

ESTUDO DA HIDROLOGIA E EVOLUÇÃO DAS MASSAS DE ÁGUA NA LAGUNA DOS PATOS ATRAVÉS DE IMAGENS MSS-LANDSAT

CARLOS HARTMANN e EDSON EYJI SANO

*Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
C.P. 515, 12201 - São José dos Campos, SP, Brasil*

This paper is part of a research program to obtain information on the Hydrologic characteristics of the Lagoon of Patos and estuary, as well as to analyse the impact sediments on the estuary and adjacent coastal zone. Another aspect under study is the seasonal evolution of the water masses coming mainly from the northern part of the Patos Hydrologic System and the estuary level, to the São Gonçalo Chanel. The results obtained are based on visual photointerpretation of 26 satellite images of the MSS-LANDSAT series, Band 5, over a period of five years: 1979-1983. According to the distribution and the occurrence of solid particules in suspension (plume) associated with both the precipitation in the drainage basin of Lagoon of Patos and the main groups of winds in the region, the results were classified into five classes, which characterize the more general situation in respect to the Hydrologic and sediments impact on the Lagoon, estuary and adjacent coastal region.

INTRODUÇÃO

Estuários e regiões costeiras são, sem sombra de dúvida, dos ecossistemas, os que requerem maiores cuidados pelas suas características próprias de alta produtividade biológica e pesqueira, e por serem regiões onde se mesclam as águas doce e salgada, propiciando condições ótimas de desova e criação da fauna e flora. Geralmente apresentam grande industrialização e desenvolvimento portuário, além de sofrerem ação de vários poluentes.

Uma das grandes vantagens dos produtos obtidos pela maioria dos sistemas a nível orbital está na sua resolução temporal, ou seja, na sua repetitividade de tomada de informações de um mesmo alvo, importante quando se pretende realizar o monitoramento ou a detecção de fenômenos que variam rapidamente no tempo. Esta resolução, que no sistema LANDSAT 5 é de 16 dias, é de grande importância para o estudo dos fenômenos costeiros e da evolução das massas de água. Diversos autores como Kritikos et al. (1974), Klemas & Polis (1977), Herz (1977), Cunningham (1978) e Hughes (1982), mapearam as concentrações de sedimentos em suspensão, a partir dos dados de aeronaves e satélites.

Para o estudo qualitativo dos padrões de distribuição dos sedimentos em suspensão, as imagens nas bandas 4 e 5 do MSS-LANDSAT como será visto mais

adiante, são de muita utilidade. Estudos semelhantes foram feitos por Klemas (1980) no estudo das frentes estuarinas e seus efeitos sobre a dispersão do petróleo e por Witlock et al. (1982) no mapeamento das concentrações de contaminantes em águas costeiras.

A utilização dos dados de Sensoriamento Remoto requer uma grande variedade de técnicas de análise dos dados, que vão desde a foto-interpretção visual no mapeamento da linha de costa até as técnicas de processamento digital para mapear as correntes térmicas, a análise multiespectral para os estudos da biomassa e a análise dos componentes principais para a determinação quantitativa da concentração dos contaminantes na água (Klemas, 1983).

Este trabalho visa estudar o comportamento hidrológico e a evolução das principais massas de água da Laguna dos Patos e região costeira adjacente, tendo como técnica principal os dados orbitais dos satélites da série LANDSAT.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo localiza-se na planície costeira do Rio Grande do Sul e está compreendida entre as latitudes 30°55' S e 32°30' S e longitudes 50°55' W e 52°20' W (Fig. 1).

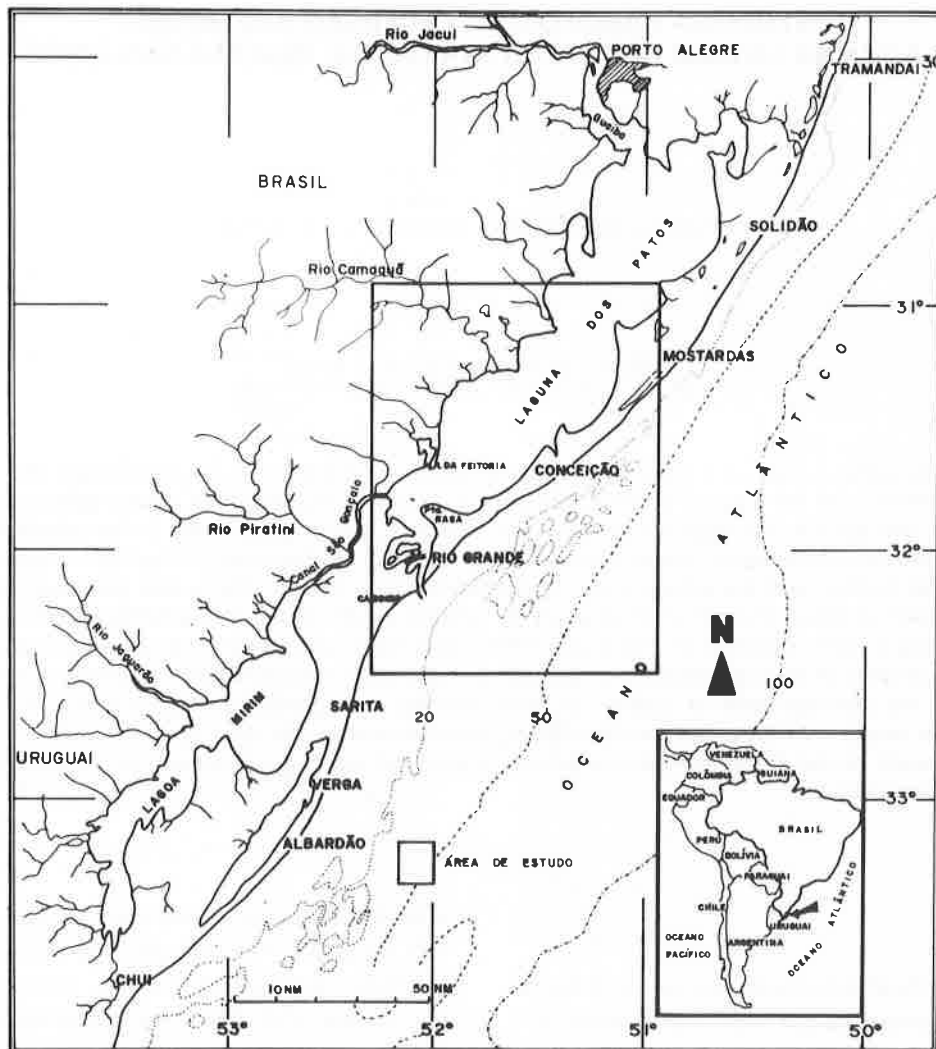


Figura 1 - Localização da área de estudo.

A bacia hidrográfica da Laguna dos Patos, drenando uma vasta área, praticamente metade do Estado do Rio Grande do Sul, abrange regiões onde se registram extensas ocupações de solo, o que propicia uma alta lixiviação. Os sedimentos são transportados para os rios, e destes para a laguna. Inicialmente, depositam-se os mais grosseiros (fração areia) no chamado Complexo do Guaíba, enquanto que as frações mais finas (silte e argila) são depositadas ao longo da laguna e principalmente no estuário. A fração mais fina (argila) continua em suspensão, indo depositar-se também na região costeira (Alvarez et al., 1981).

COMPARTIMENTAÇÃO DA LAGUNA

A Laguna dos Patos, devido a sua morfologia, foi subdividida em quatro células lagunares semi-isoladas pelos esporões transversais ("spits"), além da região estuarina. As cé-

lulas, denominadas de C1, C2, C3 e C4 (Fig. 2), estão dispostas seqüencialmente num eixo NE-SW (Herz, 1977). Nesta mesma figura, observa-se a distribuição das linhas isobatimétricas.

