

EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S.A. - NUCLEBRÁS
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR
DEPARTAMENTO DE RADIOPROTEÇÃO E APOIO AO LICENCIAMENTO

AUTORES:

Rubens Martins Moreira
Amenônia Maria Ferreira Pinto

EQUIPE DE APOIO:

Luiz Raphael Aun
Maria das Graças de Sousa

1ª CAMPANHA DE MONITORAÇÃO DOS EFLUENTES
DO TEBAR E DO CANAL DE SÃO SEBASTIÃO

Divisão de Engenharia Ambiental

DERL.CN-011/88

BELO HORIZONTE - BRASIL

Abril/1988



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 do Corpo Receptor - Malha de Amostragem	7.
2.3. Programação das Amostragens	18.
3. DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS DE CAMPO	20.
3.1. Metodologia Utilizada	20.
3.1.1. Coleta no mar	20.
3.1.2. Coletas nas praias	22.
3.1.3. Coletas nos separadores de água-óleo	23.
3.1.4. Dosagens	23.
3.2. Logística	24.
3.3. Cronograma dos trabalhos de campo	26.
4. CRITÉRIOS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO CORPO RECEPTOR E EFLUENTE	29.
5. RESULTADOS DAS MONITORAÇÕES NAS ESTAÇÕES SAO	31.
5.1. Medições in situ	31.
5.2. Medições no Laboratório do TEBAR	32.

RUN

	Página
5.3. Análises Físico-químicas (CETESB)	32.
5.4. Análises dos Metais (NUCLEBRÁS)	32.
5.5. Avaliação dos Resultados	40.
6. RESULTADOS DAS MONITORAÇÕES NO MAR E NAS PRAIAS	45.
6.1. Medições in-situ	45.
6.2. Medições nos Laboratórios do TEBAR	45.
6.3. Análises Físico-químicas (CETESB)	51.
6.4. Análises de Metais (NUCLEBRÁS)	51.
6.5. Avaliação dos Resultados	51.
7. PADRÃO GERAL DA QUALIDADE DA ÁGUA	69
8. AVALIAÇÃO DAS BASES DE CÁLCULO DO EMISSÁRIO	75.
9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	79.
10. REFERÊNCIAS	82.

1ª CAMPANHA DE 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 da campanha de coletas efetuadas em janeiro deste ano, nos separadores água-óleo do TEBAR e em pontos representativos do Canal de São Sebastião. Visa esta campanha 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 consequente aos descartes.

Nesta etapa do trabalho 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/Núcleobrás, DESEMA/Petrobrás e a CETESB.

1.2. Antecedentes

Em dezembro de 1986 o Centro de Desenvolvimento

da Tecnologia Nuclear (CDTN) da Nuclebrás, preparou um estudo para a SEEBLA - Serviços de Engenharia Emilio 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 $500\text{m}^3/\text{h}$ e $800\text{m}^3/\text{h}$. 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 dessalgadora estar operando) ou menos denso (dessalgadora desativada, ocorrência de chuvas).

Em julho de 1987 a Petrobrás solicitou à Nucle



brás uma revisão no projeto do emissário em razão da rede finição dos critérios de vazão das descargas. Estas pas saram a ser 200m³/h, 300m³/h, 340m³/h, 420m³/h, 600m³/h e 680m³/h. Optou-se por um sistema de emissários paralelos, de modo que ao ser ultrapassada a vazão de 340m³/h um seg undo emissário entrará em operação. Os cálculos corre spondentes às novas bases de projeto e os resultados obtid os foram fornecidos no Relatório "Projeto dos Difusores de Emissários Submarinos para os Efluentes Líquidos do TEBAR com Vazões de Descarga de 340m³/h", DERL.CN-014/87. O projeto aí consig nado é o que permanece vá lido 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.CN-Nuclebrás, DETRAN-Petrobrás e DESEMA-Petrobrás, foi solicitada à Nuclebrás 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 Nuclebrás a intenção de realizar um programa de monitoração em três etapas: 1ª) situação dos efluentes e do corpo receptor atualmente; 2ª) idem, a p os entrada em operação da unidade dessalgadora; 3ª) idem, apo s entrada em operação do emissário submarino.

