecossistema considerado estiver localizado em áreas preservadas. Contrariamente, resulta muito difícil o sensoriamento remoto e o geoprocessamento sobre manguezais impactados per atividades antrópicas, coma canalizações; construção de estradas; aterros; retificação de rios e canais e qualquer outra obra que venha modificar as

condições naturais de circulação das águas de marés, provocando uma desestruturação global do ecossistema. O estudo é dificultado mais ainda, quando as áreas individuais a serem analisadas são de pequenas dimensões e alternadas, como é o caso nas áreas extremas de distribuição dos manguezais.

Na Ilha de Santa Catarina, localizada próxima ao limite austral de distribuição dos manguezais do Oceano Atlântico sul-ocidental, são encontrados cinco ecossistemas de manguezal: Ratonas; Saco Grande; Itacorubí; Tavares e Tapera. Devido a suas localizações, contíguas à centros urbanos ou próximos a estes, os manguezais da Ilha vem sofrendo o impacto de uma antropização crescente, determinando a desestruturação dos ecossistemas e até a eliminação de importantes setores destes, mesmo sendo que os manguezais se encontrem dentro de Estações Ecológicas, e ainda, constituindo por Lei, Áreas de Preservação Permanente.

Face a esta situação, e ainda pela importância ecológica dos manguezais como

berçários e produtores de matéria nutritiva para recursos vivos (peixes, crustáceos e moluscos) de interesse para as pescas artesanal e industrial, o presente estudo tem como objetivos o estabelecimento de uma metodologia eficiente para o estudo de pequenas e complexas áreas de manguezal através de sensoriamento remoto utilizando imagens de satélite SPOT e verdades de campo, para o mapeamento da cobertura vegetal e da infra-estrutura antrópica e monitoramento da degradação destes ecossistemas.

Para a realização do presente estudo, dentre os manguezais da Ilha foi selecionado o de Ratonas por ser o de maior complexidade estrutural, resultado da construção de diversas obras de infra-estrutura rodoviária e de drenagem do solo, determinando um processo de substituição do manguezal por outras formações fitossociológicas, e a alternância e justaposição de populações e comunidades diferentes.

ÁREA DE ESTUDO E DADOS DE CAMPO

O manguezal de Ratonas (27°27'30"-27°30'00"S, 48°28'12"-48°31'43"W), encontra-se localizado a Noroeste da Ilha de Santa Catarina, sobre a Baía Norte, ocupando uma área aproximada de 6 km² (Figura 1).

A superfície do manguezal é drenada por diversos córregos e rios, sendo que o Ratonas é o principal da bacia hidrográfica e deságua num pequeno estuário delimitado por uma flecha arenosa.

A vegetação típica é constituída por três espécies de mangue: *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* e algumas espécies associadas, dentre as quais as mais representativas são *Spartina alterniflora*, *S. densiflora* e *Typha domingensis*. Contíguo ao manguezal, a vegetação de restinga e transição é representada por *Hibiscus tiliaceus*, *Rapanea parviflora*, *Acrostichum daefolium*, *Anona glabra*, *Fimbristylis diphylla*, *Scirpus maritimus*, *Paspalum vaginatum*, *Sporobolus poiretii*, *S. virginicus*,

Juncus acutus, *Dalbergia ecastaphylla* e *Mimosa bimucronata* entre outras.

A maior parte da rede hidrográfica foi dragada e retilinizada a fim de reduzir o tempo de residência das águas de chuva e ou marinhas dentro da bacia; comportas tipo "by pass" foram construídas a fim de desalinizar terras que atualmente são ocupadas por pastagens para pecuária lavouras e loteamentos extensos; tanques de aquicultura foram cavados para criação de Penaeídeos; diversos aterros circundam o manguezal e atualmente o ecossistema é dividido em três setores bem individualizados por duas estradas sobre elevadas em relação ao nível do manguezal.