As imagens MSS-LANDSAT analisadas compreendem desde a célula C2 até a região oceânica adjacente à restinga.

COMPLEXO HIDROGRÁFICO PATOS

Segundo Herz (1977), de toda a costa brasileira, a Planície Costeira Sul Riograndense constitui-se no mais completo laboratório natural para testar a técnica da aplicação de imagens de satélites sobre os complexos fenômenos hidráulicos e hidrológicos, lagunares e costeiros. Isto deve-se à sua grande variação do regime hidrológico e sua repercussão na produção de material sólido transportado em suspensão pelas águas.

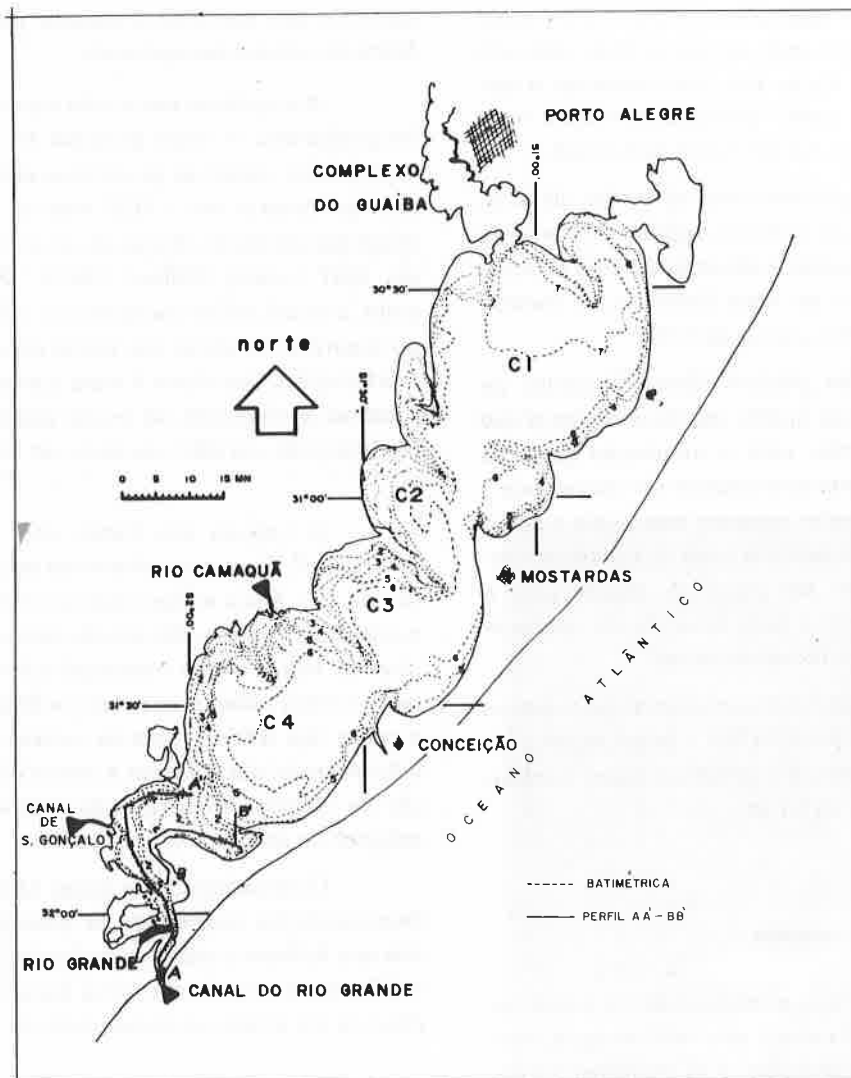


Figura 2 - Célula C1, C2, C3 e C4 da Laguna dos Patos

O regime meteorológico

Em análise descritiva sinótica do regime meteorológico, Paz (1985) descreve 2 centros de ação atuantes na região da Laguna dos Patos, os anticiclones migratórios (Polares) e o anticiclone Tropical. O primeiro, que ocorre mais frequentemente, desloca-se seguindo uma trajetória no sentido sudoeste-nordeste e o segundo, com características estacionárias, atua preferencialmente no verão. Em sua análise, o autor considera as frentes, nos diversos tipos, como as perturbações mais significativas da região. Cada frente pode ser incluída num dos seguintes tipos: fria, quente, estacionária ou oclusa.

Os ciclones gerados das oclusões frontais, denominados ciclones extra-tropicais, são os que causam as perturbações mais intensas na região. A evolução dos

sistemas atmosféricos que atuam na região da Laguna dos Patos produzem variações periódicas sobre os elementos hidrometeorológicos.

Durante a passagem do anticiclone polar, a temperatura sofre uma diminuição que se acentua no inverno. Sua circulação anti-horária induz uma variação na direção do vento de sudoeste para nordeste, aumentando a intensidade do centro para a periferia do sistema. Essa variação do vento afeta diretamente o sistema de correntes da laguna e sobretudo, o regime de enchente e vazante e a salinidade do estuário (Paz, 1985).

Regionalmente, Calliari (1980) divide o regime de ventos em quatro grupos principais:

- No primeiro grupo, predominam os ventos que sopram de NE, NNE e ENE, sendo NE o principal e coincide com o eixo maior da laguna, proporcionando au-

mento na declividade descendente para o mar, auxiliando a vazante e que pode ser aumentado pela contribuição à montante. Estes são mais violentos e frequentes de setembro à abril (primavera/verão) e mais raros e fracos de maio à agosto (outono/inverno).

- No segundo grupo, predominam os ventos de E-S, sendo o de SE o mais importante; sopram diretamente sobre a barra, ocasionando a elevação do nível de água até 1,40 metros acima do nível ordinário. O mesmo efeito é ocasionado pelos ventos de SW.
- No terceiro grupo, são predominantes os ventos de SSW e WSW, de direção oposta aos do primeiro grupo e coincidentes, portanto, com a orientação geral da costa, sendo regionalmente chamados de "pampeiros". São os responsáveis pelos grandes temporais e agem sobre a embocadura, elevado o nível da água e ocasionando o represamento das águas da laguna para o norte, determinando uma forte corrente de enchente devido ao desnível à montante do canal.
- O quarto e último grupo tem como vento principal os que sopram de WNW, sendo o NW o principal, sopram fracamente da terra e não tem influência sobre a oscilação da água no canal e na barra.

O regime de enchentes e vazantes

Na região estuarina, principalmente no Canal do Norte (ou Canal do Rio Grande), os níveis de água, bem como as velocidades, as direções, e as durações do escoamento, são determinados por uma complexa interação entre efeitos de vento no mar, no complexo lagunar e por vazões fluviais que entram em tal complexo.

O escoamento pode dirigir-se para o mar, por diversos dias, durante estações com alta taxa pluviométrica. Em casos excepcionais de precipitação, apesar da ação de ventos do quadrante sul, não há penetração de águas de origem marinha no interior do estuário. Saliencia-se que a ação destes ventos do quadrante sul, causa um abaixamento do nível no interior da laguna favorecendo um escoamento de água salgada para o interior desta. Estes efeitos se farão sentir em áreas mais internas (células C3 e C4) se a ação destes ventos estiver combinada com períodos de estiagem na bacia.

De uma maneira geral, os valores de contribuição de montante, bem como a natureza das variações sazonais da precipitação e do campo de ventos, fazem com que os escoamentos de vazante predominem acentuadamente sobre os de enchente (Calliari, 1980).

Deve-se considerar, no entanto, que mesmo em período de grande vazão, ocorre a presença de cunhas

salinas e que somente é expulsa para fora do canal do Norte em vazões excepcionais.