Esta minuta de proposta foi posteriormente disu tida 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 suge sões surgidas nesta reunião, bem como em considerações an

4.

teriores dos técnicos da DESEMA, a minuta foi reelaborada e apresentada à Petrobrás na "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.



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 a í 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 conformações 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 e ram, 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 neles 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 do Corpo Receptor - Malha de Amostragem

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

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 as marés no período de abril a agosto.

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 extratificação em alguns pontos foram observados na execução do presente trabalho).

Não dispomos de dados de medição de ondas no local.

De uma maneira geral, os dados que o CDTN dis

põe (e mesmo o universo de dados já medidos no local) são poucos, principalmente a respeito das marés. Seria conveniente estender a análise a um maior número de dados de vento de que aqueles fornecidos inicialmente à Nuclibrás quando da realização do Projeto Básico do emissário [1,2], mesmo porque estes dados são continuamente registrados pelo TEBAR. Com relação aos dados de correntes, salinidade 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).

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 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 luxo. 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. Dada 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 monitoração).

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 da SAO-1 e desagua na praia do Porto Grande. Vazão estimada na época da amostragem: 50ℓ/s
- b) Córrego do Outeiro: drena os efluentes da SAO-2 e desagua na praia de São Sebastião. Vazão estimada na época da amostragem: 75ℓ/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 so frem atualmente apenas tratamento primário.

Como são previstas campanhas antes e ap^os a entrada em operação do emissário, é razoável prever pontos de amostragem específicos para cada uma delas. Isto por que 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 ap^os 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 pre-existentes.

Por estes motivos foi planejada uma malha geral na que alguns pontos sõ 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

ms

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).

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 e formada pela Ponta das Canas e pela Ilha dos Porcos). Esta região confinada exhibe baixas profundidades e inclui várias pequenas enseadas. É portanto um local onde a circulação e consequente renovação da água são muito precárias. Sobre isto constitui uma faixa litorânea mais densamente habitada e com maior afluxo de veranistas. Já ao sul do Canal de São

