Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Levantamento Preliminar das Correntes na Área Compreendida entre a Barra de Rio Grande e a Ponta da Feitoria

José Angel Alvarez, Inês da Rosa Martins, Paulo Roberto Mello

Pesquisas em Geociências, 16 (16): 269-311, jan./abr., 1984.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21719>

Publicado por

Instituto de Geociências

Portal de Periódicos **UFRGS**

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - jan./abr., 1984.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

LEVANTAMENTO PRELIMINAR DAS CORRENTES
NA ÁREA COMPREENDIDA ENTRE A BARRA
DE RIO GRANDE E A PONTA DA FEITORIA

JOSÉ ANGEL ALVAREZ*
INÊS DA ROSA MARTINS*
PAULO ROBERTO MELLO*

RESUMO

Observações realizadas durante curto período de tempo, em duas estações localizadas no canal do Rio Grande, bem como elementos obtidos através do sobrevôo na área utilizando traçadores de corrente, registros de quinze cruzeiros do Projeto Lagoa (BOA – FURG) e de testemunhos geológicos foram usados no presente estudo.

Variações espaciais e temporais relativas as informações físicas foram notadas na distância de 13km entre as duas estações.

Para melhor utilização da quantidade de dados provenientes dos cruzeiros foram escolhidas quadrículas de 2x2 milhas e foram analisadas aquelas em que havia um número de estações igual ou superior a dez.

Para cada caso, estudou-se a situação meteorológica correspondente a variação da salinidade, temperatura e turbidez.

Fez-se correlação entre esta última variável, a turbidez, com a salinidade na superfície e no fundo.

Foi feita a descrição dos testemunhos através da textura, material biogênico e cor. As seqüências sedimentares apresentaram uma textura pelítica no topo, tornando-se mais arenosa na base, por influência do substrato. Dois testemunhos mostraram condições de deposição sob elevada energia, pela presença de material bioclástico. Ficou evidente, nas seqüências analisadas, que a região ao norte da Ilha da Feitoria sofre a influência lagunar e ao sul, nota-se claramente a influência marinha.

Devido ao período de tempo e a natureza das observações, os resultados são, principalmente, hipóteses de trabalho. Pode-se notar que a salinidade é um parâmetro mais adequado, que a temperatura, para interpretar a dinâmica, mas necessita-se de uma adequada coleta de dados meteorológicos e maregráficos.

Insiste-se nas vantagens do uso das imagens de satélite com a informação dos canais MSS 4 e 5.

*Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica – CECO, Instituto de Geociências, UFRGS. Trabalho recebido para publicação em 16/12/83.

Pesquisas	Porto Alegre	n.16	p.269-311	mar.1984
-----------	--------------	------	-----------	----------

ABSTRACT

Short period observations coming from two stations located at the Rio Grande channel, by using a small aircraft for photography and observation of current tracers, as well as records from fifteen cruises of the Lagoa Project (BOA – FURG) and corings done for complementing other data, are analysed.

Physical informations from the stations are studied in reference to their space and time variability noting modifications along the 13km between of them.

In order to improve utilization of data available from cruises a 2x2n.m. grid was established and analysed those squares with ten or more observations. For each case, the corresponding meteorological situation, salinity, temperature and turbidity variabilities were studied.

On the other side, correlations between this last variability – turbidity, and surface and bottom salinity were determined.

Through the descriptions of lithological sequences, texture, biogenic material, color and core: showed that upper part of the sedimentary cover is characteristic with the presence of mud and turning more sandy in direction of the base, because the substratum influence.

Two cores showed no mud deposition in high energy conditions with bioclastic material. In the analysed sequence, it was evident the lagoon influence northward of the Ilha da Feitoria. From this point, southward direction it is clear the marine influence in a typical estuarine regime.

Due to the period and nature of observations, the results are to be considered mostly working, hypothesis. However it is emphasized the value of salinity over temperature in order to understand the dynamics of the zone, as well as the need for an adequate collections of meteorological and tidal data. It is noted also the advantages of using satellite images with MSS 4 and 5 channels information.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ZONA – PROPÓSITOS DA PESQUISA

A zona, ao sul da Ponta da Feitoria até o Canal Norte, constitui a região de maior interação entre as águas oceânicas, que entram em direção a Rio Grande e doces, que fluem dos contribuintes da Lagoa dos Patos.

Esta característica implica em alta variabilidade na salinidade e outros parâmetros significativos associados a essa massa de água, como turbidez, cor e materiais em suspensão. Por outro lado, como se detalhará mais adiante, a temperatura não mostra ser uma característica diferencial, sendo de pouca importância para distinguir água de uma ou outra origem.

A distribuição das propriedades está, naturalmente, em relação estreita com a circulação das águas. Estudar uma dessas faces é induzir a outra. Acontece que devido a alta variabilidade das condições da região, a interpretação exige um conhecimento espacial e temporal suficientemente amplo para que a descrição seja aceitavelmente correta.

As limitações para o reconhecimento das mudanças das variáveis significativas, provêm da amplitude da área e da rapidez destas mudanças.

Usualmente a amostragem é feita só com uma embarcação, sendo portanto de caráter pontual. As opções que restam são as de se limitar a estabelecer a embarcação uma posição, ou tentar cobrir uma área maior deslocando-a. Neste último caso, o panorama geral de distribuição melhora no sentido espacial, mas perde significação do ponto de vista da carência de sinopticidade das observações.

Estas limitações seriam removidas se fosse possível dispor de meios adequados, o que é usualmente proibitivo, ou utilizar informações não convencionais, com a possibilidade de coleta numa área extensa, com menor diferença de tempo entre as observações. Estas características podem ser obtidas com uso de aeronaves.

Tendo em conta as características principais já citadas, o propósito desta pesquisa era tentar uma interpretação preliminar das condições de circulação na zona, usando planos de observações mínimas com base nos dados anteriormente coletados pelo Projeto Lagoa (FURG-BOA) e outros. Posteriormente, estes reduziram-se ao conjunto de observações obtido pelo referido Projeto.

Por ser de interesse, embora as experiências fossem de natureza elementar, optou-se pela obtenção de novas observações associadas à possibilidade de dois vôos, com a cooperação de lanchas, e uma observação a partir de duas embarcações, em curto período mas simultâneas.

VÔOS E INDICAÇÕES DE CORRENTEZAS

Foram feitas duas experiências, sendo uma no dia sete de novembro de 1978 e outra no dia vinte e seis de abril de 1979.

A característica de maior aplicação a nosso caso é a possibilidade de uma aeronave decolar e deslocar-se rapidamente de um a outro ponto. Obtendo-se um traçador eficaz do movimento das águas, o levantamento feito desta maneira reúne boas condições de simultaneidade.

Os principais pontos a ponderar são: natureza do traçador, exequibilidade de lançamento a partir de uma plataforma (que pode ser uma embarcação ou aeronave), identificação adequada do traçador ou alvo, assim como da maneira adequada de obter informação segura sobre direção da correnteza e utilização do registro fotográfico e técnico que prove ser o mais adequado.

Devido ao custo da hora de vôo e levando-se em conta a disponibilidade imediata da aeronave, decidiu-se utilizar para as experiências um pequeno avião (Paulistinha) do Aeroclube de Rio Grande. Como o mesmo não tinha qualquer instalação para câmara fotográfica e tendo-se à disposição uma só, o recurso foi a fotografia oblíqua. Como não foi possível a obtenção de um traçador corante do tipo Rhodamina, as experiências foram feitas utilizando-se cartões de computador como alvos.

Após os experimentos concluiu-se que:

— Os cartões fornecem um meio barato e prático como corpo de deriva. Uma hora e trinta minutos após o lançamento ainda mostram boa indicação. A utilidade

da observação consiste principalmente na inferência das linhas de corrente. O método é particularmente valioso para o estudo estuarino, se for possível o uso de múltiplos pontos de espalhamento simultâneo. Devido à carência de embarcações suficientes para isso, a alternativa que mais se aproxima do ideal é o lançamento a partir de um avião.

— Os períodos mais convenientes para lançamento de cartões são de cinco a quinze segundos, sendo trinta segundos um intervalo longo demais. Com intervalos de um segundo os cartões tendem a agrupar-se.

