

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - CNEN  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR  
DEPARTAMENTO DE RADIOPROTEÇÃO E APOIO AO LICENCIAMENTO

AUTORES

Rubens Martins Moreira  
Pedro Edmundo Aun  
Amenônia Maria Ferreira Pinto  
Duarte Augusto Costa  
Vera Lúcia Mendes Dias da Costa

EQUIPE APOIO

Luiz Raphael Aun  
Ana Luisa Cordeiro Alli  
Jacinta Maria de Souza  
Cláudia Marques Peixoto


MONITORAÇÃO DOS EFLUENTES DO TEBAR  
E DO CANAL DE SÃO SEBASTIÃO

Divisão de Engenharia Ambiental

- DERL-013/89 -

BELO HORIZONTE - BRASIL

- Julho/1989 -



## SUMÁRIO

	PÁGINA
1. INTRODUÇÃO	1.
1.1 Objeto	1.
1.2 Antecedentes	1.
2. DEFINIÇÃO E ESCOPO DA MONITORAÇÃO	5.
2.1 Características Físico-químicas do Efluente - Parâmetros a Pesquisar	5.
2.2 Características e Usos do Corpo Receptor	7.
2.3 Malha de Amostragem	9.
2.4 Programação das Amostragens	18.
3. DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS DE CAMPO	21.
3.1 Metodologia Utilizada	21.
3.1.1 Coletas no mar	21.
3.1.2 Coletas nas praias	23.
3.1.3 Coletas nos separadores água-óleo	23.

*mm*

	PÁGINA
3.1.4 Dosagens	24.
3.2 Logística	24.
3.3 Cronograma dos Trabalhos de Campo	25.
3.4 Métodos Analíticos	29.
4. CRITÉRIOS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO CORPO RECEPTOR E EFLUENTE	36.
5. RESULTADOS DAS MONITORAÇÕES NAS ESTAÇÕES SAO	36.
5.1 Medições in-situ	39.
5.2 Medições no Laboratório do TEBAR	39.
5.3 Análises Físico-Químicas (CETESB)	39.
5.4 Análises de Metais (CNEN)	39.
5.5 Tabelas de Resultados	39.
5.6 Procedência dos Efluentes	40.
5.7 Avaliação dos Resultados	40.
6. RESULTADOS DAS MONITORAÇÕES NO MAR E NAS PRAIAS	58.

	PÁGINA	
6.1	Medições in-situ	58.
6.2	Medições no Laboratório do TEBAR	58.
6.3	Análises Físico-Químicas (CETESB)	60.
6.4	Análises de Metais (CNEN)	60.
6.5	Resumo dos Resultados Analíticos	62.
6.6	Condições Hidráulicas e Meteorológicas	62.
6.7	Avaliação dos Resultados	63.
7.	PADRÃO GERAL DA QUALIDADE DA ÁGUA	97.
8.	AVALIAÇÃO DAS BASES DE CÁLCULO DO EMISSÁRIO	105.
9.	CONCLUSÕES	108.
10.	REFERÊNCIAS	111.
APÊNDICE 1 - INFORMAÇÕES OCEANOGRÁFICAS		
APÊNDICE 2 - PERFIS VERTICAIS DA DENSIDADE		
APÊNDICE 3 - MEDIÇÕES HIDRÁULICAS E METEOROLÓGICAS - 2ª CAMPANHA		

*mm*

## MONITORAÇÃO DOS EFLUENTES DO TEBAR E DO CANAL DE SÃO SEBASTIÃO

### 1. INTRODUÇÃO

#### 1.1 Objeto

O presente Relatório apresenta os resultados e as avaliações das campanhas de coletas efetuadas em janeiro e em novembro de 1988, nos separadores água-óleo do TEBAR e em pontos representativos do Canal de São Sebastião. Visam estas campanhas a obtenção de subsídios para a avaliação do estado atual dos efluentes do TEBAR e do corpo receptor ao qual são encaminhados. Esta avaliação servirá como "datum" para o posterior seguimento da qualidade de ambos, efluente e corpo receptor, quando forem implementados os sistemas previstos para abatimento da poluição conseqüente aos descartes.

Foram monitorados os efluentes dos dois separadores água-óleo que produzem os descartes líquidos finais do TEBAR e duas séries de pontos, no canal e nas praias, definidos em função de critérios acordados entre o CDTN/CNEN, DESEMA/PETROBRÁS e a CETESB.

#### 1.2 Antecedentes

Em dezembro de 1986 o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) da CNEN, preparou um es

tudo para a SEEBLA - Serviços de Engenharia Emílio Baumgart, Ltda., então contratada pela PETROBRÁS para a realização de estudos e projetos visando a racionalização e a primoramento do sistema de descartes líquidos do TEBAR. Ao CDTN coube a tarefa da definição e projeto básico do emissário submarino dos efluentes líquidos finais. Como produto deste estudo foi editado o relatório "Difusor do Emissário Submarino para os Efluentes do Terminal Almirante Barroso (TEBAR) em São Sebastião, SP - Projeto Básico", DERL. CN-028/86.

Este projeto aproveitou medições anteriormente efetuadas no local pela SEGDA/DENPRO/SEGEN (cobrindo correntes, salinidade e temperatura) e pelo próprio TEBAR (ventos). Após sistematizar os dados disponíveis e definir os critérios de qualidade da água no corpo receptor, foram estimados os fatores de diluição necessários com base em informações sobre a composição do efluente fornecidas pela DESEMA. Em função dos requisitos de diluição e das características morfológicas e hidráulicas do corpo receptor, foi projetado o difusor do emissário submarino, previsto para operar em regime intermitente, com vazões de 500 m<sup>3</sup>/h e 800 m<sup>3</sup>/h. Uma característica marcante do efluente, com consequência importante sobre o projeto, é a sua variação de densidade, podendo o jato efluente do difusor ser mais denso do que a água do mar (no caso da unidade de dessalgadora estar operando) ou menos denso (dessalgadora desativada, ocorrência de chuvas).

Em julho de 1987 a PETROBRÁS solicitou à CNEN uma revisão no projeto do emissário em razão da redefini

ção dos critérios de vazão das descargas. Estas passaram a ser 200 m<sup>3</sup>/h, 300 m<sup>3</sup>/h, 340 m<sup>3</sup>/h, 420 m<sup>3</sup>/h, 600 m<sup>3</sup>/h e 680 m<sup>3</sup>/h. Optou-se por um sistema de emissários paralelos, de modo que ao ser ultrapassada a vazão de 340 m<sup>3</sup>/h um segundo emissário entrará em operação. Os cálculos correspondentes às novas bases de projeto e os resultados obtidos foram fornecidos no Relatório "Projeto dos Difusores de Emissários Submarinos para os Efluentes Líquidos do TEBAR com Vazões de Descarga de 340 m<sup>3</sup>/h", DERL.CN-014/87. O projeto aí consignado é o que permanece válido para a execução até a presente data.

Ainda em julho de 1987, em reunião realizada no dia 27/7/87, na sede da Petrobrás, entre técnicos da DIEAM, CDTN/CNEN, DETRAN-Petrobrás e DESEMA-Petrobrás, foi solicitada à CNEN uma proposta para monitoração do efluente e do corpo receptor nas vizinhanças do TEBAR. Em nova reunião, no dia 14/8/87, a DIEAM apresentou ao DETRAN-Petrobrás uma minuta de proposta de monitoração. A DESEMA comunicou então à CNEN a intenção de realizar um programa de monitoração em três etapas: 1<sup>a</sup>) situação dos efluentes e do corpo receptor atualmente; 2<sup>a</sup>) idem, após entrada em operação da unidade dessalgadora; 3<sup>a</sup>) idem, após entrada em operação do emissário submarino.

Esta minuta de proposta foi posteriormente discutida em reunião em 31/8/87 na sede da CETESB em São Paulo, da qual participaram representantes do CDTN, DESEMA e daquela instituição. Com base nas informações e sugestões surgidas nesta reunião, bem como em considerações anteriores dos técnicos da DESEMA, a minuta foi reelaborada e apresentada à

Petrobrás a "Proposta para Monitoração da Descarga do Despejo de Efluentes do TEBAR", DERL.CN-010/87, em 05/10/87.

A campanha prevista na 1ª Etapa foi efetuada conforme as diretrizes estabelecidas nesta Proposta.

Após a apresentação do relatório preliminar correspondente (DERL.CN-011/88) foi efetuada mais uma reunião na sede da Petrobrás, em 19/04/88 em que foram debatidas entre os técnicos da DIEAM e da DESEMA as indicações fornecidas pela 1ª campanha, bem como os aspectos que mereciam ser os mais cuidadosamente observados na 2ª campanha. Entre estes foram ressaltados a qualidade dos efluentes e o comportamento da estratificação e circulação hidráulica do canal.

Com base nas discussões desta reunião foi elaborado um plano detalhado para a 2ª campanha, o qual foi submetido à DESEMA acompanhando a correspondência DIEAM.CN-030/05.88 em 19/05/88. A DESEMA concordou com este plano, tal como comunicado no Telex DESEMA-T-183 de 12/10/88, no qual solicita uma última reunião preparatória para a 2ª campanha.

Esta reunião foi realizada na sede da Petrobrás em 14/10/88.





## 2. DEFINIÇÃO E ESCOPO DA MONITORAÇÃO

O plano de amostragem e de testes a efetuar sobre as amostras foi articulado com base: a) nas características físico-químicas dos efluentes; b) nas características da hidráulica e da utilização do corpo receptor.

### 2.1 Características Físico-químicas do Efluente - Parâmetros a Pesquisar

Dada a natureza dos produtos manipulados no Terminal e das operações que aī sofrem, os efluentes a descartar (tratamento de lastros de navios, água de drenagem de tanques, drenagem de águas pluviais, etc.) contêm os poluentes comuns às atividades de produção, transporte e processamento de petróleo. Com base nas informações disponíveis a DESEMA comunicou ao CDTN os valores característicos dos parâmetros principais, que foram os dados utilizados para o Projeto Básico do difusor [1, 2]. Levantamentos e exames analíticos sistemáticos dos efluentes não eram, contudo, disponíveis e o presente trabalho representa o primeiro esforço de caracterização destes efluentes na situação atual de operação do TEBAR.

Com base no conhecimento disponível sobre os efluentes foram definidos os seguintes parâmetros a serem nelles avaliados:

- Sólidos em suspensão
- Sólidos sedimentáveis
- DBO
- Óleos e graxas

Turbidez  
Sulfeto total  
Sulfeto solúvel  
Fenóis  
Salinidade (teor de cloretos)  
Amônia  
Cromo  
Níquel  
Vanádio  
Chumbo  
Cobre  
Zinco  
Cádmio  
Temperatura  
pH

Medindo estes mesmos parâmetros no corpo receptor torna-se possível avaliar o impacto do descarte em locais de interesse. Todavia, em face das taxas de diluição vigentes, não haveria sentido determinar sólidos sedimentáveis no mar. Por outro lado, e principalmente tendo em conta a existência de outras fontes de poluição na região, que não serão abatidas com a implementação dos sistemas previstos para o TEBAR, julgou-se pertinente introduzir (além dos parâmetros acima listados) dois outros itens no rol de parâmetros a medir nas amostras do corpo receptor:

Oxigênio dissolvido  
Transparência.

## 2.2. Características e Usos do Corpo Receptor

A descrição das principais características do Canal de São Sebastião, no que concerne aos processos de dispersão dos efluentes, é apresentada na Referência 1 e no Apêndice 1 deste trabalho.

A análise dos dados levantados pela SEGDA-Petrobrás com respeito ao campo de correntes na região do canal próxima ao pier do TEBAR, mostrou claramente que o fluxo de água é predominantemente bidirecional e os fluxos advectivos transversais são mínimos. Os principais agentes causadores destes movimentos são de natureza meteorológica.

Destes comportamentos, decorre que as correntes alinhadas com o eixo do canal são, de longe, as predominantes. Mas o transporte em direção à abertura setentrional do canal predomina.

Os dados da SEGDA indicavam estratificação da coluna vertical em algumas ocasiões, mas não são suficientes para uma avaliação mais precisa da significância do fenômeno (indícios de intensa estratificação em alguns pontos foram observados na execução da 1ª campanha).

Não dispomos de dados de medição de ondas no local. Em função da situação abrigada do canal, elas pouco contribuirão para a dispersão.

De uma maneira geral, o universo de dados já medidos no local é reduzido, principalmente no que diz respeito

às mares. Com relação aos dados de correntes, salinidades e temperaturas é de se notar que foram medidos durante o período de um ano (que é adequado no caso) mas em um só local (que é o mais importante e representativo).

As características hidráulicas observadas nas várias medições efetuadas no canal (entendido como a parte central mais profunda) são: altas velocidades, direções paralelas ao eixo do canal, origem das águas nas regiões mais profundas. Isto mostra que o canal é uma região muito mais eficiente no que concerne à dispersão e transporte de efluentes. As estratificações de verão indicam que a pluma boiante nem sempre aflorará.

Uma estimativa da ordem de grandeza da renovação das águas do canal central pode ser feita supondo uma velocidade média de correntes de 0,01 m/s a meia profundidade [1], uma secção transversal média de 40.000 m<sup>2</sup> [16], e uma persistência de direção das correntes de 3,5 dias [16, 17]. Obtém-se:  $V = 0,01 \times 40.000 \times 3,5 \times 86.400 = 1,2 \times 10^8 \text{ m}^3$ . Supondo o volume total do canal:  $40.000 \times 20.000 = 8 \times 10^8 \text{ m}^3$ , haveria uma renovação total após  $8 \div 1,2 = 6,5$  ciclos direcionais de correntes, i.é:  $6,5 \times 3,5 \times 2 = 46$  dias. Neste tempo o canal receberia um volume médio de efluentes de  $340 \times 24 \times 46 = 3,8 \times 10^5 \text{ m}^3$ , o que corresponde a 0,00047 do volume de água no canal. Em cada episódio de persistência de corrente o canal renova da ordem de 0,15 de seu volume de água. (Vide Apêndice 1, Seção A.1.3).

A utilização do corpo receptor é feita por duas atividades principais (e de delicada compatibilização):

- navegação e atividades portuárias
- recreação com contacto primário e secundário.

Existem duas instalações portuárias no local: o pier petroleiro do TEBAR e o porto de São Sebastião. Este último serve de abrigo para uma pequena frota pesqueira local, mas a pesca é praticada de preferência fora do canal. Do lado da Ilha de São Sebastião existem duas marinas com numerosa frota de embarcações de recreação. Finalmente, existe um serviço de "ferry-boat" ligando a Ilha com o litoral.

A utilização para a recreação é intensa, de ambos os lados, e crescente. Dadas as belezas naturais da região e a proximidade dos grandes centros urbanos do Estado de São Paulo, esta utilização assume notável importância. Torna-se particularmente intensiva na temporada de férias de verão (ocasião da 1ª campanha).

### 2.3 Malha de Amostragem

Com base nas características do fluxo foi estabelecida uma malha de pontos de amostragem no canal. Com base na utilização das águas, foi estabelecido um conjunto de pontos de coleta em ambas as margens do canal.

A localização dos pontos no canal levou em conta o caráter eminentemente bidirecional do transporte advectivo e a diluição que sofrerão os efluentes ao se afastarem do ponto de descarga.

O critério para a localização dos pontos de coleta nas praias levou em conta a frequência de utilização para esportes e lazer, a existência de outras fontes poluidoras e os requisitos para a proteção à ecologia.

Os efluentes são atualmente descarregados em dois cursos d'água:

- a) Córrego Guaiamu: drena os efluentes do SAO-1 e desagua na praia do Porto Grande. Vazão estimada na época da amostragem: 50 l/s.
- b) Córrego do Outeiro: drena os efluentes do SAO-4 e desagua na praia de São Sebastião. Vazão estimada na época da amostragem: 75 l/s.

(OBS.: as vazões foram estimadas medindo a velocidade de flutuadores improvisados "ad hoc" e estimando as dimensões das secções transversais. Os valores acima devem ser considerados como estimativas de ordem de grandeza).

Os efluentes descarregados nestes córregos sofrem atualmente apenas tratamento primário.

Como foram previstas campanhas antes e após a entrada em operação do emissário, foram definidos pontos de amostragem específicos para cada uma delas. Isto porque considera-se que, para as monitorações pré-operacionais, o importante é se obter uma visão global das condições do sistema hídrico tal como são influenciadas pelo atual sistema de

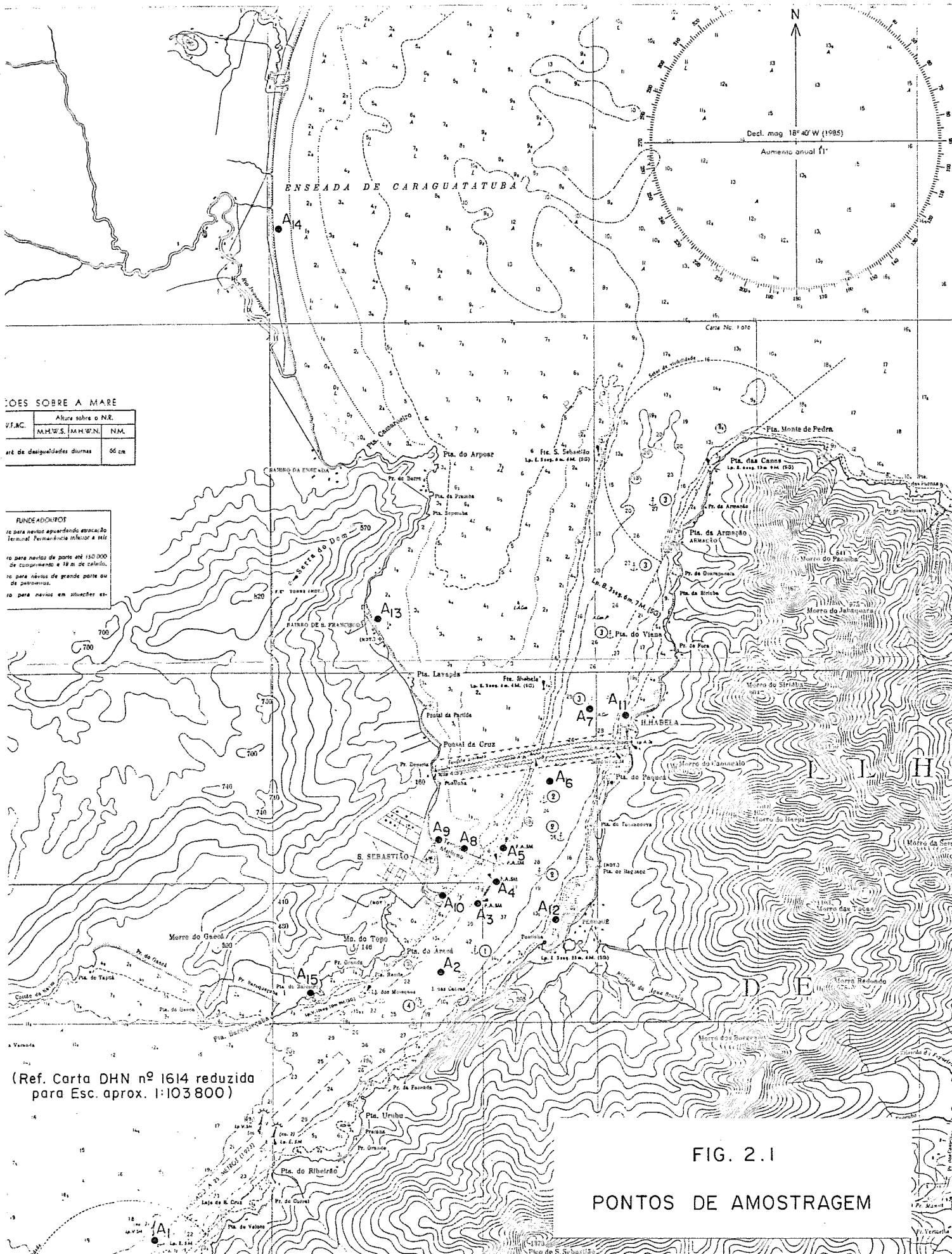
descarte na praia (antes e após a ativação da dessalgadora). Para tanto não é necessária uma malha fina, posto que as variações no oceano serão atenuadas.

Contudo, quando se for monitorar o emissário em operação, é de se esperar a ocorrência de notáveis gradientes de concentração dos efluentes nas proximidades do difusor, enquanto que, nos locais afastados, as condições não deverão diferir muito das pré-existentes.

Por estes motivos foi planejada uma malha geral em que alguns pontos sã serão amostrados em uma ou outra das campanhas.

A Figura 2.1 mostra a distribuição dos pontos assim definidos. Perfazem um total de quinze pontos. Nos locais de maior profundidade são colhidas amostras na superfície e fundo (aproximadamente a 1m abaixo do nível d'água e a 1m acima do fundo do mar).

Foram locados pontos ao longo dos dois braços do pier (sob o qual será posicionado o difusor); pontos no canal, para o Norte e o Sul, seguindo aproximadamente o alinhamento dos braços do pier; um ponto próximo ao oceano, a ser usado como referência; pontos próximos à costa e a meia distância da costa (que são de evidente interesse para a avaliação da distribuição espacial das concentrações, porém de importância secundária face à natureza bidirecional do transporte).



LOES SOBRE A MARE

V.F.A.C.	Altura sobre o N.R.		
	M.H.W.S.	M.H.W.N.	N.M.
até de desigualdades diurnas	66 cm		

FUNDEADOUROS

10 para nevos apurando atracação  
Terminal. Permanência inferior a 15z

10 para nevos de porte até 150.000  
de comprimento a 18 m de calado.

10 para nevos de grande porte ou  
de passageiros.

10 para nevos em situação es.

(Ref. Carta DHN nº 1614 reduzida  
para Esc. aprox. 1:103.800)

FIG. 2.1

PONTOS DE AMOSTRAGEM



Para facilitar a localização e a repetitividade quando dos trabalhos de campo, a escolha dos pontos também procurou levar em conta as referências disponíveis: bóias de sinalização, acidentes notáveis na costa, etc.

Foi ainda levada em consideração a predominância do transporte para o Norte em relação ao transporte para o Sul (acusada pelas medições da SEGDA-Petrobrás), o que favorece o encaminhamento dos efluentes para a região ao largo de Caraguatatuba.

A morfologia costeira da região é tal que, ao norte do canal, ocorre uma porção de mar relativamente confinada. Pode-se observar no mapa, Figura 2.2, que a Ponta das Canas, no extremo norte da Ilha de São Sebastião, e a Ponta Grossa no litoral, a NE de Caraguatatuba, formam uma baía (uma outra baía mais ampla é formada pela Ponta das Canas e pela Ilha dos Porcos). Esta região confinada exibe baixas profundidades e inclui várias pequenas enseadas. É portanto um local onde a circulação e a consequente renovação da água são mais precárias. Sobre isto, constitui uma faixa litorânea mais densamente habitada e com maior afluxo de veranistas. Já ao sul do Canal de São Sebastião, o mar é mais aberto e as profundidades são maiores, favorecendo uma circulação e dispersão mais eficientes. Por todas estas razões, considerou-se que a amostragem deveria ser mais intensa na região do canal ao norte do pier, principalmente após a entrada em operação do emissário.

Um maior adensamento na malha nas proximidades do pier será requerido para a monitoração após a entrada em

REF. CARTA DHN Nº 1600, ESC. 1:290 961

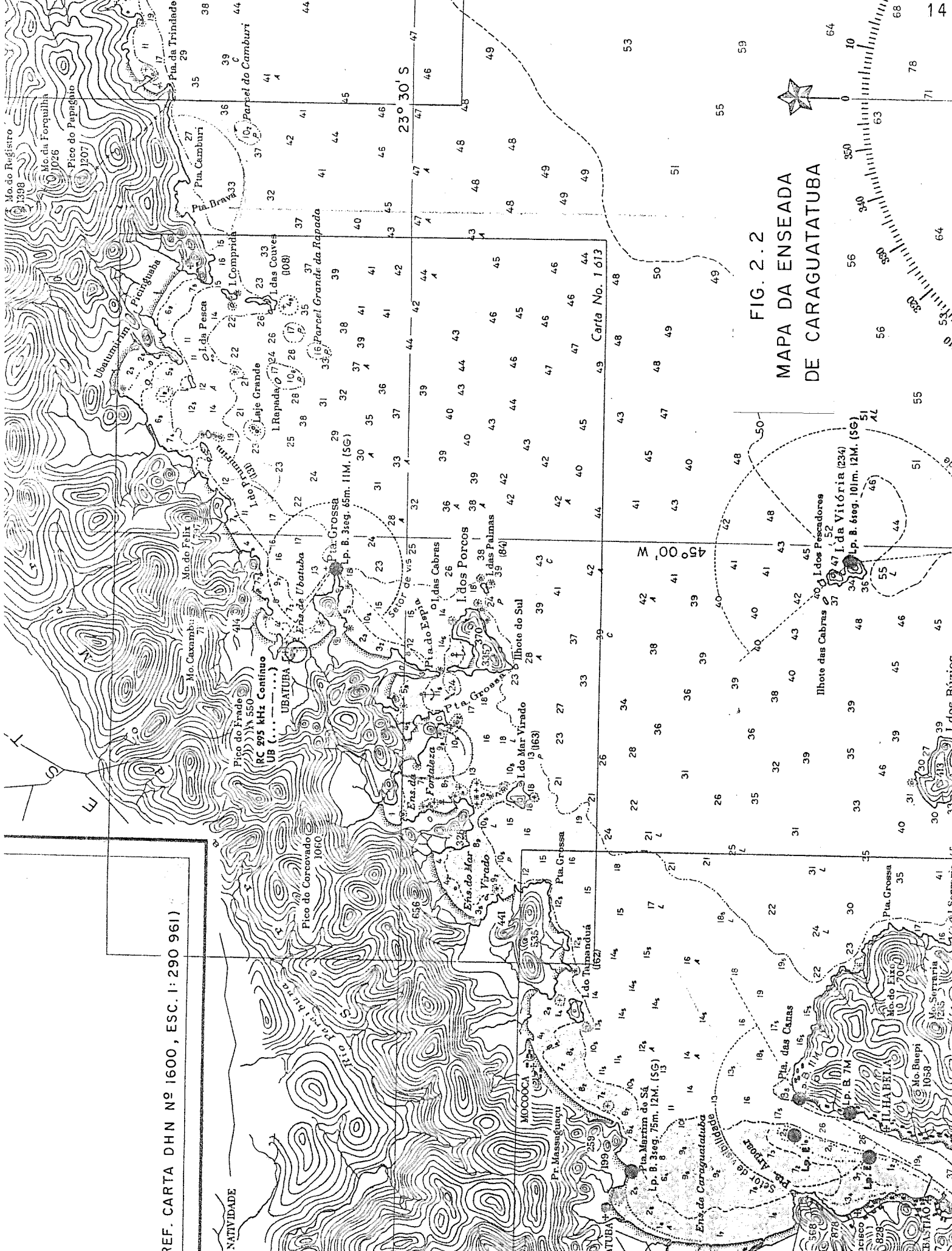


FIG. 2.2  
MAPA DA ENSEADA  
DE CARAGUATUBA

operação. Optou-se por estabelecer uma malha única para todas as campanhas, sendo que alguns pontos serão excluídos das duas primeiras campanhas e incluídos na terceira, quando serão excluídos outros.

Esta malha ficará constituída pelos pontos abaixo descritos, que estão indicados na Figura 2.1.

Ponto A1:

No início do canal dragado, no centro do canal entre as bóias nº 1 e nº 2. Servirá como referência das condições representativas do oceano, pois está em local bastante fora do alcance dos despejos, embora não demasiadamente afastado.

Ponto A2:

No centro do canal, entre a Ponta do Araçã e a Ilha das Cabras; cerca de 2800 m ao sul do vértice do pier.

Ponto A3:

Na extremidade sul do pier.

Ponto A4:

No dolfin nº 1, no braço sul do pier, na posição em que seu alinhamento inflete.

Ponto A5:

Na extremidade norte do pier.

## Ponto A6:

No centro do canal, entre a Pontinha e a Ponta do Paqueã, cerca de 2800 m ao norte do vértice do pier.

## Ponto A7:

No centro do canal, entre o Pontal da Partida e a vila de Ilhabela; cerca de 3800 m ao norte do vértice do pier.

## Ponto A8:

Em frente à estaca 56, na ponte do pier, a meia distância entre o vértice deste e a praia; em frente à estação meteorológica.

## Ponto A9:

Na praia do Porto Grande, a meia distância entre a cabeceira da ponte do pier e a foz do Córrego Guaiamu.

## Ponto A10:

No trapiche do enrocamento ao norte do pier do porto da Portobrãs; perto da rampa do "ferry-boat".

## Ponto A11:

Em frente à vila de Ilhabela, a cerca de 60 m do cais ali situado.

## Ponto A12:

Em frente à vila de Perequê, a cerca de 100 m do cais ali situado.