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

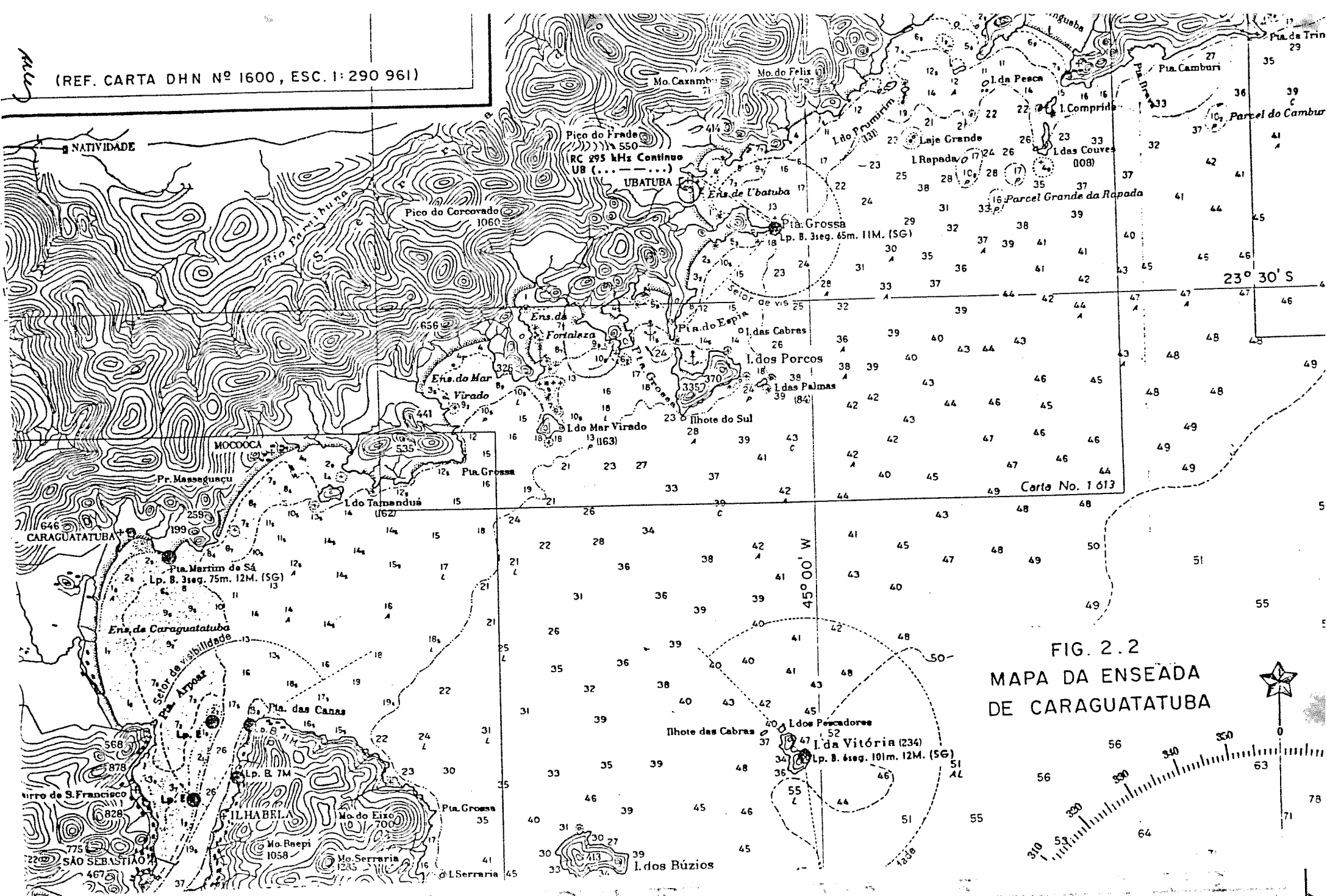


FIG. 2.2
MAPA DA ENSEADA
DE CARAGUATATUBA

PT

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 operação. Optou-se por estabelecer uma malha única para todas 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 Araçá e a Ilha das Cabras; cerca de 2800m do sul do vértice do pier.

Ponto A3:

na extremidade sul do pier.

Ponto A4:

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 2800m ao norte do vértice do pier.

Ponto A7:

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

Ponto A8:

na pontão 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 Guaiãmu.

mu

Ponto A10:

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

Ponto A11:

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

Ponto A12:

em frente a vila de Perequê, a cerca de 100m 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 CEBIMAR-USP.

O ponto A1, como já foi dito, indicará uma refe

rus

rência 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 consequentes 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. Foi também acordado que esta inclusão seria compensada com a amostragem em a penas uma das fases da lua nos pontos A8 e A13.

2.3. Programação das Amostragens

O esquema de coletas que foi implementado no campo é mostrado na Tabela 2.1.

Na Proposta haviam sido tentativamente planejadas amostragens em maré enchente e vazante. Como havia sido previsto, dada a dependência do fluxo em relação aos ventos, esta parte do esquema não pode ser implementada. Não obstante, foram sempre feitas duas amostragens (vide coluna da frequência) nos pontos em que a coleta em fases distintas da maré (enchente, vazante) haviam sido previstas.

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 SÃO foram amostradas nos mesmos dias, em duas ocasiões: uma correspondendo à maré de sizígia e outra à maré de quadratura. Devido a questões de organização nos dias em que eram amostradas as estações SAO não era amostrado o corpo receptor, e vice versa.