— Cada cartão (medindo aproximadamente 8,5x19cm) é um alvo visível para alturas de vôo de 300 a 500m, com a cor da água do Canal Norte.

— Para técnica fotográfica em preto e branco é recomendável usar Pan Plus X ASA 125, com velocidade 1/500s, deixando um f inicial fixo para todas as tomadas. No caso de revelação com alto contraste, usar para o automático da câmara a sensibilidade ASA 200. É conveniente usar filtro amarelo claro. Se o trabalho for realizado com Ektachrome, utilizar filtro "antihazing".

— A maior dificuldade consiste na orientação da fotografia. Por isto, é aconselhável que se fotografe de modo a que parte do avião apareça na fotografia, tomando-se nota do rumo da aeronave. Pode-se também manter para todas as fotos a mesma posição relativa da câmara e anotar o rumo do aparelho. Usualmente, o primeiro procedimento é mais prático.

— A modalidade de lançamento de cartões do avião que se mostrou mais efetiva é a de vários cartões soltos. Se os cartões vão lançados em pacotes, não se tem certeza do espalhamento dos mesmos, ou também podem afundar. Depois de certo tempo, o espalhamento dos cartões jogados do ar fica difuso quanto a direção do movimento. O lançamento de cartões de embarcações, em lugar do anterior, conserva por um período de tempo mais longo uma indicação melhor definida.

OBSERVAÇÕES SIMULTÂNEAS DE CURTO PERÍODO

Com a finalidade de observar as condições de mudança na circulação das águas a montante da embocadura, em comparação com observações não sinóticas, projetou-se algumas experiências. Destas, uma foi executada a vinte e cinco de abril de 1979.

Localizou-se um bote em um determinado ponto A e uma lancha em um ponto B, por um período de oito horas aproximadamente (Figura 1). Devido a restrições na aparelhagem disponível, foram selecionadas e combinadas as observações que se efetuaram nos pontos A e B, de modo a obter um melhor rendimento.

As posições dos pontos citados foram:

Ponto A (próximo a São José do Norte)

$\varphi = 32^{\circ}01,3'S$ (prof. = 14m)

$\omega = 52^{\circ}02,8'W$

Ponto B (próximo a Ponta dos Pescadores)

$\varphi = 32^{\circ}07,6'S$ (prof. = 13m)
 $\omega = 52^{\circ}06,1'W$

Nos dois pontos, as observações foram iniciadas às oito horas, consistindo em obter os dados apresentados nas Tabelas 1, 2, 3 e 4. (As horas expressas nesse trabalho são as locais).

Tabela 1
CONDUTIVIDADE, SALINIDADE E TEMPERATURA, NA ESTAÇÃO A
Data: 25/04/1979

HORA	PROF. (m)	COND. (mmho ⁻¹ .cm ⁻¹)	SAL. (‰)	TEMP. (°C)
08	0	18,10	12,05	19,30
	1	18,18	12,17	19,19
	2	18,20	12,26	19,15
	3	18,21	12,30	19,16
	4	18,30	12,31	19,20
	5	18,32	12,32	19,23
	6	18,41	12,35	19,24
	7	18,41	21,41	19,24
	8	18,45	12,44	19,27
	9	18,49	12,47	19,33
	10	18,50	12,47	19,37
09	11	18,53	12,48	19,35
	0	18,24	12,19	19,28
	1	18,10	12,07	19,28
	2	18,18	12,20	19,28
	3	18,24	12,31	19,26
	4	18,24	12,30	19,18
	5	18,22	12,18	19,27
	6	18,26	12,20	19,20
	7	18,27	12,22	19,24
	8	18,30	12,26	19,26
	9	18,36	12,36	19,26
10	10	18,38	12,36	19,24
	11	18,38	12,36	19,25
	0	18,06	12,14	19,25
	1	18,03	12,09	19,20
	2	18,07	12,20	19,18
	3	18,08	12,25	19,26
	4	18,15	12,22	19,22

HORA	PROF. (m)	COND. (mmho ⁻¹ .cm ⁻¹)	SAL. (‰)	TEMP. (°C)
11	5	18,18	12,23	19,22
	6	18,18	12,20	19,18
	7	18,14	12,22	19,18
	8	18,32	12,32	19,24
	9	18,33	12,32	19,25
	10	18,34	12,33	19,28
	11	18,36	12,54	19,28
	0	17,79	11,89	19,29
	1	17,79	11,90	19,21
	2	19,95	12,06	19,17
	3	18,02	12,02	19,14
12	4	18,06	12,16	19,19
	5	18,04	12,12	19,25
	6	18,09	12,17	19,17
	7	18,10	12,17	19,16
	8	18,16	12,24	19,18
	9	18,19	12,24	19,21
	10	18,21	12,24	19,23
	11	18,20	12,23	19,20
	0	17,85	11,06	19,37
	1	17,90	11,91	19,37
	2	17,99	12,04	19,27
13	3	18,02	12,10	19,20
	4	18,04	12,10	19,15
	5	18,04	12,10	19,14
	6	18,02	12,10	19,14
	7	18,03	12,12	19,12
	8	18,02	12,12	19,12
	9	18,02	12,12	19,11
	10	18,02	12,10	19,10
	11	18,02	12,08	19,10
	0	17,79	11,88	19,40
	1	17,86	11,95	19,24
	2	17,96	12,94	19,22
	3	17,92	11,94	19,23
	4	17,88	11,93	19,30
	5	17,91	11,98	19,21
	6	17,91	12,00	19,17
	7	17,98	12,06	19,15
	8	18,00	12,09	19,10
	9	18,02	12,08	19,20

HORA	PROF. (m)	COND. (mmho ⁻¹ .cm ⁻¹)	SAL. (‰)	TEMP. (°C)
14	10	18,04	12,15	19,11
	11	18,00	12,10	19,09
	0	17,88	11,95	19,48
	1	17,85	11,94	19,36
	2	17,90	11,95	19,32
	3	17,92	12,25	19,30
	4	17,91	11,95	19,40
	5	17,92	12,10	19,26
	6	17,92	11,99	19,31
	7	17,88	12,02	19,26
	8	17,92	12,05	19,20
15	9	17,91	12,04	19,14
	10	17,93	12,04	19,12
	11	17,93	12,02	19,16
	0	17,94	12,00	19,36
	1	17,70	11,80	19,40
	2	17,82	11,92	19,40
	3	17,93	12,00	19,34
	4	17,94	12,00	19,40
	5	17,95	12,00	19,32
	6	17,98	12,07	19,38
	7	18,00	12,12	19,18
16	8	18,07	12,14	19,18
	9	18,07	12,14	19,10
	10	18,08	12,14	19,16
	11	18,10	12,16	19,14
	0	17,94	12,02	19,40
	1	17,82	11,88	19,38
	2	17,86	11,92	19,34
	3	17,92	12,02	19,35
	4	17,94	12,07	19,17
	5	18,00	12,11	19,16
	6	18,06	12,13	19,10
	7	18,09	12,19	19,07
	8	18,10	12,19	19,09
	9	18,12	12,20	19,17
	10	18,14	12,22	19,08
	11	18,16	12,27	19,05

Tabela 2
TEMPERATURA, SALINIDADE E TURBIDEZ, NA ESTAÇÃO B
Data: 25/04/1979

HORA	TEMP. SUP. (°C)	SALINIDADE		PROFUNDIDADE (m)													DISCO SECCHI (m)
		SUP.	10m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
				TURBIDEZ (%)													
08	20,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0
09	19,9	13,45	18,10	68	67	66	64	62	64	64	65	64	56	50	41	4,7	2,5
10	20,2	13,10	19,70	68	67	64	64	62	59	56	52	41	4,6	1,8	1,5	1,5	2,5
11	20,1	13,30	26,50	61	59	57	56	51	49	39	38	42	8,3	1,1	0,5	0,1	2,5
12	20,1	13,00	23,80	63	62	60	57	56	52	50	45	27	3,8	1,0	0,5	0,4	2,1
13	20,2	13,20	26,50	62	59	57	56	54	51	49	45	36	12	1,8	1,1	0,4	2,1
14	20,2	12,90	19,70	59	58	56	55	54	52	48	47	19	3,8	2,8	0,6	0,2	2,2
15	20,2	12,90	20,60	56	55	54	52	51	50	51	52	46	44	10	9,8	9,3	2,5
16	20,2	12,80	14,90	62	60	54	53	46	33	34	42	58	50	10	10	0,5	2,1