Ponto A13:

Na praia de São Francisco, em frente à igreja.

Ponto A14:

Na praia da enseada de Caraguatatuba, a meia distância entre a foz do Rio Juqueriquerê e a foz do Rio da Lagoa.

Ponto A15:

Na praia da enseada entre a Ponta do Baleeiro e a Ilha Universidade, onde está situado o laboratório do CEBI MAR-USP.

O ponto A1, como já foi dito, indicará uma referência para as águas não atingidas pelas atividades antropogênicas na região.

Os pontos A2, A6 e A7 indicarão a qualidade da água ao longo do canal, na região de interesse das atividades do TEBAR.

Os pontos A3, A4 e A5 monitorarão as condições nas vizinhanças imediatas do local da descarga (que coincidirá aproximadamente com o ponto A4).

Os pontos A8, A9 e A10 medirão o atual nível de contaminação próximo à costa do continente e indicarão as futuras alterações conseqüentes à implantação do emissário.

Os pontos A11 e A12 dirão sobre a situação na margem leste do canal, próximo ao litoral da Ilha de São Sebastião.

Os pontos A13 e A14 indicarão o atual estado da qualidade da água no litoral do continente e as possíveis futuras alterações.

O ponto A15 não havia sido previsto na Proposta (nº DERL.CN-010/87) para o presente estudo. Sua introdução foi decidida em reunião entre os técnicos da DESEMA, TEBAR e CDTN, no início da monitoração de que trata este Relatório. A razão de sua inclusão deve-se à utilização da água do corpo receptor para culturas de organismos, com fins de pesquisa, pelo CEBIMAR.

#### 2.4 Programação das Amostragens

O esquema de coletas que foi implementado no canal é mostrado nas Tabelas 2.1 e 2.2.

Foram também feitas duas amostragens em cada separador água-óleo. Foram formadas amostras compostas, com coletas a cada par de horas, o período da amostragem cobrindo 8 horas. As duas unidades SAO foram sempre amostradas nos mesmos dias.

TABELA 2.1 - ESQUEMA DA AMOSTRAGEM  
1ª ETAPA DA MONITORAÇÃO

PONTO	PROFUNDIDADE	MARÉ	FREQUÊNCIA
A1	superfície	sizīgia	2x
	fundo	quadratura	2x
A2	superfície	sizīgia	2x
	fundo	quadratura	2x
A4	superfície	sizīgia	2x
	fundo	quadratura	2x
A7	superfície	sizīgia	2x
	fundo	quadratura	2x
A8	meia	sizīgia	2x
		quadratura	2x
A9	superfície	sizīgia	2x
		quadratura	2x
A10	superfície	sizīgia	2x
		quadratura	2x
A11	meia	sizīgia	2x
		quadratura	2x
A12	meia	sizīgia	2x
		quadratura	2x
A13	superfície	sizīgia	2x
		quadratura	2x
A14	superfície	sizīgia	2x
		quadratura	2x
A15	superfície	sizīgia	2x
		quadratura	2x
SA01/SA04			2x cada

*mm*

TABELA 2.2 - ESQUEMA DE AMOSTRAGEM  
2ª ETAPA DE MONITORAÇÃO

PONTO	PROFUNDIDADE	MARÉ	FREQUÊNCIA
A1	superfície	sizīgia	2x
	fundo	quadratura	2x
A2	superfície	sizīgia	2x
	fundo	quadratura	2x
A3	superfície	sizīgia	2x
	fundo	quadratura	2x
A4	superfície	sizīgia	2x
	fundo	quadratura	2x
A5	superfície	sizīgia	2x
	fundo	quadratura	2x
A6	superfície	sizīgia	1x
	fundo	quadratura	1x
A7	superfície	sizīgia	2x
	fundo	quadratura	2x
A8	meia	sizīgia	2x
		quadratura	2x
A9	superfície	sizīgia	1x
		quadratura	1x
A10	superfície	sizīgia	1x
		quadratura	1x
A12	meia	sizīgia	2x
		quadratura	2x
A13	superfície	sizīgia	1x
		quadratura	1x
A15	superfície	sizīgia	1x
		quadratura	1x
SA01/SA04			8x cada



### 3. DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS DE CAMPO

#### 3.1. Metodologia Utilizada

##### 3.1.1. Coletas no mar

Para as coletas no canal (pontos A1, A2, A4, A7, A8, A11, A12) foram utilizadas duas embarcações próprias para serviços de pesquisa: a lancha "Diana", de propriedade da CETESB e prestando serviços ao TEBAR (1ª campanha) e a lancha "Maraniil" (2ª campanha).

As amostras foram colhidas nas profundidades pré definidas por meio de uma bomba vibrátil para poço, marca Vibra-vert. Sua parte interna é de material inoxidável e os tubos são de plástico, impedindo a contaminação da água. A bomba, que funciona submersa, foi amarrado um lastro para evitar o seu arraste pela correnteza. Ela foi posicionada por um cabo de náilon na profundidade da coleta. A água amostrada foi recalçada por uma mangueira de polietileno, com 3/8" de diâmetro, a uma vazão de ca. 0,3 l/s. O tempo de residência da água na mangueira pôde ser então calculado, de forma que, antes de se colher as amostras nos respectivos frascos, a mangueira foi sempre purgada por um tempo suficiente (1 min) para descartar a água que nela já se encontrava antes do acionamento da bomba.

Ato seguinte, as amostras foram colhidas em frascos com as dimensões e de material indicados para cada parâmetro a analisar [3]. Aos frascos já haviam sido previa

mente adicionados os preservativos indicados pelo "Standard Methods" [3]. Tomou-se o cuidado de evitar introduzir bolhas de ar nos frascos, que foram cheios até a tampa (nos frascos de plástico usou-se batoques do mesmo material sob as tampas).

No mesmo cabo que sustentou a bomba foram amarrados - logo acima da bomba - os sensores do oxímetro e do termo-salinômetro.

O oxímetro utilizado foi da marca Hidrocean, modelo Elian-S/01, com eletrodo de membrana (Teflon) e agitador, embutidos na sonda. O compensador para temperatura possibilita a medição desta. As correções das leituras para a água salgada foram feitas com o nomograma fornecido pelo fabricante.

A medição da salinidade in-situ, que não estava prevista na Proposta DERL.CN-010/87, foi efetuada por meio de um termo-salinômetro fabricado pela Kent Industrial Measurement Ltd., Chertsey Surrey, Engl.) de propriedade do PNUD. Este aparelho fornecia uma outra medição - mais precisa - da temperatura da água.

A temperatura do ar foi medida por um termômetro de precisão (resolução: 0,05°C). O pH também foi sempre testado no instante da amostragem, com papel indicador universal .. e depois medido com o pH-metro no laboratório.

A transparência foi medida com o disco de Secchi.



### 3.1.2. Coletas nas praias

Neste caso a água foi coletada com um balde de plástico, em local com profundidade de aproximadamente 1 m (exceto no ponto A10, onde se trabalhava em um trapiche), colhendo a água mais próxima da superfície para evitar a turbidez do fundo.

A água era a seguir transferida para os frascos, tomando-se os cuidados descritos no parágrafo anterior. As temperaturas foram medidas com o termômetro de precisão e o pH com o papel indicador.

### 3.1.3 Coleta nos separadores água-óleo

O ponto de amostragem escolhido em ambas as estações foi o poço coletor da água de descarte à saída da unidade SA0. O balde de plástico foi posicionado no vertedor para este poço por meio de uma corda. Transitou-se com o balde por toda a extensão do jorro do vertedouro, de modo a colher o fluxo ao longo de toda a transversal da seção de descarga. Após isto procedeu-se como nos parágrafos anteriores. Na 2ª campanha, devido às baixas vazões, a amostragem na SA04 foi efetuada na linha de descarga do separador.

Nos SA0 foi também efetuado um teste dos sulfetos em cada uma das coletas da amostragem composta. Usou-se para tanto o kit Aquaquant 14416 da Merck (método colorimétrico após conversão para o azul de metileno). O método em questão, embora sofra interferência da salinidade, é útil por acusar variações do teor de sulfeto ao longo do período de coleta para a amostra composta.



#### 3.1.4. Dosagens

O material coletado era transportado inicialmente para o laboratório químico do TEBAR, onde foram medidos: pH, densidade (referida à temperatura de medição) e, no caso dos efluentes das estações SAO, os sólidos sedimentáveis. Foram utilizados um pH-metro (marca Metronic, mod. ESB2), um densímetro e um cone de Imhoff, respectivamente.

Na 1ª campanha, as análises de cloretos, DBO, nitrogênio amoniacal, óleos e graxas, resíduo não filtrável (sólido em suspensão) e turbidez foram efetuadas pela CETESB no laboratório da Regional de Taubaté. As análises de fenóis, sulfeto solúvel e sulfeto total foram feitas no laboratório central da CETESB em São Paulo.

Na 2ª campanha todas as análises foram feitas no laboratório central de São Paulo.

Todas estas análises foram feitas em conformidade com o "Standard Methods" (16ª edição). Na determinação da DBO foi feita sementeira com esgoto doméstico da ETE de Pinheiros (São Paulo), colhido à saída do decantador.

Os metais pesados foram dosados pela CNEN, em Belo Horizonte e Poços de Caldas.

#### 3.2 Logística

O plano geral de amostragem pode ser considerado como duas seqüências repetidas de amostras no mar, praias e

SAO's.

Nos dias anteriores às coletas todo o material era preparado e organizado: frascos, preservativos, etiquetas, engradados e geladeiras de isopor. A aquisição de gelo era feita imediatamente antes da coleta.

Na coleta propriamente dita o técnico encarregado do trabalho no mar perfazia a ronda dos pontos indicados na Figura 2.1, começando pelo ponto A1 e subindo em direção ao pier.

De volta do campo, no laboratório químico do TEBAR, as amostras eram organizadas e acondicionadas para o despacho para os laboratórios da CETESB, preenchidos os respectivos protocolos e encaminhadas. O pH e a densidade eram também medidos. No caso dos efluentes das SAO's eram medidos os sólidos sedimentáveis.

Cedo no dia seguinte as amostras eram encaminhadas para a CETESB.

### 3.3 Cronograma dos trabalhos de campo

#### 1ª campanha

Dia 03/01/88 (domingo)

- Viagem Belo Horizonte - São Sebastião.

Dia 04/01/88 (segunda-feira)

- Providências iniciais, reunião com DESEMA e TEBAR.

Dia 05/01/88 (terça-feira)

- Coletas no mar e nas praias.

Dia 06/01/88 (quarta-feira)

- Coletas nas estações SAO.

Dia 07/01/88 (quinta-feira)

- Coletas no mar e nas praias.

Dia 08/01/88 (sexta-feira)

- Ida a S.Paulo para acertos com a CETESB.

Dia 09/01/88 (Sábado)

- Folga.

Dia 10/01/88 (domingo)

- Coletas nas estações SAO.

Dia 11/01/88 (segunda-feira)

- Coletas no mar e nas praias.

Dia 12/01/88 (terça-feira)

- Coletas no mar e nas praias.

Dia 13/01/88 (quarta-feira)

- Desmobilização.

Dia 14/01/88 (quinta-feira)

- Retorno para Belo Horizonte.

2ª Campanha

Dia 4/11/88 (sexta-feira)

- Viagem para São Sebastião.

Dia 5/11/88 (sábado)

- Preparativos no campo.

Dia 6/11/88 (domingo)

- Coleta nos SA01 e SA04.

Dia 7/11/88 (segunda-feira)

- Coleta nos SA01 e SA04.

Dia 8/11/88 (terça-feira)

- Coleta nos SA01, SA04 e no mar.

Dia 9/11/88 (quarta-feira)

- Coleta nos SA01, SA04 e no mar.

Dia 10/11/88 (quinta-feira)

- Coleta nos SA01, SA04 e nas praias.

Dias 11 a 14/11/88

- Descanso e feriados

Dia 15/11/88 (terça-feira)

- Coleta no SA01, SA04 e nas praias.

Dia 16/11/88 (quarta-feira)

- Coleta no Tanque 3207, SA04 e no mar.

Dia 17/11/88 (quinta-feira)

- Coleta no Tanque 3239, SA01 e nas praias.

Dia 18/11/88 (sexta-feira)

- Retorno para Belo Horizonte.

Observações:

1. Havia sido planejado descanso para os dias 11 e 12 (posto que antecedem o sábado e domingo, dias em que o laboratório da CETESB não opera) e 14 (antecede o feria do eleitoral). Como a CETESB não trabalhou no dia 14/11/88, fomos obrigados a cancelar a coleta prevista para 13/11/88, transferindo-a para 17/11/88.

2. A partir de 14/11/88, o TEBAR operou com capacidade reduzida em função do movimento grevista; em acordo com os técnicos da PETROBRÁS, foram feitas coletas em tanques de depósito, já que as estações separadoras ficaram praticamente desativadas.

Após todas as coletas, eram feitas as determinações no laboratório do TEBAR (pH, sólidos sedimentáveis, densidade), preservadas as amostras e feitas as preparações para o dia seguinte.

*mmj*



### 3.4 Métodos Analíticos

A metodologia empregada na quantificação de cada um dos parâmetros determinados nas duas campanhas é a seguir definida:

#### pH

No instante da coleta: medido com papel indicador universal.

Imediatamente após retorno à base, no laboratório do TEBAR: medido com o pHmetro Micronal, modelo B275.

#### Temperatura

Do ar, dos efluentes dos SAO's e das amostras das praias: com um termômetro de mercúrio, com precisão de 0,05°C, por imersão na amostra imediatamente após a coleta.

Da água do mar: com os termosensores do oxímetro (Hidrocean, modelo Elian-5S/01) e do termo-salinômetro (Kent Industrial Measurements Ltd.) imersos no ponto e na profundidade da coleta.

#### Transparência

Disco de Secchi.

Densidade

Densímetro de flutuação, com precisão 0,00025 g/cm<sup>3</sup>, imersos nas amostras, ou imediatamente após a coleta (e fluentes dos SAO's) ou após o retorno ao laboratório do TEBAR (amostras do mar), neste último caso sendo feita a leitura simultânea da temperatura.

Sólidos sedimentáveis

Medidos com o cone de Imhoff.

Sólidos em suspensão (resíduo não filtrável)

Método gravimétrico, SM-209C (CETESB L-5149).

Óleos e graxas

Método de extração por solvente (freon), SM-206B (CETESB L-5142).

DBO<sub>5</sub>

Método de diluição e incubação a 20<sup>0</sup>C por 5 dias, SM-507 (CETESB L-5100).

Fenóis

Método da extração por clorofórmio (após destilação e reação com amino-antipirina), SM-510B.

Nitrogênio amoniaca

Método da nesslerização com destilação prévia, SM-417B (CETESB L-5136).

Cloretos

Método do nitrato mercúrico, SM-407B.

Sulfetos

Método iodométrico, SM-427D. As amostras para sulfetos solúveis foram tratadas no laboratório do TEBAR por floculação e decantação com  $AlCl_3$ , precedidas de ajuste do pH com NaOH.

No campo, os sulfetos foram dosados com o Kit Merck Aquaquant, cujo processo é baseado na formação do azul de metileno e comparação visual com padrões cromáticos. Este teste foi efetuado apenas nos efluentes dos SAO's, imediatamente após a coleta das amostras e em amostras do Ponto A9.

Metais

a) 1ª campanha

Cr, Ni e Cd: espectrofotometria de absorção atômica.

Cu, Pb, V, Fe, Zn: emissão por plasma acoplado indutivamente (plasma de argônio).

Nas determinações de Cd, Ni, Pb e V as amostras foram submetidas a pré-concentração por quelação com dietilditiocarbamato de sódio (NaDDC) e extraídas em clorofórmio.

b) 2ª campanha

Ni e Cu: absorção atômica.

Pb, Fe, Cd, Zn, Cr, V: espectrometria de plasma.

Exceto no caso de Cr e V, as determinações foram precedidas de quelação com ditiocarbamato de amônio-pirrolidina (APDC) e extração com solvente.

Todas as amostras foram preservadas e acondicionadas em conformidade com as prescrições do SM-16ª ed. Os prazos observados entre coleta e análises foram os fixados pela CETESB [18], que são mais rigorosos do que aqueles do SM-16ª ed.

As determinações ficaram a cargo das seguintes entidades:

CDTN (no campo): pH, temperatura, transparência, densidade, sólidos sedimentáveis, sulfeto (com o kit).

CETESB: sólidos em suspensão, turbidez, O&G, DBO, fenóis, N amoniacal, cloreto, sulfeto.

CDTN e Laboratório de Processos Minerais (Poços Caldas): metais pesados.

A sensibilidade dos métodos analíticos é:

Sólido em suspensão (SM-209C): 1,0 mg/l

Turbidez (SM-214A): 0,05 NTU

Óleos e Graxas (L-5142): 2 mg/l

DBO<sub>5</sub> (L-5100): 1 mg/l

Fenóis (SM 510-B): 0,001 mg/l

Nitrogênio amoniacal (L-5136): 0,005 mg/l

Cloretos (SM 407-B): a) desvio padrão = 3,3%

b) erro relativo = 2,9%

Sólidos sedimentáveis: 0,1 mg/l

Sulfetos: pelo SM-427D: 2 mg/l

pelo Kit Merck: 0,025 mg/l

(limite de detecção = 0,01 mg/l)

Cromo: absorção atômica (AA): 0,1 mg/l

plasma: 0,04 mg/l

Níquel: AA + quelação com NaDDC: 0,1 mg/l

AA + extração com APDC: 0,006 mg/l

Cádmio: AA + quelação com NaDDC: 0,02 mg/l

plasma: 0,001 mg/l

Cobre: plasma: 0,01 mg/l  
AA + extração com APDC: 0,003 mg/l

Chumbo: plasma: 0,08 mg/l  
plasma + extração com APDC: 0,004 mg/l

Vanádio: plasma + quelação com NaDDC: 0,08 mg/l  
plasma: 0,05 mg/l

Ferro: plasma: 0,005 mg/l  
plasma + extração com APDC: 0,002 mg/l

Zinco: plasma: 0,004 mg/l

Observações:

a) no caso das sensibilidades dos métodos analíticos citados para os metais, o primeiro dado refere-se ao método utilizado na 1ª campanha e o segundo dado àquele da 2ª campanha;

b) no caso dos sulfetos a CETESB optou pelo método iodométrico em função de sua experiência negativa com métodos colorimétricos. O método colorimétrico empregado pelo Kit Merck não sofre dos problemas relativos à perda de sulfetos por evolução apontados como limitantes pela CETESB, dado que a determinação é efetuada imediatamente após a coleta; contudo a avaliação ótica sofre interferência quando presente o NaCl;

c) as sensibilidades acima referidas indicam, em conformidade com os Standard Methods, os limites de concentração acima dos quais os teores podem ser quantificados, em contraposição aos limites de detecção, que são aquelas concentrações que apenas podem ser discernidas do ruído (p. ex.: uma absorção equivalente a 2x a flutuação do background no caso da absorção atômica). Estes limites correspondem ao LOD (limit of detection) e LOQ (limit of quantitation) respectivamente, tais como recentemente conceituados pela ACS.



#### 4. CRITÉRIOS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO CORPO RECEPTOR E EFLUENTE

Nas Referências 1 e 2, haviam sido propostos os critérios listados na Tabela 4.1 para as águas do Canal de São Sebastião (com base na sua classificação como água salina - classe 5, Resolução nº 20 do CONAMA, de acordo com a utilização destas águas).

O Artigo 21 desta mesma Resolução nº 20 do CONAMA estipula critérios a serem observados pelos efluentes que se pretende lançar em corpos de água. Estes estão organizados na Tabela 4.2.





TABELA 4.1 - CRITÉRIOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

PARÂMETROS	CRITÉRIO
Óleos e graxas	virtualmente ausentes
Substâncias que formem depósitos objetáveis	virtualmente ausentes
Substâncias que produzem odor e turbidez	virtualmente ausentes
DBO <sub>5</sub> (20°C)	atē 5 mg/l
OD	não inferior a 6 mg/l (em qualquer amostra)
pH	6,5 a 8,5 (não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2)
Amônia não ionizável	atē 0,4 mg/l NH <sub>3</sub>
Índice de fenóis	atē 0,001 mg/l C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Sulfetos como H <sub>2</sub> S	atē 0,002 mg/l S
Cádmio	atē 0,005 mg/l Cd
Chumbo	atē 0,01 mg/l Pb
Cobre	atē 0,05 mg/l Cu
Cromo VI	atē 0,05 mg/l Cr
Ferro	atē 0,3 mg/l Fe
Níquel	atē 0,1 mg/l Ni
Zinco	atē 0,17 mg/l Zn

TABELA 4.2 - CRITÉRIOS PARA OS EFLUENTES

PARÂMETRO.	CRITÉRIO
Óleos e graxas	atē 20 mg/l (óleos minerais)
Materiais sedimentáveis	atē 1 ml/l em teste de 1h em cone Imhoff
pH	entre 5 e 9
Temperatura	inferior a 40°C, sendo que a elevação de temperatura no corpo receptor não deverá exceder 3°C
Amônia	atē 0,5 mg/l N
Índice de fenóis	atē 0,5 mg/l C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Sulfetos	atē 1,0 mg/l S
Cádmio	atē 0,2 mg/l Cd
Chumbo	atē 0,5 mg/l Pb
Cobre	atē 1,0 mg/l Cu
Cromo VI	atē 0,5 mg/l Cr
Ferro solúvel	atē 15,0 mg/l Fe
Níquel	atē 2,0 mg/l Ni
Zinco	atē 5,0 mg/l Zn

## 5. RESULTADOS DAS MONITORAÇÕES NAS ESTAÇÕES SAO

### 5.1 Medições in-situ

Os parâmetros medidos in-situ foram o pH, a temperatura e os sulfetos (teste com o kit Merck). Esta medição logo a seguir à coleta permite uma apreciação da variabilidade dos teores nos efluentes durante o período de composição das amostras.

### 5.2 Medições no Laboratório do TEBAR

Estas medições foram efetuadas pela equipe do CDTN, sobre as amostras compostas, previamente ao seu despacho para a CETESB. As densidades foram medidas à temperatura do laboratório (21 - 26°C).

### 5.3 Análises Físico-Químicas (CETESB)

Os resultados obtidos estão indicados nas Tabelas 5.7 e 5.8. As unidades são todas mg/l, exceto turbidez. SS se refere a sólidos em suspensão, N a nitrogênio amoniacal,  $S_{TOT}$  e  $S_{SOL}$  a sulfeto total e solúvel, respectivamente, Cl a cloreto, Turb a turbidez.

### 5.4 Análises de Metais (CNEN)

Os resultados obtidos estão indicados nas Tabelas 5.9 e 5.10. As unidades são todas mg/l. O teor de cromo corresponde ao cromo total.

### 5.5 Tabelas de Resultados

As Tabelas 5.1 a 5.8 indicam os resultados obtidos. Os valores da temperatura e sulfetos nas Tabelas 5.1 e

5.2 são as médias das medições efetuadas na hora da coleta. As medições de sulfetos na CETESB pelo método iodométrico não detectaram sulfetos em nenhuma das amostras e por este motivo não estão incluídas nas tabelas.

Nas tabelas, a terceira linha indica os limites fixados pela CONAMA (LIM) e a quarta linha indica a sensibilidade do método (SENS). Ao final das tabelas são indicados a média aritmética e os valores extremos (faixa de variação) de cada coluna.

Cumpra assinalar que os valores de temperatura e de sulfetos foram as médias aritméticas das medições efetuadas imediatamente após cada coleta.

#### 5.6 Procedência dos Efluentes

Para um melhor julgamento dos valores medidos, é fornecido na Tabela 5.9 um panorama das drenagens ocorridas no TEBAR durante o período de monitoração dos efluentes.

#### 5.7 Avaliação dos Resultados

a) pH: em todas as amostras ficou dentro da faixa recomendada: entre 5 e 9. Os valores foram bem próximos da neutralidade,  $\text{pH} = 7$ , ou ligeiramente inferiores. Face à capacidade tamponadora da água do mar, não irão provocar alterações sensíveis em seu pH natural.

b) Temperaturas: refletem as temperaturas do ambiente, elevadas na época do verão, e estão na mesma faixa das temperaturas observadas no mar, não sendo portanto capazes de provocar perturbações térmicas nos locais de despejo.

c) Densidades: refletem as magnitudes das salinidades nos efluentes. Ressalta a alta densidade das amostras da drenagem de fundo dos tanques.

d) Sólidos sedimentáveis: os teores são muito baixos, o que era de se esperar no efluente de uma unidade de decantação.

e) Sólidos em Suspensão: (não filtráveis): os teores são também muito baixos se comparados com valores típicos de efluentes industriais [4], e mesmo de efluentes domésticos [4,5].

f) Óleos e Graxas: também apresentaram baixos teores para o tipo de equipamento instalado. Contudo algumas amostras excederam o estipulado pela Resolução CONAMA Nº 20 (20 mg/l).

g) DBO: apresentou-se frequentemente baixa embora no SAO-1 tenham sido registrados alguns elevados teores. Os teores no SAO-1 são via de regra superiores àqueles no SAO-4. Nas drenagens de fundo de tanques os teores foram muito elevados. (1670 mg/l e 2200 mg/l).

h) Fenóis: os teores são significativos; os efluentes do SAO-1 em geral têm teores superiores aos do SAO-4. A média no SAO-1 ficou fora do padrão da CONAMA; 50% das amostras no SAO-1 excederam este padrão e no SAO-2 apenas uma amostra (11%).

i) Nitrogênio Amoniacal: é significativo, também ocorrendo maiores concentrações no SAO-1. A ordem de grandeza neste separador é no entanto igual aos limites inferio

res observados em esgotos domésticos brutos (ca. 15 mg/l). Em ambos os separadores a média excede o padrão CONAMA, sendo no SA0-1 390 % superior e no SA0-2, 120%.

j) Cloretos: seguem as variações da densidade. Os fluxos mais poluídos (e poluentes) são aqueles cujos teores de sulfeto são os mais altos.

k) Turbidez: os valores observados nos efluentes são perfeitamente razoáveis para águas residuárias. Valores típicos em esgotos sanitários descarregados no oceano por emissários são da ordem de 20-30 UJT [7]. O requisito para efluentes a serem lançados no oceano, nos critérios adotados em 1972 pelo "Ocean Water Quality Control Plan" do Estado da Califórnia (tradicionalmente rigoroso em questões ambientais), foi 50 UJT 50% do tempo e 75 UJT 10% do tempo [8] (40 UJT  $\approx$  40 UNT; fora deste valor as unidades nefelométricas de turbidez e as unidades Jackson de turbidez terão magnitudes aproximadas, mas não idênticas [3]). Os valores medidos nos efluentes do TEBAR podem ser melhor avaliados comparando-os com os medidos no mar: em alguns locais próximos à costa foram registrados valores da ordem de 10 UNT, "naturalmente" presentes.

l) Sulfetos: observou-se que sempre que a amostragem coincidia com as drenagens de tanques o teor de sulfetos acusava picos de concentração, acusados pelo teste com o kit Merck logo após a coleta. Posto que a composição das amostras diluia os transientes de concentração e em função das limitações da dosagem a-posteriori de sulfetos, os teores nas amostras compostas não acusaram valores acima do padrão CONAMA. Os valores indicados nas Tabelas 5.5 e 5.6 são médias aritméticas das dosagens individuais com o kit Merck, não ponderados pelas vazões. Fazendo-se esta ponderação ob

drão CONAMA foi em algum momento excedido:  
12,3 mg/l em 10/11/88 (1230% em excesso) e 0,66 mg/l em 17/11/88 (66% do limite). Já na drenagem de fundo dos tanques verifica-se um excesso de 380% no tanque 3207 em 16/11/88 e 180% no tanque 3239 em 17/11/88. Tendo em vista estes valores sistematicamente elevados de sulfetos nas drenagens de tanques e os seus reflexos que atingem os efluentes dos separadores água-óleo (vide a correlação salinidade-teor de sulfetos), recomenda-se a adoção de medidas de abatimento deste componente nas águas de descarte.



