

APLICAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO NA INTERPRETAÇÃO DOS PROCESSOS ESTUÁRIAS NA LAGOA DOS PATOS - RS.

C. Hartmann e L.J. Calliari
Departamento de Geociências - Lab. Oc. Geológica - FURG

J.N. Cardoso
Departamento de Oceanografia - FURG

RESUMO

Dados de material em suspensão (MS) foram obtidos em monitoramento do estuário da Lagoa dos Patos em 13 cruzeiros oceanográficos realizados desde abril de 1979 à março de 1980. Devido às condições atmosféricas e, a problemas operacionais ocorridos com o satélite LANDSAT em sobrevôos na região estudada, somente duas imagens puderam ser correlacionadas com as amostragens no estuário: MS I (02/04/1979) e MS IV (22/06/1979). Para o MS IV as concentrações de material em suspensão foram relativamente baixas (1,67 mg/l). Para o MS I as concentrações foram bastante variáveis (desde 0,3 mg/l até 45,0 mg/l). A transparência média (disco de Secchi) mostrou valores de 3,5 m para o MS I e 2,89 m para o MS IV. Determinações de salinidade superficial variaram desde 9,0‰ à 32,0‰ no MS I, e desde 9,5‰ à 10,0‰ no MS IV. A alta salinidade no MS I deve-se a predominância de ventos do quadrante norte (NE) que determinaram altas concentrações de material em suspensão e baixos valores de transparência e salinidade.

Imagens não coincidentes com amostragem são também úteis por mostrarem variações nas tonalidades de cinza, as quais podem ser correlacionadas com: concentrações em MS; definição das feições fisiográficas (bancos de Sarangonha e da Feitoria, canais naturais e dragados) e suas influências no padrão de circulação estuarial; o influxo de plumas de alta turbidez de águas lagunares no oceano.

ABSTRACT

Data on Suspended Matter (MS) were obtained by monitoring in 13 cruiseirs in the Lagoa dos Patos Estuary, from April 1979 to March 1980. Weather conditions and operational problems occurring at the time the Sattelite was passing by the studied area allowed that only two images could be compared with water sampling: MS I (02/04/1979) and MS IV (22/06/1979). MS concentrations were relatively low in the MS IV (1,67 mg/l) and presented a wide range of variation in the MS I (from 0,3 mg/l to 45,0 mg/l). Average transparency (Secchi) showed values of 3,50 m in MS I and 2,89 m in MS IV. Superficial salinity determinations varied from 9,0‰ to 32,0‰ in the MS I and from 9,5‰ to 10,0‰ in the MS IV. High salinity values in the MS I are caused by daming of freshwater in the lagoon due to predominant southerly winds at the time of that cruise. Prevalent NE light breezes determined high MS concentrations and low transparency and salinity values.

Images that do not coincide with sampling are useful criterion of showing variations of gray tones that can be conolated with: MS concentrations; definition of the main morphological features (Feitoria and Sarangonha banks, and natural and dredged channels) and their influence in the estuary circulation pattern; the inflow of high plumes of lagoonal waters into the ocean.

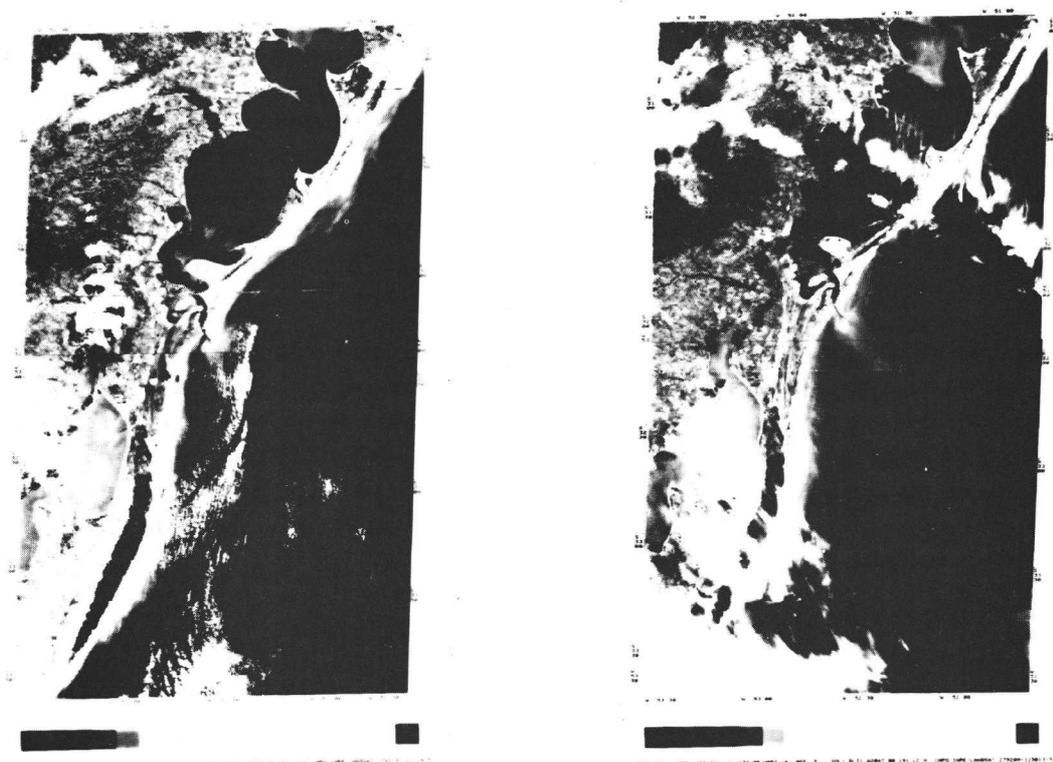


Fig. 10 - Fotomosaicos de imagens MSS Canal 5, de 29/abril (esquerda) e 28/julho (direita), mostrando a amplitude da descarga lagunar através do MS, na Plataforma Continental em 1979.