A amplitude das marés astronômicas na área são insignificantes. A maré principal foi caracterizada como diurna, com máximas preamares em 1,2 metros e mínimas baixamares em - 0,22 metros, sendo que a média anual das variações diárias do nível de água foi calculada em 0,47 metros (Calliari, 1980). Ainda segundo este autor, a maré, sendo inexpressiva, torna-se difícil situá-la ou separá-la do efeito das forças predominantes (vento e precipitação). Seu efeito é mais acentuado em época seca e calma, geralmente no verão (janeiro/fevereiro) e sua oscilação não vai além da barra do Canal do São Gonçalo.

A Laguna dos Patos, com uma superfície de 10360 km², é o maior manancial de água doce da América do Sul. A sua extremidade sul (10% da área) constituiu-se num estuário. De acordo com o regime pluviométrico da região e das mudanças climáticas influenciadas pelas frentes polares, ocorrem modificações significativas e quase que diárias sobre as massas de água da laguna, influenciando desta forma a maior ou menor concentração de sólidos em suspensão e promovendo situações próprias de circulação.

O escoamento das águas da laguna é fortemente dependente da quantidade de precipitação na bacia dos rios que formam o sistema do Guaíba dos quais o Rio Jacuí é o mais importante. Uma baixa vazão dos mesmos provoca um atraso no escoamento da laguna.

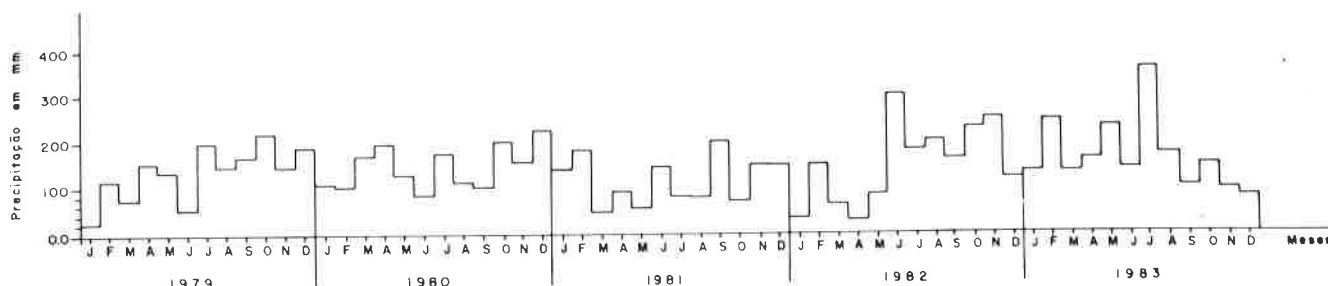
METODOLOGIA

Neste trabalho são estudados os padrões de turbidez que aparecem nas imagens MSS-LANDSAT, banda 5, através da análise visual, determinando-se as massas de água principais e a sua evolução ao longo do tempo.

Para cada imagem, foram traçados os padrões dominantes da turbidez, com base nos níveis de cinza e inferindo-se daí os padrões de correntes superficiais. Estes padrões dominantes, denominadas de "plumas" foram estudados com relação às águas provenientes basicamente da parte norte da laguna (Complexo do Guaíba), do Rio Camaquã, do Canal do São Gonçalo e da penetração de água salgada.

Também a ressuspensão de sedimentos é considerada tanto na área lagunar e estuarina, bem como na região costeira

O aporte de sedimentos para a região costeira é estimada para cada imagem, tendo como base a "pluma" de sedimentos que sai pela desembocadura da laguna.



FORTE: Boletim Agroclimológico

Figura 3 - Balanço médio mensal da precipitação na bacia de drenagem da Laguna dos Patos - RS.

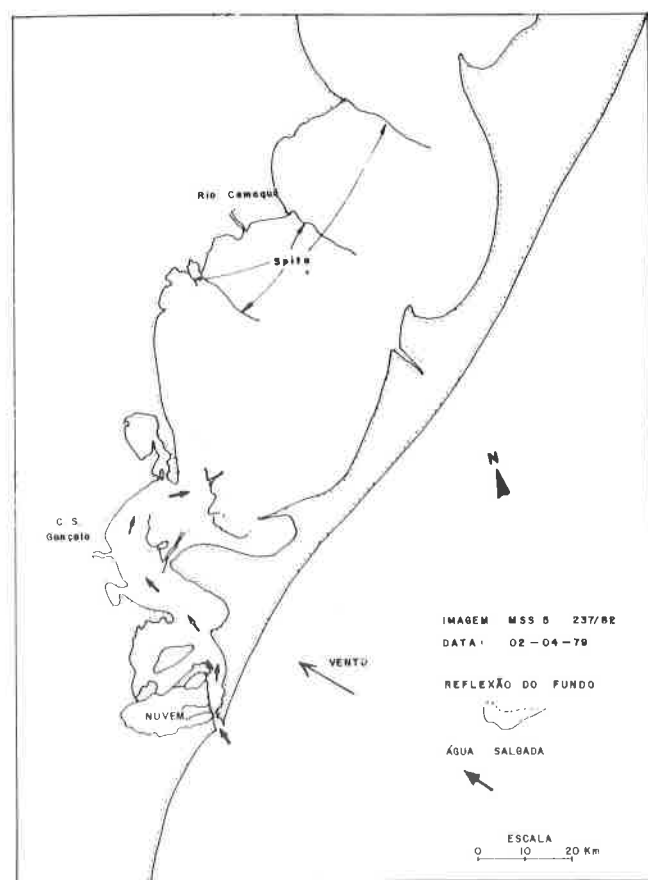


Figura 4 - Imagem de 02/04/79, pertencente à classe 1.

ESCOLHA DA BANDA ADEQUADA

Com relação às bandas do MSS-LANDSAT, Meirelles (1980) aponta a banda 4 (0,5 a 0,6 m) como a mais favorável para a determinação das feições superficiais na água, devido a menor atenuação da energia eletromagnética pela coluna de água neste comprimento de onda.

Porém, a banda 5 (0,6 a 0,7 m) foi a utilizada neste trabalho para a delimitação das massas de água e dos padrões de sedimentos pois, segundo Meirelles (1980), a presença de sedimentos na água é um ponto



importante na sua utilização, principalmente na delimitação ou determinação das feições subsuperficiais. Hartmann et al. (1982) também a menciona na delimitação da batimetria no estuário da Laguna dos Patos, quando existe pouca concentração de sedimentos em suspensão.

Klemas et al. (1973), Kritikos et al. (1974) e Herz (1977), dentre outros, também citam a sua utilização como a melhor para a identificação dos padrões de sedimentação na superfície da água.

Na banda 4, devido a maior penetração, seria de se esperar um sinal de retorno ainda menor que na banda 5. Isto acontece para as concentrações mais baixas,