RUN

TABELA 2.1 - ESQUEMA DA AMOSTRAGEM
1ª ETAPA DA MONITORAÇÃO

PONTO	PROFUNDIDADE	MARÉ	FREQUÊNCIA
1	superfície	sizīgia	2x
	fundo	quadratura	2x
2	superfície	sizīgia	2x
	fundo	quadratura	2x
4	superfície	sizīgia	2x
	fundo	quadratura	2x
7	superfície	sizīgia	2x
	fundo	quadratura	2x
8	meia	sizīgia	1x
		quadratura	1x
9	superfície	sizīgia	2x
		quadratura	2x
10	superfície	sizīgia	2x
		quadratura	2x
11	meia	sizīgia	1x
		quadratura	1x
12	meia	sizīgia	1x
		quadratura	1x
13	superfície	sizīgia	1x
		quadratura	1x
14	superfície	sizīgia	1x
		quadratura	1x
15	superfície	sizīgia	2x
		quadratura	2x

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) foi utilizada uma embarcação própria para serviços de pesquisa, a lancha "Diana", de propriedade da CETESB e prestando serviços ao TEBAR.

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 nylon na profundidade da coleta. A água amostrada foi recalçada por uma mangueira de polietileno, com 3/4" de diâmetro, a uma vazão de ca. 0,3ℓ/s. O tempo de residência da água na mangueira pode 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 previamente 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).

Sendo grande o número de frascos a usar em cada dia de campanha, eles eram organizados no dia anterior em caixas para cada ponto e profundidade, e dispostos no convés de popa do "Diana" de maneira a agilizar as coletas. Aquelas amostras que exigiam refrigeração, eram guardadas com gelo dentro de caixas de isopor. Cada frasco foi previamente identificado por uma etiqueta impermeabilizada contendo as anotações pertinentes, de modo a impedir serem confundidos.

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 projeto



priedade do TEBAR. Este aparelho nos foi gentilmente colocado à disposição para enriquecer as coletas de dados. Simultaneamente, fornecia uma outra medição - mais precisa - da temperatura da água.

Nos pontos A1, A2, A4 e A7 foram colhidas amostras na superfície e no fundo. As primeiras foram amostradas a 1m da superfície do mar. As de fundo foram colhidas a cerca de 20m de profundidade, com pequenas variações em função da deflexão do cabo e tubulação da bomba sob a ação das correntes.

A temperatura do ar foi medida por um termômetro de precisão (resolução: 0,1°C). O pH também foi sempre testado no instante da amostragem, com papel indicador universal.. e depois medidos 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 1m (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 em ambas as estações foi o poço coletor da água de descarte à saída da unidade SAO. 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.

Nas SAO 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 SA0, os sólidos sedimentáveis. Foram utilizados um pH-metro (marca Metronic, mod. ESB2), um densímetro e um cone de Imhoff, respectivamente.

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.

Todas estas análises foram feitas em conformidade com o "Standard Methods" (16ª edição).

Os metais pesados foram dosados no laboratório da Divisão de Química do CDTN, em Belo Horizonte, pelo método da absorção atômica (após concentração).

3.2. Logística

O plano geral de amostragem pode ser considerado como duas sequências repetidas de amostras no mar, praias e SA0's. Em cada sequência as SA0's eram amostradas uma vez e o mar e praias duas vezes (na tentativa de se obter fluxos em direções diferentes).

mm

A equipe efetiva de coleta consistiu de dois técnicos, um dos quais encarregado das coletas no mar e o outro nas praias.

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

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. Nas coletas contou-se com o auxílio precioso da tripulação do "Diana", já afeita a este tipo de trabalho.

O técnico responsável pelas amostragens nas praias seguia em transporte do CDTN para os pontos de coleta e foi auxiliado pelo motorista em sua tarefa.

Nas coletas nas SAO's os dois técnicos se revezavam.

De volta do campo, no laboratório químico do TEBAR, as amostras eram organizadas e acondicionadas para o despacho para os laboratório da CETESB, preenchidos os respectivos formulários 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 Taubaté (condução do TEBAR) e para São Paulo (condução do CDTN).

3.3. Cronograma dos trabalhos de campo

Dia 03/01/88 (domingo)

- viagem Belo Horizonte - São Sebastião.