1. INTRODUÇÃO

Estudos oceanográficos na área estuarina da Lagoa dos Patos, tem sido conduzidos com a utilização de métodos convencionais. A maioria destes levantamentos visaram um estudo da distribuição dos organismos (Castello, et alii, 1976; 1977; 1978), de estudos hidroquímicos (Kantin, et alii, 1980) e de estudos sedimentológicos (Martins, et alii, 1963; 1966; 1967; Martins, 1971; Willcock, et alii, 1972; Calliari, et alii, 1977 e Calliari, 1980), entre outros.

Estudos da distribuição quantitativa do material em suspensão (MS) foram realizados por engenheiros do antigo Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis (DNPVN) e, pelo Departamento Estadual de Portos e Canais (DEPREC), (1944), com a finalidade de determinar as causas de elevados assoreamentos em zonas críticas à navegação (Porto Velho, Baía do Porto Novo no sistema portuário do Rio Grande e no Canal do São Gonçalo).

Herz (1973; 1977; 1979) estudou a circulação superficial da Lagoa dos Patos através da técnica do sensoriamento remoto, utilizando o MS como traçador. A utilização da técnica do sensoriamento remoto, em conjunto com dados terrestres, possibilita uma perspectiva mais completa dos processos estuarinos e costeiros. Imagens de satélite tem sido amplamente utilizadas em oceanografia, e seu uso é uma forma de adquirir informações simultâneas, contínuas e instantâneas dentro de grandes áreas para analisar estes processos dinâmicos sobre e próximos a superfície das águas. Segundo Gatto (1978), nesses processos as principais aplicações situam-se na obtenção de dados básicos para a decisão em gerenciamento de zonas costeiras, previsão e manutenção de portos e canais e interpretações ambientais regionais. Ademais, permitem a interpretação de processos costeiros e auxiliam no monitoramento da circulação estuarina, dispersão de poluentes e de sedimentos. Dados de material em suspensão (MS), físicos (T^oC, S^o/oo e transparência) e meteorológicos foram obtidos em monitoramento do estuário,

em 13 cruzeiros de abril/79 à março/80, em 17 estações fixas. Tais amostragens foram efetuadas em dias coincidentes com os sobrevôos do Satélite LANDSAT sobre a área estudada.

O presente trabalho é uma tentativa de analisar a utilização do sensoriamento remoto na interpretação dos processos hidráulico-sedimentológicos no estuário e plataforma continental adjacente à desembocadura da lagoa, com juntamente com dados de campo.

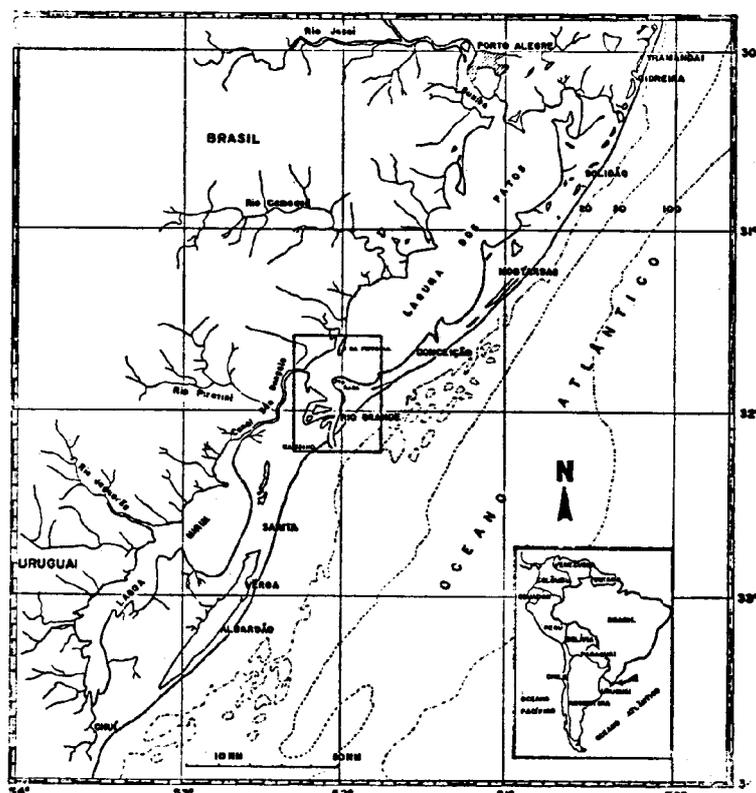


Fig. 1 - Localização da área estudada.

2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA

A Lagoa dos Patos com uma superfície lagunar de 10.360 km², comunica-se na sua extremidade sul com o oceano Atlântico. A influência das águas marinhas faz com que 10% desta área em comunicação com o oceano tenha características nitidamente estuarinas (Fig. 1). Segundo Calliari (1980) nesta região as maiores profundidades estão confinadas aos canais de navegação tanto naturais como artificiais, variando entre -3 e -19 m (Fig. 2). Os baixios mais expressivos (Fig. 2) com profundidades inferiores a um metro são representados pelo banco da Sarangonha, bai

xio da Feitoria e diversas "coroas", tais como, as coroas de Dona Mariana, junto à margem leste, ao norte da ponta dos pescadores; a coroa dos Patos à leste da ilha da Feitoria e a coroa do Mosquito junto ao baixio do mesmo nome.