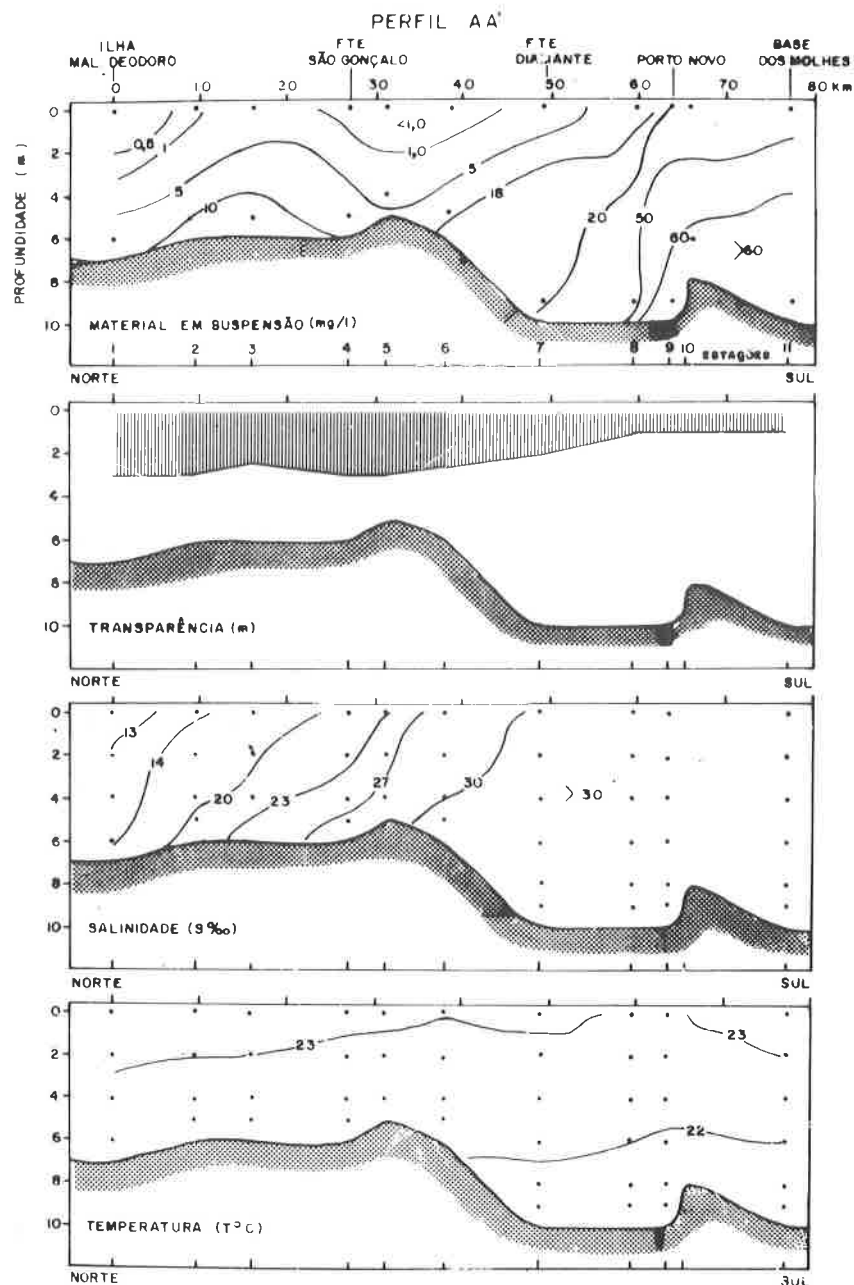


Figura 5 - Cruzeiro MS I - 02/04/79.

mas nas concentrações mais altas, o sinal de retorno da banda 5 é maior que na banda 4. Este fato pode ser explicado pela maior reflexão dos comprimentos de onda da banda 5 causada pelos sedimentos presentes na área. Isto se deve ao fato que aumentando-se a concentração, a penetração diminui, ficando o sinal de retorno cada vez mais restrito às camadas superiores e dependentes da interação física entre energia e o tipo de sedimentos. Para a determinação de feições subsuperficiais, a presença de sedimentos é crítica, já que a sua maior resposta é nas bandas de maior penetração (Meirelles, 1980).

Para a área da Laguna dos Patos, Herz (1977) cita a predominância das partículas argilosas em suspensão, provenientes dos espessos solos desenvolvidos so-

bre basaltos. Essas partículas, coloridas por sesquióxidos de ferro, apresentam maior reflectância no intervalo de 0,6 a 0,7 m, o que faz com que a faixa coberta pela banda 5 seja a mais favorável para ser utilizada no mapeamento das massas de água.

DADOS TERRESTRES ADQUIRIDOS

As medidas pluviométricas para o complexo hidrográfico Patos, no período de 1979-1983, foi acompanhado por valores totais mensais, fornecidos pela Secretaria da Agricultura e publicado no Boletim Agroclimático (Fig. 3).

Tabela 1 — Imagens MSS-LANDSAT adquiridas e analisadas.

DATA DE PASSAGEM	COBERTURA DE NUVENS %	ÓRBITA/PONTO	LANDSAT	ÉPOCA DO ANO
02/04/79	10	237/82	3	OUTONO
29/04/79	-	237/82	2	OUTONO
22/06/79	30	237/82	2	INVERNO
28/07/79	20	237/82	2	INVERNO
20/09/79	30	237/82	2	INV./PRIM.
22/07/80	-	237/82	2	INVERNO
09/08/80	-	237/82	2	INVERNO
27/08/80	30	237/82	2	INVERNO
25/11/80	-	237/82	2	PRIMAVERA
24/05/81	-	237/82	2	OUTONO
22/08/81	-	237/82	2	INVERNO
17/03/82	-	237/82	3	VERÃO
28/05/82	-	237/82	3	OUTONO
04/10/82	10	221/82	4	PRIMAVERA
20/10/82	-	221/82	4	PRIMAVERA
21/11/82	30	221/82	4	PRIMAVERA
24/01/83	-	221/82	4	VERÃO
09/02/83	30	221/82	4	VERÃO
13/03/83	30	221/82	4	VERÃO
14/04/83	20	221/82	4	OUTONO
30/04/83	10	221/82	4	OUTONO
17/06/83	30	221/82	4	OUTONO
03/07/83	-	221/82	4	INVERNO
04/08/83	20	221/82	4	INVERNO
21/09/83	-	221/82	4	INV./PRIM.
24/11/83	-	221/82	4	PRIMAVERA

A direção predominante do vento foi determinada pela média diária para o dia de aquisição da imagem, nas estações ao longo da costa, localizadas no Chuí, rio Grande e Mostardas, dados estes fornecidos pelo Departamento de Meteorologia da Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN, do Ministério da Marinha.

AQUISIÇÃO DAS IMAGENS

Foram adquiridos 26 negativos branco e preto, na escala 1:3.704.000, correspondentes às imagens dos

satélites LANDSAT 2, 3 e 4 (Tabela 1), com cobertura de nuvens inferior a 30%

RESULTADOS

Pela análise das imagens, foi possível identificar quatro principais tipos de água: na porção norte da laguna, a descarga do Rio Guaíba; na margem oeste, a contribuição do Rio Camaquã; no estuário, a contribuição do Canal São Gonçalo e, finalmente, a penetração de água salgada pelo Canal do Norte, como já descrito por Herz &