Tabela 3
DIREÇÃO E VELOCIDADE DE CORRENTE

ESTAÇÃO	HORA	DIREÇÃO		VELOCIDADE (m.s ⁻¹)	
		SUP.	6m	SUP.	6m
A	08	180 ^o	—	0,13	—
	09	180 ^o	—	—	—
	10	180 ^o	—	0,27	—
	11	180 ^o	180 ^o	0,38	0,45
	12	180 ^o	—	0,30	—
	13	180 ^o	180 ^o	0,26	0,45
	14	200 ^o	—	0,25	—
	15	210 ^o	180 ^o	0,21	0,32
	16	180 ^o	170 ^o	0,31	0,29
B	08	200 ^o	—	0,29	—
	09	—	—	—	—
	10	200 ^o	—	0,64	—
	11	190 ^o	—	0,70	—
	12	195 ^o	—	0,79	—
	13	195 ^o	—	0,52	—
	14	190 ^o	200 ^o	0,50	0,37
	15	190 ^o	185 ^o	0,41	0,48
	16	180 ^o	180 ^o	0,41	0,73

Tabela 4
VELOCIDADE E DIREÇÃO DO VENTO, NA ESTAÇÃO A

HORA	DIREÇÃO	VELOCIDADE (m.s ⁻¹)
08	120 ^o	2
09	120 ^o	4
10	120 ^o	7
11	120 ^o	7
12	120 ^o	6
13	120 ^o	6
14	120 ^o	5
15	120 ^o	7
16	120 ^o	6

Segundo vemos nas Tabelas 1 e 2, o perfil vertical de salinidade muda das proximidades da Ponta dos Pescadores a São José do Norte. A Tabela 1 (S. J. do Norte) revela um perfil homogêneo, enquanto a Tabela 2 retrata uma zona de estratificação típica de penetração de cunha salina (Ponta dos Pescadores), apesar das observações limitadas a apenas dois níveis.

A comparação dos perfis médios da estação B e da estação A estão bem explícitos nas Figuras 2, 3 e 4. Nestas figuras as curvas correspondem a uma interpretação possível, embora a observação seja discreta e não contínua ao longo da profundidade.

Esta transformação do perfil de salinidade aconteceu numa distância de 7 milhas náuticas, durante o período de observação. Isto indicaria um escoamento de água doce significativo e uma alta velocidade de correntes.

Na seção correspondente à estação A, todas as medidas do perfil vertical indicam que a salinidade nas maiores profundidades é levemente superior à dos níveis mais altos (exceto às 12 horas).

A determinação do campo de velocidade só vai até os 6 metros, não permitindo afirmar se há afluxo de água salina nas camadas baixas que mantenha, por troca vertical, aqueles teores de salinidade.

As observações da variação temporal da salinidade, nas estações A e B, indicam que, apesar das mudanças serem leves, não existe um estado estacionário, estritamente falando, para o período de observação.

É de interesse notar as variações rítmicas. Elas poderiam insinuar um mecanismo hídrico entre a descarga lagunar e a entrada da água marinha, de caráter oscilatório. Infelizmente, não se possui outras medições, que permitam uma análise mais detalhada destas possibilidades, cujo estudo corresponde à microestrutura do mecanismo das águas na região. As variações temporais da salinidade que se visualizam nas Figuras 5A e 5B, para as estações A (superfície) e B (superfície e 10m), foram determinadas por amostragem e posterior análise química.

Os deslocamentos das águas mostrados na Tabela 3, embora indicando velocidades em cm.s^{-1} , provêm de simples observações com corpos de deriva. Estes elementos foram de natureza diversa, dando semelhantes estimativas das correntes. Segundo estas observações, na camada de água da superfície até os seis metros o escoamento é, nas duas estações, para o mar com velocidade relativamente alta e maior no ponto B do que no ponto A. A variação vertical nas duas estações mostra que em geral a velocidade, neste caso estudado, cresce para o fundo.

A distribuição e magnitude da velocidade de corrente tem consequência significativa na mobilização dos sedimentos de fundo, tendo sido notado um considerável incremento na concentração de material em suspensão abaixo de oito metros de profundidade, com o auxílio do turbidímetro. A profundidade do topo desta camada de alta turbidez muda segundo o aumento da velocidade, como depreende-se da comparação do período entre as 8 e 15 horas para a estação B, onde vemos a variação da turbidez e velocidade de corrente (Tabelas 2 e 3).

Pode-se afirmar que o regime de fluxo, perto do fundo, é totalmente turbulento, o que está relacionado com os valores de velocidade da corrente, relevo acidentado do fundo e velocidade com que os sedimentos, uma vez depositados, são colocados novamente em suspensão. Se a situação acima descrita for a predominante, o transporte de fundo é bastante significativo.

Durante toda a experiência a direção do vento foi constante e com velocidades entre 10 e 15 nós (Tabela 4). É interessante notar que para o dia 25/04/1969 a maré astronômica tinha as seguintes predições:

Baixa mar	03h51min	0,3m
Preamar	06h48min	0,6m
Baixa mar	16h13min	0,3m
Preamar	19h13min	0,5m

As marés registradas realmente no marégrafo instalado pela PETROBRÁS, na margem oeste do canal de acesso ao porto, apresentaram as seguintes alturas d'água, apreciadas na Tabela 5.

Tabela 5
ALTURAS DE MARÉ EM RIO GRANDE

HORA	MARÉ (m)	HORA	MARÉ (m)
06	0,35	12	0,23
07	0,45	13	0,35
08	0,38	14	0,36
09	0,35	15	0,30
10	0,29	16	0,23
11	0,23	17	0,18

A análise da informação anterior permite definir que o período da experiência corresponderia a um intervalo de tempo não muito perturbado, com respeito à maré astronômica, e que as observações de correntes são concordantes, exceto das 12 às 14 horas.

Neste espaço de tempo há um aumento do nível das águas com corrente para jusante. Devemos suspeitar que uma análise da variação do escoamento fluvial poderia fornecer um dado útil sobre a propagação de ondas que podem explicar esta situação. Também seria interessante comparar o comportamento das alturas d'água nas diversas secções, para conhecer a representatividade real do marégrafo. Visualmente foi apreciável, na estação B, que a altura da água nesta região era, às 15 horas, de 15 centímetros a menos que às 9 horas.

Falhas no termômetro de inversão da estação B, e a não existência de outro instrumento em substituição, impediram uma comparação entre as distribuições verticais de temperatura com a estação A.

Com os dados de A foi observada boa homogeneidade da temperatura na vertical, com uma macroestrutura mais ou menos irregular. Os gradientes são mais pronunciados entre a superfície e os 4 e 5 metros, com variações (Figuras 6 e 7).

Depois das 11 horas, começa a ser notado o aquecimento das camadas superficiais. Até esta hora, as temperaturas de fundo ou são semelhantes ou são levemente superiores às de superfície (Figura 8).

Pode-se concluir das observações anteriores que:

- A experiência responde a um tipo de circulação correspondente a fluxo vazante, com vento SE constante, de baixa a moderada velocidade e maré astronômica em baixa.

- Neste tipo de circulação, observamos a modificação da característica de estuário estratificado (proximidades da Ponta dos Pescadores) a homogêneo (próximo a São José do Norte). Esta modificação se processa num espaço de 13 quilômetros de distância. Devido à ausência de estações intermediárias, é impossível afirmar se a modificação verifica-se num trecho menor do estuário.

- As velocidades de corrente são maiores a jusante, na estação B. A falta de observação de correntes em profundidade impede a visualização do perfil real de velocidade. Segundo as observações, a corrente em geral aumenta levemente com a profundidade, sendo apreciável a turbulência de fundo. O mecanismo de transporte de sedimentos ao longo do fundo parece ser de certa importância neste tipo de circulação.

- O campo de temperatura apresenta-se, na estação A, relativamente homogêneo ou com pequenos gradientes. Sente-se o efeito do aquecimento solar pouco antes do meio-dia, até a tarde.