Com base em fotografias aéreas das missões Cruzeiro do Sul (1978) -escala 1:25.000 - Cruzeiro do Sul (1994) pancromática -escala 1:8.000 -- restituída ao 1:2.000 e cartas do IPUF (1979) escala 1:10.000 e IBGE (1983) escala 1:50.000, foi realizada uma carta preliminar de vegetação a escala 1:20.000, progressivamente corrigida com observações de campo, comportando identificações sistemáticas das formações vegetais e localizações precisas dos pontos extremos das áreas vegetadas assim como também das áreas desprovidas de vegetação utilizando um GPS Accunav/Eagle.

DADOS DE SATÉLITE E MATERIAIS

Devido a pequena extensão das unidades fitossociológicas do mangueza, para a realização deste estudo optamos pelas imagens SPOT XS, que apresenta uma maior resolução (20x20 m) que as LANDSAT TM.

A imagem selecionada é datada de 17 de novembro de 1987 devido a sua qualidade e coincidência com a data de elaboração da carta preliminar de vegetação. A imagem multiespectral foi corrigida geometricamente ao nível 1b por SPOT-Image e é composta por três imagens numéricas: XSI (500 - 590nm), XS2 (610 - 680nm) e XS3 (790 - 890 nm).

Cada imagem numérica cobre a mesma área (60 x 60km), formada por 3000²

pixels, sendo que 1 pixel ocupa uma área de 20 x 20m e apresenta um valor numérico que varia entre 0 (luminância nula) e 255 (luminância máxima da luz solar).

As características da imagem SPOT são apresentadas na **Tabela I**. O volume de dados para cada imagem é de aproximadamente 9Mo e para analisar as informações foi utilizado um sistema PERICOLOR-2001, equipado com leitor de banda magnética, impressora colorida, câmara de vídeo numérica e software Geopericolor (Matra Corp), sob formato MS-DOS.

METODOLOGIA

Com o objetivo de adequar as técnicas atuais de sensoriamento remoto para cartografar as formações vegetais de manguezais de dimensões reduzidas, a radiância medida pelo satélite foi convertida em dados quantitativos descritivos de tipos de cobertura vegetal, conforme Haddad & Harris (1985); Hertz & Jaskow (1985); Lieth & Kawosa (1985); Gross *et al.* (1986).

A técnica utilizada para este fim, pode ser resumida nas seguintes etapas:

- 1 - Correção atmosférica com software 5S, conforme (Tanré et al., 1990), a fim de se obter os valores numéricos da intensidade luminosa incorporada pela atmosfera.
- 2 - Seleção das imagens (janelas de 512 x 512 pixels) das áreas de manguezal; melhoramento do contraste e impressão para comparação com os dados de campo.
- 3 - Cálculo: do índice de vegetação - diferença normalizada- (NDVI); índice de brilho análise em componentes principais (ACP) e impressão dos valores das cores.
- 4 - Trabalho de campo realizado com o objetivo de comparar os dados das imagens com os diversos tipos de cobertura vegetal e superposição das cartas de vegetação com as imagens de satélite processadas.
- 5 - Avaliação dos resultados e análise crítica.

<u>Identificação:</u>	SPOT I / KJ 714-405 / HRV-2 XS
<u>Data e hora de registro:</u>	17-NOV-1987 / 13h27'10" UTC
<u>Satélite: Orientação:</u>	9,7° ; Incidência: -2,3°
<u>Sol: Azimute:</u>	72,5°; Elevação: 67,1°
<u>Centro da imagem:</u>	27°28'53"S; 48°38'47"W
<u>Coordenadas dos ângulos:</u>	27°10'19" S - 48° 52' 34" W 27°15'48" S - 48° 16' 37" W 27°41'56" S - 49° 00' 58" W 27°47'27" S - 48° 24' 50" W
<u>Imagens:</u> (XS1; XS2; XS3);	Colunas: 3194 Linhas: 2997
<u>Nível de processamento:</u>	1b - Correção geográfica
<u>Ganho:</u>	XS1 = 5 XS2 = 6 XS3 = 5
<u>Fatores de calibração:</u>	XS1 = 0.84167 XS2 = 0.88740 XS3 = 0.98090

Tabela I: Características da imagem SPOT utilizada para este estudo.