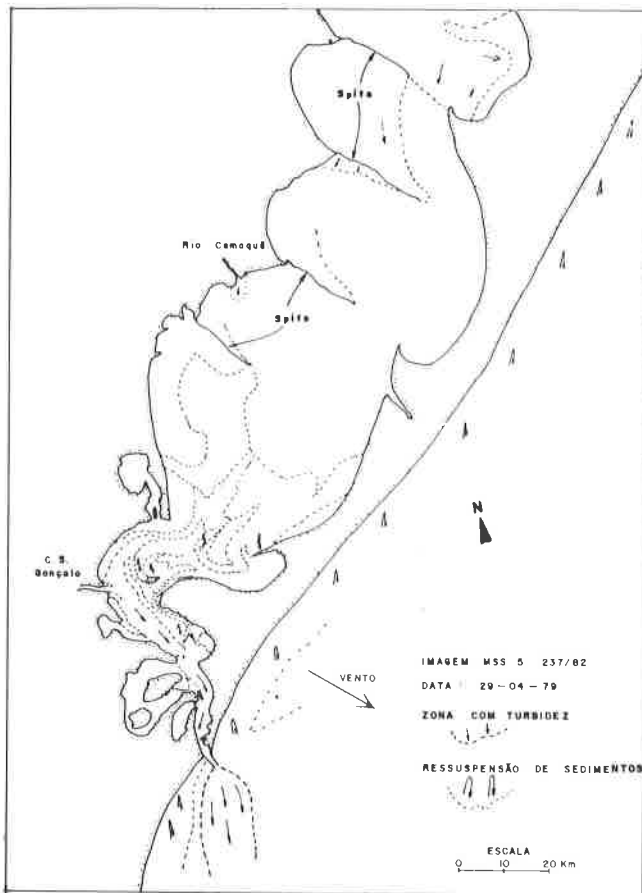
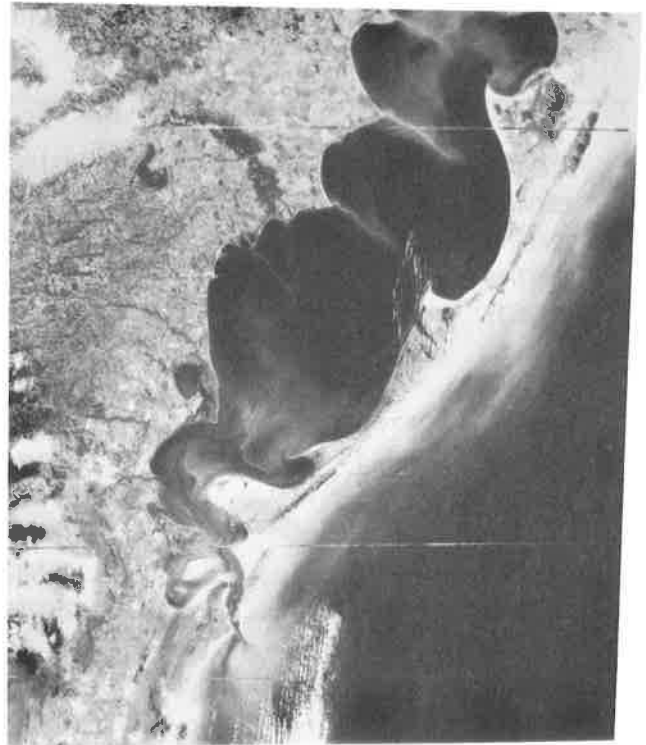


Figura 6 - Imagem de 29/04/79, pertencentes à classe 2.

Tavares (1974). Entretanto, também ocorrem as regiões de mescla ou misturas, melhor discriminadas quando se usa a técnica de processamento automático. Segundo esses autores, essas massas de água são identificadas pelos tons de cinza na imagem, onde os claros representam alta concentração de sedimentos, da ordem de 140,0 mg/l em média no estuário; os mais escuros correspondem a menores concentrações, cerca de 20,0 mg/l em média. Estes tons de cinza estão diretamente relacionados às partículas biogênicas e litológicas em suspensão, o que resulta num comportamento espectral bem característico (Herz & Tavares, 1974).

De acordo com a distribuição e ocorrência de sólidos em suspensão (plumas) nas imagens analisadas, foi possível a classificação das mesmas em cinco classes:

- A primeira classe (CLASSE 1) é representada pela imagem de 02/04/79 (Fig. 4), também fazendo parte desta classe, as imagens de 22/06/79 e 28/05/82. As suas características principais são as seguintes:
- não ocorrência de "plumas" nos principais tributários da laguna e, como consequência a baixa concentração de sedimentos;



- possibilidade de identificação dos baixios (bancos) canais naturais e esporões ("spits");
- salinização do estuário, Canal do São Gonçalo e parte das células C3 e C4;
- ventos predominantes do quadrante sul, principalmente de SE.

No gráfico de precipitação (Fig. 3), observa-se que o aporte de sedimentos para a área é pequeno. Os resultados encontrados no Cruzeiro MS I de (02/04/79), coincidente com o dia de aquisição da imagem (Fig.5), mostram que os teores de material em suspensão são baixos, com alta transparência observada pela extinção do disco de Secchi e alta salinidade (Hartmann et al., 1985)

- A imagem de 29/04/79 (Fig. 6), representa a 2ª classe (CLASSE 2), na qual pertencem também as imagens de 28/07/79 e 17/03/82, cujas características principais são:
 - aparecimento da "pluma" de sedimentos provenientes do Complexo do Guaíba na célula C2;
 - as "plumas" do Rio Camaquã e Canal do São Gonçalo são pequenas ou inexistentes;

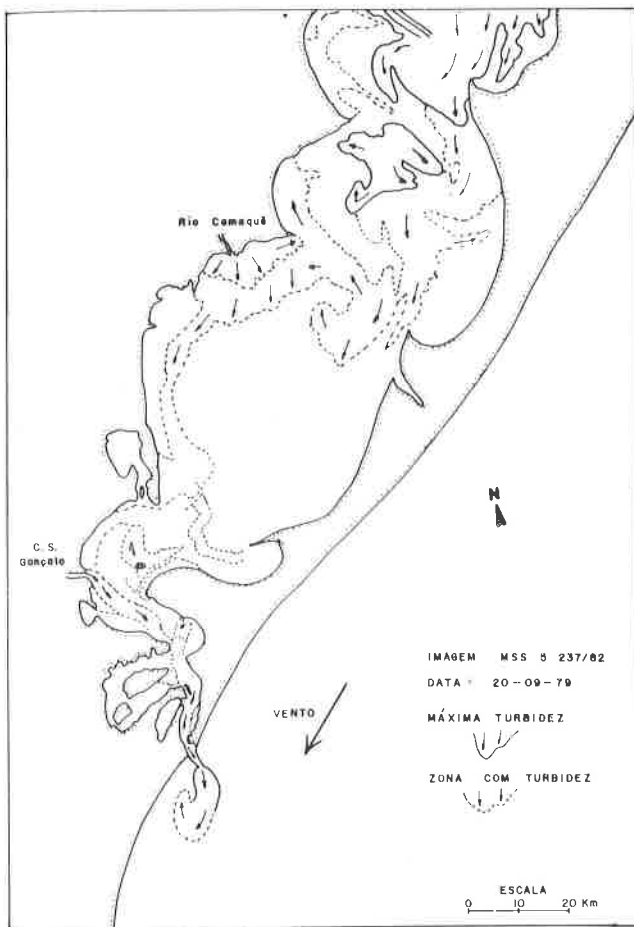


Figura 7 - Imagem de 20/09/79, pertencentes à classe 3.



- ocorrência da ressuspensão de sedimentos no estuário e próximo à linha de costas; com isto, na região estuarina, os níveis de turbidez são mais elevados;
- os ventos predominantes são do quadrante norte e oeste, referencialmente de NW. Nestes casos, a intrusão de água salgada ocorre em pequena intensidade.
- A 3ª classe, representada pela imagem de 20/09/79 (fig. 7) onde enquadra-se também as imagens de 24/05/81, 22/07/80, 09/08/80 e 22/08/81, apresentam as seguintes características.
 - alta turbidez em parte da laguna devido à contribuição do Complexo do Guaíba e Rio Camaquã, estuário com turbidez devido a contribuição do Canal de São Gonçalo e a ressuspensão de sedimentos dos baixios, o que impede a observação dos bancos e "spits";

- pode ocorrer penetração de água salgada junto ao fundo do Canal do Norte;
- ventos predominantes do quadrante norte principalmente de NE.

O gráfico de precipitação (Fig.3) mostra a pequena contribuição de sedimentos para a área. Os resultados encontrados no Cruzeiro MS VII, de 19 e 20/09/79, coincidente com a imagem (Fig. 8), mostram que os teores de matéria em suspensão são mais elevados.