Tabela 5.1 - Medições no SA0-1 - Parâmetros Físico-químicos

(Amostras Compostas)

Dia	pH	T (°C)	Dens. (g/ml)	Sulfetos (mg/l)	SS (mg/l)	O&G (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	Fenóis (mg/l)	N.NH <sub>3</sub> (mg/l)	Cl (mg/l)	Turb. (UNT)	S. Sed. (ml/l)
LIM	5-9	40	-	1,0	-	20	-	0,5	5,0	-	-	1
SENS	-	-	-	0,025	1,0	2	1	0,03	0,005	-	0,05	0,01
6/01/88	7,3	28,4	1,0190	> 0,25	115	30	330	0,83	20,7	18228	16,0	0,15
10/01/88	7,0	26,2	0,9995	0,04	30	14	62	0,19	1,4	12043	17	0,20
6/11/88	6,4	21,5	1,0030	0,08	59	38	38	-	30	4800	16	0,10
7/11/88	6,8	23,4	-	0,06	61	14/11	573	0,80	31	20900	13	0,50
8/11/88	6,92	29,0	-	0,10	186	15	28	1,12	27	15800	12	0,04
9/11/88	7,54	30,9	-	> 0,25	76	7	770	1,30	38	21700	4,8	0,15
10/11/88	7,18	26,8	-	9,70	75	13	243	0,667	15	2900	6,8	0,05
15/11/88	7,02	24,8	1,0400	0,06	20	< 2	50	0,002	4,8	3100	13	0,02
16/11/88	6,0	24,0	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-
17/11/88	7,18	25,6	-	0,69	24	5	22	0,074	6,0	4600	13	0,02
Média	6,93	26,1	1,0064	1,35	72	15	235	0,62	19,3	11560	12,4	0,14
Variação	6,0	21,5	0,9995	0,04	20	< 2	22	0,002	1,4	3100	4,8	0,02
	7,54	30,9	1,0400	9,70	186	38	770	1,30	38	21700	17	0,50

Lmm



Tabela 5.2 - Medições no SA0-4 - Parâmetros Físico-químicos

(Amostras Compostas)

Dia	pH	T (°C)	Dens. (g/ml)	Sulfetos (mg/l)	SS (mg/l)	O&G (mg/l)	DB05 (mg/l)	Fenóis (mg/l)	N.NH <sub>3</sub> (mg/l)	Cl (mg/l)	Turb. (NTU)	S. Sed. (ml/l)
LIM	5-9	40	-	1,0	-	20	-	0,5	5,0	-	-	1
SENS	-	-	-	0,025	1,0	2	1	0,03	0,005	-	0,05	0,01
6/01/88	6,9	29,0	0,9965	0	53	7	4	< 0,03	0,13	465	46,0	0,30
10/01/88	6,5	25,8	0,9980	0	7	3	4	< 0,03	0,22	77	33	0,10
6/11/88	6,3	22,6	1,0235	0,00	347	21	10600	0,13	4,8	20100	28	0,03
7/11/88	6,9	24,0	-	0,03	36	11/7	504	0,42	35	11900	14	0,10
8/11/88	7,18	24,3	-	0,02	138	2	14	0,081	4,6	3400	5,5	0,005
9/11/88	8,06	27,2	-	0,03	205	< 1	30	0,062	3,6	2800	4,9	0
10/11/88	6,98	26,6	-	0,06	29	1	40	0,104	2,8	15300	7,4	0,010
15/11/88	7,12	26,5	-	0,19	18	< 1	27	0,52	1,7	1700	8,4	0,10
16/11/88	7,07	24,8	-	0,02	10	< 1	23	< 0,03	1,4	1200	6,9	0
Média	7,00	25,6	1,0060	0,04	94	5	1250	0,15	6,03	6330	17,1	0,07
Variação	6,3	22,6	0,9965	0	7	< 1	4	< 0,03	0,22	77	4,9	0
	8,06	29,0	1,0235	0,19	347	21	10600	0,52	35	20100	46,0	0,30

Tabela 5.3 - Teores de Metais nos Efluentes do SAO-1 (mg/l)  
(Amostras Compostas)

DIA	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Ni	V	Zn
LIM	0,2	0,5	1,0	0,5	15,0	2,0	-	5,0
SENS	0,001	0,004	0,003	0,03	0,002	0,006	0,05	0,004
06/01/88	<0,02	<0,08	<0,01	<0,1	3,02	<0,1	<0,08	0,22
10/01/88	<0,02	<0,08	<0,01	<0,1	2,36	<0,1	<0,08	0,22
06/11/88	<0,001	0,010	0,010	<0,03	1,93	<0,006	<0,05	0,663
07/11/88	0,006	0,020	0,004	<0,03	2,69	<0,006	<0,05	0,160
08/11/88	0,003	0,020	0,004	<0,03	1,85	<0,006	<0,05	0,179
09/11/88	0,004	0,011	0,004	<0,03	2,85	<0,006	<0,05	0,143
10/11/88	0,003	0,011	<0,003	<0,03	1,99	<0,006	<0,05	0,113
15/11/88	0,004	0,015	0,005	<0,03	2,64	<0,006	<0,05	0,073
17/11/88	<0,001	0,012	0,003	<0,03	2,41	<0,006	<0,05	0,083
Média	0,003	0,014	0,005	<0,03	2,42	<0,006	<0,05	0,206
Variação	<0,001	0,010	<0,003	-	1,93	-	-	0,073
	0,006	0,020	0,010	-	3,02	-	-	0,663

Tabela 5.4 - Teores de Metais nos Efluentes SA0-4 (mg/l)  
(Amostras Compostas)

DIA	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Ni	V	Zn
LIM	0,2	0,5	1,0	0,5	15,0	2,0	-	5,0
SENS	0,001	0,004	0,003	0,03	0,002	0,006	0,05	0,004
07/01/88	< 0,02	< 0,08	< 0,01	< 0,1	0,950	< 0,1	0,08	0,143
10/01/88	< 0,02	< 0,08	< 0,01	< 0,1	1,43	< 0,1	< 0,08	0,03
06/11/88	0,002	0,051	0,004	0,05	2,69	0,009	< 0,05	0,407
07/11/88	< 0,001	0,040	0,007	< 0,03	3,34	0,009	< 0,05	0,223
08/11/88	< 0,001	0,035	0,007	< 0,03	1,68	0,009	< 0,05	0,108
09/11/88	0,003	0,023	0,007	< 0,03	2,16	< 0,006	< 0,05	0,097
10/11/88	0,001	0,018	0,004	< 0,03	1,81	< 0,006	< 0,05	0,106
15/11/88	< 0,001	0,017	0,005	< 0,03	1,31	0,012	< 0,05	0,098
16/11/88	0,002	0,035	0,006	< 0,03	0,712	< 0,006	< 0,05	0,079
MEDIA	0,001	0,031	0,006	< 0,03	1,79	0,007	< 0,05	0,143
VARIAÇÃO	< 0,001	0,017	0,004	0,05	0,712	< 0,006	0,008	0,03
	0,003	0,051	0,007	-	3,34	0,012	-	0,407

Tabela 5.5 - Medições no SA0-1 - Medição no Campo

DIA	HORA	pH	T (°C)	SULFETOS
06/01/88	10:00	7,0	28,3	> 0,25
	11:50	7,0	28,0	> 0,25
	14:00	7,0	28,2	> 0,25
	16:20	7,0	29,0	> 0,25
10/01/88	9:00	6,5	25,9	0,10
	11:00	6,0	26,4	0,02
	13:05	6,0	-	0,01
06/11/88	8:27	6,0	20,4	0,09
	9:26	6,5	20,7	0,07
	10:38	7,0	20,8	0,3
	11:26	7,0	21,0	0,06
	12:27	7,0	21,5	0,06
	13:26	7,0	22,0	0,06
	14:27	7,0	22,2	0,06
	15:26	6,0	23,0	0,04

*mm*

Tabela 5.5 - (Continuação)

DIA	HORA	pH	T (°C)	SULFETOS
07/11/88	8:13	6,5	21,6	0,02
	9:12	6,0	21,7	0,02
	10:12	6,5	22,5	0,06
	11:03	6,5	23,0	0,04
	12:26	6,5	24,2	0,04
	13:13	6,0	24,6	0,03
	14:40	6,0	24,5	0,24
15:15	6,5	24,8	0,08	
08/11/88	9:48	6,5	27,4	0,04
	10:55	6,5	26,8	0,16
	11:47	6,5	27,0	0,10
	12:46	6,0	28,5	0,10
	14:04	6,0	-	0,10
	14:45	6,5	31,1	0,08
	15:45	6,5	-	0,16
16:45	7,5	33,0	0,20	
09/11/88	9:13	7,0	27,9	-
	10:15	7,0	28,0	0,16
	11:15	6,5	28,6	0,12
	12:15	7,0	30,0	0,24

*mm*

Tabela 5.5 - (Continuação)

DIA	HORA	pH	T (°C)	SULFETOS
09/11/88	13:25	6,0	31,0	> 0,25
	14:25	7,0	32,0	> 0,25
	15:23	7,0	34,5	> 0,25
	16:28	7,0	34,8	> 0,25
10/11/88	8:25	7,0	26,2	0,8
	9:25	7,0	26,4	1,6
	10:25	7,0	27,0	-
	11:25	6,5	27,0	-
	12:15	7,0	27,4	-
	13:15	7,0	27,4	12,8
	14:19	7,0	27,0	20,5
	15:25	7,0	26,0	12,8
15/11/88	8:20	7,0	24,0	0,04
	17:20	-	25,5	0,07
16/11/88	8:20	6,0	24,0	0,08
17/11/88	8:47	6,0	24,6	1,28
	9:47	6,0	25,0	1,60
	10:47	6,0	25,2	1,00
	11:47	-	25,2	0,50

Tabela 5.5 - (Continuação)

DIA	HORA	pH	T (°C)	SULFETOS
17/11/88	12:50	7,0	25,2	0,50
	13:47	6,5	25,4	0,64
	14:47	6,5	26,8	0,64
	15:55	6,5	27,4	0,06

Tabela 5.6 - Medições no SA0-4 - 1ª Campanha

DIA	HORA	pH	T (°C)	SULFETOS (mg/l)
06/01/88	10:45	5,5	28,8	0
	13:25	6,0	28,8	0
	15:30	6,0	29,0	0
	18:15	6,0	29,2	0
10/01/88	9:40	6,5	24,3	0
	11:50	6,5	25,6	0
	13:30	7,0	26,7	0
	15:20	6,5	26,7	0
06/11/88	9:03	7,0	21,8	0,02
	9:58	7,0	21,7	0,01
	11:05	6,5	21,4	0
	12:05	7,0	22,6	0
	12:57	7,0	22,6	0
	14:01	6,0	23,1	0
	14:58	6,5	23,9	0
	15:59	6,0	23,9	0
07/11/88	8:35	6,5	23,2	0,02
	9:44	6,5	24,2	0,02
	10:39	7,0	24,0	0,025
	11:30	6,5	25,1	0,02
	12:50	6,5	24,2	0,01
13:39	6,5	24,4	0,02	



Tabela 5.6 - Continuação

DIA	HORA	pH	T (°C)	SULFETOS (mg/l)
	14:41	6,5	23,5	0,04
	15:42	6,5	23,5	0,10
08/11/88	10:08	6,5	24,4	0,02
	11:08	6,5	24,3	0,04
	12:02	6,0	24,1	0,02
	13:02	6,5	24,5	0,02
	13:55	6,5	-	0,02
	15:03	6,5	24,5	0,02
	16:05	6,0	24,0	0,02
	17:02	6,5	24,0	0,02
09/11/88	9:30	6,0	26,4	0,04
	10:30	7,0	26,6	0,02
	11:30	7,0	27,0	0,02
	12:33	7,0	28,0	0,02
	13:37	7,0	28,2	0,02
	15:35	7,0	27,2	0,04
	16:40	7,0	26,8	0,02
10/11/88	9:05	7,0	25,6	0,04
	10:05	7,0	26,0	0,06
	11:05	7,0	27,0	0,06
	12:00	7,0	27,0	0,08

Tabela 5.6 - Continuação

DIA	HORA	pH	T (°C)	SULFETOS (mg/l)
	13:02	6,5	27,0	0,06
	14:00	6,5	27,4	0,06
	15:07	7,0	26,8	0,04
	16:05	6,0	26,0	0,04
15/11/88	8:45	7,0	26,6	0,16
	9:45	7,0	26,6	0,16
	10:45	7,0	26,4	0,32
	11:45	7,0	27,0	0,20
	12:45	7,0	26,0	0,13
	13:45	7,0	27,0	0,13
	14:47	7,0	26,2	0,32
	15:45	7,0	26,2	0,13
16/11/88	8:45	6,5	24,0	0
	9:45	6,5	24,0	0,02
	10:50	6,5	24,2	0,02
	11:50	6,5	24,8	0
	12:45	6,5	25,0	0,02
	13:50	6,0	25,2	0,02
	14:45	6,5	25,0	0,02
	16:00	6,5	25,0	0,02



Tabela 5.7 - Medições nos Tanques - Parâmetros Físico-químicos

Data	pH	T (°C)	Dens. (g/ml)	Sulfetos (mg/l)	SS (mg/l)	O <sub>2</sub> G (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	Fenóis (mg/l)	N.NH <sub>3</sub> (mg/l)	Cl (mg/l)	Turb. (NTU)	S. Sed. (ml/l)
16/11/88	7,01	24,3	1,0550	3,8	282	3	1670	< 0,03	66	45200	52	0,005
17/11/88	6,83	26,7	1,0365	1,82	392	31	2200	1,88	54	29400	40	0,4
5-9		40	-	1,0	-	20	-	0,5	5,0	-	-	1

Tabela 5.8 - Medições nos Tanques - Teores de Metais (mg/l)

Tanque	Data	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Ni	V	Zn
3207	16/11/88	<0,01	0,005	<0,003	<0,03	3,85	<0,006	<0,05	0,500
3239	17/11/88	0,006	0,074	0,020	<0,03	13,6	0,036	<0,05	2,27
LIM		0,2	0,5	1,0	0,5	15,0	2,0	0,05	0,004

*mm*

Tabela 5.9 - Origem das Drenagens

ORIGEM	PERÍODO	VAZÃO (m <sup>3</sup> /h)	DESTINO
TQ 3218	06/11 (13:00h) - 06/11 (14:00h)	460,0	SAO 1
TQ 3207	06/11 (13:00h) - 09/11 (22:00h)	29,6	SAO 1
TQ 3207	10/11 (22:00h) - 13/11 (22:00h)	91,8	SAO 1
TQ 3237	14/11 (02:50h) - 14/11 (15:30h)	73,5	SAO 1
TQ 3237	05/11 (09:00h) - 06/11 (12:00h)	214,0	SAO 4



## 6. RESULTADOS DAS MONITORAÇÕES NO MAR E NAS PRAIAS

### 6.1 Medições in-situ

Em cada ponto de amostragem foram medidos, durante as coletas, os seguintes parâmetros: temperatura (da água e do ar), pH (com papel indicador), transparência com disco Secchi; salinidade e OD (os três últimos são nos pontos do canal). Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 6.1. As letras s e f acompanhado a designação dos pontos, referem-se às amostras de superfície e fundo, respectivamente.

Nesta tabela, enchente indica que o fluxo de água está entrando pelo estreito na sua abertura de sul e vazante indica o fluxo em sentido contrário.

### 6.2 Medições nos Laboratórios do TEBAR

Estas medições compreenderam os parâmetros pH e densidade (à temperatura do laboratório) e seus resultados são listados nas Tabelas 6.1 e 6.2.

Na última coluna da Tabela 6.2 o parâmetro  $\Delta\sigma$  indica a diferença de densidade entre superfície e fundo. Em oceanografia a densidade da água do mar costuma ser indicada pelo parâmetro  $\sigma$ , definido como:

$$\sigma = (\rho - 1) \times 1000 \quad (6.1)$$

sendo  $\rho$  a densidade em g/cm<sup>3</sup>.

Os valores de  $\Delta\sigma$  foram calculados usando os dados do salinômetro (conforme Tabelas 6.1 e 6.2), que acusam a temperatura e a salinidade efetivas das posições das coletas, usando a expressão [9]

$$\sigma = a_{00} + a_{10}T + a_{01}S + a_{20}T^2 + a_{11}ST + a_{02}S^3 + a_{30}S^3 + a_{21}ST^2 + a_{12}S^2T + a_{03}S^3 \quad (6.2)$$

onde os coeficientes  $a_{ij}$  tem os seguintes valores:

$$a_{00} = 8,00969062 \times 10^{-2}$$

$$a_{01} = 7,97018644 \times 10^{-1}$$

$$a_{02} = 1,31710842 \times 10^{-4}$$

$$a_{03} = -6,11831499 \times 10^{-8}$$

$$a_{10} = 5,88194023 \times 10^{-2}$$

$$a_{11} = -3,25310441 \times 10^{-3}$$

$$a_{12} = 2,87971530 \times 10^{-6}$$

$$a_{20} = -8,11465413 \times 10^{-3}$$

$$a_{21} = 3,89187483 \times 10^{-5}$$

$$a_{30} = 4,76600414 \times 10^{-5}$$

### 6.3 Análises Físico-Químicas (CETESB)

A Tabela 6.1 mostra os valores obtidos nestas de terminações.

Os sulfetos, total e solúvel, não foram incluídos por terem sido todos reportados como N.D. (não detectados) pela CETESB.

Os resultados da DBO assinalados com um asterisco (\*) contêm um grau de incerteza causado por o oxigênio ter caído fora da faixa recomendada; a faixa com que a CETESB trabalha é um OD final entre 28% e 86% do OD inicial. Conforme informado verbalmente pela CETESB os valores reais da DBO estão provavelmente abaixo daqueles destacados pelos asteriscos na Tabela 6.1.

### 6.4 Análises de Metais (CNEN)

Os resultados obtidos nestes testes estão organizados na Tabela 6.3.

As sensibilidades dos métodos analíticos variaram entre as duas campanhas, conforme mencionado na Seção 3.4.

Em função da sensibilidade dos métodos empregados na 1ª campanha, os teores detectados ainda ficaram próximos dos limites fixados pela Resolução nº 20 do CONAMA para águas salinas de Classe 5. Em vista disto foram feitos testes comprobatórios a posteriori, utilizando técnicas alternativas, tanto para a concentração como para a dosagem.



No caso do Pb, Ni, Cd e V foi feita a concentração com dietilditiocarbamato de sódio como sequestrante e extração por clorofórmio, previamente à dosagem por plasma induzido (Pb e V) ou absorção atômica (Ni e Cd). Foi feita a redução de um volume de 500 ml para 15 ml (33,3 x).

Foram testadas as amostras A1-F e A10 de 05/01/88, A4-F de 07/01/88, A2-F e A9 de 11/01/88 e A4-F de 12/01/88, tomadas aleatoriamente do universo de amostras colhidas. Foram obtidas em todas elas os seguintes resultados:

Pb < 0,003 mg/l

Ni < 0,003 mg/l

Cd < 0,002 mg/l

V < 0,005 mg/l

Ao Cr o processo acima não se aplica pois este metal não é extraído pelo dietilditiocarbamato. Usou-se então um método instrumental alternativo para a dosagem: a espectrometria de emissão, tendo-se obtido:

Cr < 0,05 mg/l

indicando que os metais pesados se enquadram no critério da Resolução nº 20.

## 6.5 Resumo dos Resultados Analíticos

As Tabelas 6.4 e 6.5 mostram as médias dos resultados obtidos. Foram tiradas médias aritméticas ponto por ponto daqueles parâmetros em que este processo possa ter alguma significação, obtendo-se então um valor representativo da qualidade da água em cada posição monitorada. Nos casos em que os teores ficaram abaixo da sensibilidade do método de medição, usou-se o valor da sensibilidade no cálculo da média; nestas condições obteve-se portanto um resultado médio do lado da segurança.

## 6.6 Condições Hidráulicas e Meteorológicas

Na 2ª campanha, nos dias em que se fez coletas no canal, foram realizados perfis a correntôgrafo para a verificação do comportamento vertical dos parâmetros hidráulicos. Os resultados são mostrados no Apêndice A.3 (Tabela A.3.1).

Também são apresentados no Apêndice A.3 os dados meteorológicos medidos pelo próprio TEBAR nas proximidades do ponto A8. Como foi dito, as condições meteorológicas são as condicionantes principais da circulação no canal. Por este motivo, são listadas, na Tabela A.3.2, as condições prevalentes nos dias das amostragens e nos dias imediatamente anteriores a estas.

## 6.7 Avaliação dos Resultados

a) Temperatura: as temperaturas na 1ª campanha, em função da época do ano, foram todas elevadas. Excetuando as amostras de fundo do ponto A1, ficaram todas entre 26 e 31°C.

As temperaturas próximo às praias são ainda mais altas, como era de se esperar; os máximos foram medidos no ponto A15 que se situa em uma enseada confinada e rasa. No estreito não se notam variações térmicas especiais notáveis. Contudo a faixa global de variação, levando-se em conta que ambas monitorações foram feitas no verão, é notável.

Na 1ª campanha, comumente, a temperatura da água apresentava-se superior à do ar; na 2ª campanha observou-se justamente o inverso.

Na 1ª campanha, gradientes térmicos verticais foram observados no ponto A1, da ordem de 10 a 11°C (em uma distância vertical de ca. 20m). Na 2ª campanha também foram observados gradientes térmicos em A12, se bem que menos intensos.

b) Salinidade: variou em consequência das chuvas. As distribuições horizontais são homogêneas, mas invariavelmente ocorreram variações verticais, de valor médio 0,8‰ na 1ª campanha e 0,6‰ na 2ª campanha. Porém, no já citado ponto A1 a variação foi um pouco maior: 1,5‰ na 1ª campanha e 0,9‰ na 2ª campanha.

c) Oxigênio dissolvido: com exceção do fundo no ponto A1, os teores foram quase sempre acima de 90% da saturação, mostrando uma tendência geral a uma pequena diminuição com a profundidade. O canal está portanto bem oxigenado.

Cumprê ressaltar que o padrão estipulado pela CONAMA/20,  $\geq 6$  mg/l, é questionável. Este valor é próximo à solubilidade do oxigênio em água do mar a 30°C. Além disso, a CONAMA/20 propõe o mesmo padrão de  $\geq 6$  mg/l para águas doces de Classe 3. Os valores levantados no Banco de Dados Oceanográficos da DHN, nos pontos indicados na Figura A.1, estão todos entre 4 e 6 mg/l.

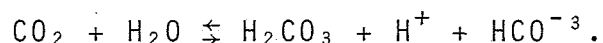
No ponto A1 nota-se novamente uma diferença na qualidade das águas superficiais e profundas, indicando que a camada inferior de água mais fria e salina é mais pobre em oxigênio, como frequentemente ocorre em águas profundas, em consequência do consumo de oxigênio para a oxidação de matéria orgânica morta que precipita ou está contida nos sedimentos. É interessante notar que mesmo as camadas superficiais em A1 são menos oxigenadas (o que é plausível, pois as concentrações tendem a se ajustar de forma a diminuir o gradiente).

d) Transparência: a transparência mostra uma tendência a diminuir ao se caminhar da abertura ao sul do estreito para o centro do canal, passa por um mínimo perto do pier e tende a aumentar novamente no ponto A7. Caminhando-se para qualquer uma das margens a redução da transparência é drástica. Este parâmetro foi influenciado pelas

chuvas na 1ª campanha; nesta ocasião notou-se muito detrito de matéria vegetal boiando no centro do canal e, próximo a Perequê (ponto A12), era conspícua a mancha de sedimentos suspensos causada pelas enxurradas na ilha.

Tomando como referência o comportamento do Ponto A1, que é menos atingido por perturbações antropogênicas na região central do canal, conclui-se que variações da ordem de 40% na transparência (de 7m para 11m) podem ocorrer no espaço de 1 semana (entre 5 e 12/01/88).

e) pH: praticamente todas as amostras estão na faixa de 7,5 a 8,4, que é a faixa habitual do potencial hidrogeniônico da água do mar. Não se observam tendências de variações espaciais; as variações em diferentes dias de amostragem não são muito significativas e podem ser devidas a alterações na calibração do pH-metro. Já as variações verticais, pela sua sistemática persistência, apontam para uma real queda do pH com a profundidade. É ainda mais notável este comportamento em virtude de sua semelhança com o do OD (conforme parágrafo c, acima). Ou seja, em função de processos bioquímicos a maiores profundidades, há um consumo de oxigênio com conseqüente acúmulo de CO<sub>2</sub> que, tendo maior dificuldade de passar para a atmosfera (em comparação com as águas superficiais), provoca um aumento na concentração do íon hidrogênio:



Apenas em uma amostra: ponto A14 no dia 05/01/88, obteve-se um baixo valor, pH = 6,3. Isto provavelmente reflete a influência da descarga do rio Juqueriquerê e/ou da lagoa no local, na ocasião da coleta.

f) Densidade e estratificação ( $\Delta\sigma$ ): a intensidade da estratificação no ponto A1 é notável. Mas os outros pontos também acusam este fenômeno na estrutura vertical. A utilidade de medi-lo pelo parâmetro  $\Delta\sigma$  é possibilitar a avaliação de seu significado em termos de influência sobre jatos boiantes, por intercompração com resultados de outros autores. Por exemplo, Rambow e Hennessy [13], após extensivas medições na baía da Goleta (Santa Monica, Calif.), obtiveram o gráfico de frequências acumuladas de  $\Delta\sigma$  indicado na Figura 6.1. Estes autores consideraram que, pelo fato de se obter em 87% do tempo valores de  $\Delta\sigma > 0,34$ , seria possível tirar partido da estratificação para manter a descarga de efluente confinada ao fundo. (E deve-se acrescentar que as variações de  $\sigma$  eram devidas apenas à temperatura, pois a coluna de água era isohalina). Em projetos de emissários, estratificações da ordem de  $1 < \Delta\sigma < 2$  são consideradas eficientes para a submergência do jato, sendo normalmente obtidas em águas mais profundas ( $> 60\text{m}$ ) e climas temperados [7].

Conclui-se pois, no caso do estreito de São Sebastião que:

- 1) há uma dramática estratificação na extremidade sul do estreito na época do verão;
- 2) esta estratificação ainda persiste dentro do estreito até pelo menos o ponto A7, embora sua intensidade diminua em direção ao norte;
- 3) a estratificação se acentuou nas situações de

vazante e diminuiu na de enchente.

Tem-se que levar em conta que as épocas das amostragens foram particularmente favoráveis à ocorrência de estratificação, pois se congregaram três agentes que a promovem: as precipitações pluviais, a intensidade da insolação a aquecer as águas superficiais e a fraca agitação das águas. Sabe-se, no inverno, as águas no estreito podem ficar muito mais agitadas, enquanto decresce a importância dos outros dois agentes.

g) Cloreto: tendo sido possível utilizar um termo-salinômetro, a informação a ser fornecida por este parâmetro já ficou coberta no canal. A informação adicional a se extrair da clorosidade é a invariância da salinidade entre canal e praias, mesmo perto da descarga do SAO 1 (ponto A9). A clorosidade relativamente baixa exibida pelo ponto A14 no dia 05/01/88 reforça a hipótese da influência das descargas fluviais, tal como havia sido observado na análise do pH (parágrafo e, acima).

h) Sólidos em suspensão: os valores medidos são relativamente altos. Águas oceânicas normalmente possuem concentrações abaixo de 10 mg/l, conquanto regiões costeiras possam exibir valores maiores, principalmente se confinadas ou próximas a desembocaduras [10]. Uma comparação com as Tabelas 5.2 e 5.3 mostra que os teores determinados no mar são da ordem de grandeza (às vezes superiores) aquelas no efluente. Os pontos próximos à costa tendem a mostrar teores maiores, mas as diferenças não são muito marcantes. Contudo, nota-se que o ponto A14, no dia 05/01/88,

acusou um pico de concentração, coerente com os resultados do pH e cloreto. A concentração em A14 (Praia de São Francisco) é também notavelmente elevada.

i) Óleos e graxas: a Resolução Nº 20 do CONAMA determina a ausência virtual de óleos e graxas em águas da Classe 5. Dada a quantificação vaga desta especificação, reportamo-nos à legislação do estado da Califórnia, a qual exige que a concentração de 10 mg/l não seja excedida 50% do tempo e a de 15 mg/l não seja excedida 10% do tempo. Esta restrição é seguramente atendida no canal. Deve ser notado que as concentrações no canal não são tão inferiores em relação àsquelas presentes nos efluentes (Tabela 5.2 e 5.3) como seria de se esperar pelos fatores de diluição. Boa parte dos óleos e graxas no canal deve ser proveniente das atividades portuárias e de navegação. Não se notam concentrações superiores nos pontos próximos à descarga do SAO 1 (ponto A9).

j) Demanda bioquímica de oxigênio: é geralmente observada a exigência de  $DBO_5 < 5$  mg/l fixada pelo CONAMA, com exceção do dia 08/11/88, quando os valores nos pontos de A3 para o norte acusaram entre 6 mg/l e 9 mg/l. Este índice de uma pior qualidade da água em 08/11/88 está coerente com outros indicadores, como será visto e comentado adiante. De uma maneira geral as condições de qualidade da água avaliadas por este parâmetro são bastante uniformes em toda a área monitorada. E especial, o ponto A9 vizinho à descarga do SAO 1, não acusou teores que sobressaissem aos demais.





k) Fenóis: na 1ª campanha não foram detectados em nenhuma das amostras, em qualquer dia ou local. O mesmo não aconteceu na 2ª campanha, quando todos os teores acima do limite de detecção se apresentaram superiores aos limites recomendados. Tal como no caso da  $DBO_5$ , a maior incidência de teores problemáticos ocorreu no dia 07/11/88, os teores diminuindo à medida que se adentra no canal pela extremidade sul. Sobre isto, os teores próximos da praia se apresentaram sistematicamente superiores aos do canal. Mas os valores medidos não podem ser debitados exclusivamente aos efluentes do TEBAR: basta verificar o valor médio nos efluentes (Tabela 8.1), que é de 0,4 mg/l, e ter em conta a diluição no corpo receptor para concluir que não seriam produzidos os valores medidos no canal; em alguns casos obteve-se mesmo teores no canal superiores a 0,4 mg/l.