CORREÇÕES ATMOSFÉRICAS

A fim de corrigir as imagens, foi numerizado o sinal atmosférico e subtraído destas, para se obter o sinal atmosfera/mar, conforme a equação geral de Tanre *et al.* (1990)

As reflectâncias extra atmosféricas foram calculadas a partir dos valores numéricos fornecidos pelo satélite (V.N.),

sendo que o procedimento incluiu quatro etapas:

1. A correção das imagens começou pela do canal XS3, pelo fato de que no infra vermelho, o valor numérico que corresponde à água oceânica ao nível do mar é igual a zero. Fora destas áreas os valores numéricos (V.N.) e os dados de calibração de XS3 e dos outros dois canais são apresentados **na Tabela II.**

PARÂMETROS	CANAIS		
	XSI	XS2	XS3
V.N. máximo	77	61	38
V.N. meio	50	35	21
V.N. mínimo	34	19	9
Calibração absoluta	0.84160	0.88740	0.98090
Radiância solar	1865	1615	1090
p* V.N. = 1	0.21726	0.23796	0.318971
p* V.N. min.	7.38%	4.521%	2.87%

Tabela III: Valores Numéricos (V.N.) máximos, médios e mínimos.

Os valores obtidos foram relativamente altos, provavelmente devido ao reflexo da luz solar sobre a superfície da água. Assim, os valores mínimos foram

utilizados juntamente com os dados da imagem (**Tabela I**), para calcular os parâmetros atmosféricos.

SPOTI	R% Total	R% Atm.	R% Amb.	R% Objet	Trans .Gas	R% Terra
XS 1	10.6	7.3	1.3	2.0	0.985	4.1
XS 2	8.4	4.2	1.4	2.8	0.912	5.3
XS 3	2.5	2.5	0.0	0.0	0.959	0.0

Tabela III: Reflectâncias (R%) das imagens XS1; XS2 e XS3 obtidas por SPOT1.

Atm = Atmosférica; Amb. = Ambiente Objet. = Objeto e Trans. Gas = Transmissividade do ar.

2. Os parâmetros atmosféricos foram introduzidos no programa 5S, a fim de se calcular as reflectâncias nas imagens de XS1 e XS2. Desta forma os valores

obtidos foram: 2,5% para XS3; 4,2% para XS2 e 7,3 para XS 1, conforme a **Tabela III.**

3. A fim de se obter o valor numérico (V.N.) do sinal atmosférico, a equação de Tanre *et al.* (1990), foi invertida (**Tabela IV**).

Observa-se uma diferença de aproximadamente duas unidades entre o V.N. sobre o mar e o V.N. atmosférico.

V.N.	ATMOSFÉRICO	ATM + SINAL MARINHO
V.N. xs 1	32	34
V.N. xs 2	16	19
V.N. xs 3	7	9

Tabela IV: Valores Numéricos (V.N.) dos sinais.

4. Os valores numéricos atmosféricos foram então subtraídos de cada imagem.

Desta forma, são calculados os valores de reflectância que podem caracterizar as classes de vegetação.

Este estudo explora a propriedade de vários tipos de vegetação reagir diferentemente à radiação. Assim, a vegetação verde é mais refletiva no infra vermelho (XS3). Par exemplo, na área de Ratonés apresentando cobertura vegetal, as refletâncias de XS1 variam entre (0,2 e 3,2% e as de XS3 entre 12,5 e 23,7%

ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

Inicialmente foi reconhecida a área da imagem no monitor, e comparada com a carta de vegetação em escala idêntica. Estradas e aglomerações urbanas foram utilizadas para demarcar a região a ser estudada (a área de Ratonés).