- Novas e repetidas experiências de observação simultânea, com duas ou mais estações, permitiriam interessantes conclusões a respeito da estrutura do estuário, a montante da embocadura. As mudanças das características de circulação seriam evidenciadas e caracterizadas com maior precisão deste modo do que deslocando-se apenas uma embarcação ao longo do estuário. Haveria necessidade de um número maior de observações diversas e periódicas, especialmente nos momentos típicos tais como enchentes, vazantes, escoamentos máximos e mínimos e ventos fortes dos setores norte, sul, etc.

ANÁLISE DAS OBSERVAÇÕES DOS CRUZEIROS DO PROJETO LAGOA (BOA/FURG)

O Projeto Lagoa foi desenvolvido com fins biológicos. As observações, feitas com uma lancha em quinze cruzeiros, abrangeram a área que se estende da barra de Rio Grande até além da linha que vai da Ponta dos Lençóis à Ponta da Feitoria. Nesses cruzeiros foram feitas medidas de interesse para a oceanografia física, tais como temperatura e salinidade, de metro em metro, e observações de disco de Secchi.

Os cruzeiros I a XV, destinados a realizarem estas observações, foram efetuados no período entre 8 de dezembro de 1975 a 13 de janeiro de 1977. Durante este tempo, as saídas foram distribuídas sem seletividade especial de momento.

Usando os valores sucessivamente observados, diversas distribuições horizontais de salinidade podem ser apresentadas. Devido aos intervalos de tempo entre uma e outra estação num mesmo cruzeiro, quando usualmente o estado não se manteve estacionário, tentou-se obter uma outra caracterização com estes mesmos parâmetros, que preliminarmente pudessem dar alguma indicação da variabilidade da circulação. Com este fim, se fez uma divisão arbitrária da área estudada em mini-regiões de 2x2 milhas, entre as latitudes 31°40'S a 32°12'S e as longitudes 51°48'W a 52°16'W (Figura 9). A plotagem das observações nesta grade permite notar que a cobertura foi mais freqüente em determinadas áreas e inexistente em outras.

Para otimizar a disponibilidade daqueles registros, lançou-se parte do caudal de informações de interesse (temperatura e salinidade) no sistema de computação. Desta maneira, mediante as facilidades de manuseio automático de dados da BOA/FURG, obteve-se a listagem de todos os registros. Deixou-se a possibilidade de obter "a posteriori" a situação meteorológica e as observações de marés, para correlacionar os outros dados com esta variabilidade.

Também por meio do computador, obteve-se um perfil de temperatura e salinidades médias que deu alguma indicação do tipo de estrutura que caracteriza cada quadro, com as máximas, mínimas e desvio padrão correspondentes àquelas variáveis.

O número de estações correspondentes a cada quadro é apresentado na Tabela 6. Devido à pouca representatividade causada pela insuficiência de dados, parece conveniente usar os quadros com dez ou mais estações. Com esse procedimento, os quadros permitem uma boa comparação no Canal Norte e menos satisfatório na área ao norte da Ilha de Torotama.

Tabela 6
NÚMERO DE ESTAÇÕES POR QUADRO

QUADRO	Nº EST.	QUADRO	Nº EST.	QUADRO	Nº EST.	QUADRO	Nº EST.
7	1	34	1	60	5	83	2
8	1	36	3	61	8	84	1
9	1	37	1	62	5	86	1
10	3	38	1	63	2	87	1
11	9	39	6	64	1	88	10
13	1	40	1	65	5	89	5
17	4	41	1	66	4	90	4
18	7	44	5	67	4	91	2
19	5	45	4	68	3	96	1
20	7	46	2	69	2	102	3
21	7	48	1	70	5	103	9

QUADRO	Nº EST.	QUADRO	Nº EST.	QUADRO	Nº EST.	QUADRO	Nº EST.
22	7	49	3	72	3	105	1
23	7	50	8	73	7	118	12
25	2	52	1	74	2	119	3
26	1	53	1	75	12	120	9
30	3	54	12	76	2	128	1
31	5	56	1	80	4	132	20
32	2	58	1	81	4	133	5
33	1	59	9	82	9	142	9
144	1	156	2	160	6	188	7
145	11	157	8	161	16	201	2
146	13	158	6	174	13	202	16
147	16	159	3	187	3	216	11

Arbitrariamente, supõe-se que todas as observações feitas no mesmo quadro são representativas dele e homogêneas, tendo por isto o mesmo tratamento. Este foi um artifício para sintetizar a informação que, tendo em conta o tamanho de cada área e as possíveis mudanças no estuário, pode-se admitir como relativamente adequada.

Para cada estação de um mesmo quadro, analisa-se a que condições meteorológicas e de fluxo de água ela está submetida, e esses dados são vinculados com a turbidez registrada.

A associação das observações com as situações meteorológicas (Tabela 7) indicam que a maioria das observações correspondem a situações em que o anticiclone estava localizado próximo à região, ou existia uma cunha anticiclônica. Os casos de passagem de frentes são consideravelmente menos numerosos. Portanto, nossas situações excluem os casos de alterações de tempo no estuário que implicam em interações violentas da atmosfera com as águas.

Com relação as que se mencionou anteriormente, a frequência dos ventos (Tabela 8) assinala que as estações correspondem a fluxos atmosféricos fracos à moderados, cujas direções mais frequentes têm sido S e NE. Isto mostra boa concordância com a média climática do Estado (Floriano Peixoto Machado, 1950). Para essa caracterização meteorológica na região levou-se em consideração as observações das estações de Rio Grande, Pelotas, Domingos Petrolini e Porto Alegre, e a situação sinótica das cartas elaboradas pelo VIII Distrito de Meteorologia. Foram selecionados os ventos mais significativos para a circulação das águas na zona em estudo. Devido às observações disponíveis, a análise dos ventos só podia ser feita para certas horas. Em geral notou-se coincidência entre o vento escolhido como característico e aquele dado como observado nas estações de amostragem, nos poucos casos em que este estava indicado. Para distinguir um do outro ao completar a listagem, no caso de existir vento observado, aquele obtido como se descreveu foi inserido em parêntese.

Visto que o estuário sofre duas ações hidráulicas importantes, como a das marés oceânicas e a decorrentes do escoamento fluvial da bacia da Lagoa dos Patos

e da Lagoa Mirim, reservou-se um parâmetro para caracterizar este tipo de variável dinâmica. Infelizmente, não foi possível a obtenção de registro de marés no período de estudo, no Porto de Rio Grande. Em troca, dispunha-se da altura de águas a montante do estuário, em Pelotas, Arambaré, Sanga Capão da Moça, além de Ita-poã. Obteve-se um controle diário das alturas de água, em Pelotas e nos outros pontos, às 7h30min, às 12h30min e às 17h30min. Por este motivo e dependendo do horário das estações oceanográficas, algumas caracterizações são um pouco subjetivas, procurando-se a melhor síntese da provável ação da cabeça hidráulica fluvial. É interessante notar aqui que a simbologia escolhida está definindo enchentes e vazantes produzidas a montante do estuário, o que causa efeitos contrários sobre as águas da zona em estudo, ou seja, as primeiras implicam num escoamento de vazante e as segundas numa possibilidade de fluxo oposto.

Naturalmente, para melhor julgamento da interação hidráulica, o conhecimento da ação das marés oceânicas é imprescindível.

A síntese das ocorrências de alturas de água em conjugação com as estações oceanográficas é mostrada na Tabela 9, abaixo.

Tabela 7
SITUAÇÃO METEOROLÓGICA DAS ESTAÇÕES OBSERVADAS

QUADRO	SITUAÇÃO							
	1	2	3	4	5	6	7	8
54	5	3	3	—	1	—	—	—
75	3	3	1	1	2	2	—	—
88	3	—	6	—	1	—	—	—
118	3	1	5	1	—	2	—	—
132	7	—	7	1	2	1	—	—
145	5	—	2	2	2	—	—	—
146	8	1	4	—	—	—	—	—
147	3	1	7	—	3	2	—	—
161	6	2	5	—	1	2	—	—
174	7	1	3	—	1	1	—	—
202	6	1	5	—	1	3	—	—
216	7	1	2	—	1	—	—	—

- 1. Centro anticiclônico sobre a zona ou proximidades.
- 2. Cunha anticiclônica ou vale bórico.
- 3. Borda do anticiclone.
- 4. Pré-frente fria.
- 5. Pós-frente fria.