As marés astronômicas no canal do Rio Grande ou canal do Norte, são geralmente do tipo diurno, apresentam variações de pequena amplitude, 0,47m em média. No entanto, podem ocorrer maiores elevações quando, associadas aos efeitos astronômicos, ocorrerem ventos do quadrante sul que empurram as águas do oceano para dentro da lagoa, caracterizando uma situação de enchente.

O clima sub-tropical é basicamente influenciado pela ação dos centros de massa polar atlântica que constantemente atingem a região, causando grandes períodos de chuvas no inverno/primavera, que associadas aos ventos do quadrante norte (NE) caracterizam uma época de vazante.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Das revoluções orbitais realizadas pelos satélites da série LANDSAT sobre a órbita 237 do Sistema Internacional (WRS) ponto 82, durante o período de amostragem (abril/79 à março/80), dois sobrevôos registraram imagens com pouca cobertura de nuvens coincidentes com o dia de amostragem (Tabela I).

As imagens foram adquiridas com base no catálogo geral de Imagens volume XI - 1981, processadas automaticamente, não sendo utilizadas no presente trabalho as atualizações posteriores.

Com a finalidade de se obter maiores informações sobre a distribuição dos sedimentos em suspensão e sua influência na zona costeira adjacente, adquiriram-se outras imagens desse mesmo período (Tabela II).

Herz (1977) baseado em previsão feita por Girardi (1973) calculou que durante o ano, nessa região em apenas 89 dias ocorrem condições favoráveis à realização de missões aéreas e orbitais de sensoriamento remoto. A repetitividade dos satélites LANDSAT sendo da ordem de 18 dias, contribui ainda mais para reduzir a probabilidade de sobrevôos sem cobertura nebulosa e, apesar das vinte órbitas imageadas por ano sobre a região, somente os sobrevôos do LANDSAT II de 2 de abril/79 à 22 de junho de 1979 coincidiram respectivamente com os cruzeiros MSI e MS IV. Nessas missões produziram-se imagens em que o

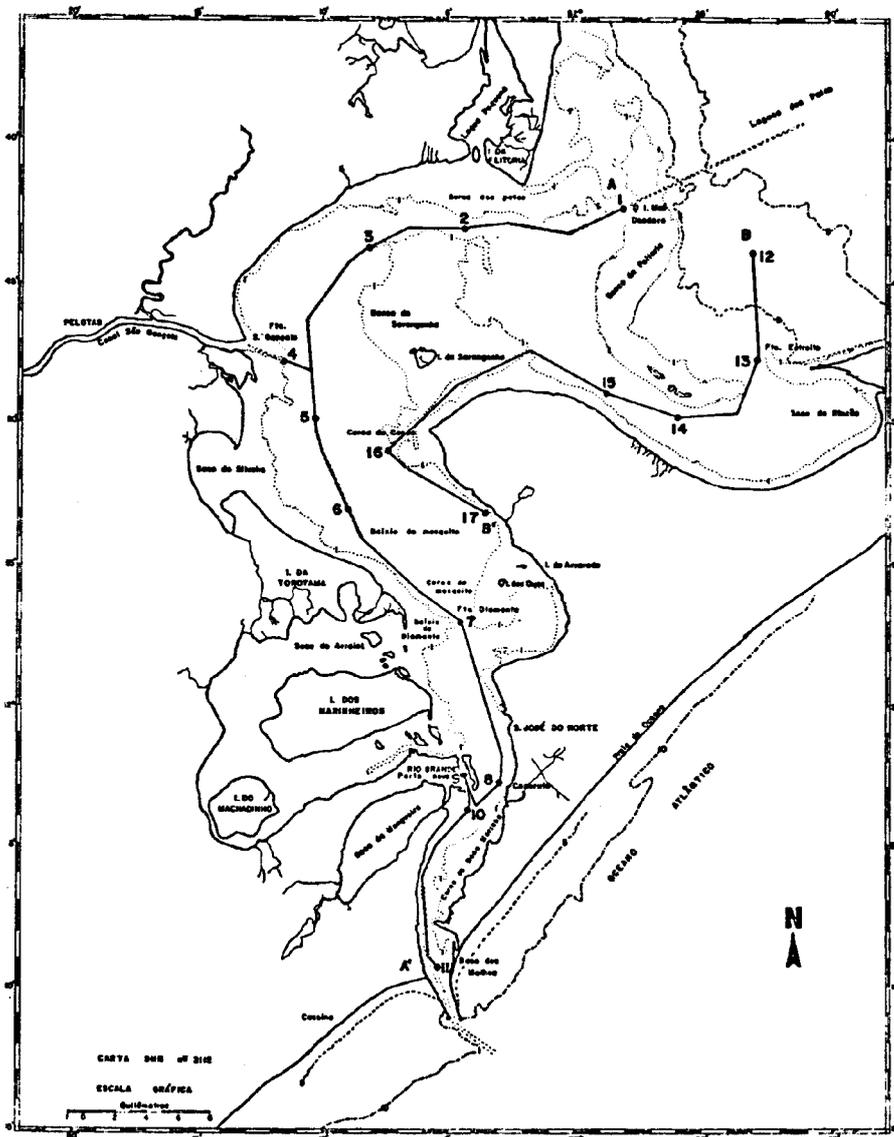


Fig. 2 - Posição das estações de amostragem do material em suspensão e dos perfis AA' e BB'.