Cada imagem foi visualizada em falsas cores com um contraste diferente para cada valor numérico.

A carta de vegetação foi comparada com as imagens dos três canais. Para se obter resultados precisos, a cartografia foi filmada com a câmara de vídeo digital, corrigida geometricamente e superposta às imagens do satélite.

A continuação, foram identificadas as reflectâncias de cada parcela de vegetação sendo que as de área muito reduzidas não foram consideradas, a fim de se evitar imprecisões provocadas pelo efeito de borda.

A análise das imagens e o estudo dos intervalos dos valores numéricos para cada unidade de vegetação nos permitiu a elaboração de uma série cartográfica (a título de exemplo: **Figura 2**) e a partir das informações das imagens, foi elaborada uma tabela de reflectâncias para cada tipo de vegetação (**Tabela V**) o que nos permitiu apreciar a eficiência de cada banda para diferenciar as classes. Nesta tabela, à cada tipo de vegetação e de objeto, corresponde um intervalo de valores numéricos. Par exemplo, sobre áreas dominadas por *Spartina alterniflora*, o captor XS1 mediu valores variando entre 38 e 40, o captor XS2 entre 28 e 30 e o captor XS3 entre 30 e 34. Estes valores podem ser traduzidos em luminância SPOT, segundo a equação:

$$\text{Luminância SPOT (Watt/m}^2\text{)} = \text{VN/AK}$$

sendo VN/ os valores numéricos e AK o coeficiente de calibração absoluta. As luminâncias SPOT correspondem às intensidades de luz retrodifundida pela vegetação e pela atmosfera. Assim, para se obter valores corretos ao nível do solo, para a correção atmosférica, deve se levar em conta a visibilidade horizontal.

A fim de se confirmar os resultados obtidos, foram também exploradas as possibilidades do emprego de análises estatísticas clássicas ((índice Normalizado de Diferença de Vegetação - NDVI-; Análise em Componentes Principais -ACP- e Classificação Supervisionada).

Finalmente, foi elaborada uma carta de síntese de unidades de vegetação e objetos, que é apresentada na **Figura 3**.

PARCELA DE VEGETAÇÃO	XS1	XS2	XS3
1 <i>Spartina</i> (1-3)	39	28	32
2 <i>Avicennia</i> (2-1)	37	24	56
3 <i>Avicennia</i> (2-2)	38	27	57
4 <i>Avicennia</i> (2-3)	38	25	59
5 <i>Avicennia</i> (2-5)	37	25	59
6 <i>Avicennia</i> (2-13)	37	25	55
7 Mangue baixo e esparso (3-1)	38	26	56
8 Mangue baixo e esparso (3-2)	37	25	55
9 Mangue baixo e esparso (3-3)	37	25	58
10 Mmgue baixo e denso (4-1)	39	28	51
11 Mangue baixo e denso (4-3)	38	26	52
12 Mangue baixo e denso (4-4)	37	28	47
13 Mangue baixo e denso (4-6)	39	30	47
14 Mangue baixo e denso (4-7)	37	29	45
15 Mangue baixo e denso (4-10)	40	30	46
16 Mangue invadido (5-1)	41	30	67
17 Mangue invadido (5-2)	39	29	60
18 Mangue invadido (5-3)	37	30	48
19 Alagado com ciperáceas (6-2)	38	29	76
20 Alagado com gramíneas (6-3)	36	43	36
21 Alagado com ciperáceas (6-5)	38	24	50
22 Alagado com ciperáceas (6-7)	39	26	76
23 Alagado com ciperáceas (6-8)	45	33	83
24 Clareira com gramíneas (7-2)	30	30	46
25 Clareira com gramíneas (7-3)	52	43	41
26 Clareira com gramíneas (7-7)	45	31	52
27 Clareira com gramíneas (7-9)	45	44	42
28 Clareira com gramíneas (7- 10)	56	43	53
29 Terraços com restinga alta (8-1)	40	27	74
30 Terraços com restinga alta (8-2)	39	26	73
31 Terraços com restinga alta (8-6)	36	23	81
32 Terraços com restinga alta (8-12)	37	24	73
33 Terraços com restinga alta (8-17)	35	22	80
34 Terraços herbáceos (9-1)	49	38	74
35 Terraços herbáceos (9-2)	40	32	73
36 Terraços herbáceos (9-3)	42	33	57
37 Terraços herbáceos (9-4)	39	30	53
38 Terraços herbáceos (9-5)	39	28	70