- 6. Frente fria cruzando a zona.
- 7. Centro de baixa pressão ou borda dele.
- 8. Onda de baixa pressão (trough).

Tabela 8
FREQUÊNCIA DE VENTOS (DIREÇÃO E VELOCIDADE) PARA CADA QUADRO

QUADRO	N			NE			E			SE			S			SW			W			NW			VARIA- VEL	CALMA- RIA
	Fr	Md	Fr	Fr	Md	Ff	Fr	Md	Ff	Fr	Md	Ff	Fr	Md	Ff	Fr	Md	Ff	Fr	Md	Ff	Fr	Md	Ff		
54				2			1			3			2	3					1							
75					1		1			1			2	1			3				1					
88		1			2		2	1			2			1				3			1			1		
118		1			2		1	1			1		1	1			2			1		1				
132		1			7		1	1			2		3	3					1		1					
145		2			3		1						2				3									
146		3			4		1	1			1		1				1			1						
147		1			1		1	1			2		2	2		1	1		2			2				
161		2			3						3		1	2					2	1						
174					3														2					2		
202		1		1	1					1	1		2	1		2	2		1	1		1				
216				2	2						1					2	2		1	1		1				
TOTAIS CLASS.	-	12	-	5	29	-	8	6	-	5	14	-	17	18	-	5	15	-	6	8	-	7	-	-	1	
TOTAIS P/SETOR		12			34			14			19			35			20			14		7				

Tabela 9
ALTURAS DE ÁGUA A MONTANTE

QUADRO	ENCHENTE	VAZANTE	ESTACIONÁRIA
54	4	3	5
75	5	4	2
88	5	3	2
118	6	4	2
132	10	3	2
145	7	2	1
146	6	4	3
147	12	2	2
161	9	4	3
174	11	1	1
202	7	3	6
216	7	2	2
TOTAIS	89	35	31

A predominância corresponde notavelmente a águas altas a montante (60% da freqüência total). Se relacionarmos a isto a observação da Tabela 8, onde os ventos de maior força registrada (moderados) são predominantemente do NE, temos que as ocorrências de escoamento para o oceano tem sido favorecidas.

Os perfis médios, máximos e mínimos da salinidade e temperatura dos quadros selecionados estão nas Figuras 10 até 16.

A seguir é feita uma análise dos perfis que caracterizam os diferentes quadros ao longo da zona de estudo do estuário.

QUADRO 54 — A intrusão salina maior é abaixo de 2 metros. Os estudos dos perfis individuais permitem ver que os teores de salinidade superiores a 20^o/oo registraram-se abaixo daquela profundidade. Esta parece ser uma zona onde predomina o estado de baixa salinidade (oligohalino), com salinidades inferiores a 5^o/oo. Devido ao afastamento da zona de embocadura e à predominância do fluxo de escoamento, esta região e proximidades é favorável a um tipo de cunha salina estável (arrasted salt wedge) ou oligohalina homogênea. Os registros indicam predominância deste último tipo com salinidades superiores a 5^o/oo. Os do tipo homogêneo de baixa salinidade estão associados a ventos sul fracos e moderados, com águas a montante em baixa ou estacionárias.

A menor turbidez registrada corresponde a uma situação com teores de salinidade iguais a 3^o/oo (disco de Secchi = 3m). As menores salinidades (inferiores a 1,5^o/oo) têm sido associadas geralmente com alta turbidez (disco de Secchi de 0,20 a 0,30m).

O perfil de temperatura é em geral homogêneo, sendo a diferença entre máximos e mínimos produto das variações sazonais. As máximas temperaturas corres-

pondem a dezembro-janeiro e as mínimas a junho. A indicação do perfil mínimo de gradiente positivo, notável aos 5 metros, deve-se a que as amostragens correspondentes a esse nível são dos meses de verão, carecendo portanto de significação física real.

QUADRO 75 — Este quadro é representativo da zona Ponta Rasa. As salinidades máximas vão de 25 até quase 30‰. Predominam os casos de estratificação sobre os de homogeneidade, sendo a estratificação leve. Em duas oportunidades registraram-se altas salinidades na superfície (22 a 25‰). Isto indicaria uma forte penetração das águas oceânicas. Nesta situação, a turbidez foi relativamente baixa (disco de Secchi = 1,2 a 2,0m).

Os ventos verificados nessas oportunidades foram de setor SE para S, embora fracos e as águas a montante eram de enchentes.

Poder-se-ia induzir que nessa região nas datas mencionadas corresponde a correntes fortes para o Norte. Todos os registros com disco de Secchi, menores de 0,90m correspondem a baixos teores de salinidade.

As temperaturas mais altas correspondem a janeiro e as mais baixas a junho. Os gradientes verticais são usualmente negativos (a temperatura decresce com a profundidade), exceto nos casos de forte penetração salina na Primavera, em que se inverte aquela tendência, indicando uma possível temperatura das águas salinas superiores as de natureza doce.

QUADRO 88 — A variação de salinidade entre as máximas e mínimas é mais ampla que nos quadros anteriores. A representatividade do nível a 6m é mais baixa que nos outros, pelo que não se procura a conotação física do tipo de distribuição vertical que se apresenta nessa zona.

A maior variabilidade está por baixo da camada superficial segundo indica o desvio padrão da distribuição.

Há casos de águas estratificadas e homogêneas. Este último tipo nos casos de alto, assim como de baixo teor de salinidade. Os altos valores de turbidez estão associados com águas homogêneas de baixa salinidade, mas também, em uma oportunidade de alta salinidade.

Neste caso parece que as correntes de enchente de alta velocidade, possuem competência para atingir as partículas de fundo, de acordo com o diagrama de Hjulström e as colocam em suspensão.

Outros casos de baixa turbidez ($DS = 2m$), produziram-se com regimes estratificados a alta salinidade de fundo. Todas as ocasiões de altas salinidades estão associadas a ventos do Leste para o Sul.

O perfil de temperatura é bastante homogêneo com variabilidade uniforme até os 4m. As temperaturas mais altas correspondem a dezembro e as mais baixas a agosto.

QUADRO 118 — Embora a representatividade das observações dê mais peso para os níveis até 5m, em todos se mostra a característica de alta variabilidade entre as salinidades a diferentes níveis. Para essas profundidades os desvios padrões coin-

cidem em assinalar o mesmo, com desvios de até mais de 12^o/oo. Isto corresponde a indicação de altas mudanças nas águas, nesta região.

A maioria dos casos correspondem a estuário estratificado ou de cunha salina. Nestes últimos, a superfície de descontinuidade é bem marcada, podendo localizar-se de 5 a 7 metros, sendo que num caso apareceu aos 10 metros. Esses casos correspondem a dias em cujas 24 horas anteriores ocorreram precipitações de leves a fortes.

Os ventos eram de SW, E e N e a turbidez muito alta, pelo que podemos suspeitar escoamento de água doce significativo e talvez alta velocidade na penetração da cunha salina, apresentando ambos os volumes de água, material em suspensão. O material em suspensão na água doce seria proveniente de maiores distâncias, enquanto o das águas salgadas seria originário da remobilização dos sedimentos de fundo do local. Nos casos de salinidades relativamente mais altas e quase homogêneas, também aparece grande turbidez, indicando condições de correnteza relativamente elevada, com misturas.

A distribuição de temperatura mostra uma variabilidade maior em diferentes níveis, até os 8 metros, só para as máximas. Dezembro e janeiro apresentam as mais altas temperaturas e junho as mínimas. Nos casos de forte intrusão da cunha salina, o gradiente de temperatura na massa mais salgada é relativamente menor que na mais doce.

QUADRO 132 — A maioria dos casos observados correspondem aos tipos homogêneos e estratificados. Nos primeiros há quase igual número de situações de alta ou de baixa salinidade, o que não acontece no tipo estratificado, que corresponde a alta salinidade.

As situações de menor turbidez das águas estão ligadas a salinidades médias a altas (12 a 26^o/oo nos perfis correspondentes), mas não as mais altas salinidades observadas. Naqueles casos os ventos foram de NE, S e W, sendo as águas a montante predominantemente em enchente.