Dia 04/01/88 (segunda feira)

- coletas no mar e nas praias (com participação da equipe da DESEMA)
- medições no laboratório
- preparativos para o despacho e a coleta seguinte.

Dia 06/01/88 (quarta feira)

- coletas nas estações SAO (com participação da equipe da DESEMA)
- ida de um técnico à CETESB/S. Paulo para ajustes do esquema operacional
- medições no laboratório
- preparativos para o despacho e a coleta seguinte.

mmj

Dia 07/01/88 (quinta feira)

- coletas no mar e nas praias
- medições no laboratório
- preparativos para o despacho.

Dia 08/01/88 (sexta feira)

- ida de um técnico à CETESB (São Paulo e Taubaté para acertos pendentes)
- inspeção e coletas de informações sobre as despejos
- planejamento da segunda etapa da amostragem, preparativos para a coleta seguinte.

Dia 09/01/88 (sábado)

- folga.

Dia 10/01/88 (domingo)

- coletas nas estações SAO
- medições no laboratório
- preparativos para o despacho e a coleta seguinte.

Dia 11/01/88 (segunda feira)

- coletas no mar e nas praias
- medições no laboratório
- preparativos para o despacho e a coleta seguinte.

ms

Dia 12/01/88 (terça feira)

- coletas no mar e nas praias
- medições no laboratório
- preparativos para o despacho

Dia 13/01/88 (quarta feira)

- organização e acondicionamento do equipamento do material (equipamento para o retorno)
- providências burocráticas (notas fiscais, etc.)
- carregamento do veículo
- contactos finais com os técnicos do SEGUR/TEBAR.

Dia 14/01/88 (quinta feita)

- retorno para Belo Horizonte.

mm

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).

TABELA 4.1 - CRITÉRIOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Parâmetro	Critério
Óleos e graxas	virtualmente ausentes
Substâncias que formem depósitos objetáveis	virtualmente ausentes
Substâncias que produzem odor e turbidez	virtualmente ausentes
DBO ₅ (20°C)	atē 5mg/l
OD	não inferior a 6mg/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 0,5mg/l NH ₃
Cádmio	atē 0,005mg/l Cd
Chumbo	atē 0,01mg/l Pb
Cobre	atē 0,05mg/l Cu
Cromo VI	atē 0,05mg/l Cr
Índice de fenóis	atē 0,001mg/l C ₆ H ₅ OH
Níquel	atē 0,1mg/l Ni
Sulfetos como H ₂ S	atē 0,002mg/l S
Zinco	atē 0,17mg/l Zn

nmj

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

TABELA 4.2 - CRITÉRIOS PARA OS EFLUENTES

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

Os resultados obtidos estão indicados nas Tabelas 5.1 a 5.4.

Para fins da avaliação pode-se considerar que o SAO nº 1 operou com uma alimentação de efluente de qualidade mais desfavorável do que o normal no dia 06/01 e com um efluente mais favorável no dia 10/01. Já o SAO nº 2 operou em ambos os dias com um efluente de qualidade mais favorável do que o normal.

O SAO nº 2 é do tipo API, com dois septos. A alimentação é bem repartida entre estes septos. Observou-se na ocasião das amostragens uma acumulação de óleo sobrenadante próximo à secção da alimentação, devido à ação do vento. Existem duas plantas, uma para cada septo. Não estavam drenando nos instantes das coletas. Na saída dos septos existem tres telas: vertedouros, se existem, estavam afogados.

É interessante notar que foi observada uma grande quantidade de pequenos peixes logo a jusante da con

fluência do dreno da SAO nº 2 com o canal de coleta (que descarrega no córrego do Outeiro), embora fossem visíveis filmes de óleo neste local.

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. Os resultados obtidos estão indicados nas Tabelas 5.5.

As temperaturas reportadas nestas tabelas evidentemente refletem as condições do laboratório; são fornecidas apenas para referenciar os valores das densidades. (Indicam também, aproximadamente, as densidades dos efluentes à temperatura do corpo receptor).