- A imagem da Fig. 9, do dia 25/11/80 representa a 4ª classe onde enquadram-se as imagens de 27/08/80, 21/11/82, 13/03/83, 14/04/83, 30/04/83, 03/07/83 e 24/11/83. As características principais desta classe são:
 - ocorrência de alta turbidez na laguna e parcial no estuário, causada principalmente pela "pluma" do Guaíba e do Canal de São Gonçalo. Devido a alta turbidez, não são identificados os bancos e canais naturais ao norte do estuário;
 - a "pluma" na desembocadura da laguna está ausen-

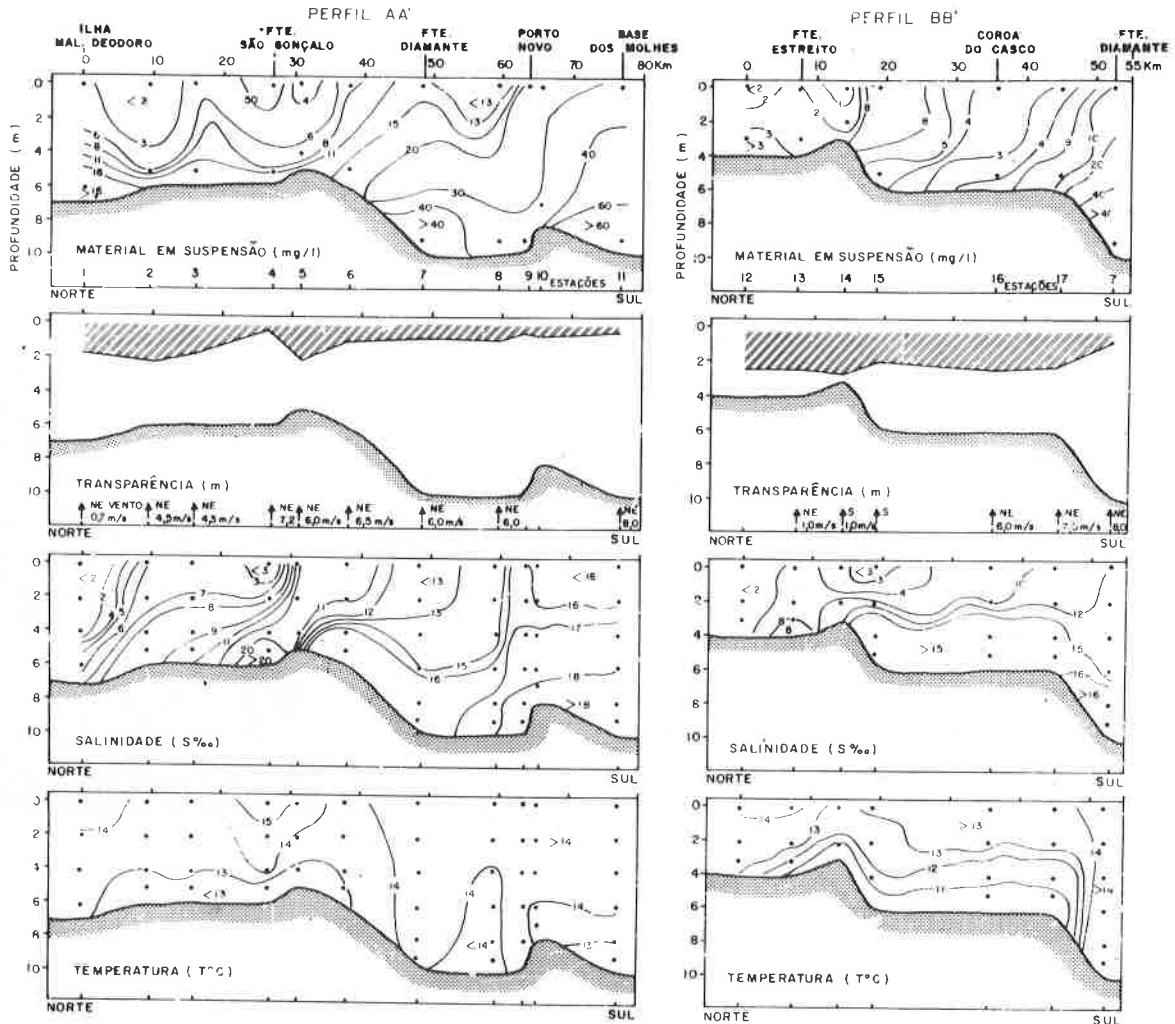


Figura 8 - Cruzeiro MS VII - 19 e 20/09/79.

te, pequena ou dispersa para o sul e/ou norte dos molhes;

- a ressuspensão pode ser observada junto a linha de costa;
- os ventos predominantes provêm do quadrante sul, principalmente do sudoeste (SW);
- ocorre penetração de água salgada, notadamente junto ao fundo do Canal do Norte (cunha salina).

Os resultados encontrados no Cruzeiro MS XVII de 31/10 e 01/11/83 (Fig. 10), apesar de diferir em 23 dias do dia de aquisição da imagem 24/11/83, representa esta situação.

- A 5ª classe é representada pela imagem de 04/10/82 (Fig. 11), além das imagens de 20/10/82, 24/01/83, 09/02/83, 17/06/83, 04/08/83 e 21/09/83. Suas principais características são:

- alta turbidez em toda a laguna e estuário devido principalmente a "pluma" do Complexo Guaíba;

- ocorrência de "pluma" bem desenvolvida do Canal de São Gonçalo limitada pelo canal da feitoria e bem diferenciada na sua resposta espectral da massa de água da laguna;

- "pluma" na desembocadura bem desenvolvida e com sentido sul;

- ressuspensão de sedimentos ocorre ao longo da costa, principalmente na parte sul dos molhes da barra;

- ventos predominantes do quadrante norte, principalmente NE, determinando grande vazão e pouca penetração de água salgada.

Os resultados encontrados no Cruzeiro MS XIV de 02 e 03/08/83 (Fig. 12), com diferença de dois dias da aquisição da imagem de 04/08/83 representa a situação.

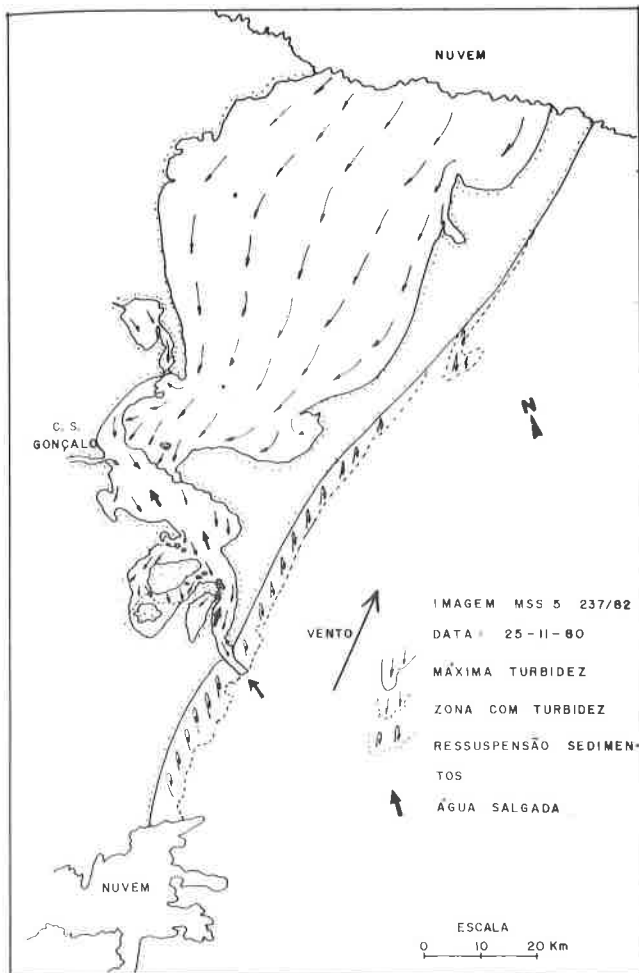


Figura 9 - Imagem de 25/11/80, pertencente à classe 4.



DISCUSSÃO

A região da Laguna dos Patos, devido às suas modificações hidrológicas e à sua dimensão, é uma área que se mostrou favorável ao uso das imagens de satélite. Isto já foi demonstrado também em estudos anteriores como os de Herz & Tavares (1974), Herz (1977), Herz, et al. (1978) e Hartmann et al. (1982).