TABELA I

RELAÇÃO DOS CRUZEIROS DE MATERIAL EM SUSPENSÃO E
MÉDIA DOS DADOS DE SUPERFÍCIE E FUNDO

CRUZEIROS	DATA DIA / MÊS / ANO	ÉPOCA DO ANO	EMBARCAÇÃO UTILIZADA	NÚMERO DE ESTAÇÕES	MÉDIA DO SUP. MG/L	MÉDIA DO FUNDO MG/L	MÉDIA DA TRANSP. SECCHI (M)	MÉDIA DA SUP. ‰	BALANÇADA DE FUNDO ‰	MÉDIA DA TEMP. SUP. °C
*MS I	02-04-79	OUTONO	SAGGITA	10	10,26	16,01	3,8	22,3	24,5	23,0
MS II	06-09-08-79	OUTONO	LARUS	18	26,77	17,8	1,06	24,1	28,4	17,14
MS III	04-08-08-79	INVERNO	LARUS	17	2,02	6,99	3,93	11,8	18,5	12,4
*MS IV	22-06-79	INVERNO	SAGGITA	10	3,54	7,75	2,99	9,8	12,8	13,63
MS V	09-10-07-79	INVERNO	LARUS	17	8,21	23,84	2,49	7,8	10,0	12,65
MS VI	16-16-08-79	INVERNO	LARUS	17	7,39	9,69	2,46	4,7	5,6	16,56
MS VII	19-20-09-79	PRIMAVERA	LARUS	17	11,60	17,23	1,72	8,3	13,5	13,99
MS VIII	06-09-10-79	PRIMAVERA	LARUS	17	16,2	21,99	2,06	1,3	2,1	18,73
MS IX	26-27-10-79	PRIMAVERA	LARUS	17	21,18	42,0	0,97	1,0	2,8	20,7
MS X	12-13-11-79	PRIMAVERA	LARUS	17	25,91	26,13	0,44	0,2	1,6	20,74
MS XI	19-12-79	VERÃO	LARUS	11	62,62	57,72	0,10	0,4	1,3	23,62
MS XII	23-24-01-80	VERÃO	LARUS	17	107,39	180,08	0,29	14,1	18,9	23,84
MS XIII	18-03-80	VERÃO	SAGGITA	12	10,16	26,63	0,9	1,7	11,5	25,0

estuário e a zona costeira aparecem com pouca ou nenhuma interferência atmosférica. A fim de poder visualizar a influência das águas lagunares no oceano (Fig. 10), foram montados fotomosaicos com duas imagens, correspondendo à órbita 237 pontos 82 e 83, dos dias 29/abril/79 e 28/julho/79.

As imagens foram obtidas no Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE, de São José dos Campos, SP, como transparências negativas de 50 mm x 50 mm branco e preto numa escala de 1: 3.704.000.

A área de interesse da imagem (estuário e zona costeira próxima) sofreu uma ampliação de aproximadamente 20 vezes, no Laboratório Fotográfico da Fundação Universidade do Rio Grande, FURG, com a finalidade de facilitar a análise visual. Na impossibilidade de usar o IMAGE 100 do INPE, somente foi realizada fotointerpretação a partir da ampliação das áreas de interesse citadas anteriormente.

Devido à extensão da área e da impossibilidade de se realizar amostras simultâneas, as estações foram situadas em locais que propiciassem a mínima defazagem temporal compatíveis com as características da embarcação utilizada.

O material em suspensão foi determinado pelos métodos convencionais de filtração e pesagem (Mello, 1974; Hartmann, 1980). Obtiveram-se medidas de temperatura e salinidade com o termômetro de cubeta e termosalinômetro de indução. Coletaram-se amostras de água para determinar a salinidade pelo método de Knudsen. Para a medida da transparência utilizou-se o método de extinção do disco de Secchi.

4. IMAGENS LANDSAT

O satélite LANDSAT II (que registrou as imagens utilizadas neste trabalho) possui dois sub-sistemas sensores: o RBV (Return Beam Vidicon) e o MSS (Multi-Spectral Subsystem). O RBV é

TABELA II

RELAÇÃO E CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DE CADA
IMAGEM UTILIZADAS NESTE TRABALHO

DATA DA PASSAGEM	CENA	ÓRBITA (SRB)	PONTO	COORDENADAS DO CENTRO	POSIÇÃO DO SOL: ELEVACÃO (°) AZIMUTE	HORA DE PASSAGEM APROXIMADA	CALIB. MSS	COBERTURA NÚVENS %
02/04/1979	# 22	192	34	S 31-37/WB 51 - 53	34 30	11h 30'	5	10
29/04/1979	# 16	192	34	S 31-33/WB 51 - 45	27 49	11h 30'	5	10
29/04/1979	# 17	192	35	S 32-59/WB 52 - 13	26 49	11h 30'	5	20
22/06/1979	# 21	192	34	S 31-44/WB 51 - 57	19 47	11h 30'	5	30
25/07/1979	# 19	192	34	S 31-39/WB 51 - 51	22 47	11h 30'	5	20
28/07/1979	# 20	192	35	S 33-05/WB 52 - 16	21 47	11h 30'	5	10

composto por três câmeras de televi - são alinhadas de modo a focalizarem o mesmo alvo simultaneamente, possibilitando o registro da mesma cena em

três canais distintos, uma vez que cada câmera é sensibilizada por comprimentos de onda diferentes na faixa de 0,46 à 0,83 micrômetros (quadro I).