5.3. Análises Físico-químicas (CETESB)

Os resultados obtidos estão indicados na Tabela 5.6. As unidades são todas mg/l, exceto turbidez.

5.4. Análises de Metais (NUCLEBRÁS)

Os resultados obtidos estão indicados na Tabela 5.7. As unidades são todas mg/l. O teor de cromo corresponde ao cromo total.

TABELA 5.1.

Estação: SAO nº 1

Dia: 06/01/88

Hora	pH	T (°C)	Sulfetos (mg/l)
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

- OBS:
1. escala de cor do kit de sulfetos estourou em to das as coletas
 2. chovendo na 1ª coleta, da 2ª coleta em diante parou a chuva.
 3. no instante previsto para a 4ª coleta (16:00h), a SAO nº 1 não estava operando. Foi então religada e esperou-se algum tempo para que estabilizase.
 4. a vazão no SAO nº 1 neste dia foi de 200m³/h (conforme informação do TEBAR). Estava drenando de tanque.



TABELA 5.2.

Estação: SA0 nº 2

Dia: 06/01/88

Hora	pH	T (°C)	Sulfetos (mg/ℓ)
10:45	5,5	28,8	0
13:20	6,0	28,8	0
15:30	6,0	29,0	0
18:15	6,0	29,2	0

OBS: Neste dia o SA0 nº 2 estava drenando muita água pluvial. Havia chovido bastante no dia anterior.

TABELA 5.3.

Estação: SAO nº 1

Dia: 10/01/88

Hora	pH	T (°C)	Sulfetos (mg/l)
09:00	6,5	25,9	0,10
11:00	6,0	26,4	0,02
13:05	6,0	-	0,01

- OBS:
1. no instante de se fazer a 4ª coleta, a SAO nº 1 já havia sido desativada.
 2. na 1ª e 2ª coletas o fluxo estava, em parte by-passando a SAO, porque a vazão era muito elevada. Na 3ª coleta o by-pass já havia sido fechado. As coletas foram feitas de maneira a compor os volumes das amostras em quantidades aproximadamente proporcionais aos fluxos via by-pass e via SAO.
 3. Conforme informações do operador, no início da coleta estava sendo drenada a água de lastro de um navio e este efluente já vinha de uma outra SAO. Este efluente não é tão poluído como a água separada dos produtos manipulados pelo TEBAR. Todavia a maior fração da vazão do efluente provinha de água pluvial.

TABELA 5.4.

Estação: SAO nº 2

Dia: 10/01/88

Hora	pH	T (°C)	Sulfetos (mg/l)
09:40	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

OBS: drenando apenas água pluvial. Fortes chuvas no dia anterior.

TABELA 5.5 - AMOSTRAS DO SAO Nº 1 - MEDIÇÕES NO TEBAR

ESTAÇÃO	SAO 1	SAO 1	SAO 2	SAO 2
Dia	6/01/88	10/01/88	6/01/88	10/10/88
pH	7,3	7,0	6,9	6,5
Densidade (g/cm ³)	1,0190	0,9955	0,9965	0,9980
Temperatura (°C)	25,6	25,8	26,7	26,6
Sólidos sedimentáveis (ml/l)	0,15	0,20	0,30	0,10

TABELA 5.6 - PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS DOS EFLUENTES

ESTAÇÃO	SAO 1	SAO 1	SAO 2	SAO 2
Dia	6/01/88	10/01/88	6/01/88	10/01/88
Sólidos em suspensão (mg/l)	115	30	53	7
Óleos e graxas (mg/l)	30	14	7	3
DBO ₅ (20°C) (mg/l O ₂)	330	62	4	4
Fenóis (mg/l C ₆ H ₅ OH)	0,83	0,19	<0,03	<0,03
Nitrogênio Amônia (mg/l N)	20,7	1,4	0,13	0,22
Cloretos (mg/l Cl)	18.228	12.043	465	77
Turbidez (UNT)	16,0	17	46,0	33