De acordo com a CETESB estes valores, como de resto todos os resultados suspeitos, foram submetidos ao controle de garantia da qualidade e confirmados. Dúvidas quanto à amostragem (contaminação) sempre podem ficar, em que pese as precauções tomadas, mas um problema desta natureza conduziria a resultados sistematicamente elevados -- o que não ocorreu. Por outro lado podem ser observadas algumas correlações entre o índice de fenóis e outros indicadores de contaminação: a) as amostras com teores altos geralmente (embora nem sempre) foram colhidas perto da margem do lado do continente (pontos A9, A10, A13), isto é: justamente nos locais mais poluídos; b) há uma correlação nos teores de fenol e  $DBO_5$  nas amostras; c) no dia 07/11/88, em que todas amostras acusaram fenol, também todas acusaram N amoniacal (em outros dias a correlação é menos evidente);

d) a correlação entre  $DBO_5$ , fenóis e N amoniacal nas amostras está coerente com a relação aproximadamente constante entre C e N (e P) na matéria orgânica presente em água do mar; e) verifica-se também uma correlação entre o aumento de teores de fenóis e de sólidos em suspensão: ambos aumentaram entre a 1ª e a 2ª campanhas, e se observa nítida correspondência entre estes parâmetros em amostras dos dias 8, 15, 16 e 17/11/88; f) no dia 07/11/88 observaram-se os menores valores da transparência.

ℓ) Nitrogênio amoniacal: apresentou-se muito baixo em todas as amostras. O padrão de qualidade estabelecido pelo CONAMA (Tabela 3.1) estipula um limite máximo para a amônia não ionizável, a espécie tóxica da amônia dissolvida em água. À temperatura de  $30^{\circ}C$  e  $pH = 8,75$  da amônia dissolvida se encontram na forma não ionizada [12]. Assim, tomando-se o máximo teor detectado:  $0,25 \text{ mg/l de N}$  (ponto A9, em 12/01/88), isto corresponde a  $0,25 \times 17 \div 14 = 0,30 \text{ mg/l de } NH_3$ , ou  $0,30 \times 0,075 = 0,023 \text{ mg/l de amônia não ionizável}$ . Conclui-se que a exigência da norma foi sempre satisfeita. É interessante notar que o ponto A9, situado perto da descarga do SAO 1 se sobressaiu aos demais em N amoniacal.

m) Sulfeto total: não foram detectáveis seus teores em quaisquer das amostras colhidas no mar e praias. A limitada sensibilidade do método analítico utilizado já foi discutida na Seção 3.4.

n) Sulfeto solúvel: obviamente, todas as determinações da fração solúvel ficaram ainda mais abaixo do

limite de detecção do método analítico.

o) Turbidez: mostrou a diminuição da transparência com a aproximação da praia, o que não era possível medir com o disco Secchi. Os valores são coerentes com os sólidos em suspensão. O dia 07/01/88, no qual se obteve valores relativamente maiores, coincidiu e foi precedido por precipitações pluviais. De um modo geral todos os valores foram baixos, enquadrando-se folgadoamente nos padrões californianos de < 75 UTS durante 10% do tempo [11]. Os maiores valores corresponderam aos pontos de praia: A13 (São Francisco) e A14 (Caraguatatuba). O ponto A9, próximo à descarga do SAO 1, também exibiu valores mais elevados que o geral, principalmente na 2ª campanha.

p) Metais pesados: destes elementos, o que se apresentou com teores mais elevados no canal foi o ferro. Algumas vezes foi excedido o limite para água de classe 5, que é de 0,3 mg/l. É possível que estes teores tenham alguma relação com as descargas de efluentes do TEBAR pois sabe-se que ocorre ferro nestes rejeitos (conforme Tabela 5.3) e as amostras colhidas no Ponto A9, próximo à descarga de SAO 1, sempre apresentaram concentrações mais elevadas deste metal. Mas pode-se notar que também ocorrem teores elevados em outros pontos próximos às praias: Ponto A11 (Ilha Bela), A13 (São Francisco), A14 (Caraguatatuba) e A15 (Cebimar). Estas ocorrências não podem ser creditadas exclusivamente ao TEBAR e apontam para a existência de outras fontes. Cu, Ni, Cd, Cr e V nunca excedem os limites máximos estabelecidos pelo CONAMA. O limite para Zn e Pb é algumas raras vezes excedido.

Interessantemente, o ponto A6 é o que apresenta os maiores teores de metais pesados no canal, tendo inclusive seu teor médio de Zn excedido o padrão CONAMA (Tabela 6.5). Mas os parâmetros físico-químicos (conforme Tabela 6.4) neste local não se distinguem daqueles de outras áreas. Uma contaminação neste local só poderia ser atribuível a navios que aí ancoram. Os pontos A4, A5 e A7 também acusam teores um pouco mais elevados, tendo o limite para Pb sido excedido em A5 (09/11/88).

Nas praias os teores de metais são em média mais elevados do que no canal como um todo. As contaminações em A9 e A10 são explicáveis por sua proximidade a locais de despejo e de atividade portuária. A13 (São Francisco) também apresenta indícios visíveis de contaminação; mas A15, próximo ao CEBIMAR não apresenta uma situação muito diferente.

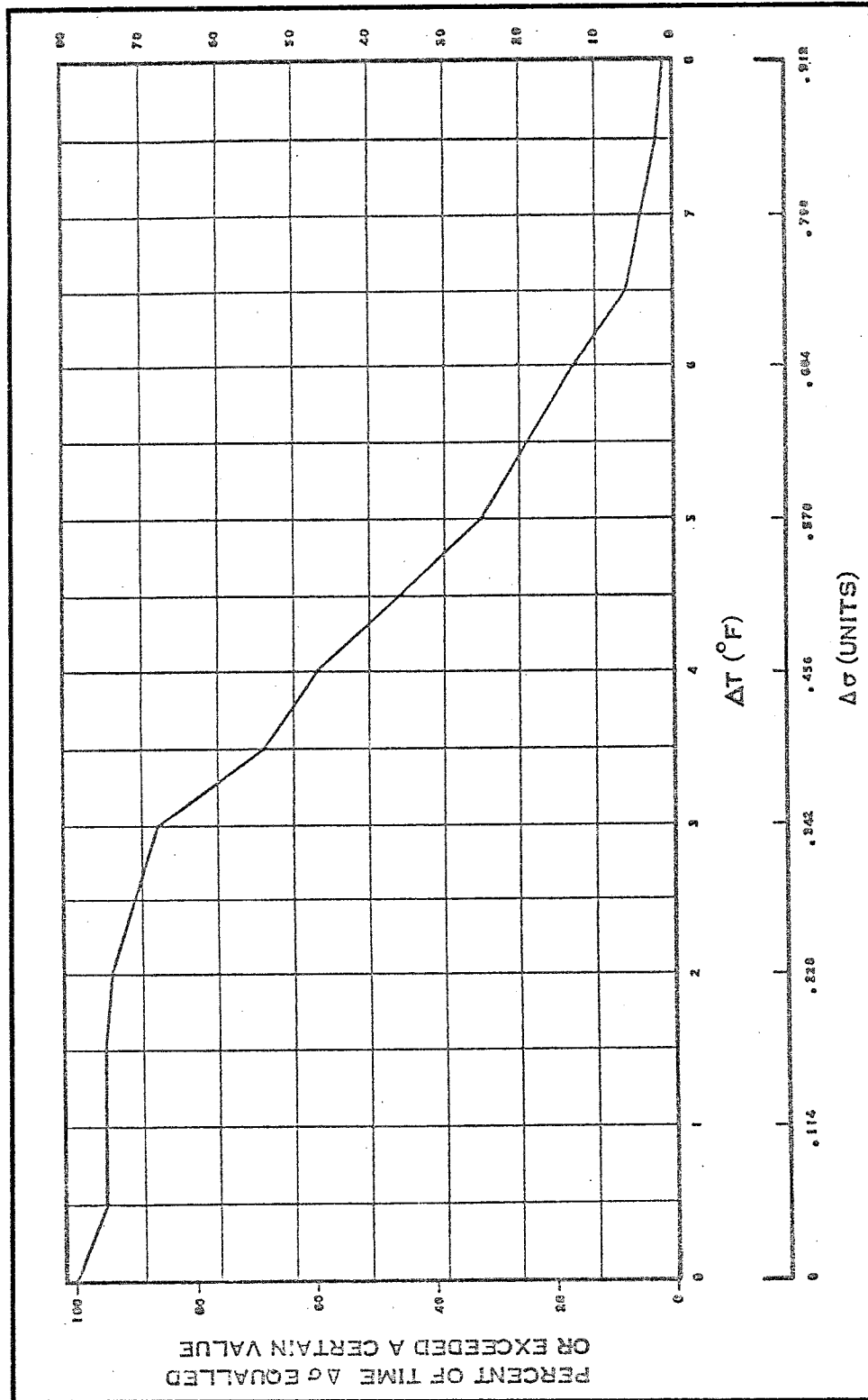


FIG. 6.1 - EXEMPLO DE DISTRIBUIÇÃO ACUMULADA DE  $\Delta\sigma$  (Ref. 13)

TABELA 6.1 -- MEDICÖES NO MAR - PARAMETROS FISICO QUIMICOS

DIA	HORA	PONTO	TAG (C)	SALINIDADE (%)	OD mg/1% SAT	TRANS (m)	PH	CLORETO (mg/1)	SUSPENSÃO (mg/1)	DBO (mg/1)	FENÓIS (mg/1)	NH3 (mg/1)	TURBIDIDADE		
05/01/88	12:02	A1 S	26.5	32.98		7.0	8.13	18135	43	4	<0.001	0.14	1.5		
	11:45	A1 F	17.0	34.35	3.6	44	7.91	18832	35	2	<0.001	0.06	2.1		
	13:15	A2 S	27.5	32.68	6.2	96	8.11	18553	51	4	<0.001	0.13	1.5		
	13:00	A2 F	26.0	33.10	6.3	95	8.11	18414	54	3	<0.001	0.05	2.1		
	14:10	A4 S	27.8	32.73	6.4	100	8.12	18367	47	2	<0.001	0.15	1.5		
	13:50	A4 F	27.5	33.12	6.5	100	8.10	18972	34	8	3	<0.001	0.06	2.9	
	14:50	A7 S	27.0		6.2	96	8.14	17716	39	4	4	<0.001	0.09	1.2	
	14:30	A7 F	26.8	33.0	6.4	98	8.12	19297	26	6	2	<0.001	0.07	2.1	
	15:20	A8	29.0		6.3	100	1.5	8.14	18228	41	8	2	<0.001	0.05	3.6
	11:45	A9	30.8					8.09	18088	74	3	<0.001	0.17	6.7	
	13:30	A10	28.5					8.09	18414	68	5	<0.001	0.09	2.9	
	10:30	A14	29.8					6.29	17809	171	4	<0.001	0.09	7.3	
	14:00	A15	31.2					8.09	18228	70	4	<0.001	0.13	3.2	
	07/01/88	10:45	A1 S	27.3	32.73	6.3	96	8.38	17251	36	6	<0.001	0.09	1.1	
		10:30	A1 F	23.8	33.50	4.6	72	8.20	16740	36	5	<0.001	<0.04	4.9	

TABELA 6.1 - MEDICOES NO MAR - PARAMETROS FISICO QUIMICOS

DIA	HORA	PONTO	TAG (C)	SALINI- DADE (%)	OD mg/1% SAT	TRANS (m)	PH	CLORETO (mg/l)	SOL. SUSP mg/l	DBO mg/l	FENOLIS (mg/l)	N.NH3 mg/IN/UNT	TURBI DEZ
07/01/88	11:35	A2 S	27.6	31.90	6.8	100	8.45	16461	33	8	<0.001	<0.04	1.6
	11:20	A2 F	27.4	32.80	6.6	97	8.09	16461	35	3	<0.001	<0.04	2.2
	12:05	A4 S	28.2	32.31	6.7	100	8.39	16461	26	9	<0.001	<0.04	1.9
	11:50	A4 F	27.4	32.70	6.3	93	8.30	16693	33	11	<0.001	<0.04	4.0
	13:35	A7 S	28.0	31.70	6.8	100	8.31	16507	43	5	<0.001	<0.04	2.5
	13:30	A7 F	27.3	32.71	6.1	91	8.40	16135	29	7	<0.001	0.06	4.2
	11:45	A9	27.3				8.38	15345	28	5	<0.001	0.13	5.0
	11:00	A10	26.5				8.20	16647	41	6	<0.001	<0.04	2.9
	13:50	A11	27.8	31.95	6.8	100	8.20	15903	23	5	<0.001	<0.04	2.6
	14:18	A12	28.0	31.90	6.4	95	8.35	16182	33	3	<0.001	<0.04	4.4
	13:20	A13	27.3				8.45	13950	35	8	<0.001	0.09	15.0
	10:15	A15	27.1				8.22	16786	57	4	<0.001	<0.04	6.0
11/01/88	10:23	A1 S	27.0	32.05	6.4	93	7.80	13877	29	7	<0.001	<0.04	1.6
	10:13	A1 F	16.3	33.72	4.4	53	7.80	21377	26	4	<0.001	<0.04	2.4
	11:20	A2 S	27.2	31.90	6.8	98	8.00	18277	22	4	<0.001	<0.04	1.4

TABELA 6.1 - MEDICOES NO MAR - PARAMETROS FISICO QUIMICOS

DIA	HORA	PONTO	TAG (C)	SALINIDADE (%)	OD mg/1% SAT	TRANS (m)	PH	CLORETO (mg/l)	SOL. SUSP. (mg/l)	DBO (mg/l)	FENDIS (mg/l)	N.NH3 (mg/1N)	TURBID. (DEZ)
11/01/88	11:15	A2 F	26.0	33.06	5.6	182	7.80	11984	34	3	<0.001	<0.04	1.6
	11:55	A4 S	27.2	32.00	6.9	199	8.00	119220	30	6	<0.001	<0.04	1.5
	11:45	A4 F	26.0	33.10	6.0	185	7.82	119445	21	4	<0.001	<0.04	2.2
	13:12	A7 S	27.2	31.80	6.8	100	7.88	118502	21	3	<0.001	<0.04	1.2
	13:02	A7 F	25.8	33.15	6.4	191	7.70	120568	19	4	<0.001	<0.04	2.4
12:14	A8	27.5	32.65	6.3	193	7.95	117425	34	2	4	<0.001	<0.04	2.7
11:10	A9	27.4				8.15	119064	37	2	4	<0.001	<0.04	5.1
11:30	A10	27.0				7.75	118300	35	4	2	<0.001	<0.04	2.0
10:40	A13	28.3				8.10	117559	673	6	4	<0.001	<0.04	4.8
10:00	A14	27.8				8.15	118548	55	4	3	<0.001	<0.04	6.0
14:35	A15	29.8				7.80	119041	23	5	6	<0.001	<0.04	2.3
12/01/88	10:03	A1 S	27.0	32.31	6.5	195	7.95	119535	21	3	<0.001	<0.04	1.2
	09:55	A1 F	16.0	33.85	3.9	147	7.82	117648	24	5	<0.001	<0.04	2.1
	11:00	A2 S	27.0	32.50	6.4	195	7.95	(**)	20	2	<0.001	<0.04	1.1
10:52	A2 F	25.5	33.35	6.1	187	7.60	118121	38	2	4	<0.001	<0.04	1.7



TABELA 6.1 - MEDICÕES NO MAR - PARAMETROS FISICO QUIMICOS

DIA	HORA	PONTO	TAG (C)	SALINIDADE (%)	OD mg/11% SAT	TRANS (m)	PH	CLOROTO (mg/l)	SUSP (mg/l)	DBO (mg/l)	FENOLIS (mg/l)	N.NH3 (mg/l)	TURBIDEZ	
12/01/88	11:29	A4 S	27.4	32.65	6.8	100	7.0	17.82	20344	21	4	2	<0.04	1.6
	11:22	A4 F	26.0	33.35	6.8	96	7.65	(**)	35	3	2	<0.04	1.9	
	12:05	A7 S	27.3	32.39	6.7	99	8.00	19266	23	4	1	<0.04	1.1	
	11:58	A7 F	26.4	33.18	6.9	100	7.45	20433	31	8	1	<0.04	1.5	
	14:30	A9	30.4				7.70	15448	25	2	4	<0.001	0.25	4.2
	15:10	A10	28.2				7.30	18817	34	4	2	<0.001	<0.04	4.0
	12:20	A11	26.8	32.45	6.8	99	7.60	18233	26	1	1	<0.001	<0.04	2.0
	12:41	A12	27.0	32.75	6.6	96	7.25	19939	29	6	2	<0.001	<0.04	1.7
	15:50	A15	30.4				7.60	17379	24	1	2	<0.001	<0.04	2.5
08/11/88	11:07	A1 S	22.1	32.85	5.1	71	6.0	17100	82	<2	2	0.027	0.05	1.0
	10:50	A1 F	19.1	34.16	3.9	51		16800	107	<2	1*	0.022	0.03	2.4
	12:25	A2 S	22.4	32.65	5.6	78	4.75	18200	88	<2	4	0.023	0.01	1.3
	12:15	A2 F	21.0	33.20	5.5	76		17900	75	5	4	0.017	0.01	0.94
	16:10	A3 S	22.8	32.70	5.6	80	3	18800	68	4	7	0.012	0.02	1.0
	16:00	A3 F	20.5	33.40	5.7	76		18500	81	11	8	0.010	0.02	1.5

TABELA 6.1 - MEDICÖES NO MAR - PARAMETROS FISICO QUIMICOS

DIA	HORA	PONTO	TAB (C)	SALINIDADE (%)	OD mg/l	% SAT	TRANS (m)	PH	CLORETO (mg/l)	SUSPENSÃO (mg/l)	DBO (mg/l)	FENÓIS (mg/l)	NH3 (mg/l)	TURBIDIDADE
08/11/88	17:30	A4 S	23.2	32.50	5.3	76	3.5		15900	74	19	0.011	0.02	1.0
	17:15	A4 F	20.6	33.50	4.7	63			17400	91	<2	0.009	0.01	1.3
	16:40	A5 S	23.0	32.65	5.3	76	3.0		16400	82	<2	0.013	0.02	1.4
	16:30	A5 F	20.7	33.45	5.0	67			18400	65	<2	0.009	0.02	2.0
	14:20	A6 S	23.6	32.60	5.4	78	4.0		15300	96	4	0.018	0.02	1.4
	14:05	A6 F	21.0	33.25	5.4	74			19000	1	3	0.010	0.01	1.1
	14:56	A7 S	23.2	32.75	5.4	77	4.8		15800	67	<2	0.018	0.02	0.83
09/11/88	14:50	A7 F	20.5	33.50	5.4	72			14700	84	<2	0.010	0.03	1.0
	13:35	A8	23.8	32.85	5.6	81	2.0		18300	62	4	0.019	0.02	2.2
	15:40	A12	22.4	32.75	5.4	75	3.5		17900	67	<2	0.019	0.01	0.65
	10:15	A1 S	23.8	32.55	6.2	90	5.0	8.27	18600	40	<2	< 0.001	<SENS	1.2
	10:10	A1 F	14.8	33.80	3.8	47		8.26	19400	23	4	0.065	<SENS	1.4
	11:17	A2 S	24.4	32.40	5.3	79	6.0	8.29	18500	6	<2	<0.001	<SENS	0.88
	11:15	A2 F	20.0	33.40	5.0	67		8.26	19300	3	2	1*	<0.001	<SENS
11:50	A3 S	22.8	32.47	5.2	74	6.0	8.27	18800	2	<2	3*	<0.001	<SENS	0.77

TABELA 6.1 - MEDICOES NO MAR - PARAMETROS FISICO QUIMICOS

DIA	HORA	PONTO	TAG (C)	SALINIDADE (%)	OD mg/1% SAT	TRANS (m)	PH	CLORETO (mg/1)	SOL. SUSP (mg/1)	DBO (mg/1)	FENOLIS (mg/1)	N.NH3 (mg/1)	TURBID. DEZ	
09/11/88	11:45	A3 F	20.0	33.63	4.0	54	8.26	19000	37	2*	<0.001	<0.005	0.92	
	15:25	A4 S	24.2	32.19	5.4	79	8.23	18800	4	3*	<0.001	0.01	0.73	
	15:18	A4 F	20.0	33.60	4.2	57	8.21	19000	7	1*	<0.001	0.01	1.0	
	14:50	A5 S	23.1	33.25	5.3	76	8.29	18700	7	1*	0.104	0.01	0.58	
	14:22	A5 F	24.1	32.60	4.3	63	8.27	18900	4	3	<0.001	0.01	1.4	
	13:20	A6 S	24.3	32.42	5.3	79	8.31	18700	4	<2	2*	0.078	<0.005	0.60
	13:14	A6 F	20.6	33.36	5.1	68	8.28	19000	5	3	2*	<0.001	0.01	0.85
	13:45	A7 S	24.4	32.50	5.7	84	8.30	18600	1	<2	2*	<0.001	0.01	1.0
	13:39	A7 F	20.6	33.35	5.1	68	8.30	19100	2	<2	2*	<0.001	0.03	0.86
	12:47	A8	23.6	32.67	5.4	78	8.27	18600	1	<2	2*	0.078	0.01	1.0
	14:50	A12	21.9	33.25	5.6	78	8.27	18900	3	<2	2*	0.065	<0.005	0.50
	10/11/88	10:20	A9	23.8					18700	12	<2	<0.001	0.01	1.4
		09:22	A10	22.2					18700	10	<2	0.078	0.01	2.6
		10:52	A13	23.6					18700	9	<2	<0.001	0.01	1.5
	09:54	A15	23.1					18400	28	<2	<0.001	0.01	1.0	

TABELA 6.1 - MEDICOES NO MAR - PARAMETROS FISICO QUIMICOS

DIA	HORA	PONTO	TAG (C)	SALINIDADE (%)	OD mg/l	SAT (%)	TRANS (m)	PH	CLORETO (mg/l)	SOL. (mg/l)	DBO (mg/l)	FENDIS (mg/l)	N.NH3 (mg/l)	DEZ	TURBI
15/11/88	11:05	A9	24.3						19200	96	<2	2*	0.48	0.02	1.7
	09:57	A10	23.5						19500	88	<2	3*	0.42	0.01	1.1
	11:25	A13	25.6						19600	90	<2	3*	0.060	0.02	1.2
	10:30	A15	24.4						19100	88	<2	3*	0.060	<0.005	0.54
16/11/88	10:03	A1 S	23.0	32.63	5.6	80	6.0	8.20	19500	2	<2	1*	<0.001	<0.005	0.48
	09:55	A1 F	22.8	32.90	4.7	67		8.23	19800	32	<2	1*	<0.001	<0.005	4.0
	11:12	A2 S	23.5	32.67	5.7	82	5.0	8.22	19600	6	28	1*	<0.001	<0.005	0.67
	11:03	A2 F	23.0	32.83	5.3	74		8.23	19600	5	3	1*	<0.001	<0.005	1.1
	11:41	A3 S	23.7	32.79	5.5	79	6.0	8.25	19600	4	<2	1*	<0.001	<0.005	0.63
	11:37	A3 F	23.0	33.02	4.6	66		8.24	19700	71	2	2*	<0.001	<0.005	0.98
	14:59	A4 S	23.7	32.50	5.6	81	5.0	8.27	19400	7	<2	2*	<0.001	<0.005	0.72
	14:54	A4 F	23.0	33.00	5.0	71		8.22	19600	12	<2	2*	<0.001	<0.005	1.5
	14:32	A5 S	23.5	32.69	5.6	81	5.5	8.26	19600	11	<2	3*	<0.001	<0.005	1.0
	14:25	A5 F	23.0	32.82	5.6	80		8.25	19300	21	109	3*	<0.001	<0.005	1.7
	13:38	A6 S	24.0	32.70	5.8	84	5.5	8.22	19400	5	4	3*	<0.001	<0.005	0.78

TABELA 6.1 - MEDICÖES NO MAR - PARAMETROS FISICO QUIMICOS

DIA	HORA	PONTO	TAG (C)	SALINIDADE (%)	DD mg/l	SAT (%)	TRANS (m)	PH	CLORETO (mg/l)	SOL. SUSP. (mg/l)	DBO (mg/l)	FENDIS (mg/l)	N.NH3 (mg/l)	TURBID. (UNT)
16/11/88	13:30	A6 F	23,2	32,95	5,4	77		8,22	19800	14	1*	<0,001	<0,005	0,72
	13:08	A7 S	24,0	32,57	6,0	87	6,5	8,26	19400	5	3*	<0,001	<0,005	1,4
	13:03	A7 F	24,0	33,00	4,8	70		8,26	19600	1	3	1,38	<0,005	0,82
17/11/88	14:04	A8	23,5	32,70	5,9	85	3,5	8,24	20000	96	3	0,12	<0,005	1,80
	12:03	A12	23,2	32,72	5,5	79	4,5	8,22	19600	20	<2	0,074	<0,005	1,30
	11:00	A9	25,2						18700	120	<2	0,074	0,04	22
	09:15	A10	23,5						19000	49	<2	<0,001	0,03	1,3
	10:25	A13	24,4						18800	174	5	0,086	0,02	0,81
	09:50	A15	23,8						19200	7	2	<0,001	0,02	1,1

TABELA 6.2 - MEDICOES NO MAR - DENSIDADE E ESTRATIFICACAO

DIA	PONTO	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	$\Delta\sigma$	
05/01/88	A1 S	1.022	3.65	
	A1 F	1.025		
	A2 S	1.021	0.78	
	A2 F	1.022		
	A4 S	1.021	0.35	
	A4 F	1.026		
	A7 S	1.026		
	A7 F	1.027		
	A8	1.021		
	A9	1.020		
	A10	1.020		
	A14	1.020		
	A15	1.020		
	07/01/88	A1 S	1.023	1.63
		A1 F	1.023	
A2 S		1.022	0.74	
A2 F		1.023		
A4 S		1.023	0.54	
A4 F		1.023		
	A7 S	1.023	0.97	

TABELA 6.2 - MEDICOES NO MAR - DENSIDADE E ESTRATIFICACAO

DIA	PONTO	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	$\Delta\sigma$
07/01/88	A7 F	1.024	
	A9	1.021	
	A10	1.022	
	A11	1.022	
	A12	1.022	
	A13	1.019	
	A15	1.022	
11/01/88	A1 S	1.021	4.18
	A1 F	1.022	
	A2 S	1.021	1.24
	A2 F	1.022	
	A4 S	1.021	1.20
	A4 F	1.021	
	A7 S	1.020	1.44
	A7 F	1.022	
	A8	1.021	
	A9	1.022	
	A10	1.021	
	A13	1.021	
	A14	1.021	

TABELA 6.2 - MEDICÖES NO MAR - DENSIDADE E ESTRATIFICACAO

DIA	PONTO	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	$\Delta\sigma$	
11/01/88	A15	1.021		
12/01/88	A1 S	1.021	4.16	
	A1 F	1.022		
	A2 S	1.021	1.10	
	A2 F	1.022		
	A4 S	1.021	0.96	
	A4 F	1.022		
	A7 S	1.021	0.87	
	A7 F	1.022		
	A9	1.017		
	A10	1.021		
	A11	1.022		
	A12	1.023		
	A15	1.020		
	08/11/88	A1 S		1.69
		A1 F		
A2 S			0.71	
A2 F				
A3 S			0.94	
	A3 F			



TABELA 6.2 - MEDICOES NO MAR - DENSIDADE E ESTRATIFICACAO

DIA	PONTO	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	$\Delta\sigma$
08/11/88	A4 S		1.25
	A4 F		
	A5 S		1.24
	A5 F		
	A6 S		1.32
	A6 F		
	A7 S		1.39
	A7 F		
	A8		
	A12		
09/11/88	A1 S		2.47
	A1 F		
	A2 S		1.31
	A2 F		
	A3 S		1.55
	A3 F		
	A4 S		1.84
	A4 F		
A5 S		0.70	
A5 F			

TABELA 6.2 - MEDICOES NO MAR - DENSIDADE E ESTRATIFICACAO

DIA	PONTO	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	$\Delta\sigma$
09/11/88	A6 S		1.41
	A6 F		
	A7 S		1.62
	A7 F		
	A8		
	A12		
16/11/88	A1 S		0.49
	A1 F		
	A2 S		-0.05
	A2 F		
	A3 S		0.35
	A3 F		
	A4 S		0.55
	A4 F		
	A5 S		0.21
	A5 F		
	A6 S		0.43
	A6 F		
	A7 S		0.64
	A7 F		