QUADRO I

Canal 1	0,475 à 0,575 micrômetros	azul-verde
Canal 2	0,580 à 0,680 "	amarelo-laranja
Canal 3	0,690 à 0,830 "	vermelho-infravermelho

Em 3,5 segundos uma imagem é gerada e permanece sobre uma superfície memória por alguns segundos, até se completar o ciclo de transferência da mesma. Esta imagem, composta por 4475 linhas de varredura, compõe uma cena que cobre uma área no solo de 184,86 x 184,86 km. Uma segunda imagem é gerada 25 segundos após a obtenção da primeira, permitindo uma sobreposição entre as duas imagens subsequentes, da ordem de 13% (25 km). Cada linha

de varredura equivale a uma cobertura no solo de 45 metros, e devido às diversas características do método faz-se possível a obtenção de um detalhamento de até 30 metros. O outro subsistema, o MSS, é um imageador de varredura contínua cobrindo uma faixa maior do espectro entre 0,500 à 1,100 micrômetros, produzindo quatro imagens multi espectrais simultâneas a partir de uma mesma cena imageada (Quadro II).

QUADRO II

Canal 4	0,500 à 0,600 micrômetros	verde-laranja
Canal 5	0,600 à 0,700 "	laranja-vermelho
Canal 6	0,700 à 0,800 "	vermelho-infravermelho
Canal 7	0,800 à 1,100 "	infravermelho

Na composição de uma imagem MSS, empregam-se 2340 linhas de varredura transversal. Nas imagens deste subsistema pode-se obter uma resolução de até 80 metros, dependendo do contraste entre os alvos.

5. RESULTADOS

Segundo Herz (1979) os sobrevôos dos satélites LANDSAT, mostram a possibilidade de trabalhos sistemáticos de interpretação visual e automática, visando a obtenção de um entendimento sinótico dos fenômenos costeiros, de amplitude temporal/especial, além dos objetivos das técnicas de observação direta convencionais.

A complexidade inerente ao estuário da Lagoa dos Patos e sua grande extensão em área, justificam o emprego de sensoriamento remoto, na tentativa de melhor interpretar e quantificar as variações ao longo do tempo, como auxílio aos dados de campo. Esta associação de imagens de satélites e

amostragem de campo, possibilita a descrição de padrões tonais, com grande precisão quanto à interpretação dos regimes sazonais das massas de água, em pouco tempo. Os dados coletados durante o período de amostragem, permitiram confirmar as observações de Herz (1977). Segundo este autor, as máximas precipitações pluviométricas nas bacias de drenagem que alimentam a lagoa dos Patos, no outono e inverno, não correspondem necessariamente às maiores concentrações de material em suspensão no estuário.

Os fortes ventos que predominam do quadrante sul (SW, SE e S) no outono e inverno, imprimem um padrão de circulação que tende a atrasar o deflúvio das águas que descem à laguna dos Patos. Por outro lado, na primavera e verão, apesar de serem épocas de estiagem nas bacias alimentadoras, a concentração do MS é máxima no estuário. Tal fato, explica-se pela predominância dos ventos do quadrante norte, particularmente o ven

to nordeste (NE). Tal vento, por coincidir com o eixo maior da laguna, aumenta o deflúxio e as águas, empurradas em direção à Barra, adentram no oceano e formam plumas de material facilmente visível por sensoriamento remoto.

5.1. Imagens coincidentes com os Cruzeiros

A interpretação da imagem do dia 02/abril/79 (Fig. 8), obtida pelo LANDSAT II, reflete bem as concentrações do MS obtidas em amostras no Cruzeiro MS 1. Numa interpretação visual da imagem, percebe-se que as águas su



Fig. 8 - Imagem MSS 5, coincidente com o Cruzeiro MS 1 de 02 de abril de 1979.

perficiais do estuário, nos locais mais profundos (canais naturais e artificiais) encontram-se com pouca concentração de sedimentos, com exceção do extremo sul do estuário (Fig. 3).