39 Aterro inundado (10-1)	39	30	20
40 Aterro seco (10-3)	40	39	78
41 Eucaliptus (11-1)	42	30	82
42 Eucaliptus (11-2)	44	32	68
43 Estradas (12-1)	71	65	63
44 Estradas (12-2)	72	70	94
45 Estradas (12-3)	53	44	62
46 Construções (13-1)	89	98	105
47 Construções (13-2)	84	84	93
48 Construções(13-3)	86	84	75
49 Construções(13-4)	78	90	88

Tabela V: Relação dos Valores Numéricos de XS1, XS2 e XS3, após correção atmosférica das imagens SPOT 1, sobre a área de ocorrência do manguezal de Ratonos (Ilha de Santa Catarina, Brasil). Os números entre parêntesis correspondem aos diferentes tipos de vegetação ou objeto indicados na Figura 3.

CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

A adequação das técnicas de sensoriamento remoto permitiu a elaboração de uma tabela de valores, específica para áreas de manguezal de dimensões reduzidas, resultante da correlação entre as medidas de luminância SPOT, corrigida e da cartografia de campo.

A partir desta tabela, e conhecidos os valores de visibilidade horizontal as imagens (SPOT e LANDSAT), atuais e futuras, podem ser interpretadas para qualquer área de características semelhantes.

Em artigos subsequentes a este, são apresentadas as cartografias temáticas (elaboradas com esta metodologia), das diferentes áreas com manguezal da Ilha de Santa Catarina (Brasil) e analisado o impacto antropogênico sobre estes ecossistemas.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Robert Prud'Homme (Laboratoire de Géologie et Océanographie da Université Bordeaux L França), pela orientação na utilização de técnicas ACP e

NDVI, e a Professora Blanca Sierra de Ledo (Núcleo de Estudos do Mar da Universidade Federal de Santa Catarina. Brasil), polo auxílio na elaboração da cartografia.

REFERÊNCIAS

- Gross, M.F.; V. Klemans & J-E- Levasseur, 1986. Remote sensing of *Spartina anglica* biomass in five french salt marshes. *Int. J. Remote Sensing. (7)* 5 :657-664.
- Haddad, K.D. & B.A. Harris, 1985. Use remote sensing to assess Estuarine Habitats. *Coastal Zone 85.* 1:662- 675
- Hertz. R. & A. Jaskow, 1985. Remote sensing of mangrove areas in the brazilian coast. *Coastal Zone 85.* 2 : 1382-1389.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 1983. Folhas geográficas e de ocupação do solo do estado de Santa Catarina (escala 1:50.000).
- IPUF (Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis), 1979. Cartografia do Município de Florianópolis (escala 1 : 10.000).
- Lieth, H. & M.A. Kawosa, 1985. The development of vegetation maps from satellite images in remote sensing. *Mitt. Geol. and Paleont. Inst., SCOPE/UNEP*, 145-163.
- Tanre, D.; C. Deroo; P. Duhaut; M. Herman; J.J. Morcrette; J. Perbos & P.Y. Deschamp, 1990. Description of a computer code to simulate the satellite signal in the solar spectrum: the 55 code. *Remote Sensing*, 11:659-668.