O fator mais importante que afeta a qualidade das águas na área é a turbidez, que provém principalmente do Complexo do Gualba e Rio Camaquã e a nível de estuário, do Canal São Gonçalo. Por outro lado, a intrusão de água salgada pela desembocadura da barra faz com que ocorra a decantação, por floculação, das partículas sedimentares em suspensão (Herz, 1977).

Essas quatro massas de água, bem como o seu impacto na região, foram delimitadas nas 26 imagens MSS-LANDSAT analisadas, e classificadas em cinco clas-

ses, de acordo com a sua distribuição e ocorrência de "plumas" de sedimentos, associadas aos níveis de precipitação nas bacias das Lagunas dos Patos e Mirim, e à influência dos grupos principais de ventos.

Embora os satélites LANDSAT forneçam uma cobertura sistemática da superfície da Terra numa resolução temporal de 18 dias (LANDSATs 1 2 e 3), ou 16 dias (LANDSATs 4 e 5), a disponibilidade de dados auxiliares (como o regime de ventos, enchentes e vazantes no caso deste trabalho) são importantes no aproveitamento de todo o seu potencial.

O desenvolvimento rápido de novos satélites, com melhores resoluções temporal, espectral e radiométrica, tendem a aumentar a possibilidade de utilização de seus dados no estudo da dinâmica das águas. Atualmente já são disponíveis os produtos TM ("Thematic Mapper") do satélite LANDSAT-5, com 7 bandas e resolução espacial de 30m, que permitem trabalhos na escala

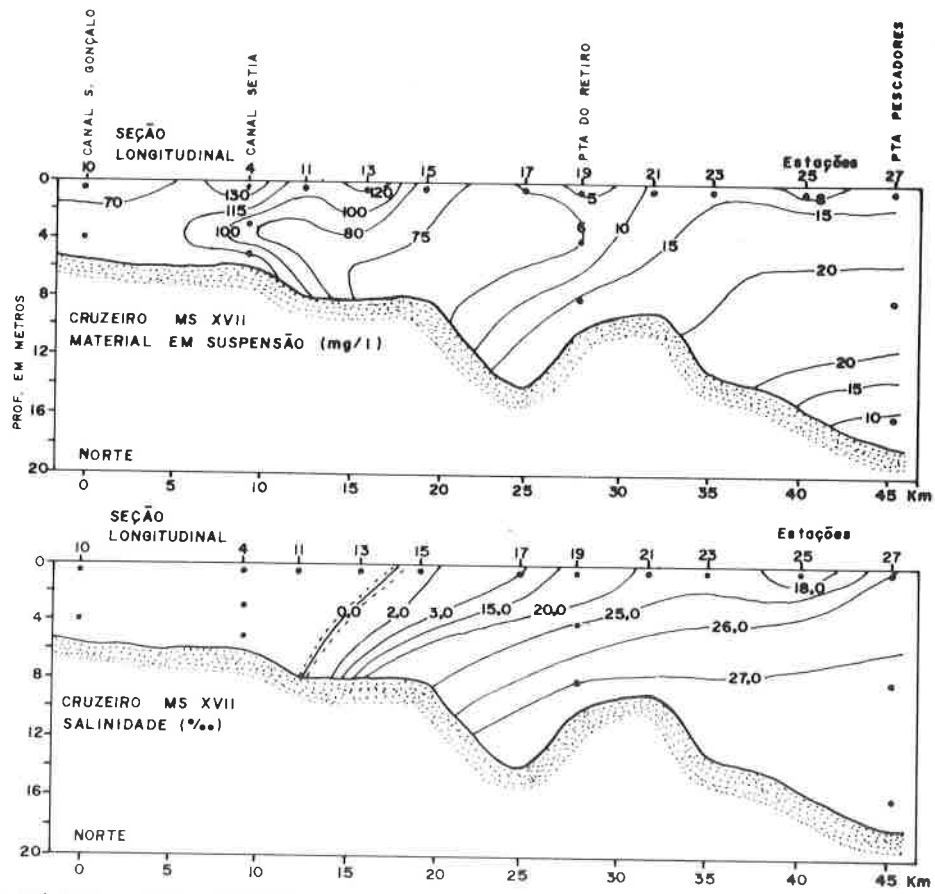


Figura 10 - Cruzeiro MS XVII - 31/10 e 01/11/83.

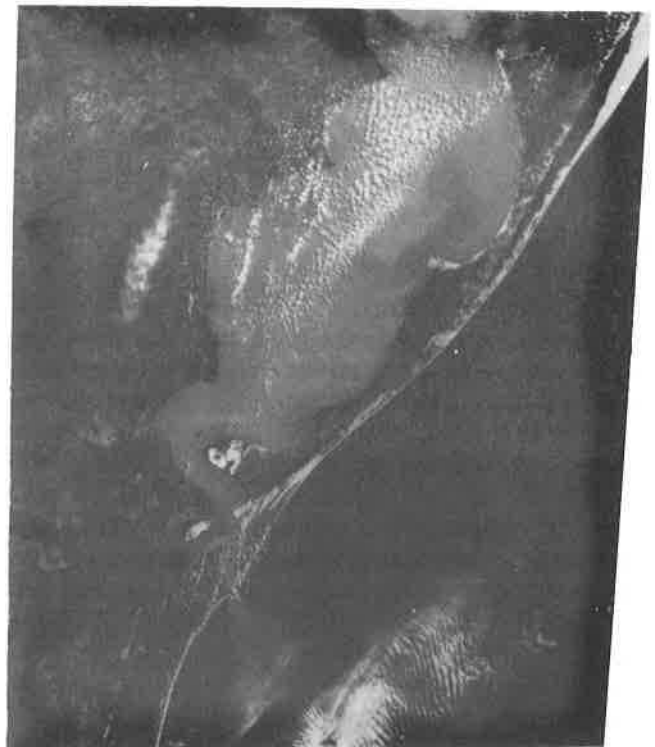
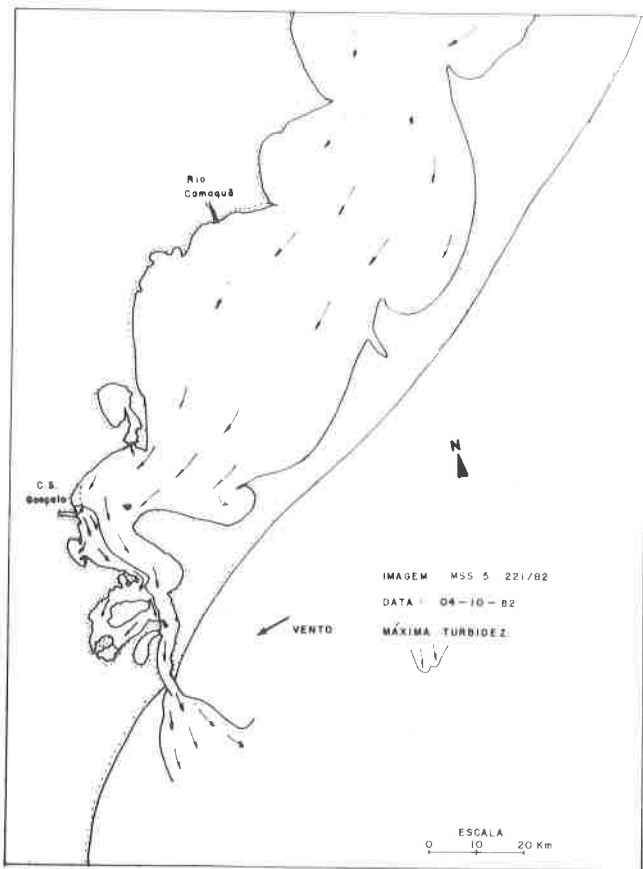


Figura 11 - Imagem de 04/10/82, pertencente à classe 5.