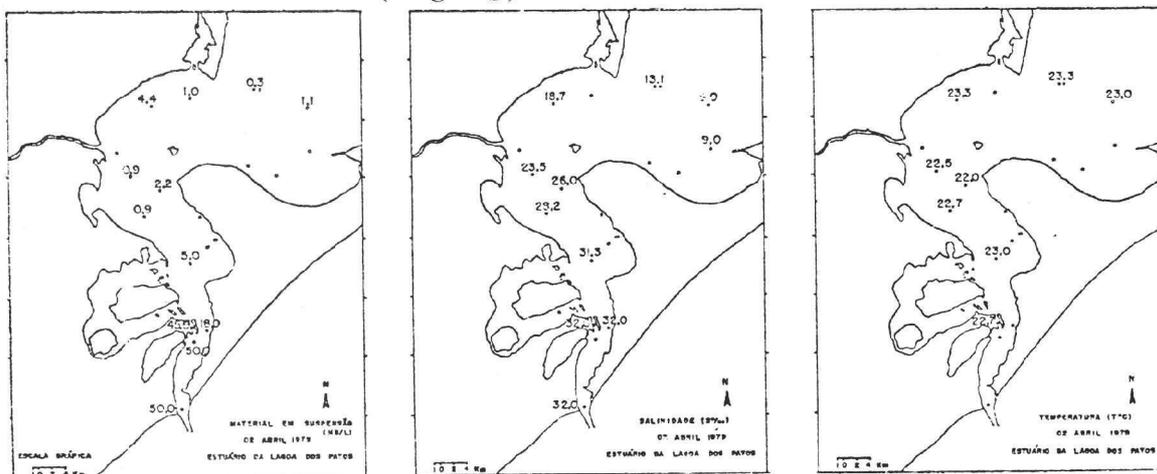


Fig. 3 - Distribuição superficial do Material em Suspensão (mg/l), Salinidade (‰) e Temperatura (°C) do Cruzeiro MS 1 (02/04/79) coincidente com a imagem do Satélite LANDSAT II.

A distribuição vertical do MS, salinidade, transparência e temperatura é mostrada na figura 4. A cunha salina identificada na figura 4, caracteriza

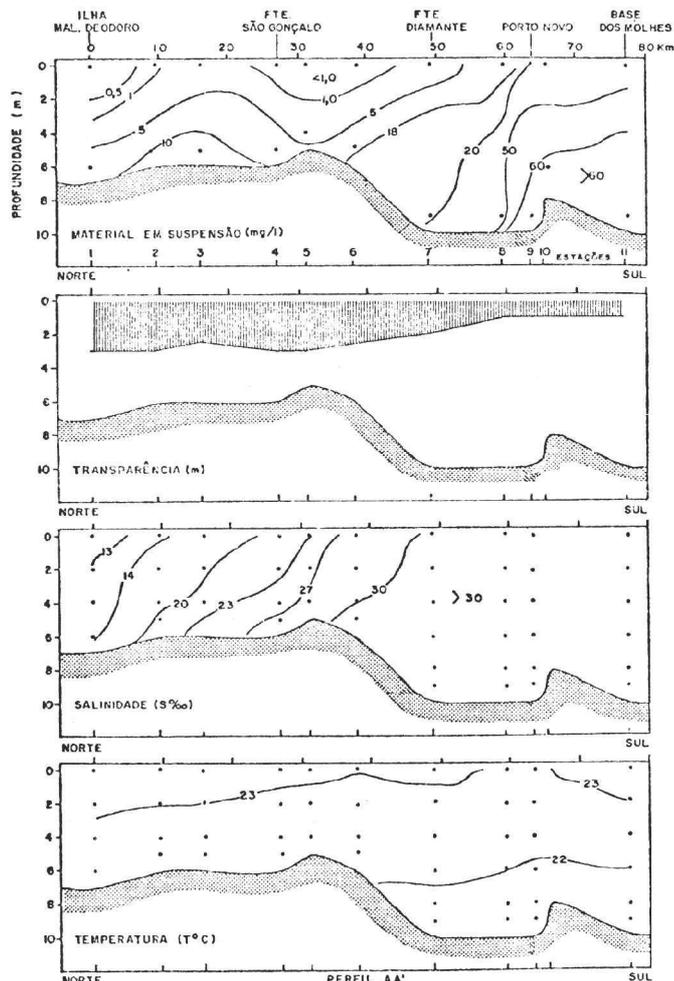


Fig. 4 - Distribuição vertical do material em suspensão, transparência, salinidade e temperatura do Cruzeiro MS 1-2/4/79.

uma situação de enchente e é responsável pela alta concentração de sedimentos em suspensão no extremo sul do estuário (região do Canal do Norte).

A figura 7, mostra a baixa precipitação pluviométrica na região, típica de estação seca e, a predominância de ventos do quadrante sul (SW), provocando a penetração de água salgada no estuário. A baixa concentração de sedimentos em suspensão (menor do que 5,0 mg/l) até a profundidade de 4,0 metros, também indicada pela alta transparência, permite a delimitação dos canais através dos padrões tonais, nos quais o tom mais claro indica as menores profundidades correspondendo aos baixios e bancos arenosos.

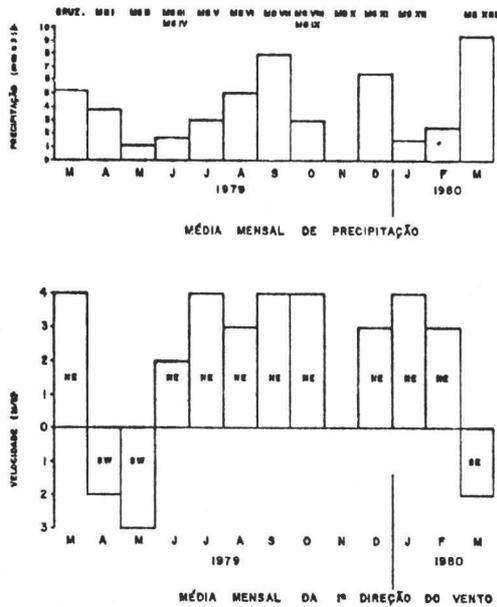


Fig. 7 - Precipitação e 1ª Direção do vento medidos na estação de Domingues Petrolina da Secretaria da Agricultura.

A imagem do dia 22/junho/79 (inverno) (Fig. 9), mostra uma tonalidade de cinza praticamente idêntica aquela do dia 2/abril/79 (outono). Apesar das imagens possuírem tonalidade que as identificam como praticamente iguais, observa-se pelas amostragens de campo de ambos os Cruzeiros que as condições hidrológicas são diferentes.