Os desvios padrões indicam altas variabilidades nos teores de salinidade, em direção à superfície, desde águas quase límnicas (salinidade = 0,20^o/oo) até bastante salgadas (salinidade = 32,8^o/oo). Para maiores profundidades, nas quais se têm observações de certa representatividade (8 metros), aqueles limites são um pouco mais restritos, indo de 7,60^o/oo a 32,8^o/oo.

As temperaturas mostram um desvio padrão de aproximadamente 3 a 4^oC para a camada da superfície até 9 metros. As máximas correspondem a janeiro e as mínimas a maio (não há observação no inverno).

QUADRO 145 — A variação de salinidade e as características de sua variabilidade média são as mesmas que as do quadro 118. Porém, nota-se duas ocorrências de baixo teor de salinidade (menor que 6^o/oo), com águas de estuário homogêneo, e uma preponderância nos maiores teores de salinidade. Nas ocasiões em que se registrou baixa salinidade, os ventos foram moderados, mas de direções com efeitos opostos (NE e SW), a turbidez era relativamente alta (disco de Secchi = 0,20 a 0,50m) e a profundidade das estações era muito pequena. Estes dados sugerem que

o derrame de água salgada produz-se, também, na margem direita, além de Rio Grande, de maneira abundante, e que o escoamento de água doce é de alta velocidade em determinadas situações.

Abaixo dos 4 metros, as médias obtidas carecem de representatividade e a indicação de homogeneidade e variabilidade nula é efeito das poucas observações.

A distribuição de temperatura é semelhante às outras áreas. As máximas correspondem a janeiro e as mínimas a junho.

QUADRO 146 — A distribuição e a variabilidade da salinidade é característica da parte média do estuário. As máximas são próximas de 26 a 30^o/oo, com pequenas diferenças entre elas. Nas médias, o teor de salinidade cresce para o fundo. Nas mínimas, as mudanças são maiores que nas máximas, na zona abaixo dos 5 metros.

A representatividade abaixo dos 7 metros é pobre. Há um predomínio do tipo de águas estratificadas nos dois extremos (alto e baixo). Os valores do disco de Secchi são baixos, especialmente nos casos de águas homogêneas, tanto com alta como com baixa salinidade (exceto um caso), o que indica que nesta região existem correntes rápidas, tanto de enchente como de vazante, e que possivelmente a movimentação dos sedimentos de fundo é o principal mecanismo de transporte. Concorrendo com esta indução, pode-se acrescentar que nas situações de alta salinidade (maior que 27^o/oo) que mostram pouca turbidez (disco de Secchi = 1,2m) e são do tipo homogêneo, os ventos associados foram de intensidade moderada e direções opostas à possível correnteza imperante (ventos NW). Outro caso de baixa salinidade, porém, mostra disco de Secchi igual a 1,2m, com estrutura homogênea e ventos moderados do norte. Logo, dever-se-ia estudar a duração do vento em relação com a hora da estação para chegar a conclusões mais certas a respeito do que foi mencionado.

A distribuição de temperatura indica que as máximas correspondem a janeiro e as mínimas a maio.

QUADRO 147 — As características da distribuição de salinidade são semelhantes às do quadro 146. A representatividade está limitada aos 9m de profundidade. Os teores de salinidade são maiores que os do quadro 146, devido a mais fácil difusão da água salgada pela localização geográfica no estuário. Aqui as salinidades máximas, nas camadas de superfície até 5 metros, chegam aos valores registrados nas estações mais externas da embocadura de Rio Grande. Nos dois casos em que elas foram observadas (aos 5m), a caracterização era de águas homogêneas, indicando uma forte penetração das águas marinhas com turbidez moderada (disco de Secchi = 0,8 a 1,0m). Os ventos observados foram de SE a SW.

Os casos de alta turbidez e salinidade baixa a muito baixa, com perfil homogêneo, estão relacionados com ventos fracos do NE e N, e moderados em um caso. Entretanto, estas estações foram visitadas em períodos de águas altas a montante, o que sugere um mecanismo mais importante nestes casos observados.

As estruturas de cunha salina apresentam-se em maior número que nos quadros anteriores. Os desvios padrão dos perfis de temperatura assinalam uma maior variabilidade da distribuição na camada mais superficial (superfície e 2m).

As máximas correspondem a dezembro e as mínimas a julho.

QUADRO 161 — A representatividade das distribuições é boa até os 11 metros e nos 14 metros. Os tipos de distribuições de salinidade predominantes correspondem aos homogêneos (tanto de alta como de baixa salinidade) e os de cunha salina, sendo menos comuns os casos de águas estratificadas. Isto é devido a velocidade de corrente suficientemente alta nesta zona e ao favorecimento da intrusão de cunhas salinas.

Exceto em um caso, todas as águas homogêneas mostram alta turbidez. A exceção corresponde a uma estação realizada com vento moderado do oeste, em que o disco de Secchi acusou 2m.

Os casos de águas homogêneas com salinidade muito baixa até o fundo correspondem aos meses de grande escoamento fluvial. As oportunidades de baixa salinidade nas camadas superiores apenas, são as de cunha salina, em outros meses do ano. Há alta variabilidade das distribuições em todos os níveis, o que indica que a região é muito mutável na estrutura salina e sujeita a poderosas influências que favorecem o escoamento de águas doces ou a intrusão das oceânicas.

A distribuição da temperatura não oferece particularidades com respeito às já mencionadas para os outros quadros. As máximas correspondem a janeiro e as mínimas a julho.

QUADRO 174 — As características de salinidade e temperatura e suas variabilidades são semelhantes às descritas para o quadro 161. Só que este quadro apresenta uma salinidade média maior em quase todos os níveis, e uma mínima maior na camada de superfície e até os 4 metros. Estas diferenças são devidas à maior proximidade das águas oceânicas e, portanto, menor trajetória para a difusão da salinidade. Há predominância do estado homogêneo e de cunha salina.

Os casos de estratificação são pouco comuns, o que demonstra a predominância de altas correntes na zona.

Dentro dos casos homogêneos, há igual número de situações de alta e baixa salinidade. As primeiras estão associadas a ventos S e SW e turbidez correspondente a disco de Secchi = 1,0 a 0,6m e as segundas a ventos NW a W e disco de Secchi de 0,2 a 1,0m.

Os casos de cunha salina apresentam ventos fracos e moderados de NE e SW. A turbidez é menor que nos outros casos. É interessante notar que as situações de águas estratificadas correspondem a ventos moderados de NE a SE e valores de disco de Secchi de 0,5 a 1,25m.

As máximas temperaturas correspondem a dezembro e as mínimas a junho.

QUADRO 202 — A variabilidade de salinidade vai desde as águas oligohalinas até as de teor oceânico, com predominância de casos de águas de alta salinidade à medida que aumenta a profundidade. Há um maior número de casos para o tipo de águas homogêneas, sejam de alta ou baixa salinidade, que para o tipo de cunha e

estratificação, podendo mesmo se dizer que o tipo homogêneo é o usual. As correntes de vazante e enchente devem ser altas. A amostragem tem observações do disco de Secchi limitadas, mas nos casos em que ele foi usado associa-se uma turbidez menor para as águas de alto que para as de baixo teor salino.

Nas águas mais salgadas os ventos mais freqüentes foram SE a SW (fracos a moderados), o que é favorável à intrusão salina. Nos casos de águas homogêneas de baixa salinidade as direções têm sido NE, W, NW e SW, o que faz suspeitar uma maior contribuição no processo de escoamento de águas a montante.

A distribuição de temperatura não apresenta alterações significativas em comparação com as outras regiões. As máximas ocorrem em janeiro e as mínimas em junho.

QUADRO 216 — Os casos de águas homogêneas e cunha salina são predominantes. Os do tipo homogêneo são todos de alta salinidade. Os ventos associados são, em todas as estações, moderados, predominando aqueles do setor SE a NW. A turbidez mantém-se moderada. Entretanto, nos casos de cunha salina menos um e no único caso de águas estratificadas, a transparência é maior.

Nos níveis abaixo de 8 metros, a alta salinidade é permanente e a variabilidade tem menor desvio que os outros níveis de profundidade.

As máximas de temperatura registraram-se em fevereiro e as mínimas em outubro (não foram feitas estações de inverno neste quadro). Os desvios são relativamente menores devido a maior proximidade e influência das águas oceânicas.