TABELA 6.3 - TEORES DE METAIS NA ÁGUA DO MAR

DIA	PONTO	Pb (mg/l)	Ni (mg/l)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Cd (mg/l)	Zn (mg/l)	Cr (mg/l)	V (mg/l)	
05/01/88	A1 S	<0,08	<0,1	0,160	<0,01	<0,02	0,02	<0,1	<0,08	
	A1 F	<0,08	<0,1	0,203	<0,01	<0,02	0,01	<0,1	<0,08	
	A2 S	<0,08	<0,1	0,173	<0,01	<0,02	0,008	<0,1	<0,08	
	A2 F	<0,08	<0,1	0,182	<0,01	<0,02	0,01	<0,1	<0,08	
	A4 S	<0,08	<0,1	0,173	<0,01	<0,02	0,009	<0,1	<0,08	
	A4 F	<0,08	<0,1	0,254	<0,01	<0,02	0,008	<0,1	<0,08	
	A7 S	<0,08	<0,1	0,143	<0,01	<0,02	0,013	<0,1	<0,08	
	A7 F	<0,08	<0,1	0,179	<0,01	<0,02	0,009	<0,1	<0,08	
	A8	<0,08	<0,1	0,301	<0,01	<0,02	0,012	<0,1	<0,08	
	A9	<0,08	<0,1	1,230	<0,01	<0,02	0,04	<0,1	<0,08	
	A10	<0,08	<0,1	0,319	<0,01	<0,02	0,01	<0,1	<0,08	
	A14	<0,08	<0,1	0,714	<0,01	<0,02	0,007	<0,1	<0,08	
	A15	<0,08	<0,1	0,321	<0,01	<0,02	0,02	<0,1	<0,08	
	07/01/88	A1 S	<0,08	<0,1	0,112	<0,01	<0,02	0,009	<0,1	<0,08
		A1 F	<0,08	<0,1	0,387	<0,01	<0,02	0,004	<0,1	<0,08
A2 S		<0,08	<0,1	0,131	<0,01	<0,02	0,006	<0,1	<0,08	
A2 F		<0,08	<0,1	0,173	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08	
A4 S		<0,08	<0,1	0,126	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08	
A4 F		<0,08	<0,1	0,320	<0,01	<0,02	0,007	<0,1	<0,08	
A7 S		<0,08	<0,1	0,140	<0,01	<0,02	0,01	<0,1	<0,08	
A7 F	<0,08	<0,1	0,247	<0,01	<0,02	0,01	<0,1	<0,08		

Cont.:

TABELA 6.3 - (CONTINUAÇÃO)

DIA	PONTO	Pb (mg/l)	Ni (mg/l)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Cd (mg/l)	Zn (mg/l)	Cr (mg/l)	V (mg/l)	
07/01/88	A9	<0,08	<0,1	0,459	<0,01	<0,02	0,02	<0,1	<0,08	
	A10	<0,08	<0,1	0,197	<0,01	<0,02	0,01	<0,1	<0,08	
	A11	<0,05	<0,5	0,200	<0,10	<0,2	<0,20	<0,3	<0,08	
	A12	<0,08	<0,1	0,189	<0,01	<0,02	0,008	<0,1	<0,08	
	A13	<0,08	<0,1	0,792	<0,01	<0,02	0,005	<0,1	<0,08	
	A15	<0,08	<0,1	0,740	<0,01	<0,02	0,008	<0,1	<0,08	
	11/01/88	A1 S	<0,08	<0,1	0,098	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08
		A1 F	<0,08	<0,1	0,194	<0,01	<0,02	0,004	<0,1	<0,08
		A2 S	<0,08	<0,1	0,115	<0,01	<0,02	0,006	<0,1	<0,08
		A2 F	<0,08	<0,1	0,166	<0,01	<0,02	0,005	<0,1	<0,08
		A4 S	<0,08	<0,1	0,138	<0,01	<0,02	0,005	<0,1	<0,08
		A4 F	<0,08	<0,1	0,193	<0,01	<0,02	0,01	<0,1	<0,08
		A7 S	<0,08	<0,1	0,143	<0,01	<0,02	0,01	<0,1	<0,08
		A7 F	<0,08	<0,1	0,191	<0,01	<0,02	0,01	<0,1	<0,08
		A8	<0,08	<0,1	0,315	<0,01	<0,02	0,02	<0,1	<0,08
A9		<0,08	<0,1	0,800	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08	
A10	<0,08	<0,1	0,258	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08		
A13	<0,08	<0,1	0,320	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08		
A14	<0,08	<0,1	1,850	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08		
A15	<0,08	<0,1	0,242	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08		

Cont.:

TABELA 6.3 - (CONTINUAÇÃO)

DIA	PONTO	Pb (mg/l)	Ni (mg/l)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Cd (mg/l)	Zn (mg/l)	Cr (mg/l)	V (mg/l)
12/01/88	A1 S	<0,08	<0,1	0,120	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08
	A1 F	<0,08	<0,1	0,226	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08
	A2 S	<0,08	<0,1	0,121	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08
	A2 F	<0,08	<0,1	0,161	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08
	A4 S	<0,08	<0,1	0,122	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08
	A4 F	<0,08	<0,1	0,197	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08
	A7 S	<0,08	<0,1	0,101	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08
	A7 F	<0,08	<0,1	0,134	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08
	A9	<0,08	<0,1	0,421	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08
	A10	<0,08	<0,1	0,127	<0,01	<0,02	0,19	<0,1	<0,08
	A11	<0,08	<0,1	0,985	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08
	A12	<0,08	<0,1	0,127	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08
	A15	<0,08	<0,1	0,331	<0,01	<0,02	<0,004	<0,1	<0,08

OBS: Ni, Cd e Cr por absorção atômica; os demais metais, por plasma induzido.

TABELA 6.3 - (CONTINUAÇÃO)

DIA	PONTO	Pb (mg/l)	Ni (mg/l)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Cd (mg/l)	Zn (mg/l)	Cr (mg/l)	V (mg/l)
08/11/88	A1 S	<0,004	<0,006	0,100	<0,003	<0,001	0,033	<0,04	<0,1
	A1 F	<0,004	<0,006	0,152	<0,003	<0,001	0,032	<0,04	<0,1
	A2 S	<0,004	<0,006	0,097	<0,003	<0,001	0,063	<0,04	<0,1
	A2 F	<0,004	<0,006	0,099	<0,003	<0,001	0,027	<0,04	<0,1
	A3 S	0,005	<0,006	0,126	<0,003	<0,001	0,045	<0,04	<0,1
	A3 F	0,007	0,015	0,153	<0,003	<0,001	0,030	<0,04	<0,1
	A4 S	<0,004	0,009	0,141	<0,003	<0,001	0,033	<0,04	<0,1
	A4 F	<0,004	<0,006	0,211	<0,003	0,002	0,044	<0,04	<0,1
	A5 S	0,004	<0,006	0,109	<0,003	<0,001	0,026	<0,04	<0,1
	A5 F	<0,004	<0,006	0,218	<0,003	<0,001	0,025	<0,04	<0,1
	A6 S	<0,004	<0,006	0,115	<0,003	<0,001	0,018	<0,04	<0,1
	A6 F	<0,004	0,009	0,070	0,007	0,002	0,835	<0,04	<0,1
09/11/88	A7 S	<0,004	0,009	0,075	<0,003	<0,001	0,031	<0,04	<0,1
	A7 F	<0,004	0,009	0,120	<0,003	<0,001	0,036	<0,04	<0,1
	A8	<0,004	0,009	0,269	<0,003	<0,001	0,040	<0,04	<0,1
	A12	<0,004	<0,006	0,052	0,011	<0,001	0,024	<0,04	<0,1
	A1 S	<0,004	<0,006	0,100	<0,003	<0,001	0,033	<0,04	<0,1
	A1 F	<0,004	<0,006	0,152	<0,003	<0,001	0,032	<0,04	<0,1
	A2 S	0,005	<0,006	0,087	<0,003	<0,001	0,037	<0,04	<0,1
	A2 F	<0,004	<0,006	0,042	<0,003	<0,001	0,020	<0,04	<0,1
	A3 S	0,005	<0,006	0,071	<0,003	<0,001	0,058	<0,04	<0,1

Cont.:

TABELA 6.3 - (CONTINUAÇÃO)

DIA	PONTO	Pb (mg/l)	Ni (mg/l)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Cd (mg/l)	Zn (mg/l)	Cr (mg/l)	V (mg/l)
09/11/88	A3 F	<0,004	<0,006	0,083	<0,003	<0,001	0,020	<0,04	<0,1
	A4 S	<0,004	<0,006	0,048	<0,003	<0,001	0,025	<0,04	<0,1
	A4 F	0,008	<0,006	0,092	<0,003	<0,001	0,039	<0,04	<0,1
	A5 S	0,024	<0,006	0,043	<0,003	<0,001	0,026	<0,04	<0,1
	A5 F	<0,004	<0,006	0,408	<0,003	<0,001	0,038	<0,04	<0,1
	A6 S	<0,004	<0,006	0,077	0,014	<0,001	0,099	<0,04	<0,1
	A6 F	0,012	<0,006	0,051	<0,003	0,002	0,169	<0,04	<0,1
	A7 S	<0,004	<0,006	0,038	<0,003	<0,001	0,022	<0,04	<0,1
	A7 F	0,004	<0,006	0,093	<0,003	<0,001	0,025	<0,04	<0,1
	A8	<0,004	<0,006	0,078	<0,003	<0,001	0,040	<0,04	<0,1
10/11/88	A12	<0,004	<0,006	0,034	<0,003	<0,001	0,022	<0,04	<0,1
	A9	<0,004	<0,006	0,280	<0,003	<0,001	0,085	<0,04	<0,1
	A10	<0,004	<0,006	0,184	<0,003	<0,001	0,034	<0,04	<0,1
	A13	<0,004	<0,006	0,233	<0,003	<0,001	0,026	<0,04	<0,1
	A15	0,005	<0,006	0,112	0,009	<0,001	0,184	<0,04	<0,1
15/11/88	A9	<0,004	<0,006	0,212	<0,003	<0,001	0,043	<0,04	<0,1
	A10	0,005	<0,006	0,149	<0,003	<0,001	0,022	<0,04	<0,1
	A13	0,005	<0,009	0,179	<0,003	<0,001	0,026	<0,04	<0,1
	A15	<0,004	<0,012	0,096	<0,003	<0,001	0,021	<0,04	<0,1

TABELA 6.3 - (CONTINUAÇÃO)

DIA	PONTO	Pb (mg/l)	Ni (mg/l)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Cd (mg/l)	Zn (mg/l)	Cr (mg/l)	V (mg/l)
16/11/88	A1 S	<0,004	<0,006	0,053	<0,003	<0,001	0,041	<0,04	<0,1
	A1 F	0,008	<0,006	0,861	<0,003	<0,001	0,025	<0,04	<0,1
	A2 S	0,004	<0,006	0,090	0,004	<0,001	0,059	<0,04	<0,1
	A2 F	<0,004	<0,006	0,072	0,004	<0,001	0,018	<0,04	<0,1
	A3 S	<0,004	<0,006	0,041	<0,003	<0,001	0,076	<0,04	<0,1
	A3 F	<0,004	<0,006	0,067	<0,003	<0,001	0,013	<0,04	<0,1
	A4 S	<0,004	<0,006	0,169	<0,003	<0,001	0,024	<0,04	<0,1
	A4 F	<0,004	<0,006	0,067	<0,003	<0,001	0,007	<0,04	<0,1
	A5 S	<0,004	<0,006	0,056	<0,003	<0,001	0,018	<0,04	<0,1
	A5 F	<0,004	<0,006	0,173	<0,003	<0,001	0,018	<0,04	<0,1
	A6 S	0,004	<0,006	0,063	<0,003	<0,001	0,018	<0,04	<0,1
	A6 F	<0,004	<0,006	0,098	<0,003	<0,001	0,018	<0,04	<0,1
17/11/88	A7 S	<0,004	<0,006	0,045	<0,003	<0,001	0,017	<0,04	<0,1
	A7 F	<0,004	<0,006	0,052	<0,003	<0,001	0,025	<0,04	<0,1
	A8	<0,004	<0,006	0,159	<0,003	<0,001	0,020	<0,04	<0,1
	A12	<0,004	<0,006	0,048	<0,003	<0,001	0,018	<0,04	<0,1
	A9	0,009	<0,006	3,89	0,004	<0,001	0,044	<0,04	<0,1
	A10	0,005	<0,006	0,192	<0,003	<0,001	0,028	<0,04	<0,1
	A13	0,007	<0,009	2,11	0,007	<0,001	0,050	<0,04	<0,1
	A15	0,005	<0,006	0,097	0,010	<0,001	0,087	<0,04	<0,1



TABELA 6.4 - Quadro Resumo - Média dos Parâmetros Físico-Químicos

PONTO	OD (mg/l)	Transp (m)	$\Delta\sigma$	pH	S.S. (mg/l)	O&G (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	Fenóis (mg/l)	N.NHz (mg/l)	Cloretos (mg/l)	Turbidez (UNT)	T (°C)
LIM	6,0	-	-	5-9	-	V.A.*	5	0,001	0,4	-	-	-
SENS	-	-	-	-	1,0	2	1	0,001	0,005	-	0,05	-
11S	6,1	7,5	2,61	8,12	36	3	3	0,004	0,05	17700	1,2	25,2
11F	4,0			8,04	41	3	2	0,012	0,02	18600	2,8	18,5
12S	6,0	6,5	0,83	8,10	37	7	3	0,003	0,03	18300	1,2	25,7
12F	5,8			8,02	40	4	2	0,002	0,02	18500	1,5	24,1
13S	5,4	5,0	0,95	8,26	25	3	4	0,002	0,01	19100	0,8	23,1
13F	4,8			8,26	63	5	4	0,001	0,02	19100	1,1	21,2
14S	6,0	5,5	0,96	8,14	30	4	4	0,002	0,01	18400	1,3	26,0
14F	5,3			8,05	33	4	3	0,001	0,00	18500	2,1	24,4
15S	5,4	5,0	0,72	8,28	45	3	3	0,018	0,06	18200	1,0	23,2
15F	5,0			8,27	30	38	4	0,001	0,01	18900	1,7	22,6
16S	5,5	6,0	1,05	8,27	35	3	4	0,014	0,01	17800	0,9	24,0
16F	5,3			8,25	7	2	3	0,001	0,01	19300	0,9	22,1
17S	6,2	7,0	1,16	8,15	28	3	3	0,003	0,03	18000	1,3	25,9
17F	6,1			8,04	27	4	3	0,199	0,03	18500	1,8	24,5
18	5,8	2,0		8,15	47	3	3	0,031	0,02	18500	2,3	25,5

continua ...

ntinuação Tabela 6.4.

POSTO	OD (mg/ℓ)	Transp (m)	$\Delta\sigma$	pH	S.S. (mg/ℓ)	O&G (mg/ℓ)	DBO <sub>5</sub> (mg/ℓ)	Fenóis (mg/ℓ)	N.NHZ (mg/ℓ)	Cloretos (mg/ℓ)	Turbidez (UNT)	T (°C)
LIM	6,0	-	-	5-9	-	V.A.*	5	0,001	0,4	-	-	-
SENS	-	-	-	-	1,0	2	1	0,001	0,005	-	0,05	-
A9				8,08	56	2	3	0,079	0,09	17800	6,6	27,0
A10				7,84	46	3	3	0,011	0,03	18500	2,4	25,6
A11				7,86	25	3	2	<0,001	0,02	17100	2,3	27,3
A12				8,02	30	3	3	0,023	0,01	18500	1,7	24,3
A13				8,28	196	4	4	0,021	0,03	17700	4,7	25,8
A14				7,22	113	4	3	<0,001	0,06	18200	6,7	26,7
A15				7,93	42	3	3	0,009	0,03	18300	2,4	27,1
DIA	5,5	6,0	1,18	8,07	47	3	3	0,019	0,03	18300	2,2	24,5
RIACÃO	3,8	1,5	-0,05	6,29	1	<1	1	<0,001	<0,005	13700	0,48	31,2
	6,9	11,0	3,65	8,45	673	109	9	1,38	0,25	21400	22	14,8

V.A. = virtualmente ausente.

TABELA 6.5 - Quadro Resumo - Média dos Teores de Metais Pesados

PONTO	Pb (mg/ℓ)	Ni (mg/ℓ)	Fe (mg/ℓ)	Cu (mg/ℓ)	Cd (mg/ℓ)	Zn (mg/ℓ)	Cr (mg/ℓ)	V (mg/ℓ)
LIM	0,01	0,1	0,3	0,05	0,005	0,17	0,05	-
SENS	0,004	0,006	0,002	0,003	0,001	0,004	0,04	0,1
A1S	< 0,004	< 0,006	0,106	< 0,003	< 0,001	0,017	< 0,04	< 0,1
A1F	< 0,004	< 0,006	0,311	< 0,003	< 0,001	0,016	< 0,04	< 0,1
A2S	< 0,004	< 0,006	0,116	0,003	< 0,001	0,026	< 0,04	< 0,1
A2F	< 0,004	< 0,006	0,128	0,003	< 0,001	0,013	< 0,04	< 0,1
A3S	0,005	< 0,006	0,079	< 0,003	0,001	0,060	< 0,004	< 0,1
A3F	0,005	0,009	0,101	< 0,003	< 0,001	0,021	< 0,04	< 0,1
A4S	< 0,004	0,007	0,131	< 0,003	< 0,001	0,015	< 0,04	< 0,1
A4F	0,005	< 0,006	0,191	< 0,003	0,001	0,015	< 0,04	< 0,1
A5S	0,011	< 0,006	0,069	< 0,003	< 0,001	0,023	< 0,04	< 0,1
A5F	< 0,004	< 0,006	0,266	< 0,003	< 0,001	0,027	< 0,04	< 0,1
A6S	< 0,004	< 0,006	0,085	0,007	< 0,001	0,048	< 0,04	< 0,1
A6F	0,007	0,007	0,073	0,004	0,002	0,341	< 0,04	0,1
A7S	< 0,004	0,007	0,098	< 0,003	< 0,001	0,015	< 0,04	< 0,1
A7F	< 0,004	0,007	0,145	< 0,003	< 0,001	0,017	< 0,04	< 0,1
A8	< 0,004	0,007	0,224	< 0,003	< 0,001	0,026	< 0,04	< 0,1

continuação Tabela 6.5.

PONTO	Pb (mg/ℓ)	Ni (mg/ℓ)	Fe (mg/ℓ)	Cu (mg/ℓ)	Cd (mg/ℓ)	Zn (mg/ℓ)	Cr (mg/ℓ)	V (mg/ℓ)
LIM	0,01	0,1	0,3	0,05	0,005	0,17	0,05	-
SENS	0,004	0,006	0,002	0,003	0,001	0,004	0,04	0,1
A9	0,005	< 0,006	1,042	0,003	< 0,001	0,034	< 0,04	< 0,1
A10	0,005	< 0,006	0,204	< 0,003	< 0,001	0,043	< 0,04	< 0,1
A11	< 0,004	< 0,006	0,593	< 0,003	< 0,001	< 0,004	< 0,04	< 0,1
A12	< 0,004	< 0,006	0,090	0,006	< 0,001	0,015	< 0,04	< 0,1
A13	0,005	0,008	0,727	0,004	< 0,001	0,022	< 0,04	< 0,1
A14	< 0,004	< 0,006	1,282	< 0,003	< 0,001	0,006	< 0,04	< 0,1
A15	0,005	0,008	0,277	0,007	< 0,001	0,024	< 0,04	< 0,1
MÉDIA	0,005	0,007	0,288	0,003	< 0,001	0,038	< 0,04	< 0,1
VARIAÇÃO	< 0,004	< 0,006	0,034	< 0,003	< 0,001	< 0,004	< 0,04	< 0,1
	0,024	0,012	3,89	0,014	0,002	0,835	< 0,04	< 0,1

## 7. PADRÃO GERAL DA QUALIDADE DA ÁGUA

As águas do canal de São Sebastião já se encontram contaminadas por uma série de atividades praticadas na região com destaque para o transporte e atividades portuárias e para as descargas de esgotos domésticos e industriais. Tal contaminação no entanto não deteriorou a qualidade da água no canal, já que os padrões para água de Classe 5 (Águas Salinas) estipulados pelo CONAMA (conforme Tabela 4.1) são em geral obedecidos, fora alguns poucos parâmetros, em determinados locais e em alguns dias.

A introdução da descarga via emissário, por si, não alterará a taxa global de alimentação do canal por contaminantes (esta será minimizada com as alterações planejadas nos controles dentro do TEBAR). A função do emissário é afastar a descarga das praias e despejá-lo em um local com mais condições de rápida dispersão, arraste e renovação. As diferenças serão mais sentidas nos pontos próximos à atual e à futura descarga. Espera-se portanto um benefício para a qualidade da água próximo às praias do lado do continente.

No entanto, estas primeiras monitorações vieram mostrar que algumas destas águas já estão sujeitas a contaminação, que dificilmente pode ser atribuída ao descarrete: assim as águas na praia de São Francisco e em Caraguatatuba exibiram valores de alguns parâmetros mais desfavoráveis do que na praia do Porto Grande ou de São Sebastião, onde estão atualmente sendo lançados os efluentes do SAO 1 e do SAO 4, respectivamente. Exemplos destes pa

parâmetros são o pH, sólidos em suspensão e turbidez. Por outro lado, o ponto A9 (descarga do SA0 1) indicou maiores teores de nitrogênio amoniacal. Os valores de grande parte dos parâmetros são muito baixos para realçar distinções.

As variações espaciais, ao longo do canal, ou temporais, em pontos fixos, são também muito atenuadas. Somente é possível notar variações entre o centro do canal e os pontos próximos à costa, mas esta é uma tendência natural mesmo sem interferências humanas.

O dado mais importante e que mais acentuadamente quebra a rotina de homogeneidade característica dos outros parâmetros é a ocorrência de uma estrutura vertical estratificada principalmente no verão, que se acentua em direção à abertura Sul do canal. As variações intensas na salinidade e, principalmente, temperatura conduziram a vigorosas diferenças entre as densidades na superfície e fundo ( $\Delta\sigma$ ); notadamente no Ponto A1. As variações de verão nos demais pontos do canal estão plotadas na Figura 7.1.

Nota-se que no Ponto A4, onde será instalado o emissário, a estratificação está tendendo para um valor mínimo, mas ainda existe.

Não discutiremos as causas ou o padrão do comportamento de  $\Delta\sigma$ . O número de medições não é suficientemente grande. Por outro lado uma explicação bem embasada requereria uma análise de dados hidráulicos e meteorológicos

cos, que foge do escopo proposto. A ressurgência, provocada pelo afastamento das camadas superficiais controladas pelo vento, e o conseqüente aporte de águas mais profundas, certamente exerce uma influência determinante neste processo.

Os padrões da variação dos gradientes verticais do OD e do pH ao longo do canal são plotados nas Figuras 7.2 e 7.3. O comportamento do gradiente do OD é bem semelhante ao do  $\Delta\sigma$ . Já o gradiente do pH pode ser considerado praticamente constante, com oscilações em torno de um valor médio, possivelmente devidas à precisão do método analítico.

Em conclusão:

a) a qualidade da água em geral ainda se apresenta conforme os requisitos do CONAMA; contudo, alguns parâmetros, em certos locais e em determinadas ocasiões, já acusam teores comprometedores;

b) portanto, medidas mitigadoras da pressão sobre o ecossistema (o emissário é uma delas) já se fazem necessárias;

c) um levantamento minucioso visando a definição precisa do atual cenário da poluição do canal é recomendável -- o presente estudo propõe-se tão somente a avaliar as condições pré-operacionais na região de influência do emissário projetado, para ter-se uma base de avaliação de seu desempenho.



Um estudo mais detalhado visando definir mais precisamente o estado da qualidade ambiental no canal (e não somente o impacto das atividades do TEBAR, objeto do presente trabalho) deveria em princípio contemplar:

- rede de amostragem mais fechada, priorizando pontos de coleta nas praias, em ambos os lados;
- maior frequência de coletas (de preferência trimestral) cobrindo todo o ciclo climatológico e hidrológico anual;
- medições hidráulicas (correntes, perfis de salinidade e temperatura) e meteorológicas (ventos, precipitações);
- determinação de índices de poluição de esgotos (coliformes);
- levantamentos da biota e de índices de diversidade;
- determinação de incorporação de contaminantes pela biota e sedimento.

Além do equacionamento do sistema de descarte dos efluentes do TEBAR (tratamento e emissário), outras medidas necessárias para mitigar a poluição das águas são o controle das manobras e despejos dos navios que operam ou ancoram no canal, o controle das operações portuárias tanto no pier petroleiro como no porto e marinas, o controle



dos despejos de esgotos domésticos e águas pluviais e o controle da ocupação da orla marítima.

A discussão de tais providências não faz parte do escopo deste trabalho. Não obstante é preciso ter em vista que o ataque tão somente da questão do descarte de efluentes do TEBAR não será suficiente para solucionar os problemas de poluição do Canal de São Sebastião.