Os dados coletados durante o Cruzeiro MS IV, confirmam a baixa concentração do MS de superfície, já identi-



Fig. 9 - Imagem MSS 5, coincidente com o Cruzeiro MS IV de 22/junho/79.

ficado na imagem. Nesta imagem, observa-se a isobatimétrica de 1,0 metros, que delimita os bancos arenosos e baixios. Nota-se na figura 5, que a distribuição do MS de superfície é homogênea, bem como da salinidade (em média 9,5‰) e a temperatura (em média 13,0°C).

Pela distribuição vertical do MS, S‰ e T°C (Fig. 6), destaca-se a alta homogeneidade de toda a coluna d'água, causada pela mistura das águas doces e marinhas, devido ao maior fluxo em direção ao oceano, influência dos ventos do quadrante norte (NE) que apesar de fracos, predominam nesta época do ano (inverno) (Fig. 7). A baixa concentração do MS, associada a baixa pluviosidade e a pouca intensidade do vento, possibilitou a alta transparência (em média 3,0 metros) inclusive no Canal do Norte.

5.2. Imagens não coincidentes com os Cruzeiros

Os fotomosaicos (Fig. 10), de acordo com a interpretação dos padrões tonais, mostram uma maior concentração do MS no estuário. Essa maior concentração é provavelmente causada pela resuspensão dos sedimentos finos dos baixios e bancos arenosos, pela ação de ondulações geradas por ventos do quadrante norte. Tal observação é fundamentada pela inexistência de contribuição de sedimentos da parte média da laguna e do Canal São Gonçalo. Da

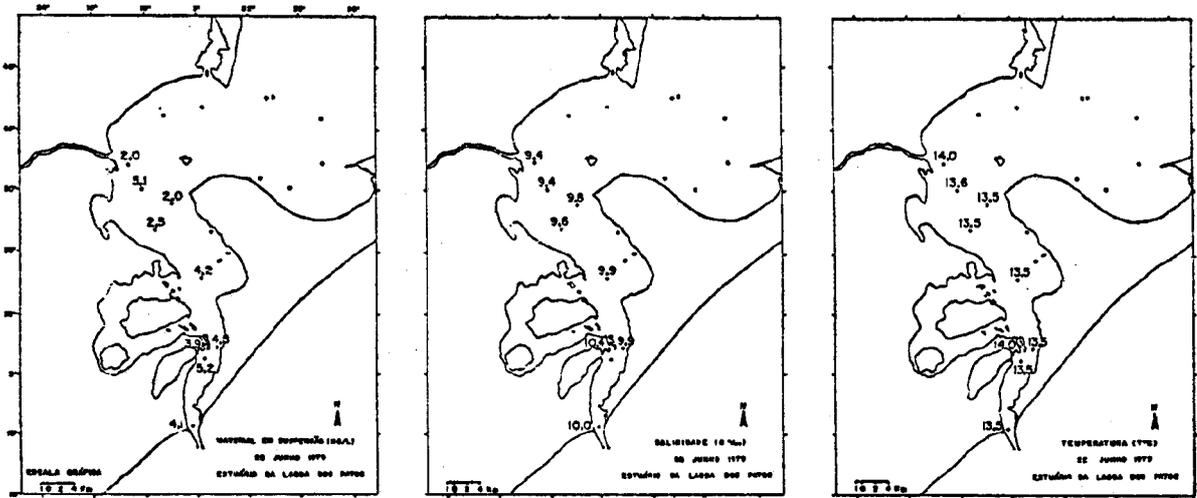


Fig. 5 - Distribuição superficial do material em suspensão (mg/l), salinidade (‰) e temperatura (°C) do Cruzeiro MS IV (22/6/79) coincidente com a imagem do Satélite LANDSAT II.

mesma forma que a baixa concentração do MS permite a delimitação de canais, também concentrações mais elevadas permitem esta delimitação, porque a tendência da circulação é mais efetiva nos canais mais profundos, constituindo-se assim num traçador natural de correntes. Em ambos os fotomosaicos verifica-se as plumas de descarga lagunar na região costeira adjacente. Este material proveniente da laguna já foi observado por Hartmann, et alii, 1980, sendo encontradas altas concentrações de silicatos longe da costa.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro. À Fundação Universidade do Rio Grande, em especial aos componentes da Frota Oceanográfica. Ao Prof. Haroldo E. Asmus pelas críticas e revisão do manuscrito e às laboratoristas e pesquisadores do Laboratório de Oceanografia Geológica que auxiliaram nas coletas de campo e análises de laboratório.

7. BIBLIOGRAFIA

CALLIARI, L.J. Aspectos sedimentológicos e ambientais na Região Estuarial da Lagoa dos Patos. Tese de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS, RS, 1980.