CORRELAÇÕES COM O DISCO DE SECCHI

Por ser um parâmetro indicador de muito interesse, resolveu-se explorar as correlações da turbidez registrada por meio do disco de Secchi. Na Tabela 10 são mostradas as médias correspondentes a cada quadro. O valor de transparência média maior corresponde ao quadro 75.

Com o fim de pesquisar uma possível relação entre a turbidez e a natureza das massas de água, de modo simplificado, calculou-se as correlações entre o teor de salinidade em superfície e fundo e o valor das medidas com o disco Secchi. A análise das covariâncias deu os seguintes resultados:

$\gamma_{S_S D_S} = 0,224$ e $\gamma_{S_F D_S} = 0,092$

onde:

- S_S = teor de salinidade em superfície
- S_F = teor de salinidade no fundo
- D_S = valor do disco de Secchi

Segundo estes valores, pareceria então, que nem sempre águas superficiais de elevada salinidade podem ser associadas a alta transparência. Isto, aparentemente, coincide com os comentários detalhados anteriormente, na análise das observações de cada quadro. Também poder-se-ia induzir que deve-se dar atenção a valores de

correnteza e natureza de fundo, posto que o arrasto de material de fundo, que é colocado em suspensão, deve ser importante. Outrossim, que a relação da turbidez tem mais estreita vinculação com as características da camada de água mais superficial, como era de se esperar.

Tabela 10
VALORES MÉDIOS DE DISCO DE SECCHI

QUADRO	Nº DE OBSERVAÇÕES	D _S (m)
54	9	0,97
75	8	1,09
88	9	0,78
118	12	0,64
132	20	0,97
145	11	0,78
146	12	0,88
147	16	0,93
161	15	0,86
174	13	0,82
202	13	0,71
216	11	0,93

SEDIMENTOLOGIA

Foram realizadas na área de estudo, para complementação dos dados já conhecidos sobre o recobrimento sedimentar de fundo na região pesquisada, seis (6) testemunhagens, com a finalidade de obtenção de informações mais adequadas sobre a espessura dessa sedimentação e delinear sedimentologicamente as regiões de influência lagunar e marinha.

A localização dos testemunhos, que pode ser acompanhada no mapa da Figura 17 foi a seguinte:

CRUZEIROS	ÁREA	TESTEMUNHO	LATITUDE	LONGITUDE
LP 04	Secção 4	1a	31°45,0'	52°09,6'
LP 4	Secção 4	3a	31°50,0'	52°10,3'
LP 04	Secção 4	4a	31°55,0'	52°07,4'
LP 04	Secção 4	5a	31°58,3'	52°04,4'
LP 04	Secção 4	8	32°04,3'	52°04,6'
LP 04	Secção 4	10	32°06,3'	52°06,0'

O processamento constou do corte em mesa apropriada (projetada pela equipe do CECO/UFRGS para trabalhos similares em operações de geologia marinha), fotografia, descrição e preenchimento de ficha padrão oficial do Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PGGM) e tomada de amostras para análise rápida (teor em água, densidade e percentagem de cascalho, areia e lama) e de detalhe (granulometria completa, morfoscopia e mineralogia).

A descrição dos testemunhos obtidos nesta secção acha-se nas Figuras 18 e 19, com a descrição da seqüência, textura predominante, ocorrências de material biogênico, cor e posição dos locais de tomada para as diversas análises.

Nas Figuras, 20, 21, 22, 23, 24 e 25 apresentamos a fotografia dos testemunhos, obtidos após a abertura dos mesmos.

Analisando-se os testemunhos, nota-se que o *1a* apresenta uma seqüência de topo característico da sedimentação lagunar, com a presença de lama, passando para uma lama mais arenosa, provavelmente por influência do substrato arenoso que constitui o fundo da laguna em fases anteriores da sedimentação. Idêntica seqüência pode ser encontrada nos testemunhos *3a* e *4a*, com maior ou menor incidência do componente areia. No testemunho *5a* existe uma seqüência de 0,88 metros de uma lama compactada, que revela "a priori" um grau diagênico acentuado mas indica ainda o domínio da sedimentação lagunar. A compactação, que não permitiu inclusive uma maior penetração do testemunhador, sugere uma idade mais antiga da seqüência citada.

Os testemunhos *8* e *10* já mostram uma ação marinha mais bioclástica de caráter gradativo (conchas inteiras e fragmentadas de moluscos bivalvos), indicando uma deposição sob condições de energia acentuada.

O material ainda encontra-se em estudo, sendo necessário uma análise morfoscópica das conchas e uma datação por C14 para verificar sua posição na coluna estratigráfica (pleistocênica, pré-formação da restinga ou acumulada por agentes geológicos recentes).

O testemunho *10* revela a influência atual do ingresso de areia do substrato da plataforma, através do canal, atuando de maneira incisiva na dinâmica de sedimentação estuarina dessa parte da laguna.

De todas as formas, apesar do processamento ainda estar em andamento, os estudos podem revelar até o final do Projeto dados mais concretos e conclusivos às idéias aqui propostas.

Verifica-se entretanto que, apesar da região ao sul da Ilha da Feitoria ser considerada como estuarina, os elementos obtidos pelo processamento dos testemunhos revelam uma seqüência sedimentar que permite efetuar uma distinção entre duas regiões. A primeira situa-se entre a Ilha da Feitoria e o Saco do Mendanha, com características estuarinas mas sofrendo forte influência lagunar, e a segunda, do Saco do Mendanha até os molhes, é igualmente estuarina, mas com influência marinha.

Resumindo os principais elementos por testemunho analisado, temos:

Testemunho 1a (lagunar com influência das margens arenosas e substrato inicial arenoso de fundo da laguna)

Água — 49 a 52%	Densidade — 1,43 a 1,63
Areia — 19 a 47%	Lama — 53 a 81%

Testemunho 3a (idem ao testemunho 1a)

Água — 27 a 68%	Densidade — 1,06 a 2,28
Areia — 8 a 73%	Lama — 27 a 92%

Testemunho 4a (idem ao testemunho 1a)

Água — 15 a 40%	Densidade — 1,63 a 1,82
Areia — 52 a 98%	Lama — 2 a 48%

Testemunho 5a (lagunar)

Água — 44 a 46%	Densidade — 1,57 a 1,65
Areia — 2 a 9%	Lama — 91 a 98%

Testemunho 8 (influência marinha)

Água — 13 a 25%	Densidade —
	da parte quartzosa — 2,15
	da parte carbonática — 1,26 a 1,47

Parte quartzosa:

Cascalho — 0%	Areia — 99%	Lama — 1%
---------------	-------------	-----------

Parte carbonática:

Cascalho — 16 a 30%	Areia — 69 a 72%	Lama — 1%
---------------------	------------------	-----------

Testemunho 10 (influência marinha)

Água — 16 a 32%	Densidade — 2,30 a 2,65
Areia — 72 a 97%	Lama — 3 a 25%

CONCLUSÕES GERAIS

— A gama de observações é limitada, feita em período relativamente breve e em condições que não oferecem um espectro completo delas. Portanto, as conclusões devem ser consideradas mais como hipóteses de trabalho do que como dados rigorosos.

— O melhor indicador indireto da dinâmica do estuário prova ser a salinidade, como em outras regiões. Por outro lado, a temperatura fornece poucas indicações.

— Toda a região estudada é atingida pelas águas oceânicas, em maior ou menor difusão com as doces. Assim também, toda esta região, inclusive a embocadura localizada entre os molhes, é atingida pelas águas doces em leve difusão com as salgadas. Do extremo norte (linha unindo a Ponta da Feitoria à Ponta dos Lençóis), onde a intrusão salina é muito maior abaixo de 2 metros de profundidade, na maneira de cunha, ao extremo sul (na embocadura), com difusões de alta salinidade e cunhas salinas, as características dominantes mudam gradualmente. Ao sul da Ilha

dos Marinheiros até a Ponta dos Pescadores, os casos de tipos de águas homogêneas com alta e baixa salinidade são muito freqüentes.