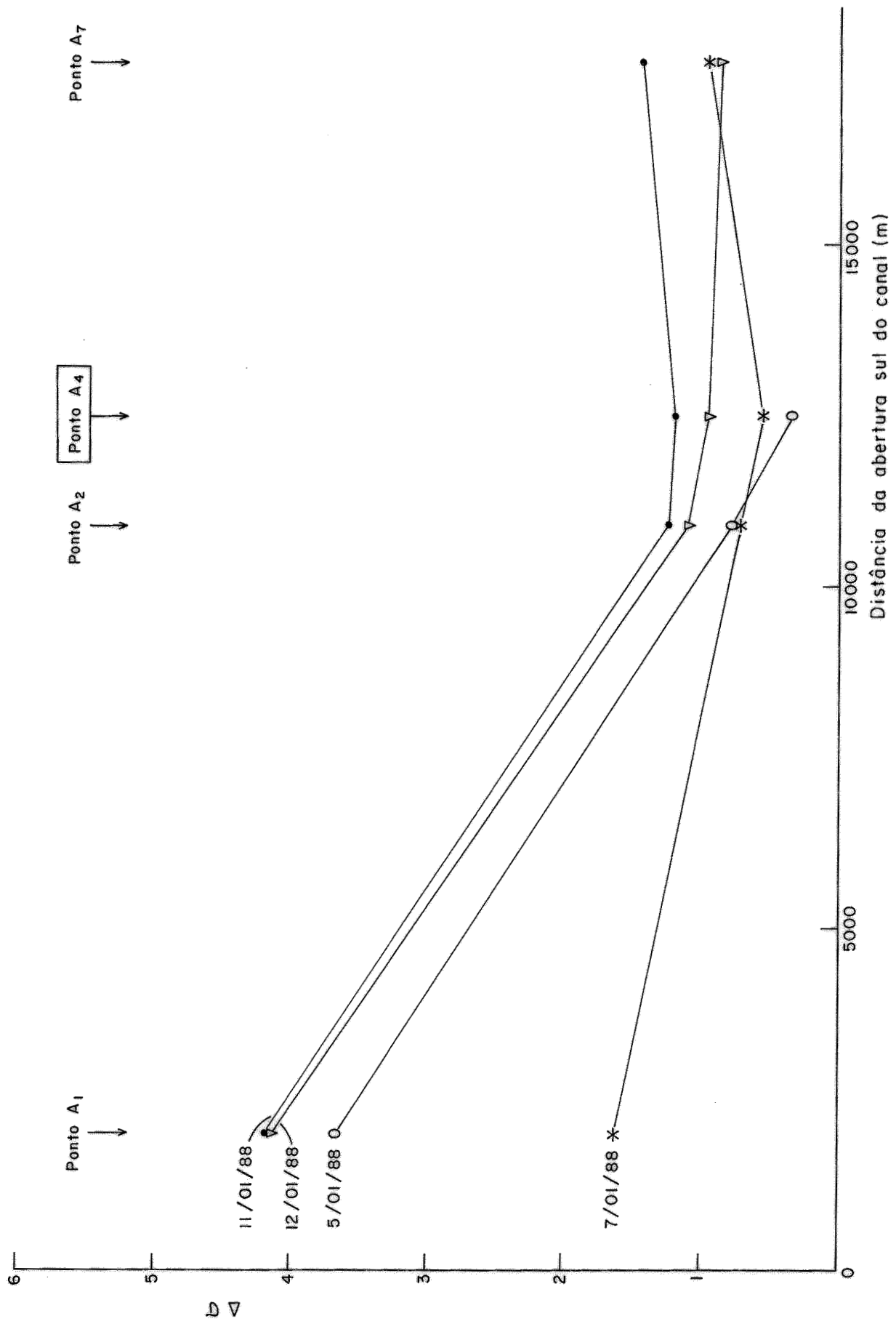


FIG. 7.1 - VARIAÇÃO DO GRADIENTE DE ESTRATIFICAÇÃO  $\Delta\sigma$  AO LONGO DO CANAL

*Handwritten signature*

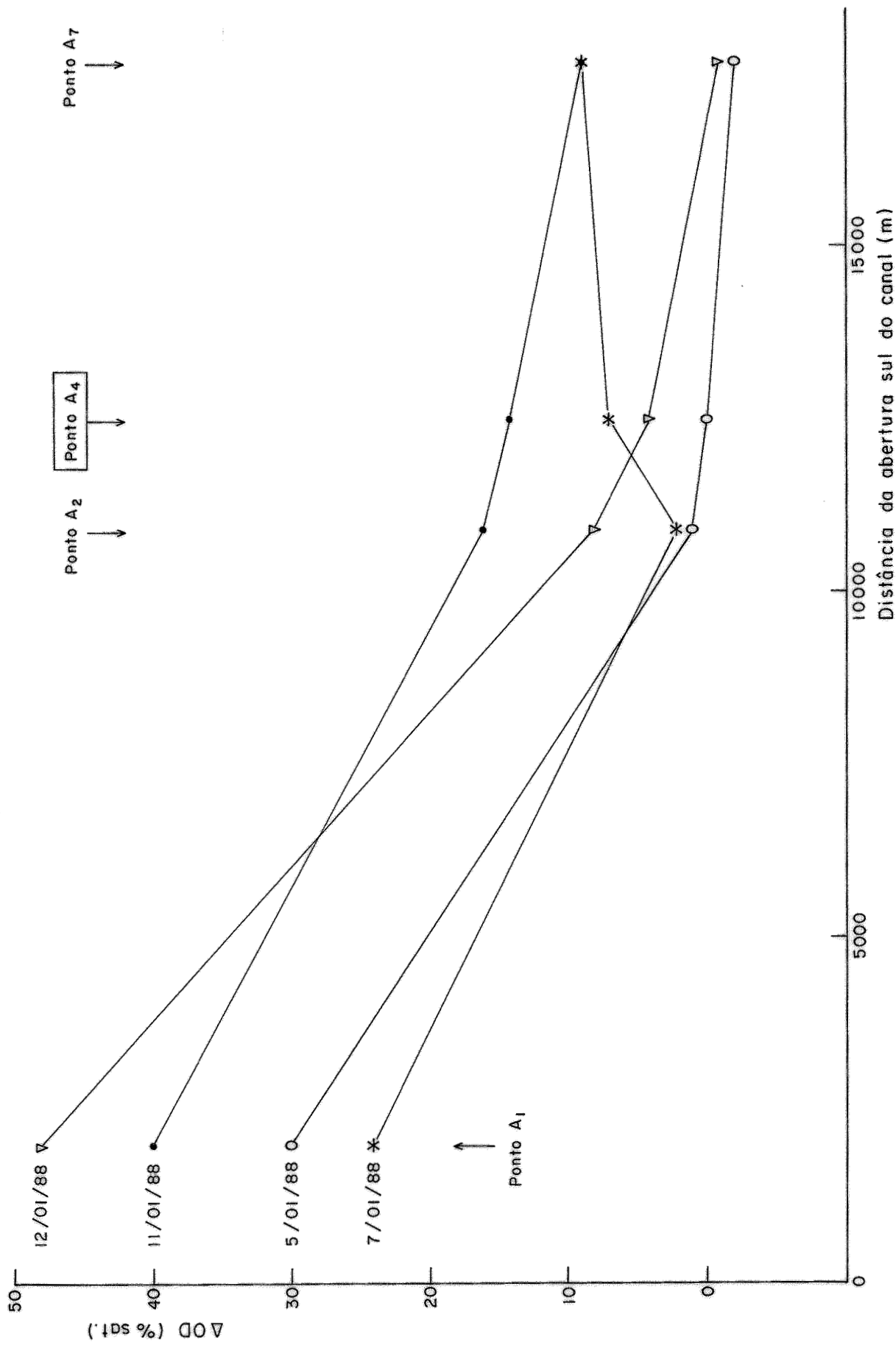


FIG. 7.2 - VARIAÇÃO DO GRADIENTE DE OD AO LONGO DO CANAL

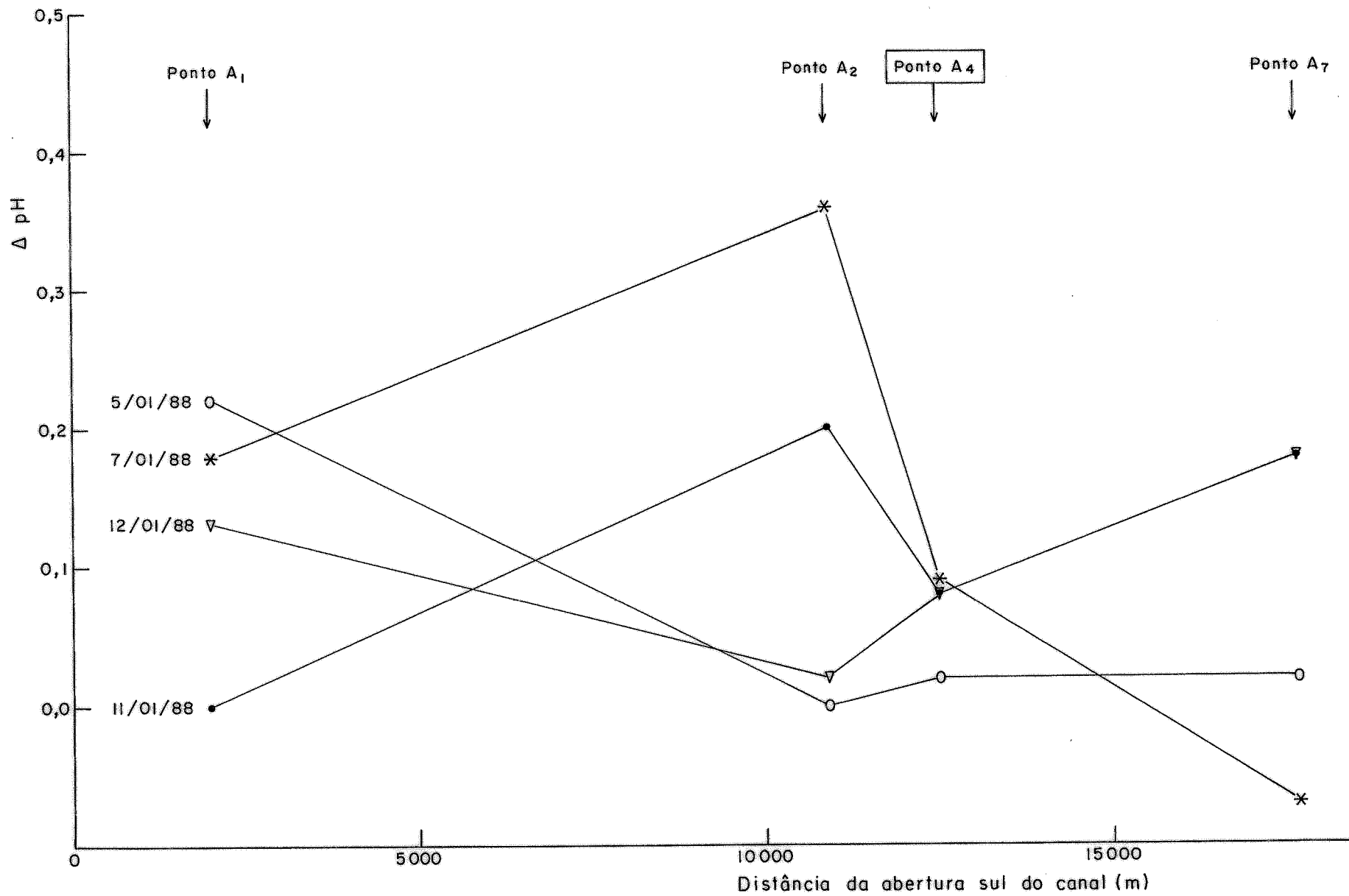


FIG. 7.3 - VARIAÇÃO DO GRADIENTE DO pH AO LONGO DO CANAL

## 8. AVALIAÇÃO DAS BASES DE CÁLCULO DO EMISSÁRIO

No Projeto Básico do Emissário, preparado pelo CDTN/CNEN [1,2] havia sido utilizada uma listagem de teores representativos dos constituintes do efluente como base para os cálculos da diluição necessária e, em consequência, do dimensionamento e do posicionamento do difusor. Esta listagem foi fornecida pela DESEMA/PETROBRÁS ao CDTN, tendo sido preparada com base em informações e experiência prévia sobre os efluentes.

No entanto, um dos objetivos principais da monitoração contratada com o CDTN foi a verificação dos teores dos efluentes nas condições atuais de operação do TEBAR, para a validação da base de cálculo.

Dadas as frequentes e notáveis variações nos caudais efluentes, tanto em qualidade como em quantidade, optou-se por uma comparação da base de cálculo com alguns parâmetros estatísticos elementares do efluente: média, valores extremos e qualificação destes por um desvio padrão relativo. Esta comparação está organizada na Tabela 8.1.

Na última coluna da Tabela 8.1 está indicado o desvio padrão relativo, em termos percentuais, de cada parâmetro monitorado. Ou seja, normaliza-se o desvio padrão de todos os valores determinados para cada parâmetro pelas respectivas médias (e multiplicou-se o resultado por 100):

$$\mu = \frac{\sum x_i}{N}$$

$$\frac{\sigma}{\mu} (\%) = \frac{1}{\mu} \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N - 1}} \times 100$$

Isto possibilita uma avaliação quantitativa do grau de variabilidade dos parâmetros do efluente.

Do acima exposto, conclui-se que:

a) Os valores usados como base de cálculo do emissário (coluna 1), foram razoáveis. Grande parte caiu sobre os valores máximo e mínimo observados na monitoração. Na maioria dos casos os valores base de projeto são superiores aos medidos, isto é: foram conservativos.

b) A magnitude da variabilidade  $\sigma/\mu$  difere entre os vários parâmetros. Pode-se classificá-los em:

pouco variáveis ( $\sigma/\mu \approx 10\%$ ): pH, temperatura

muito variáveis ( $\sigma/\mu \approx 100\%$ ): sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão, óleos e graxas, fenóis, nitrogênio amoniacal, salinidade, turbidez

extremamente variáveis ( $\sigma/\mu \approx 150\%$  ou mais): DBO e sulfetos.

TABELA 8.1 - Comparação entre os Teores da Base de Cálculo e das Amostras Extremas dos Efluentes

PARÂMETRO	BASE DE CÁLCULO	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	$\frac{\sigma}{\mu}$ (%)
pH	7,5	7,0	6,3	8,1	6
Temperatura (°C)	26	26,3	20,4	33,0	12
Sólidos sedimentáveis (mL/L)	traços	0,10	0	0,50	122
Sólidos em suspensão (mg/L)	80	65	7	205	91
Óleos e graxas (mg/L)	100	9	0	38	113
DBO (mg/L)	450	156	4	770	114
DQO (mg/L)	700	-	-	-	-
Sulfetos (mg/L)	2	1,3	< 2	20,5	303
Fenóis (mg/L)	1	0,4	< 0,03	0,83	108
N amoniacal (mg/L)	10	12,6	0,13	38	109
Salinidade (mg/L)	24800-156000	14300	130 **	35760 **	87
Densidade (g/cm³)	1,015-1,101***	1,0143	0,9955	1,0390	89
Turbidez (UNT)	-	13,6	4,8	46,0	77

\*\* salinidade calculada a partir do teor de cloretos

\*\*\* densidade estimada na Ref. 1, com base nas concentrações previstas de NaCl

## 9. CONCLUSÕES

1. Os efluentes amostrados na Estação SAO 1 acusavam maiores teores de poluente e exibiram grande variabilidade tanto na qualidade como na quantidade. Os componentes mais problemáticos foram os óleos e graxas, sulfetos e fenóis. Mas O&G e fenóis estão bem próximos dos valores recomendados. Os efluentes amostrados no SAO 4 representam mais a drenagem pluvial.

2. As amostras da água do mar, nos pontos definidos para o estudo, indicam que em geral a qualidade é aceitável para a classe 5. Poucas vezes um ou outro parâmetro excedeu os limites estabelecidos pelo CONAMA.

O corpo receptor já apresenta indícios de contaminação, alguns dos quais não podem ser totalmente imputados às descargas de efluentes do TEBAR. Os parâmetros que apresentaram teores em excesso aos previstos pela Resolução CONAMA Nº 20 foram fenóis, DBO e entre os metais pesados o Fe (principalmente) e raras vezes o Zn e Pb. Os pontos mais contaminados foram o das praias: A9, A10, A13 e A15. No mar verifica-se índices superiores (relativamente à média) de metais pesados em A6 (canal), A4 e A5 (no pier).

3. As variações espaciais e temporais dos parâmetros nas águas do canal são em geral muito pequenas. Não foram notadas grandes variações entre as marés de sizígia e quadratura ou entre os fluxos enchentes e vazantes, na maior parte dos casos. (A transparência apresenta variações notáveis; sua medição é porém muito influenciada pe



las condições atmosféricas e a medida da turbidez não confirmou estas variações. Mesmo assim é um importante parâmetro de controle).

4. A constatação mais notável foi a existência de estratificação, que embora se atenua ao longo do canal, do sul para o norte, ainda persiste no local onde está planejada a instalação do difusor do emissário.

5. Os teores dos poluentes fornecidos como base de cálculo para o emissário provaram ser realistas. De uma maneira geral foram até mesmo um pouco conservativos, comparados com os teores medidos.

6. A variabilidade tanto dos teores como das variações dos efluentes é notável. Na maior parte dos casos o desvio padrão é igual ou maior do que o valor médio. Neste sentido é recomendável conservar as especificações do emissário, mesmo que sua base de cálculo tenha sido ligeiramente conservativa, posto que assim será garantida a taxa de diluição prevista mesmo em situações de pico de descargas de poluentes.

Estava programada a operação em regime da dessalgadora na 2ª campanha, a época desta tendo sido definida justamente em função da ativação deste equipamento. Visa-se assim detectar e quantificar o possível impacto dos efluentes da dessalgadora sobre a qualidade dos efluentes e o corpo receptor. No entanto este objetivo não pôde ser plenamente alcançado pois a dessalgadora só funcionou nos dois primeiros dias da 2ª campanha, e de maneira muito pre

cãria. Devido aos problemas que sobrevieram sua operação teve que ser abandonada no resto da campanha. Os resultados apresentados refletem portanto tão somente o impacto de um regime intermitente e de curta duração. Observando as Tabelas 5.1 e 5.3 pode-se verificar que as variações nos teores presentes no efluente do SAO 1 não são evidentes. Por outro lado os teores de cloretos nos primeiros dias da 2ª campanha não são significativamente mais elevados do que os obtidos na 1ª campanha, o que confirma a pequena contribuição da dessalgadora.

## 10. REFERÊNCIAS

1. MOREIRA, R.M., et alii. "Difusor do emissário submarino para os efluentes do Terminal Almirante Barroso (TEBAR) em São Sebastião, SP. - Projeto Básico". DERL-CN-028/86, CDTN/NUCLEBRÁS, Belo Horizonte (1986).
2. MOREIRA, R.M., et alii. "Projeto dos difusores de emissários submarinos para os efluentes líquidos do TEBAR, com vazões de descarga de 340 m<sup>3</sup>/h". DERL-CN-014/87, CDTN/NUCLEBRÁS, Belo Horizonte (1987).
3. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". APHA-AQQA-WPCF, (15<sup>th</sup> edition, 1980).
4. IMHOFF, K. e IMHOFF, Kl. "Manual de tratamento de águas residuárias". Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo (1986).
5. Metcalf & Eddy, Inc. "Wastewater engineering: Treatment, disposal, Reuse". Tata McGraw-Hill Publishing Co, New Delhi (1982).
6. JENKINGS, R.H., et alii. "The environmental impact of refinery effluents". CONCAWE, Report nº 5/79, Den Haag (1980).
7. FISCHER, H.B., et alii. "Mixing in Inland and coastal waters". Academic Press Inc., New York (1979).
8. PEARSON, E.A. in "Marine pollution and waste disposal". Proc. 2nd. International Congress on Marine Pollution, San Remo 1973, pg.85, Pergamon Press, Oxford (1975).

9. SACHTZMANN, M. "Auftragsstrahlen in Natürlichen, Strömungen Entwicklung eines Mathematischen Modells", D.Ing.Dissertation, Universität Karlsruhe (1976).
10. BOMTEMPO, V.L. "Coleta e análise de amostras de água para a determinação de sólidos em suspensão. Medições de corrente - Vitória, ES". Rel DERL.CN-010/81, CDTN-NUCLEBRÁS, Belo Horizonte (1981).
11. BARGMAN, R.D. "Experience with marine waste disposal systems in the city of Los Angeles". Prod. 2nd. International Congress on Marine Pollution, San Remo, 1973, pg.401, Pergamon Press, Oxford (1975).
12. U.S.E.P.A. "Quality criteria for water", Washington, D.C. (1986).
13. RAMBOW, C.A.; HENNESSY, P.V. "Oceanographic Studies for a small wastewater outfall". J. Water Poll. Control Fed., 37:1471 (1965).
14. SOUZA, J.M.C. "Relatório geral do levantamento oceanográfico e meteorológico no Canal de São Sebastião na área do TEBAR". CENPES/DIPREX/SEGED, Petrobrás, Rio de Janeiro (1984).
15. EMILSSON, F. "As correntes máximas no Canal de São Sebastião". Ciência e Cultura, 14 (4):269-270 (1962).
16. KVINGE, T. "On the special current and water level variations in the channel of São Sebastião", Bolm. Inst.Oceanogr. S.Paulo, 16(1):23-38 (1967).

17. CASTRO FÓ, B.M. "Subtidal response to wind forcing in the South Brazil Bight during winter", Ph.D. Thesis, U. of Miami (1985).
18. SOUZA, H.B., DERISIO, J.C. "Guia Técnico de Coleta de Amostras de Água". CETESB, S.P. (1977).

APÊNDICE 1

INFORMAÇÕES OCEANOGRÁFICAS

## Apêndice 1. INFORMAÇÕES OCEANOGRÁFICAS

Além das informações levantadas pela Petrobrás [14] no pier do TEBAR, existem poucas medições efetuadas dentro do canal, sendo que, destas poucas, nenhuma foi realizada de uma maneira tão sistemática e abrangendo um período contínuo tão extenso quanto as da Petrobrás.

Visando descobrir quais as informações porventura existentes o CDTN fez uma consulta ao Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil e paralelamente efetuou uma pesquisa bibliográfica.

### A.1.1 Estrutura Vertical

Os dados disponíveis no BNDO sobre medições nas imediações de São Sebastião se referem aos pontos cujas posições são indicadas na Figura A.1.

Além dos pontos ao largo da Ilha de São Sebastião que não têm interesse imediato para a presente análise, existem vários pontos dentro ou nas imediações de ambas as aberturas do canal. Estes últimos foram englobados em sete regiões, tal como indicado na Figura A.1. Além das perfilagens de salinidade e temperatura, praticamente nenhuma outra informação sobre os parâmetros físico-químicos havia sido medida nestes pontos.

Os perfis de densidade foram obtidos a partir das salinidades e temperaturas utilizando as Equações (6.1) e (6.2) com os respectivos coeficientes. Os resultados, reunidos por região e por mês, estão plotados nas figuras do Apêndice 2.

Da observação destes perfis fica bem evidente que:

a) em todas as medições entre dezembro e março ocorre estratificação, não importando a região;

b) nos meses de maio, julho e agosto esta estratificação desaparece, em qualquer região - - algumas medições em maio e julho constituem exceção;

c) não se dispõe de medições em abril, junho e setembro a novembro.

d) Ocorrendo a estratificação, as picnóclinas são muito acentuadas, ocorrendo normalmente na faixa de -5 m a -20 m;

e) os gradientes de densidade são notáveis nestes casos.

Calculando-se o parâmetro N (o quadrado da frequência de Brunt Vaisala) que mede a influência da estratificação:

$$N = - \frac{g}{\rho_a} \frac{d\rho_a}{dz} \quad (A.1)$$

onde:

g = aceleração da gravidade  
 $\rho_a$  = densidade da água



$\rho_{ao}$  = idem, a uma cota de referência  
 $Z$  = cota vertical

e considerando como cota de referência  $Z = - 20m$ , obtêm-se os valores organizados na Tabela A.1.

TABELA A.1 - PARÂMETROS DE ESTRATIFICAÇÃO N ( $s^{-2} \times 10^4$ )

REGIÃO MÊS	1	2	3	4	5	6	7
Jan.	-	24	-	7	-	3	-
Fev.	12	18	-	-	-	-	-
Mar.	18	-	-	-	-	-	-
Mai.	9	-	0	1	-	-	-
Jul.	6	-	-	-	-	-	-
Ago.	0	1	1	-	1	1	-
Dez.	-	-	-	-	-	-	10

Como base para avaliação pode-se considerar que os valores da ordem de  $N = 5$  já exercem influência não desprezível sobre o comportamento de jatos ascendentes.

Não há pois dúvidas sobre a existência recorrente de intensas estratificações nos meses de verão. Estes dados coincidem com o comportamento observado durante a 1ª campanha.

### A.1.2 Comportamento Hidráulico

As referências 15, 16 e 17 contêm algumas informações oceanográficas adicionais sobre o canal.

Emilsson [15] chama a atenção para as excepcionais velocidades de corrente obtidas na parte mais estreita do canal em razão de sua forma afunilada. Estas velocidades impedem a deposição de materiais no fundo. Resultam profundidades maiores na parte central do canal do que nas suas extremidades. Isto tem consequência para "as características das águas que ocupam a parte mais profunda do canal, pois estas são oriundas de profundidades menores e não têm contacto directo com as massas d'água que formam as camadas situadas em profundidades semelhantes em frente da costa aberta". Isto explica a diminuição dos gradientes de  $\Delta\sigma$ , OD e pH na parte central do canal, tal como acusado nas Figuras 7.1 a 7.3.

Kvinge [16] também observou um componente transversal de corrente desprezível na direção transversal. As correntes exibem comportamentos cíclicos, com períodos de aproximadamente 4 dias. A influência das marés é de importância secundária, enquanto os agentes meteorológicos são predominantes. O autor mostrou que os ciclos meteorológicos mais frequentes têm o mesmo período que as variações do nível da água mais frequentes, havendo clara correlação entre estas variáveis. As condições meteorológicas são portanto uma (provavelmente a principal) das causas do comportamento sui-generis do nível da água e das correntes no canal. Ressalta a persistência do sistema meteorológico na costa brasileira. O autor também observou um transporte de massa líquido para NE, tal como indicado pelas medições da SEG DAG.

Castro [17], aplicando técnicas estatísticas mais potentes e análise espectral, confirmou a alta correlação entre as correntes no canal e os ventos locais. Esta correlação é máxima para uma defasagem de tempo de 12h, o vento precedendo a corrente. Com os dados que dispunha (inverno de 1979) detectou máximos de energia, tanto nos espectros das autocorrelações como das correlações cruzadas, para escalas de tempo de 3 dias e de 12 dias. No caso das correntes, os picos espectrais correspondentes a 3 dias são os mais intensos.

### A.1.3 Renovação das Águas no Canal

Foi estimado no Capítulo 2, Seção 2.2, que o canal tem um volume de aproximadamente  $8 \times 10^8 \text{ m}^3$  e que 15% deste volume é renovado por águas que penetram no canal em cada episódio de persistência de corrente, cuja duração média é de 3,5 dias. Considera-se então que em um ciclo de correntes ( $2 \times 3,5$  dias) 15% do volume é renovado e deste modo a renovação total das águas requereria 46 dias. Neste intervalo de tempo o Terminal teria descarregado um total de efluentes correspondente a 0,00047 do volume renovado. Disto conclui-se que a diluição final dos efluentes será 2130, ou seja: os contaminantes que após a diluição inicial se espalharem pelo canal atingirão concentrações que serão da ordem de 2130 vezes menores do que as que apresentavam no efluente descarregado. Esta concentração caracterizará o "background" dos contaminantes na água do canal (superposta à concentração produzida por outras fontes). Este cálculo é conservativo por ser baseado em ciclos de corrente e não em episódios de persistência de correntes.

Neste segundo caso a renovação total seria completada em 23 dias, o volume de efluentes descarregado neste

intervalo em 0,00023 do volume do canal e a diluição final em 4260.

O importante a reter é a baixa proporção entre o volume de efluentes introduzidos e o volume de água renovável disponível para sua diluição. A introdução do efluente no centro do canal acelerará a sua taxa de transporte para fora da região.