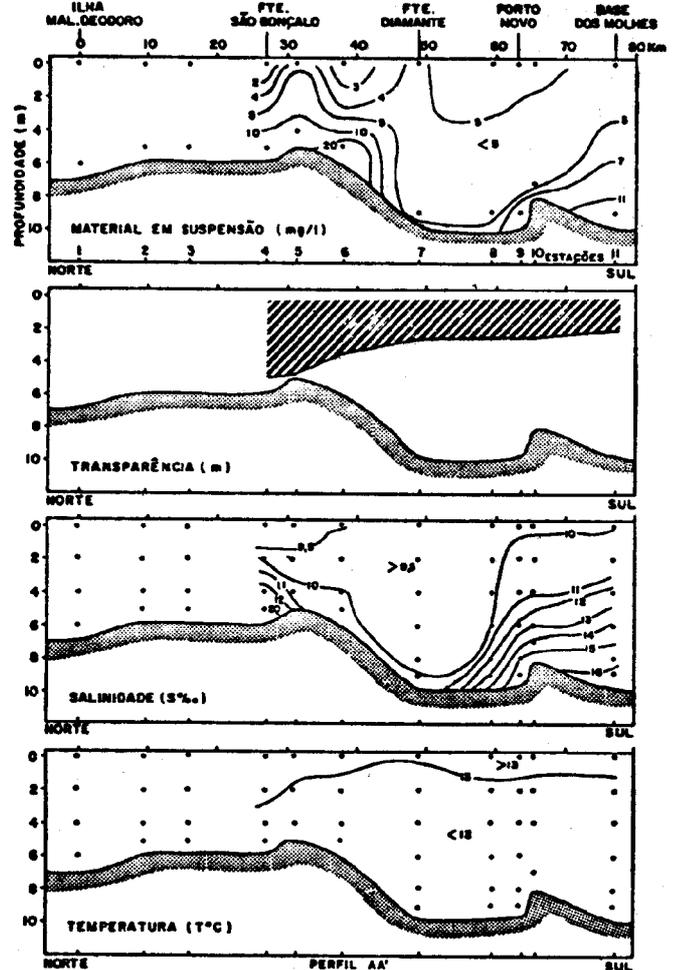


Fig. 6 - Distribuição vertical do material em suspensão, transparência, salinidade e temperatura do Cruzeiro MS IV - 22/6/79.

- CALLIARI, L.J.; GRIEP, G.H.; VIEIRA, H. Características sedimentológicas do 2º Perfil de Bentos - Lagoa dos Patos - Parte Sul. Atlântica, Rio Grande, 2 (1): 63-82, 1977.
- DEPARTAMENTO ESTADUAL DE PORTOS, RIOS E CANAIS. Melhoramentos da Bacia do Porto Novo. Relatório Interno da Diretoria de Obras do Porto e Barra do Rio Grande. (inédito), 1944.
- GATTO, L.W. Estuarine processes and intertidal habitats in Grays Harbor, Washington. CRREL Report 78-18, Hannover, July 1978.
- HARTMANN, C.; CALLIARI, L.J.; CHARPY-ROUBAUD, C.J.; BAUMGARTEN, M.Z.; KANTIN, R. Estudo do material em suspensão e do material dissolvido das águas de superfície da Plataforma Continental do Rio Grande do Sul, entre Torres e Rio Grande (Operação GEOMAR XIII, de 19 a 27/novembro/79). In: Congresso Brasileiro de Geologia, 31, Balneário Camboriú, SC. Anais ... Camboriú, 2: 956-967, 1980.
- HERZ, R. Orbital images and the possibility of studying hidrological and oceanographic resources of the eastern region of state of Rio Grande do Sul, Brazil. INPE 421/LAFE, Project SERE, 20 p., 1973.
- _____. Circulação de águas de superfície da Lagoa dos Patos. Tese de Mestrado, Departamento de Oceanografia da Universidade de São Paulo, 1977.
- _____. Spatial and temporal variations in Lagoon and coastal processes of the Southern Brazilian coast. In: International Symposium on Remote Sensing of Environment, 30, Ann Arbor, April 23-27, 1979. Proceedings ..., Ann Arbor, 1979.
- KANTIN, R.; NIENCHESKI, L.F.; ZEPKA, M.G. Características hidrológicas da zona estuarial da Lagoa dos Patos, com especial referência aos elementos nutritivos dissolvidos: primeiros resultados. In: Ciências do Meio Ambiente, Poluição Ambiental, p. 442, 1979.
- MARTINS, I.R.L. Sedimentologia do Canal do Rio Grande. Tese de Mestrado, Instituto de Geociências da UFRGS, Porto Alegre, 1971.
- MARTINS, L.R.S. Contribuição à sedimentologia da Lagoa dos Patos, I. Saco do Rincão e Mandanha. Boletim da Escola de Geologia da UFRGS, Porto Alegre, 13 p., 1963.
- _____. Contribuição à sedimentologia da Lagoa dos Patos, II. Saco do Umbú, Arraial e Mangueira. Notas e Estudos da Escola de Geologia da UFRGS, Porto Alegre, 1 (1): 27-44, 1966.
- _____. & GAMMERMAN, N. Contribuição à sedimentologia da Lagoa dos Patos, III. Granulometria da zona norte média. Iheringia, Geologia, Porto Alegre, 1: 77-86, 1967.
- MELLO, V.; SUMMERHAYES, C.P.; TONER, L. Metodologia para o estudo do material em suspensão na água do mar. Projeto REMAC, 1974.
- PROJETO LAGOA, Relatório do 1º Cruzeiro. Série Relatório, Rio Grande, FURG/BOA, nº 1/9, 1976/1978.
- WILLWOCK, J.A.; MARTINS, I.R.; FORMOSO, M.L.L. Contribuição ao estudo da mineralogia das argilas dos sedimentos de fundo da Lagoa dos Patos (Rio Grande do Sul, Brasil). Estudos Sedimentológicos, Natal 2 (1/2): 13-14, 1972.