— As relações com a situação meteorológica imperante e o fluxo atmosférico baixo, na análise efetuada, tem sido as limitações dos horários para os quais aquelas observações foram fornecidas (usualmente uma a três por dia). Isso não permite aprofundar o relacionamento entre a ação atmosférica da camada baixa e as águas superficiais. É imprescindível trabalhar com dados de vento (direção e velocidade) mais freqüentes. Eles permitiriam detectar se há retardos significativos, relacionados à duração e variabilidade de direção dos ventos, para concluir sobre a real importância ou significação da cabeça hidrostática a montante e jusante do trecho do estuário. Com as limitações mencionadas, parece que não se deveria supor que o retardo entre a força impulsora do vento e a resposta das águas é quase nulo, e sim dever-se-ia considerar especialmente as alturas de águas nos dois extremos do sistema estuarino.

— A falta de dados sobre as alturas de marégrafo em Rio Grande diminuiu muito o valor da análise correspondente à influência das marés, já que só foram julgadas as alturas de água a montante. Infelizmente, estas eram relativamente distantes e nenhuma ficava perto do extremo norte do estuário, prejudicando assim a possibilidade de se ter um conhecimento integral do escoamento da bacia da lagoa.

— As indicações de turbidez, por meio do disco de Secchi, permitem induzir que usualmente a maior salinidade está associada a maior probabilidade de transparência e que esta relação tem outros fatores determinantes de importância que não a fazem tão simples. Outrossim, é aconselhável o uso do turbidímetro para detectar a significação do transporte de sedimentos de fundo sobre aqueles que são carreados pelas águas doces que escoam em camadas mais superficiais. Da mesma maneira, é conveniente uma amostragem adicional de sedimentos de fundo em certas regiões. Os estudos nesta área (turbidez em relação com a massa de água e o processo dinâmico) podem ter grande interesse para posteriores pesquisas, com aplicação de métodos de sensoriamento remoto.

— É de interesse a ampliação das observações e seu posterior estudo com a metodologia aplicada; tendo-se em conta a necessidade de dados complementares de importância em relação com a atmosfera e as alturas das águas.

— Da comparação da única imagem LANDSAT disponível de boa qualidade (pouca cobertura de nuvens), em coincidência com a realização das estações oceanográficas (10 de novembro de 1976), depreende-se que os canais MSS 4 e 5 puderam oferecer uma ótima fonte de complementação de informação. Para estes fins, é muito útil contar com observações feitas com turbidímetro ou, em sua falta, com disco de Secchi. Essas complementações dão um panorama em macro-escala, devido à dificuldade de localização das estações nas imagens (por problemas de escala), assim como pela definição do sistema LANDSAT. Se for possível fazer observações de correntes nas estações oceanográficas, se favorecerá notavelmente qualquer especulação com aquele material de informação a partir de satélite.

— A sedimentação presente na área pesquisada pode ser dividida em duas seqüências:

a) Recobrimento sedimentar pelítico estuarino mas com acentuada influência lagunar (região entre Feitoria e Saco do Mendanha).

b) Sedimentos pelíticos e arenosos do regime estuarino, com forte influência marinha (entre o Saco do Mendanha e os molhes).

Tais seqüências podem ser acompanhadas nos testemunhos geológicos obtidos, caracterizando a região ao sul do Saco do Rincão como um verdadeiro estuário e, entre este e a Ilha da Feitoria como uma transição estuário-laguna.

O estudo dos demais comportamentos do corpo lagunar não ofereceu maiores subsídios a essa divisão adotada preliminarmente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERGS, que permitiu, graças ao seu apoio financeiro, a realização desta pesquisa.

À Base Oceanográfica Atlântica (BOA/FURG) que gentilmente forneceu a informação computadorizada correspondente aos dados dos cruzeiros I a XV do Projeto Lagoa. A programação respectiva foi realizada pela Eng. Graciela Staffa, daquela Universidade.

Ao Instituto de Geociências e demais pessoas envolvidas, pela cooperação.

BIBLIOGRAFIA

MACHADO, F.P. 1950. Contribuição ao Estudo do Clima do Rio Grande do Sul. Serviço Gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. pp.7 e 8.

DUNBAR, C.O. & RODGERS, J. 1957. Principles of Stratigraphy. John Wiley & Sons Inc. New York.

PROJETO LAGOA. 1976 a 1978 — FURG/BOA. Série Relatórios. Nº 1 a 8.

FIG. 2 - PERFIL MÉDIO DE SALINIDADE - ESTAÇÃO A

FIG. 3 - PERFIL MÉDIO (DISCRETO) DE SALINIDADE - ESTAÇÃO B

FIG. 4 - VARIAÇÃO DOS PERFIS DE SALINIDADE NA ESTAÇÃO A

FIG. 5A - VARIAÇÃO TEMPORAL DA SALINIDADE - ESTAÇÃO B

FIG. 5B - VARIAÇÃO TEMPORAL DA SALINIDADE EM SUPERFÍCIE - ESTAÇÃO A

FIG. 6 - PERFIL MÉDIO DE TEMPERATURA - ESTAÇÃO A

FIG. 7 - VARIAÇÃO DOS PERFIS DE TEMPERATURA - ESTAÇÃO A

FIG. 8 - VARIAÇÃO TEMPORAL DA TEMPERATURA - ESTAÇÃO A

FIG. 9 - QUADROS DE SÍNTESE DE INFORMAÇÕES DOS CRUZEIROS DO PROJETO LAGOA.
OBS.: OS QUADROS HACHURIADOS SÃO OS DE MAIOR FREQUÊNCIA DE OBSERVAÇÃO
(NÚMERO DE ESTAÇÕES MAIOR QUE DEZ)

FIG. 10 - PERFIS DE SALINIDADE MÉDIOS, MÁXIMOS E MÍNIMOS.

FIG. 11 - PERFIS DE SALINIDADE MÉDIOS, MÁXIMOS E MÍNIMOS

FIG. 12 - PERFIS DE SALINIDADE MÉDIOS, MÁXIMOS E MÍNIMOS.

FIG. 14 - PERFIS DE TEMPERATURA, MÉDIOS, MÁXIMOS E MÍNIMOS.

FIG. 15 - PERFIS DE TEMPERATURA , MÉDIOS , MÁXIMOS E MÍNIMOS .

FIG. 16 - PERFIS DE TEMPERATURA, MÉDIOS, MÁXIMOS E MÍNIMOS

FIG. 17 - LOCALIZAÇÃO DAS TESTEMUNHAGENS.

OPERAÇÃO LAGOA DOS PATOS

TESTEMUNHO - 1a

SECÇÃO - IV

LAMA FLUIDA DO TOPO ATÉ OS 50 cm. ONDE TORNA-SE COMPACTADA COM PRESENÇA DE LAMA ARENOSA E ALGUMAS LENTES DE AREIA. AOS 30 cm OCORRE UM NÓDULO OXIDADO E DE COMPOSIÇÃO NÃO IDENTIFICADA. ENTRE O TOPO E A BASE HÁ VARIAÇÃO NA COR.

TESTEMUNHO - 03a

SECÇÃO - IV

SEQUÊNCIA DE LAMA FLUIDA E OLEOSA CONTENDO MATÉRIA ORGÂNICA ATÉ OS 60 cm. A PARTIR DESSE LIMITE PASSA PARA LAMA ARENOSA, COM MUDANÇA ACENTUADA NA COR.

TESTEMUNHO - 4a

SECÇÃO - IV

SEQUÊNCIA DE LAMA ARENOSA E AREIA GRADACIONADAS.

FIG. - 18

OPERAÇÃO LAGOA DOS PATOS

TESTEMUNHO - 5a SECÇÃO IV

SEQUÊNCIA DE LAMA COMPACTADA EM TODA A EXTENSÃO DO TESTEMUNHO

TESTEMUNHO - 8 SECÇÃO IV

SEQUÊNCIA DE AREIA QUARTZOSA BIOTRÍTICA DESDE O TOPO ATÉ A BASE, ONDE HÁ MAIOR CONCENTRAÇÃO DE BIOTRÍTOS. ALGUMAS CONCHAS SÃO DE DIÂMETRO CONSIDERÁVEL.

TESTEMUNHO - 10 SECÇÃO IV

SEQUÊNCIA ARENOSA COM CONCHAS ESPARSAS DE PEQUENO TAMANHO. AOS 45 cm OCORRE UMA MANCHA ESCURA.

FIG. 19

Figura 20

Figura 21

Figura 22

Figura 23

Figura 24

Figura 25