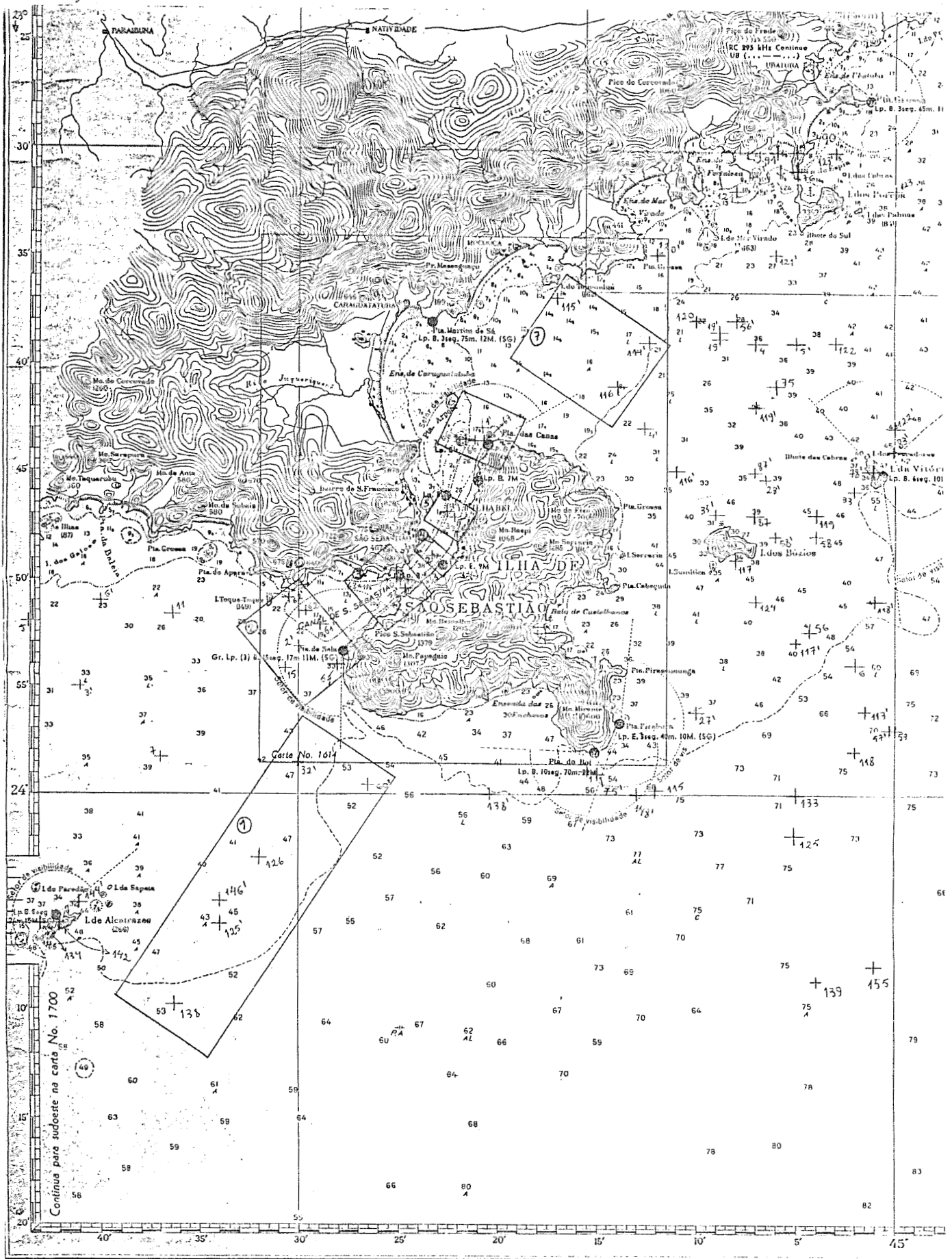
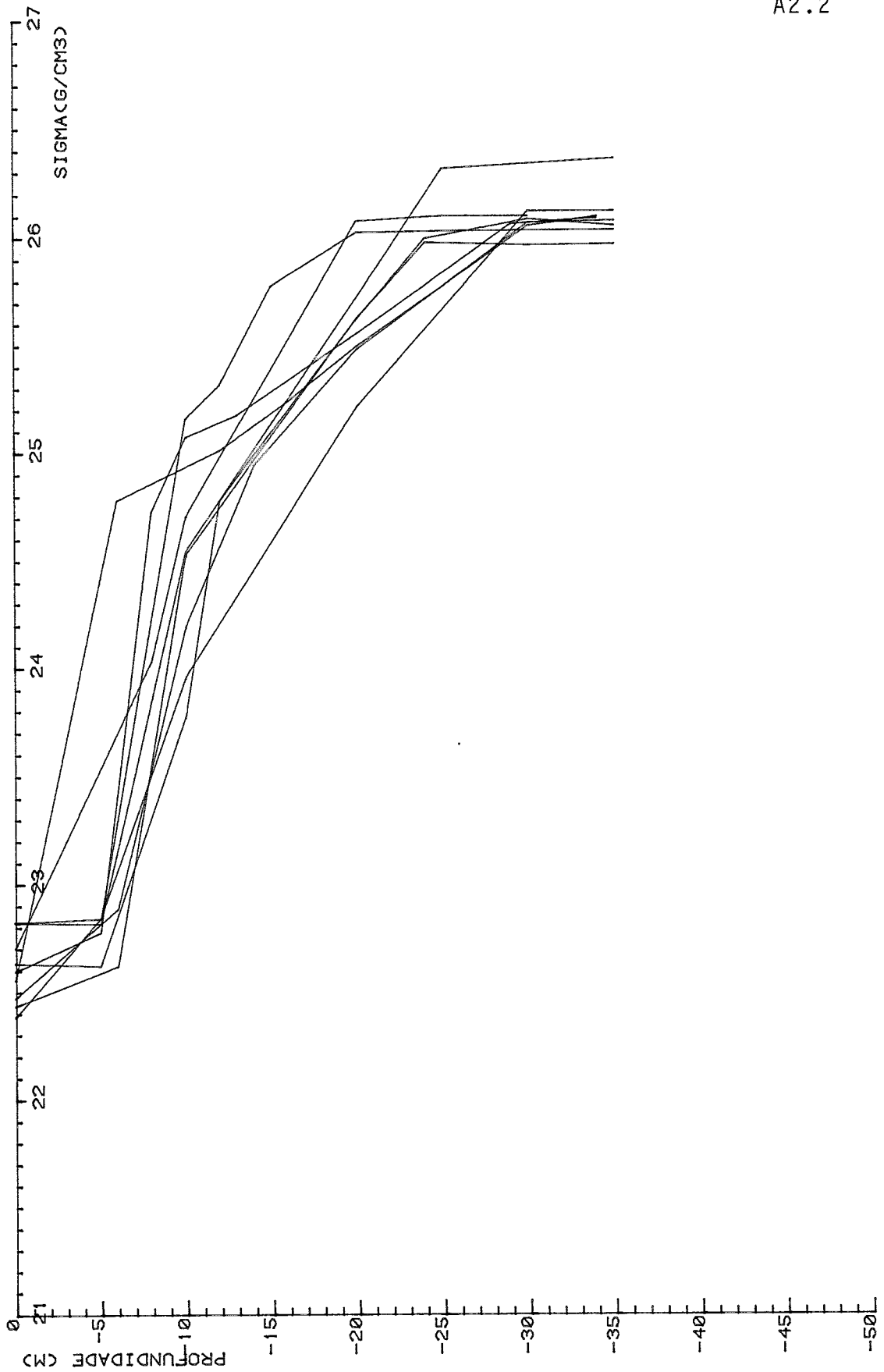


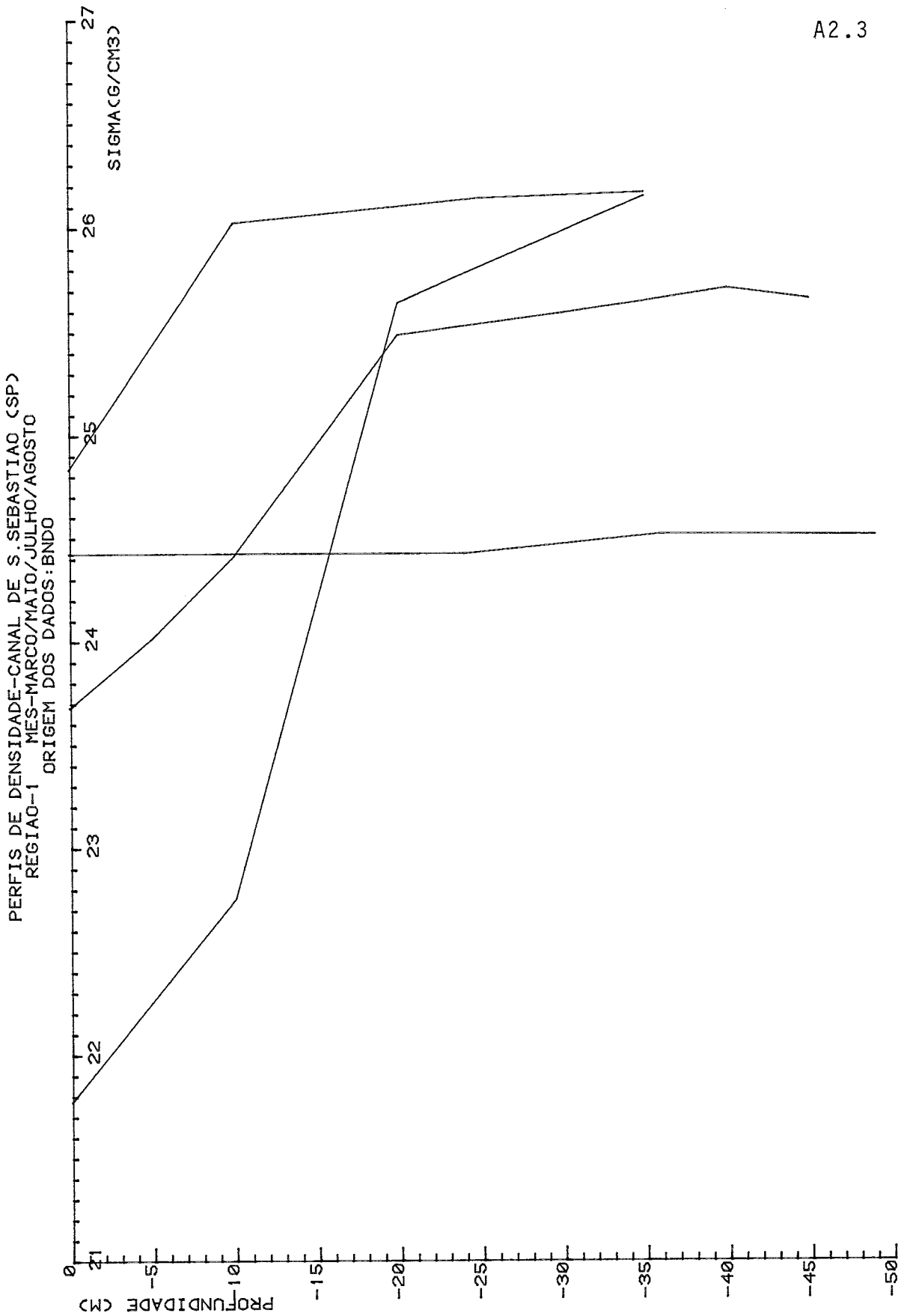
FIGURA A.1 - PONTOS COM MEDIÇÕES DISPONÍVEIS NO BND0/DHN

A2.1

APÊNDICE 2 - PERFIS VERTICAIS DA DENSIDADE

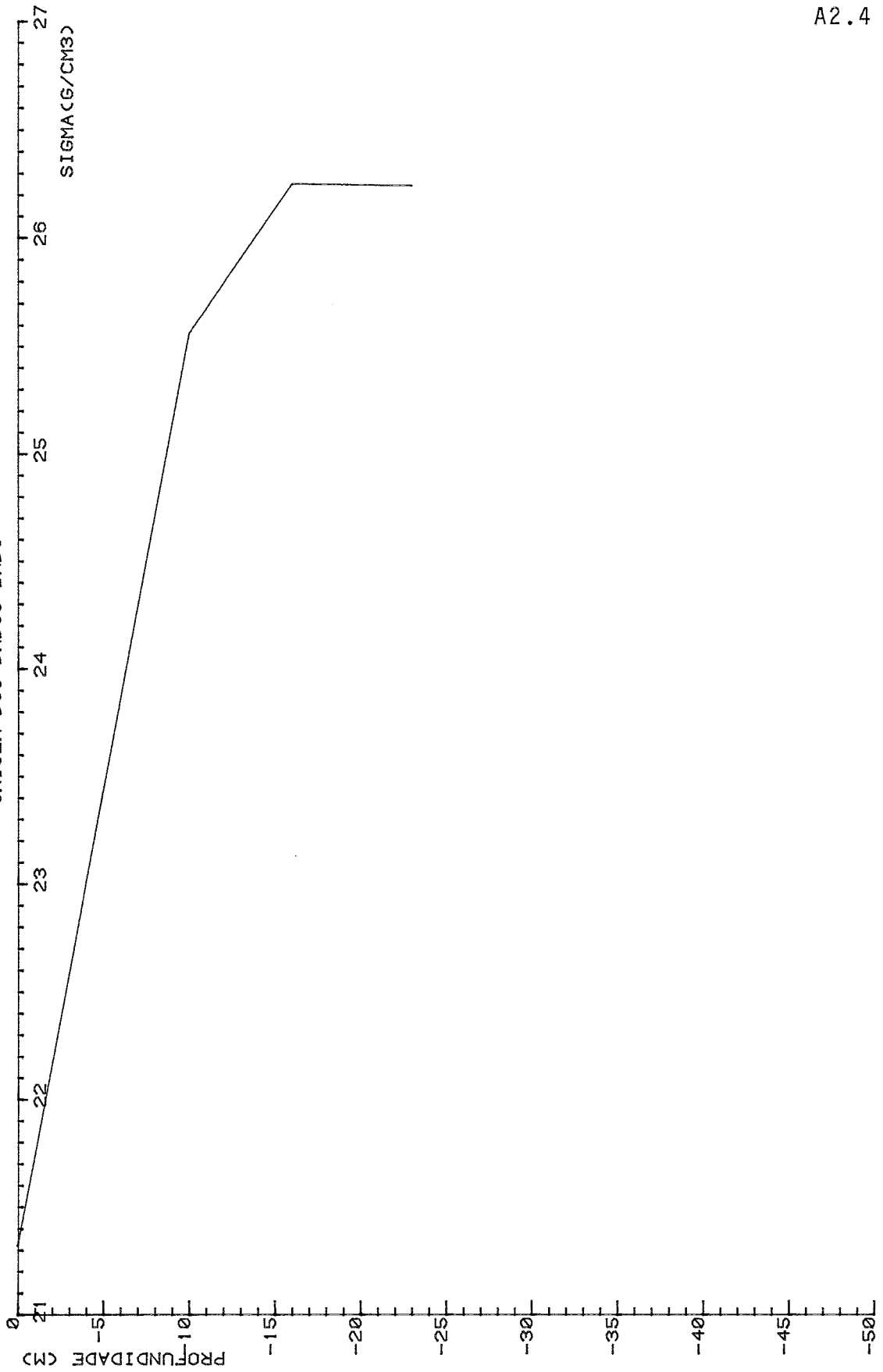
PERFIS DE DENSIDADE-CANAL DE S. SEBASTIAO (SP)  
REGIAO-1 MES-FEVEREIRO  
ORIGEM DOS DADOS: BND0



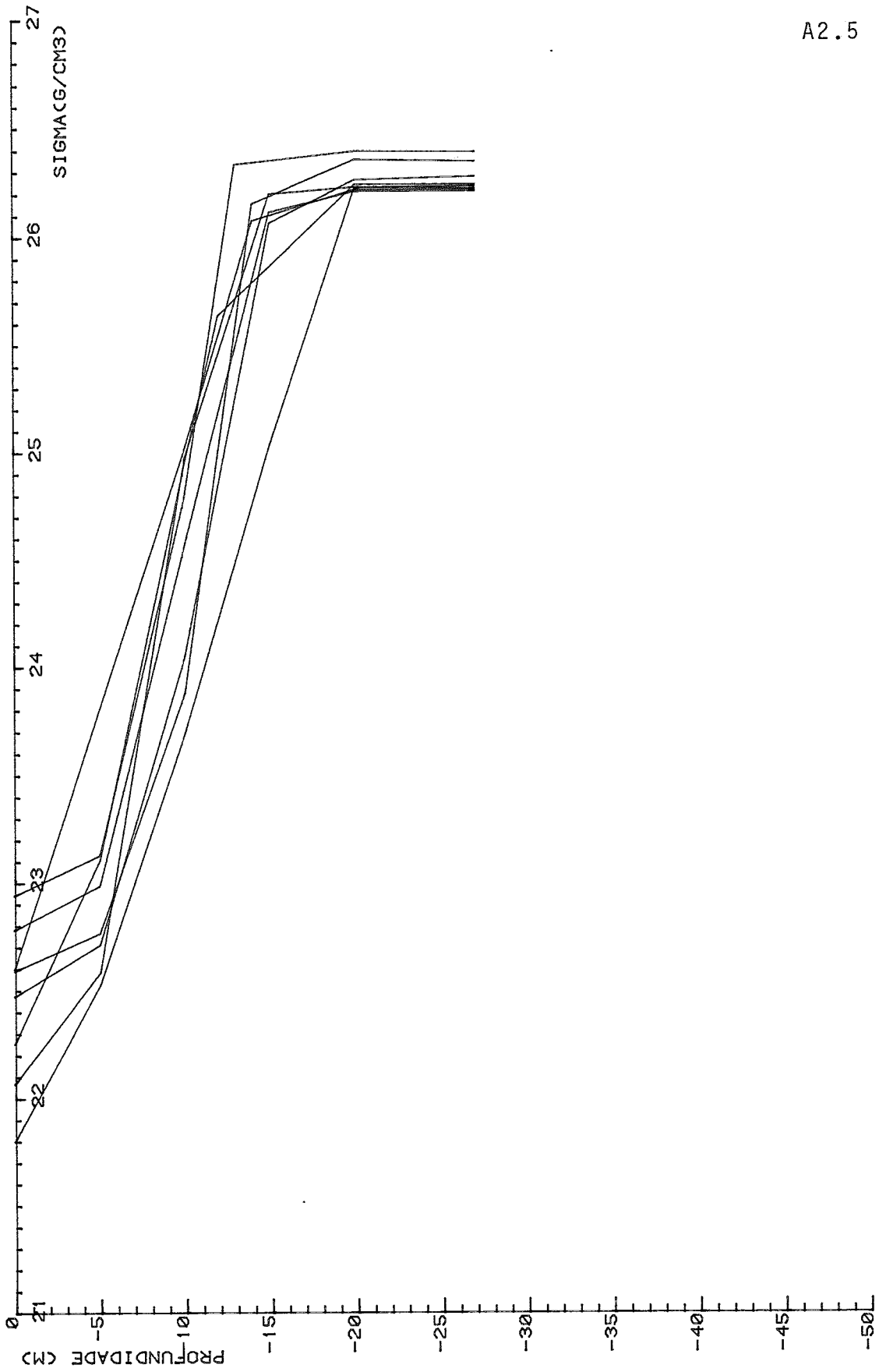


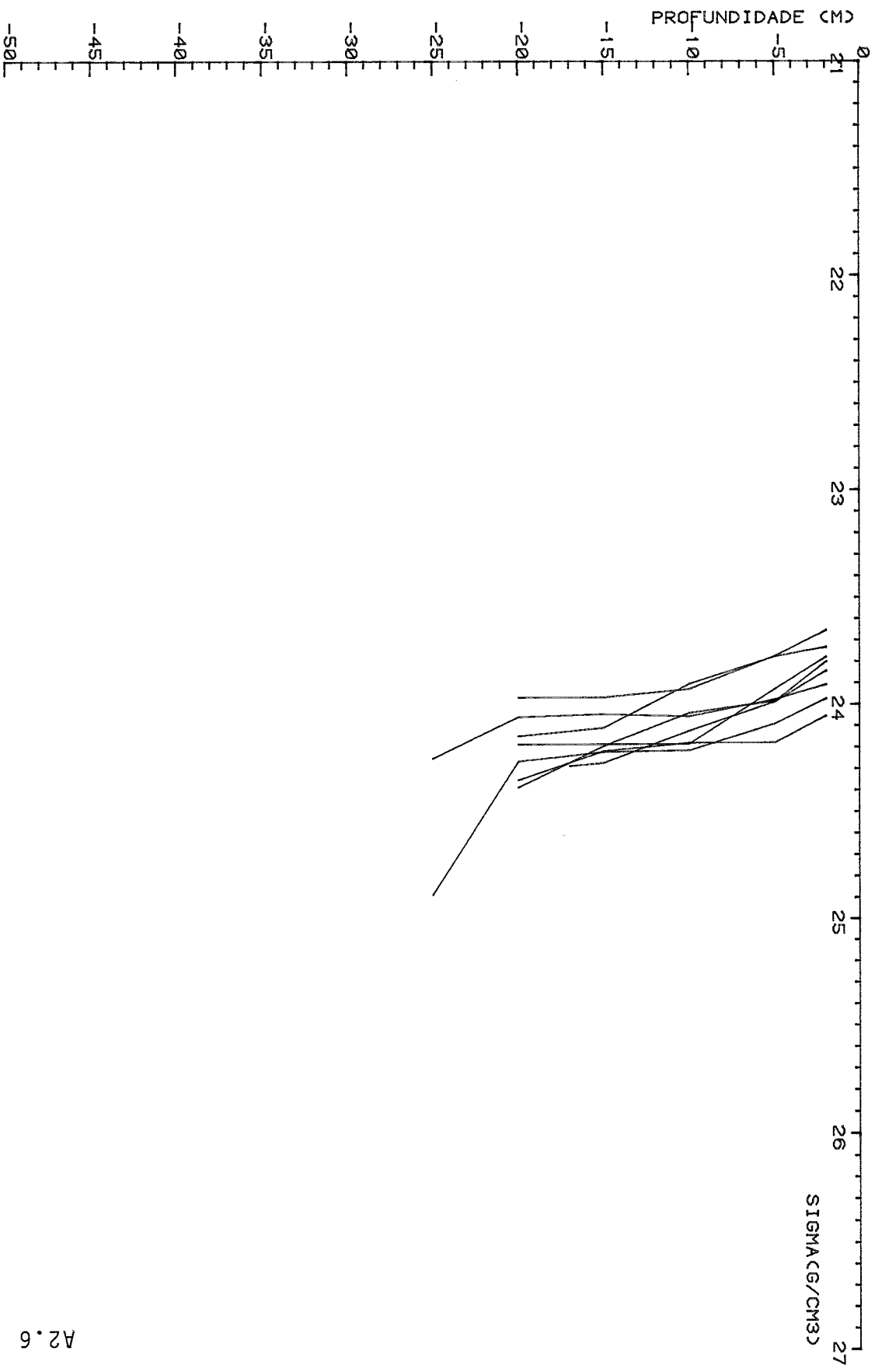


PERFIS DE DENSIDADE--CANAL DE S. SEBASTIAO (SP)  
REGIAO-2 MES-JANEIRO  
ORIGEM DOS DADOS: BND0

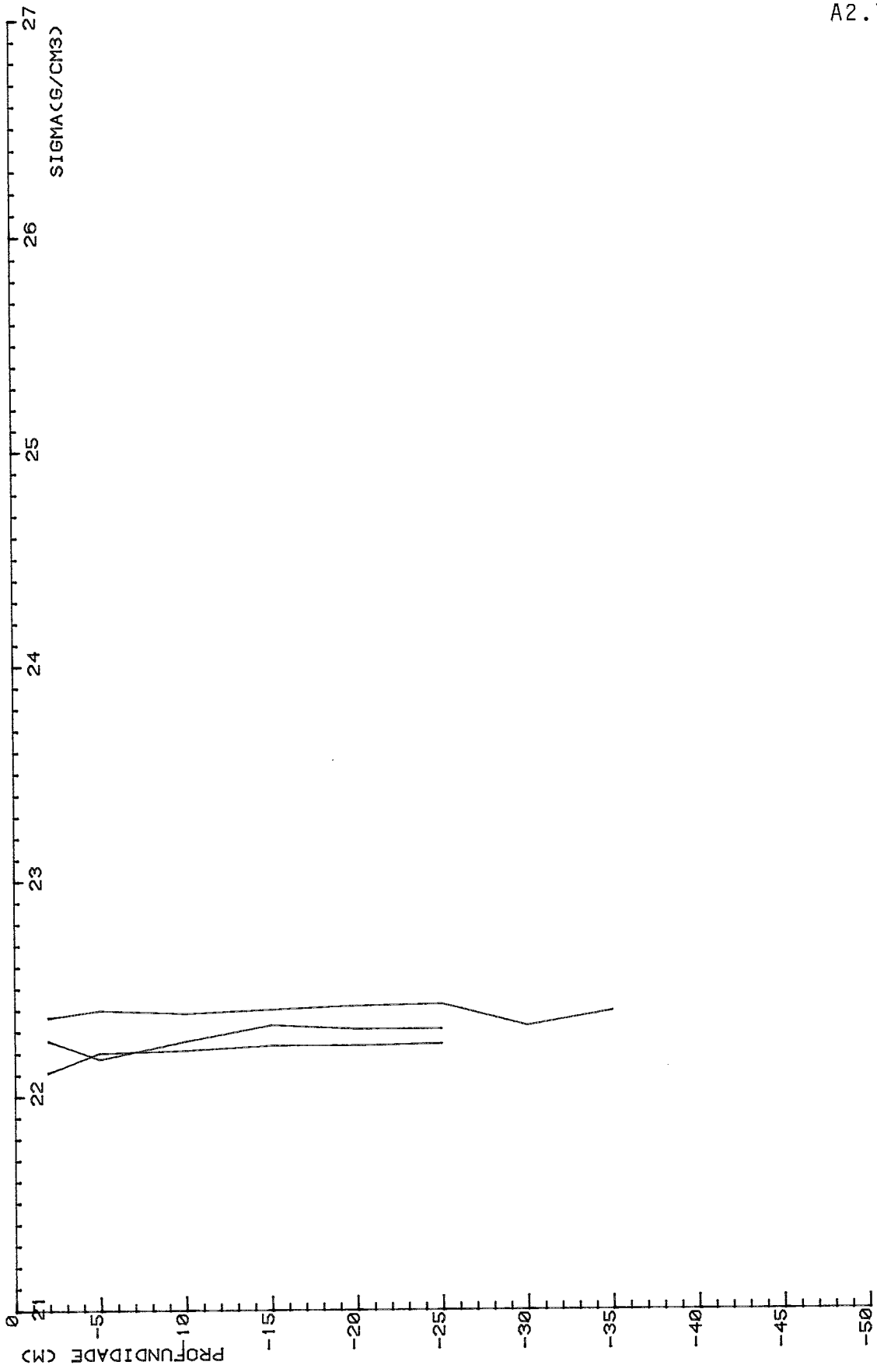


PERFIS DE DENSIDADE-CANAL DE S. SEBASTIAO (SP)  
REGIAO-2 MES-FEVEREIRO  
ORIGEM DOS DADOS: BND0

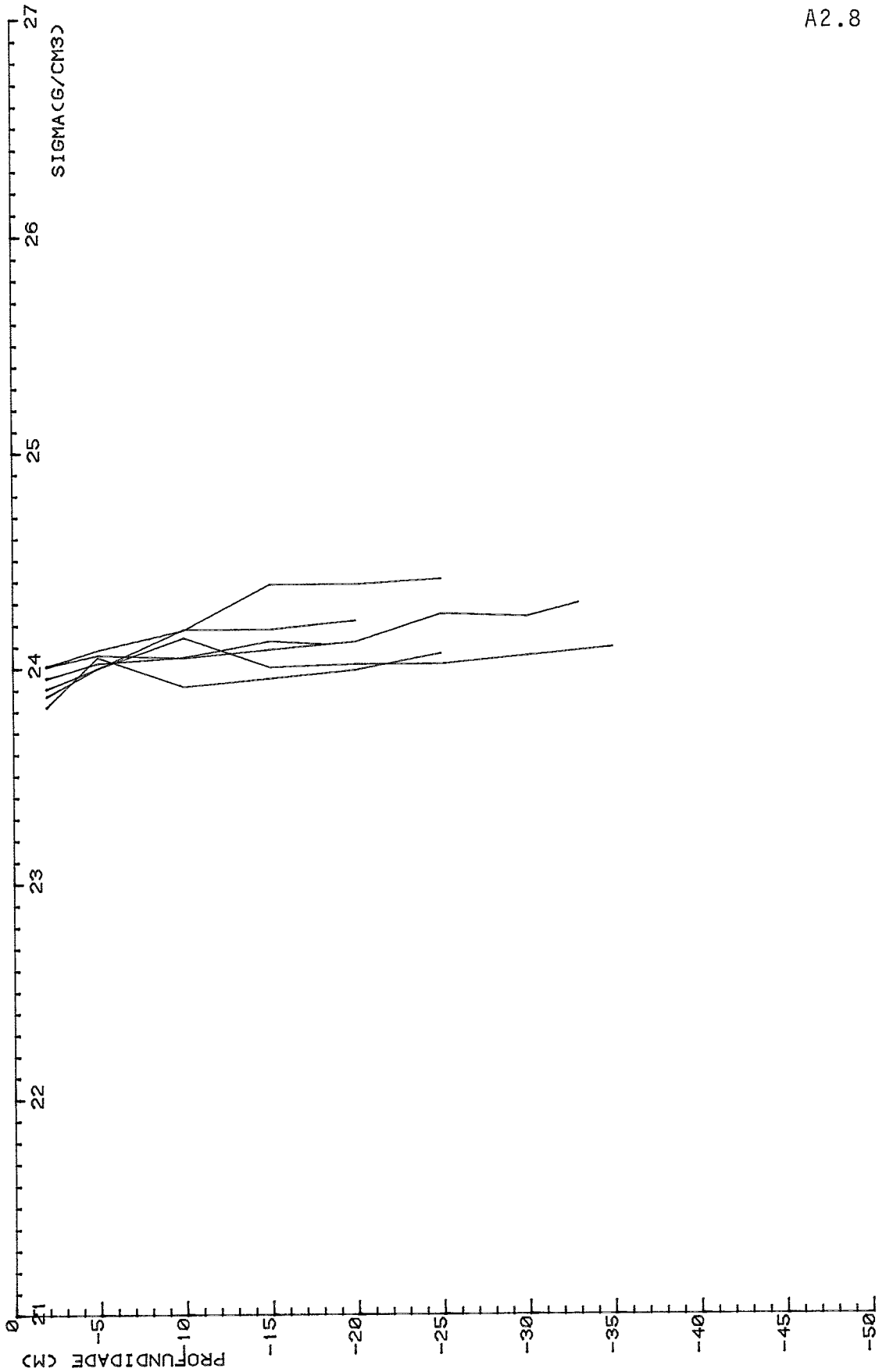




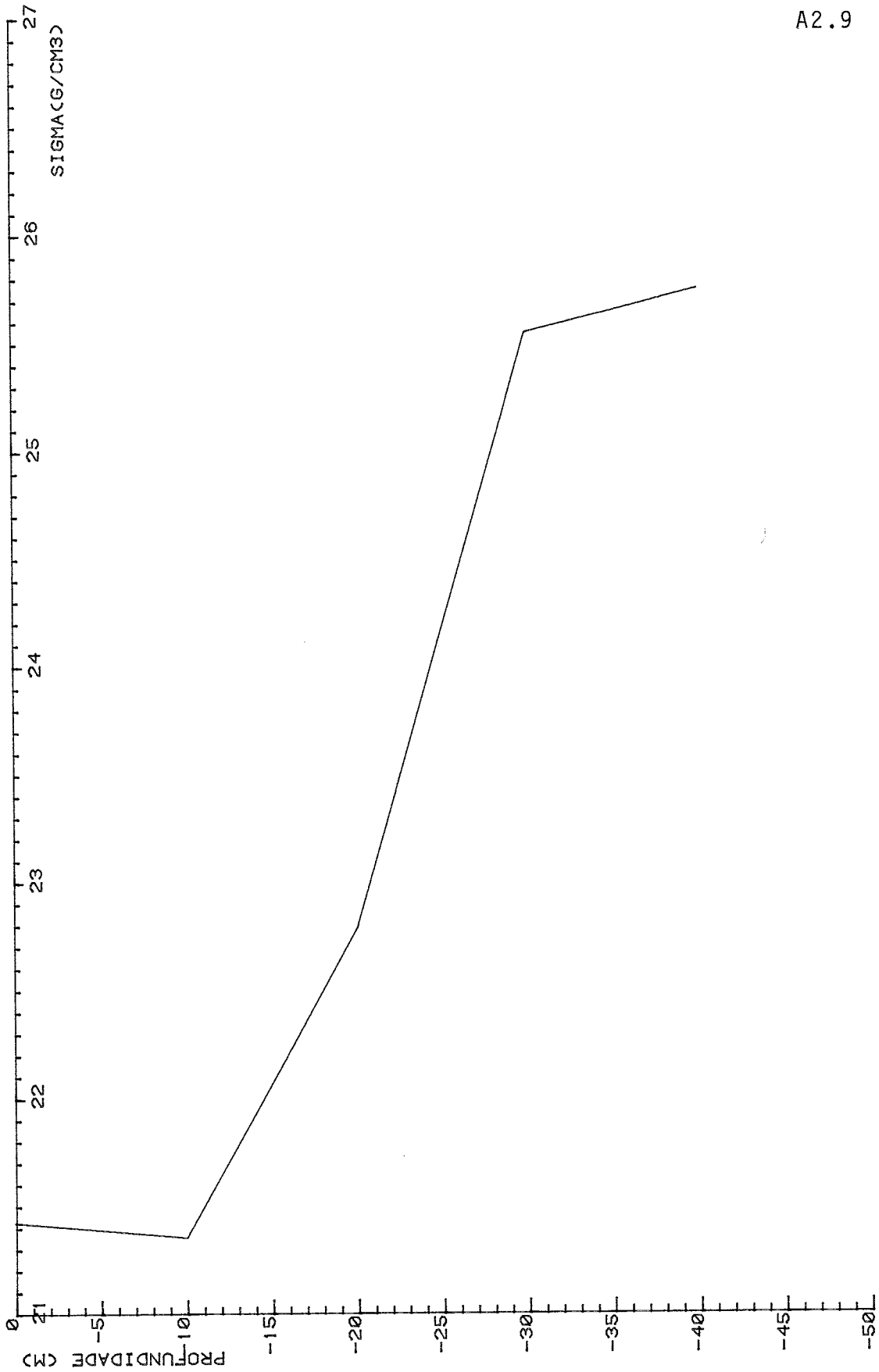
PERFIS DE DENSIDADE-CANAL DE S. SEBASTIAO (SP)  
REGIAO-3 MES-MAIO  
ORIGEM DOS DADOS:BNDO