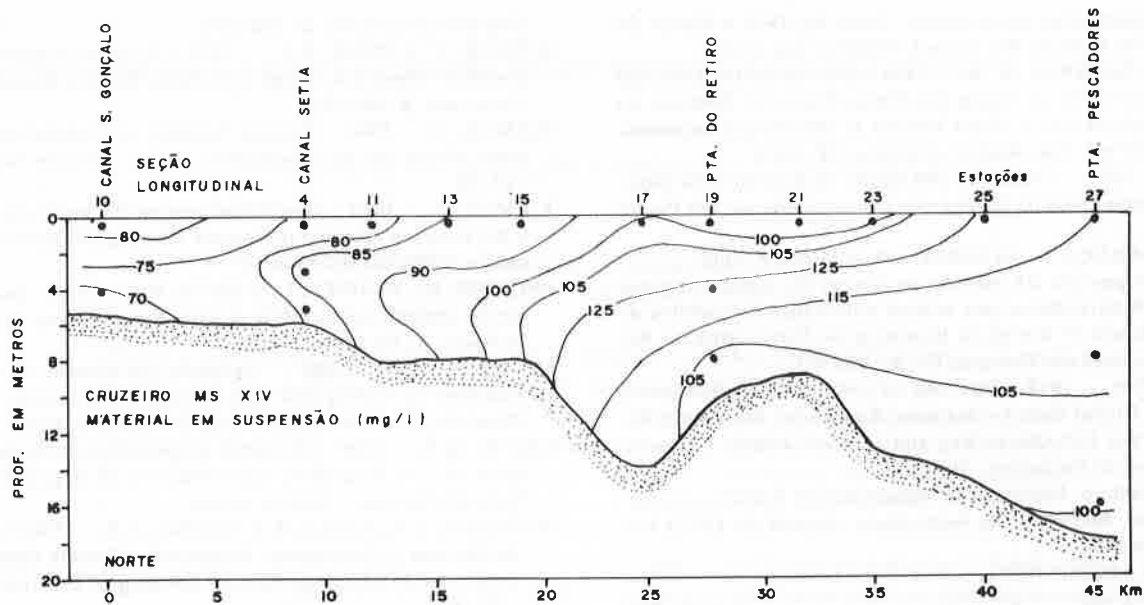


Figura 12 - Cruzeiro MS XIV - 02 e 03/08/83.

1:40.000. Os satélites meteorológicos, com resolução temporal diária ou horária, mas com baixa resolução espacial, também estão disponíveis.

Convém ressaltar as limitações da interpretação visual das transparências negativas, embora sejam de baixo custo, reconhecendo-se a importância de sistemas analisadores automáticos de imagens. Entretanto, a sua utilização hoje só é possível em centros especializados como o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos (SP).

Finalizando, a possibilidade de construção de mapas temáticos da região a partir de imagens obtidas através de Sensoriamento Remoto, aliado à sua periodicidade de tomada de imagens, fazem com que o Sensoriamento Remoto seja um instrumento dos mais promissores no gerenciamento costeiro da área. Cabe aqui citar o trabalho de Asmus et al. (1985), segundo o qual a La-

guna dos Patos é uma das áreas mais importantes de toda a costa brasileira para as práticas do gerenciamento costeiro, devido a sua grande importância ecológica e industrial, e múltiplos impactos tais como modificações naturais e artificiais no ecossistema.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Fundação Universidade do Rio Grande (FURG) pela oportunidade de executar este trabalho. À Comissão Interministerial de Recursos do Mar (CIRM) pelo apoio financeiro. Ao Dr. Ícaro Vitorello, pelas valiosas sugestões, além da revisão e incentivo na elaboração deste trabalho. A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, J.A., MARTINS, I. da R. & MARTINS, L.R. - 1981- Estudo da Lagoa dos Patos. Pesquisas, Porto Alegre, **14**: 41-66.
- ASMUS, H.E., ASMUS, M.L & DREWS, C.R. - 1985- Levantamento e Modificações dos Ambientes do Ecossistema Estuarial da Lagoa dos Patos. 1º Seminário sobre Pesquisa da Lagoa dos Patos, Porto Alegre-RS, Novembro 1984 (no prelo).
- CALLIARI, L.J. - 1980- Aspectos sedimentológicos e ambientais na região estuarial da Lagoa dos Patos. Tese de Mestrado. Curso pós-graduação em Geociência. Univ. Fed. do Rio Grande do Sul, 190 pp.
- CUNNINGHAM, R.H.W. - 1978- Atchafalaya - Vermillion Complex Studies. Activities Report to U.S. Army Corps of Engineers, Ney Orleans, Louisiana. Printed by L.S.U. Center for Wetlands Resources, Baton Rouge. IIIº Volume.
- HARTMANN, C., CALLIARI, L. J. & CARDOSO, J.N. - 1982 - Aplicação do Sensoriamento Remoto nos processos estuariais da Laguna dos Patos, RS - Fase I. Anais do IIº Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - Brasília - DF.
- HARTMANN, C., CALLIARI, L.J. & MOLLER, O.O. - 1985 - Material em suspensão no estuário da Laguna dos Patos, RS, Fa-

- se I. Observações preliminares, Abril de 1979 a Março de 1980 - Rio Grande, RS. *Revista Atlântica*, (no prelo).
- HERZ, R. & TAVARES, W. Jr. - 1974 - Dynamical behaviour of the surface water of Lagoa dos Patos, Brazil. In: Seminar on space applications of direct interest to developing countries. INPE/COSPAR, São José dos Campos, SP, INPE.
- HERZ, R. - 1977 - Circulação das águas de superfície da Lagoa dos Patos. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 261 pp.
- HERZ, R., TANAKA, K., ALVAREZ, J.A. & MOLLER, O.O.
- 1978 - Proposição de método de estudo do sistema lagunar da costa Riograndense por análise automática e repetitiva de dados orbitais. I^o Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, SP, 2: 800-811.
- HUGHES, R.H. - 1982 - The use of LANDSAT Multispectral Scanner Digital Data for Mapping Suspended Solids and Salinity in the Atchafalaya Bay and adjacent waters, Louisiana, 1976. Tese de Doutorado. 105 pp.
- INEMET (Instituto Nacional de Meteorologia) Boletim agroclimatológico, Ministério da Agricultura, Janeiro de 1982 a Dezembro de 1983.
- KLEMAS, V., BORCHARDT, J.F. & TREASURE, W.M. - 1973 - Suspended sediment observations from ERTS-1. *Remote Sensing of Environment*, 2: 205-221.
- KLEMAS, V. & POLIS, D.F. - 1977 - A study of density fronts and their effects on coastal pollutants. *Remote Sensing of Environment*, 6: 95-126.
- KLEMAS, V. - 1980 - Remote Sensing of Coastal fronts and their effects on oil dispersion. *Int. J. Remote Sensing*, 1: 11-28.
- KLEMAS, V. - 1983 - Percepción remota del ambiente costero y los recursos marinos in *Remote Sensing of Coastal Resources*. In: UNESCO WORKSHOP.
- KRITIKOS, H., YORINKS, L. & SMITH, H. - 1974 - Suspended solids analysis using ERTS-A data. *Remote Sensing of Environment*, 3: 69-78.
- MEIRELLES, D.S. - 1980 - Aplicação de técnicas de sensores remotos na hidrografia com ênfase à batimetria. Tese de Mestrado, São José dos Campos, SP, INPE, 239 pp.
- PAZ, R. da S. - 1985 - Aspectos meteorológicos da Lagoa dos Patos, RS, 1^o Seminário sobre Pesquisa da Lagoa dos Patos. Porto Alegre, Nov. 1984 (no prelo).
- WHITLOCK, C.H., KUO, C.Y. & LECROY, S.R. - 1982 - Criteria for the use of Regression Analysis for Remote Sensing Sediment and Pollutants. *Remote Sensing of Environment*, 12: 151-168.