TABELA 5.7 - TEORES DE METAIS NOS EFLUENTES

ESTAÇÃO	SAO 1	SAO 1	SAO 2	SAO 2
Dia	6/01/88	10/01/88	6/01/88	10/01/88
Pb	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
Ni	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Fe	3,02	2,36	0,950	1,43
Cu	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cd	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Zn	0,22	0,22	0,143	0,03
Cr	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
V	<0,08	<0,08	0,08	<0,08



5.5. 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: ficaram na faixa de 25°C a 30°C . Refletem as temperaturas do ambiente, elevados 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. (em média, a temperatura do mar foi mesmo um pouco maior). É interessante notar que as temperaturas no SAO 2 são inferiores às do SAO 1, da ordem de 3°C . Isto não é explicável por influências do ambiente e possíveis razões seriam: natureza e origem dos efluentes, condições de troca térmica nos canais de transporte, tempo de residência superior no SAO 2.

c) Densidades: refletem as magnitudes das salinidades nos efluentes, com exceção da amostra do SAO 1 no dia 10/01/88, que era de se esperar mais densa. De qualquer modo sempre foram inferiores às salinidades medidas na água do mar, que ficou aproximadamente na faixa de 1,021 a 1,025, nos pontos afastados da praia. (A densidade do SAO 1 em 6/01/88 é bem próxima da observada próximo às praias). Assim, todos os casos medidos os efluentes serão boiantes.



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; com exceção do SAO 1 no dia 6/01/88 ficaram abaixo dos 20mg/ℓ. Deve-se levar em conta que, conforme as informações da SEGUR/TEBAR sobre a natureza do efluente tratado neste dia (conforme parágrafo 5.1), tratava-se de condições mais desfavoráveis do que o normal.

g) DBO: também apresentou-se baixa, à exceção do SAO 1 em 5/01/88, cujo efluente apresentou um teor da ordem da média típica de um esgoto doméstico não tratado. As demais amostras acusam teores bem inferiores ao mínimo da faixa de teores em esgotos domésticos brutos.

h) Fenóis: os teores ficam em geral abaixo do índice de 0,5mg/ℓ proposto pelo CONAMA (Tabela 3.2). O efluente problemático do SAO 1 em 6/01/88 excedeu este limite em 66%.

i) Nitrogênio Amoniacal: é baixo, com a constante exceção de SAO 1 em 6/01/88. Nesta amostra o seu teor é característico valor médio de esgoto domésticos não tra

tados. Este valor (20,7mg/ℓ) excede as recomendações de países da Comunidade Econômica Européia, mas frequentemente os teores em efluentes de refinarias destes mesmos países excedem 20mg/ℓ [6].

j) Cloretos: o teor é bem próximo à da água do mar no SA0 1 em 6/01/88 (ca. de 42% da salinidade no mar) e ainda elevado no dia 10/01/88 no mesmo SA0 (ca. de 61% da salinidade do mar). As salinidades correspondentes no SA0 2 são encontráveis naturalmente em águas interiores.

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 ≈ 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. É intrigante observar que a turbidez dos efluentes do SA0 1 é menor, muito embora o seu teor de sólidos em suspensão seja superior ao do SA0 2. (Isto poderia indicar diferenças nas propriedades destes sólidos, pelo me



nos no que diz respeito ao espalhamento da luz).

1) Sulfetos: os sulfetos nas amostras dos efluentes não puderam ser analisados na Regional da CETESB em Taubaté por problemas técnicos. Uma outra amostragem foi então realizada no SAO 1, no dia 12/01/88 (17:00h), visando preencher a lacuna de informação assim criada. Devido ao compromisso com a programação pré-estabelecida para este dia só foi possível fazer uma amostragem única. Esta amostra foi enviada ao Laboratório Central da CETESB em São Paulo, que forneceu os seguintes resultados: sulfeto total = não detectado; sulfeto solúvel = não detectado. (Os fenóis também foram pesquisados e não detectados). Isto indica que o efluente substituto amostrado não era tão contaminado como o do dia 06/01/88 (vide Tabela 5.1). Neste último dia o teste de sulfeto in situ com o kit Merck indicou teores altos, acima da faixa de detecção do kit, durante todo o período da coleta (e leve-se em conta que este método ainda sofre interferência dos cloretos). Ou seja, em função da variabilidade da qualidade dos efluentes e do contratempo com a análise da amostra de 06/01/88, os teores de sulfetos nos efluentes não ficaram bem definidos.