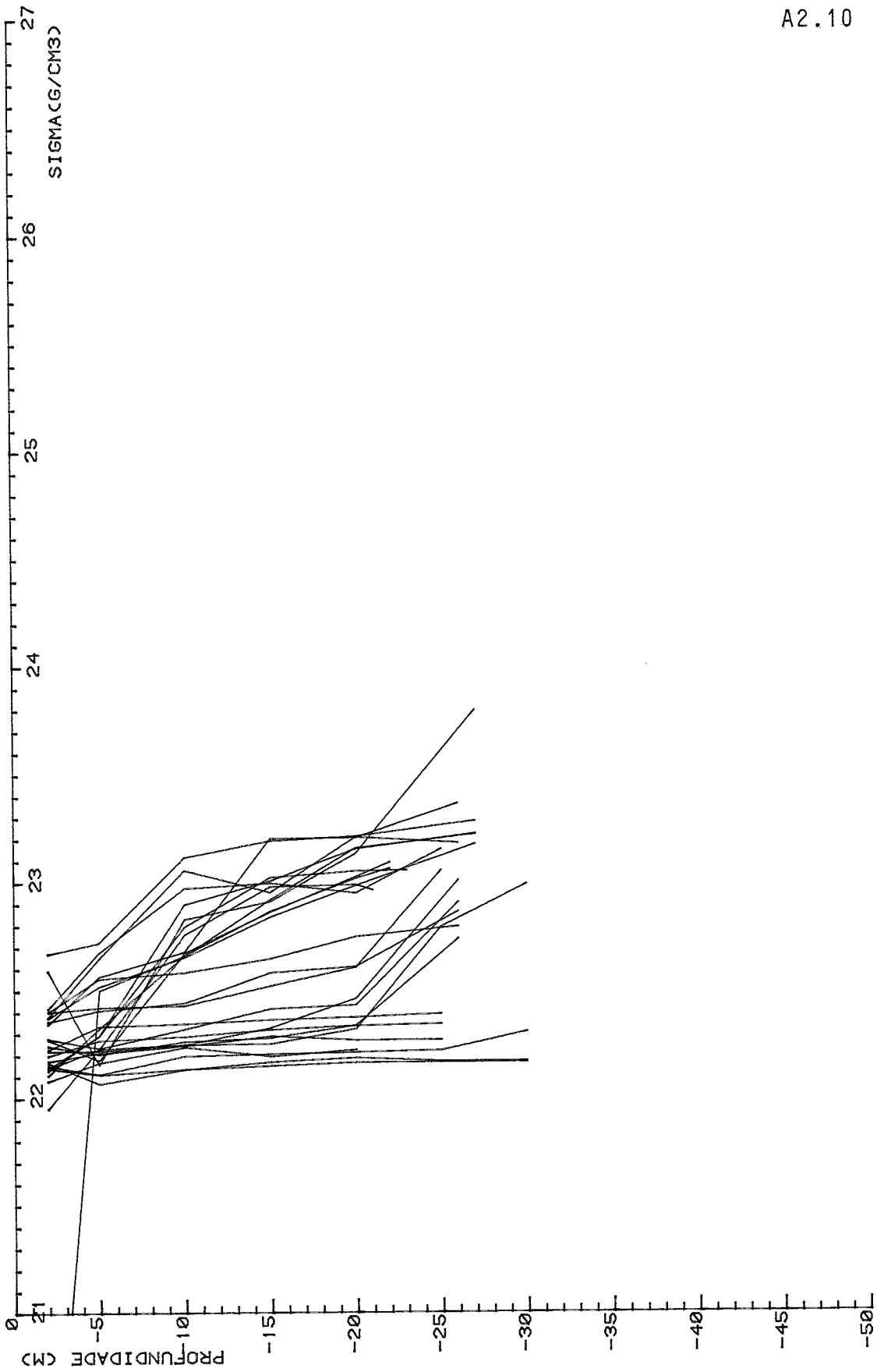
PERFIS DE DENSIDADE-CANAL DE S. SEBASTIAO (SP)  
REGIAO-3  
MES-AGOSTO  
ORIGEM DOS DADOS:BNDO



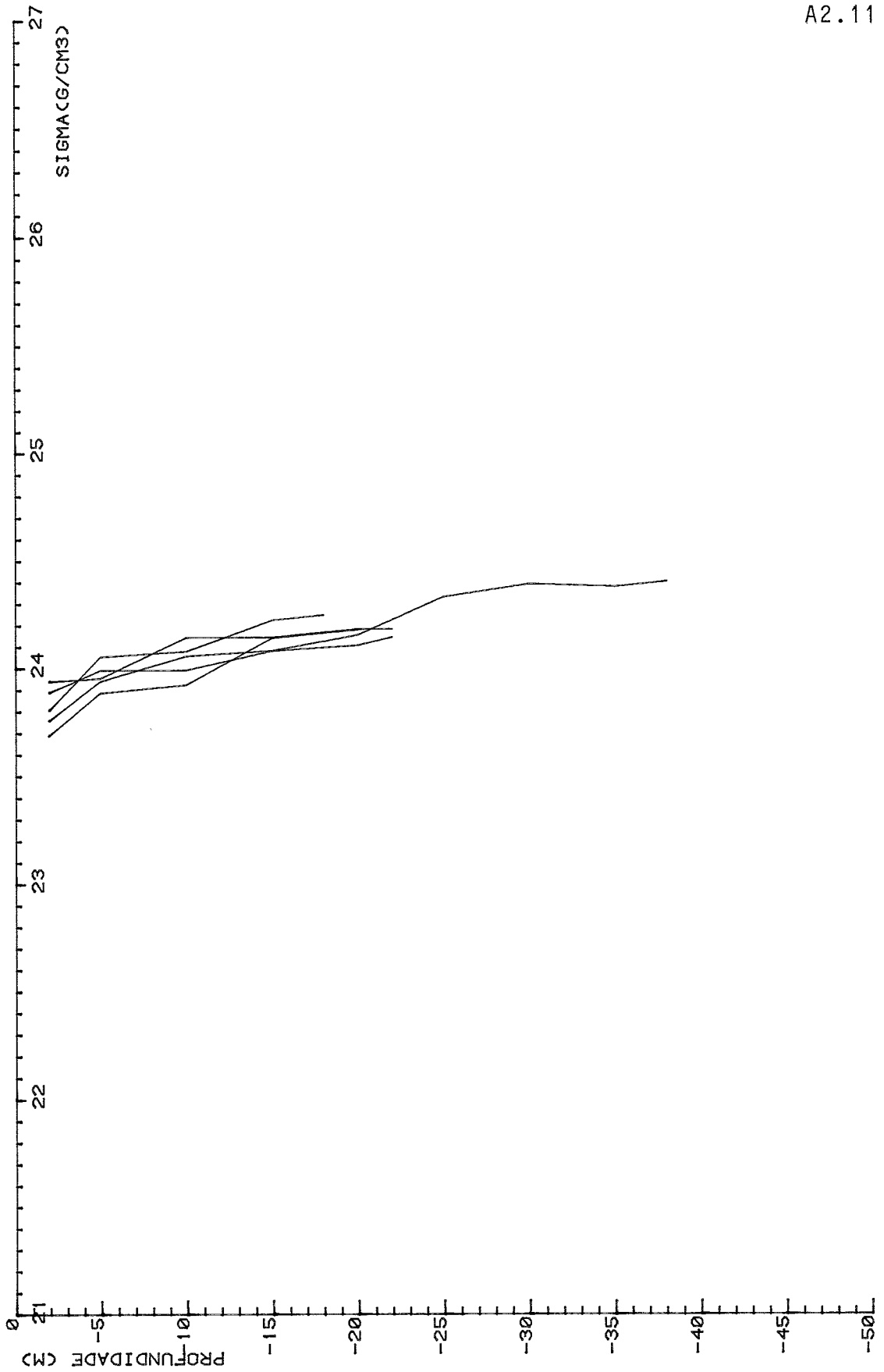
PERFIS DE DENSIDADE-CANAL DE S. SEBASTIAO (SP)  
REGIAO-4 MES-JANEIRO  
ORIGEM DOS DADOS:BNDO



PERFIS DE DENSIDADE-CANAL DE S. SEBASTIAO (SP)  
REGIAO-S MES-MAIO  
ORIGEM DOS DADOS: BND0

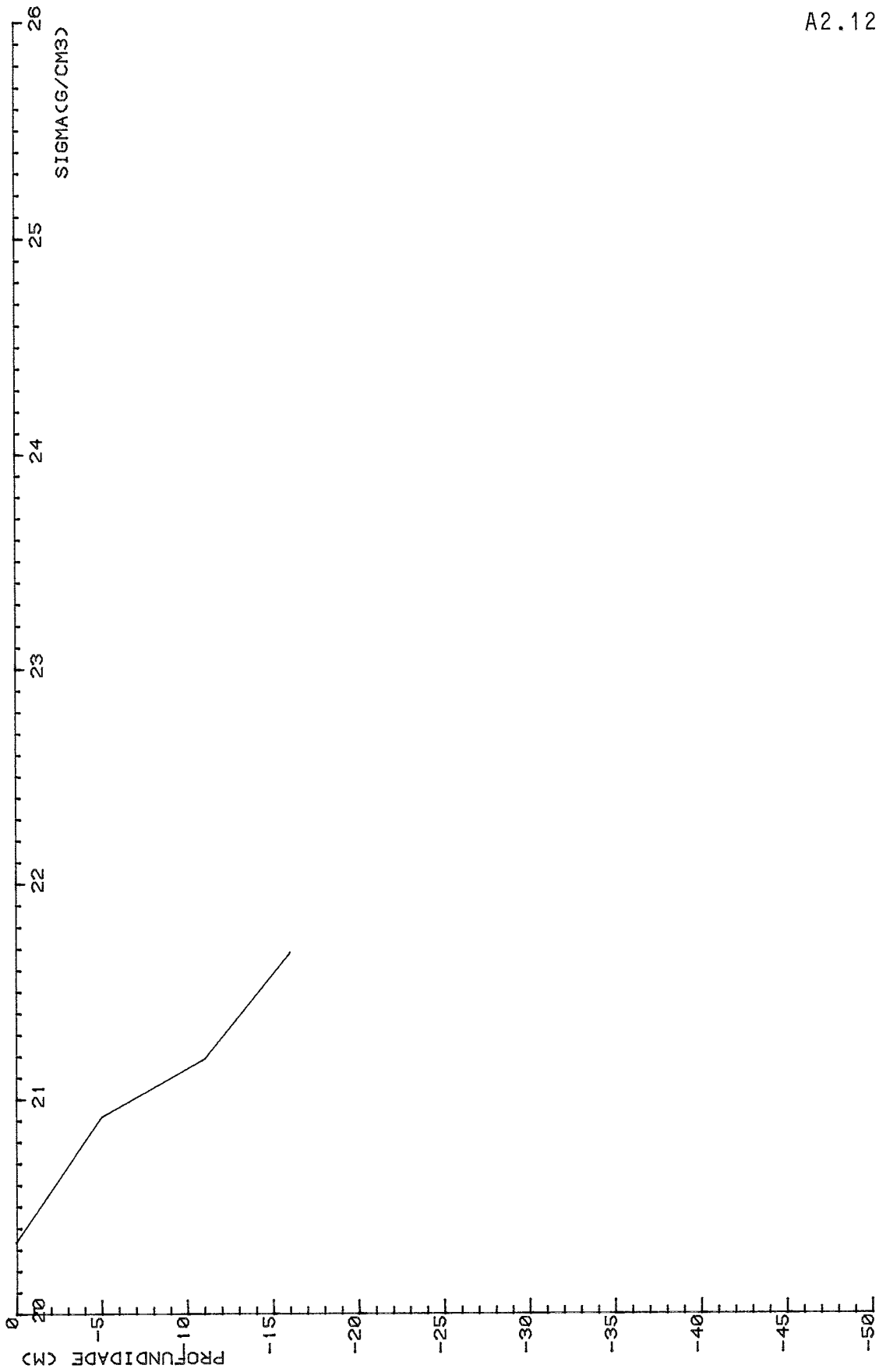


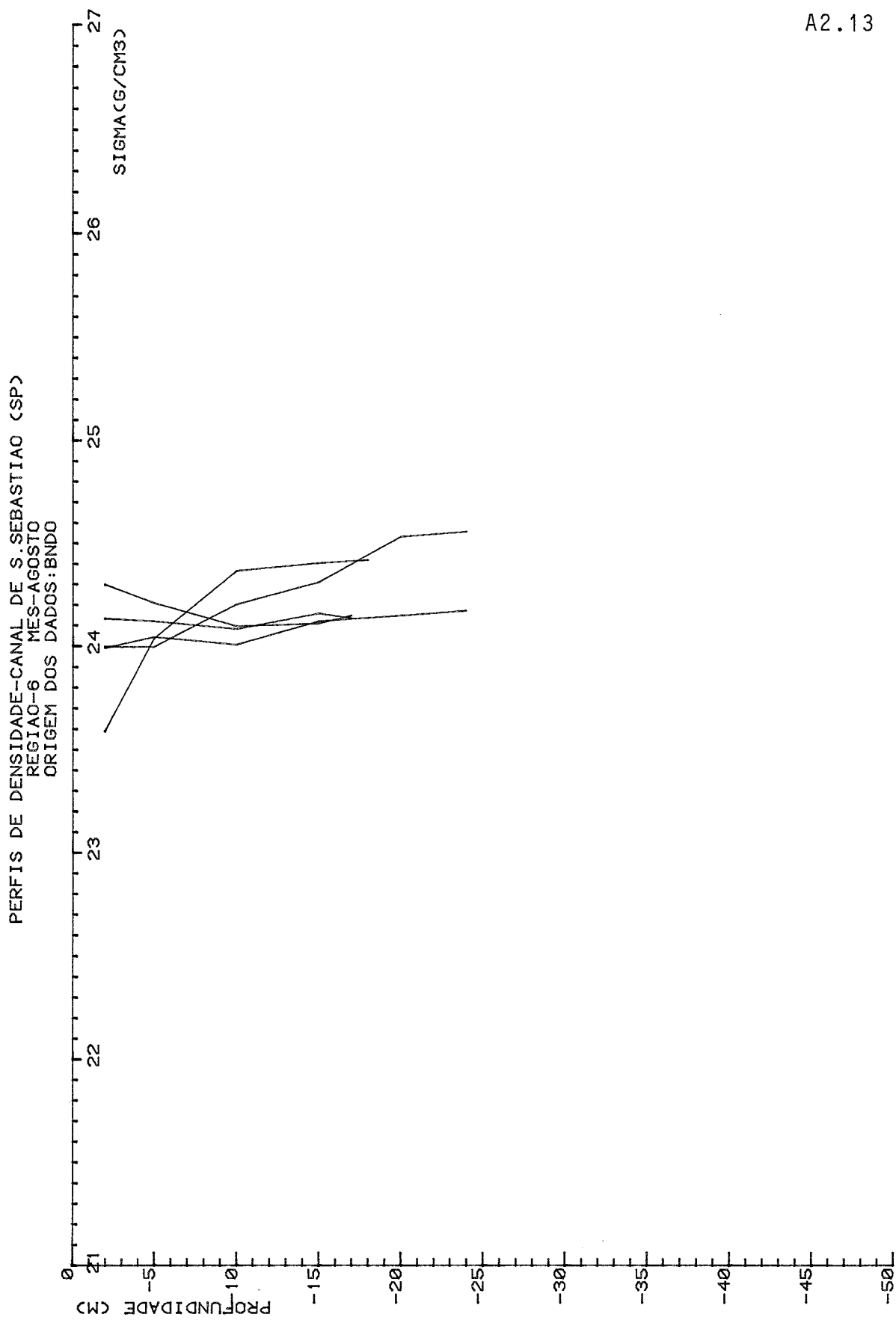
PERFIS DE DENSIDADE-CANAL DE S. SEBASTIAO (SP)  
REGIAO-5 MES-AGOSTO  
ORIGEM DOS DADOS: BNDO



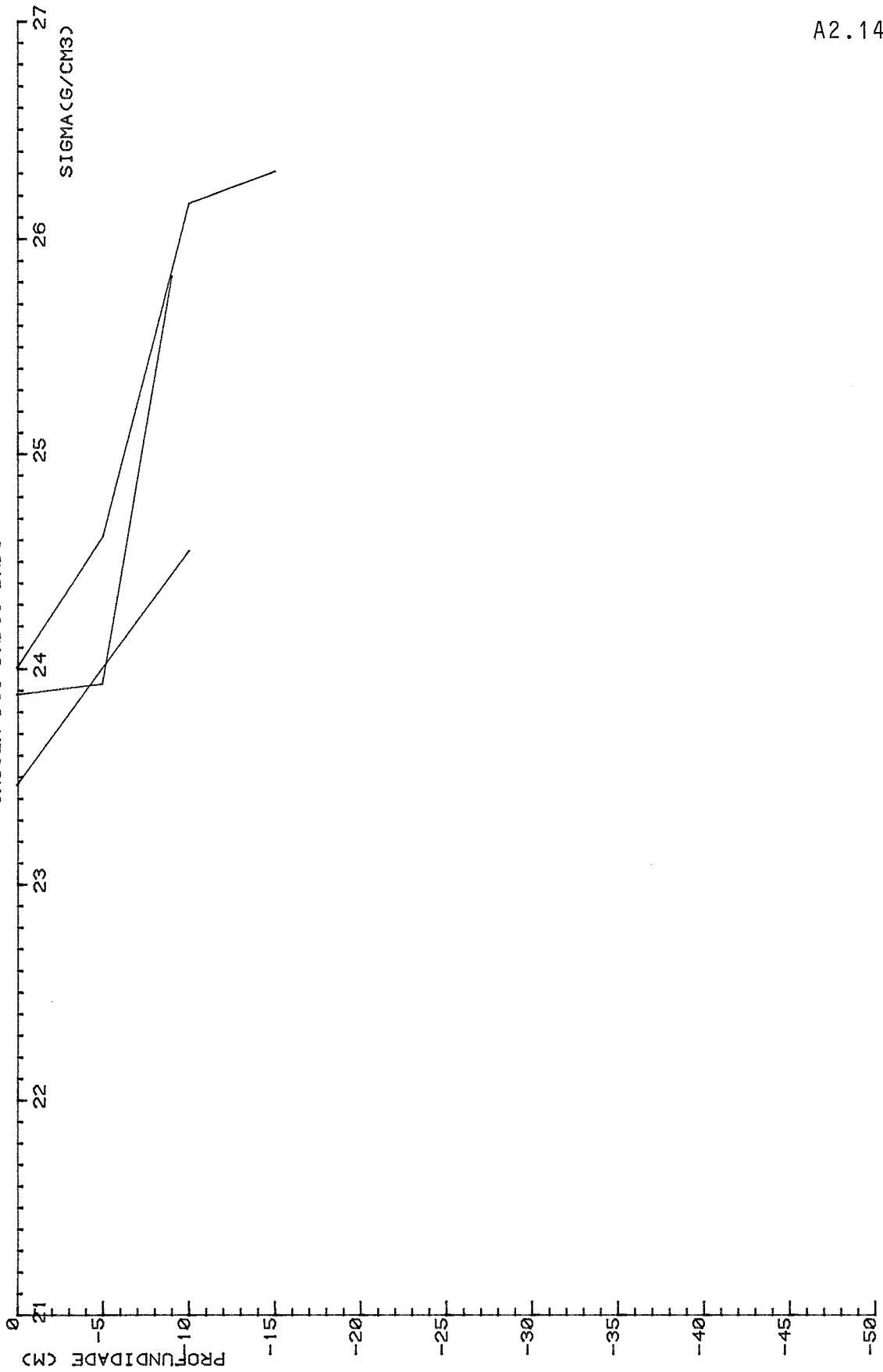


PERFIS DE DENSIDADE-CANAL DE S. SEBASTIAO (SP)  
REGIAO-6 MES-JANEIRO  
ORIGEM DOS DADOS: BND0





PERFIS DE DENSIDADE-CANAL DE S. SEBASTIAO (SP)  
REGIAO-7 MES-DEZEMBRO  
ORIGEM DOS DADOS: BND0



APÊNDICE 3 - MEDIÇÕES HIDRÁULICAS E METEOROLÓGICAS  
2ª CAMPANHA

TABELA A.3.1 - PERFILAGENS DAS CONDIÇÕES HIDRÁULICAS NO  
CANAL - 2ª CAMPANHA

DIA	PONTO	PROFUNDIDADE (m)	CORRENTE		TEMPERATURA (°C)
			VELOCIDADE (cm/s)	DIREÇÃO	
08/11/88	A4 (18:00h)	0,5	5	S	23,0
		1,1	5	S	23,0
		2,0	10	S	22,5
		2,5	7,5	SW	22,5
		2,75	12,5	W	22,5
		3,5	17,5	W	22,5
		4,0	12,5	SW	22,5
		4,7	15	SW	22,0
		5,5	5	S	22,0
		7,0	10	SW	22,0
		9,0	10	W	22,0
		11,0	10	W	21,5
		13,0	10	W	21,5
		15,0	10	NW	21,0
17,0	10	SW	21,0		
	19,0	0	-	20,5	
09/11/88	A1 (10:00h)	1	25	SW	22,5
		3	20	W	22,5
		5	20	W	22,5
		7	10	W	22,0
		9	5	NW	21,5
		11	2,5	NNW	21,0
		13	2,5	NE	20,5
		15	10	E	19,5
	16	15	E	16,0	

TABELA A.3.1 - (CONTINUAÇÃO)

DIA	PONTO	PROFUNDIDADE (m)	CORRENTE		TEMPERATURA (°C)
			VELOCIDADE (cm/s)	DIREÇÃO	
09/11/88	A4 (15:40h)	1	3	NE	26,5
		3	1	E	25,0
		5	2	NE	24,5
		7	4	SW	23,5
		9	2	E	23,0
		11	5	E	23,0
		13	3	E	22,0
		15	7	E	22,0
		17	8	SE	21,5
		19,5	6	SE	21,0
		22,5	6	W	20,5
16/11/88	A1 (9:40h)	1	20	SE	24,2
		3	20	SE	23,6
		5	15	SSE	23,5
		7	20	E	23,5
		9	20	NE	23,3
		11	15	N	23,3
		13	15	NE	23,2
		15	10	E	23,0
		17,5	13	E	22,8
		18,0	5	E	22,7
16/11/88	A4 (15:15h)	1	15	N	24,0
		3	15	NNE	23,9
		5	10	E	23,8
		9	5	SE	23,5
		11	5	S	23,5
		13	15	SE	23,3
		15	15	SE	23,0
		17	15	ESE	23,0
		19	10	E	23,0

TABELA A.3.2 - MEDIÇÕES METEOROLÓGICAS NO PERÍODO DA 2ª  
CAMPANHA

DIA	HORA	PRESSÃO (mb)	TEMPERATURA (°C)	VENTO		PLUVIÔMETRO (mm)
				VELOCIDADE (km/h)	DIREÇÃO	
07/11/88	00:00	1019,4	19	20	150	0
	03:00	1018,6	19	20	150	0
	06:00	1016,3	19	20	180	0
	12:00	1018,5	22	16	200	0
	15:00	1017,5	23	20	180	0
	18:00	1016,5	21	20	200	0
	21:00	1016,5	21	0	-	2
08/11/88	00:00	1015,5	21	26	330	0
	03:00	1014,5	21	10	330	0
	06:00	1013,5	20	0	-	0
	09:00	1013,7	20	0	-	0
	12:00	1014,5	22	18	180	0
	15:00	1013,5	23	10	210	0
	18:00	1012,5	25	2	180	0
	21:00	1011,7	22	2,4	360	0
09/11/88	00:00	1013,0	22	16	30	0
	03:00	1012,1	21	14	30	0
	06:00	1010,4	22	0	-	0
	09:00	1010,5	22	0	-	0
	12:00	1012,0	26	0	-	0
	15:00	1011,4	27	12	180	0
	18:00	1009,5	26	22	340	0

TABELA A.3.2 - (CONTINUAÇÃO)

DIA	HORA	PRESSÃO (mb)	TEMPERATURA (°C)	VENTO		PLUVIÔMETRO (mm)
				VELOCIDADE (km/h)	DIREÇÃO	
15/11/88	00:00	1014,1	24	13	360	0
	03:00	1014,6	23	10	130	0
	06:00	1014,7	23	26	180	0
	09:00	1016,7	23	20	220	0
	12:00	1017,8	25	12	210	0
	15:00	1017,9	24	10	340	0
	18:00	1018,3	24	13	360	1
	21:00	1018,5	24	10	95	0
16/11/88	00:00	1019,5	24	11	90	0
	03:00	1020,0	22	10	330	3
	06:00	1018,5	22	2	330	3
	09:00	1019,5	23	8	210	0
	12:00	1019,9	23	4	90	0
	15:00	1019,7	25	26	60	0
	18:00	1018,5	24	32	120	0

Observa-se que:

a) a estrutura vertical das correntes não é homogênea, tanto em velocidade como em direção. Apenas no dia 09/11/88 em A4 as correntes se mostraram fracas.

b) Os perfis de temperatura indicam nítidas quedas nos dias 08 e 09/11/88 e uma queda tênue no dia 16/11/88. Este comportamento induz a estratificação (não foi possível medir a condutividade) e corrobora os resultados de  $\Delta\sigma$  na Tabe-



ta 6.3. A julgar por estes dados, a densidade se altera de forma gradual e uniforme; a única exceção foi em 09/11/88 em A1, que apresenta uma termoclina na profundidade de 16 m.

c) Não houve influência de precipitações pluviométricas sobre  $\Delta\sigma$ ; no dia 16/11/88, em que o pluviômetro acusou alguma precipitação, os perfis foram os mais homogêneos.

d) As direções dos ventos foram bastante variáveis no período, ocorrendo episódios de ventos do quadrante norte (que favorecem a ressurgência e a consequente estratificação) mas de curta duração.

e) Os ventos não foram significativos no período, a maior parte ficou nas escalas Beaufort 2 e 3. A escala Beaufort 2 corresponde à brisa leve (perceptível sobre a epiderme, produz ruído, o catavento indica a direção); a escala Beaufort 3 corresponde à brisa moderada (poeira e papel no chão são carregados, pequenos galhos se movem).

f) A estratificação observada na 2ª campanha (menos intensa do que a da 1ª campanha) foi portanto provocada por agentes que atuaram anteriormente ao período de observações e indica a persistência do fenômeno.

g) As pressões barométricas podem fornecer uma estimativa, ainda que imprecisa, dos períodos dos ciclos meteorológicos que controlam as condições da circulação. Kvinge [16] determinou o período mais frequente como sendo de 4-5 dias; os dados da Tabela A.3.2, embora insuficientes, estão de acordo com este valor. Sendo assim era de se esperar que as condições observadas nos dias 8 e 9 fossem aproximadamente reproduzidas por volta dos dias 13, 19, etc. O dia 16 ficou portanto fora de fase.