m) Metais pesados: todos eles tem teores abaixo dos limites estabelecidos pelo CONAMA para efluentes. A julgar pelos teores de ferro, confirma-se a indicação dos parâmetros físico-químicos quanto à qualidade mais problemática do efluente do SAO 1.

Para fins de avaliação deste resultados a Tabe



1a 5.8 lista valores típicos em efluentes de refinarias, tratados pelo processo de lodos ativados [6].

TABELA 5.8 - EFLUENTES TRATADOS DE REFINARIAS

Pâmetro	Qualidade do Efluente
Sólidos em suspensão	m̄x. 40mg/l
Óleo	m̄x. 5mg/l
Sulfetos	n̄o detectável
Fenóis	m̄x. 0,5mg/l
DBO ₅	m̄x. 25mg/l

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 mar. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 6.1. As letras s e f acompanhando a designação dos pontos, referem-se às amostras de superfície e fundo, respectivamente.

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

6.2. Medições nos Laboratório do TEBAR

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

Conquanto as temperaturas das medições sejam diversas daquelas vigentes no corpo amostrado à hora da coleta, as densidades podem ser comparadas, após as devidas correções, para se ter uma idéia do grau de estratificação.

TABELA 6.1 - MEDIÇÕES IN-SITU NO MAR

DIA	HORA	PONTO	Tar (°C)	Tag (°C)	SALINIDADE (‰)	OD (% sat)	TRANSP. (m)
05/01/88 (sizīgia) (vazante)	12:02	A1 S	-	26,5	32,98	74	7,0
	11:45	A1 F	-	17,0	34,35	44	-
	13:15	A2 S	-	27,5	32,68	96	4,5
	13:00	A2 F	-	26,0	33,10	95	-
	14:10	A4 S	-	27,8	32,73	100	4,5
	13:50	A4 F	-	27,5	33,12	100	-
	14:50	A7 S	-	27,0	-	96	8,0
	14:30	A7 F	-	26,8	33,0	98	-
	15:20	A8	-	29,0	-	100	1,5
	11:45	A9	-	30,8	-	-	-
	13:30	A10	-	28,5	-	-	-
	10:30	A14	-	29,8	-	-	-
	14:00	A15	-	31,2	-	-	-
	07/01/88 (sizīgia) (enchente)	10:45	A1 S	24,1	27,3	32,73	96
10:30		A1 F	-	23,8	33,50	72	-
11:35		A2 S	24,7	27,6	31,90	100	8,0
11:20		A2 F	-	27,4	32,80	97	-
12:05		A4 S	25,5	28,2	32,31	100	5,5
11:50		A4 F	-	27,4	32,70	93	-
13:35		A7 S	24,5	28,0	31,70	100	5,0
13:30		A7 F	-	27,3	32,71	91	-
11:45		A9	-	27,3	-	-	-
11:00		A10	-	26,5	-	-	-
13:50		A11	23,8	27,8	31,95	100	4,0
14:18		A12	24,7	28,0	31,90	95	1,5
13:20		A13	24,1	27,3	-	-	-
10:15	A15	-	27,1	-	-	-	
11/01/88 (quadratura) (vazante)	10:23	A1 S	-	27,0	32,05	93	8,0
	10:13	A1 F	-	16,3	33,72	53	-
	11:20	A2 S	-	27,2	31,90	98	7,0
	11:15	A2 F	-	26,0	33,06	82	-
	11:55	A4 S	-	27,2	32,00	99	6,0

continua...

continuação...

DIA	HORA	PONTO	Tar (°C)	Tag (°C)	SALINIDADE (‰)	OD (% sat)	TRANSP. (m)
	11:45	A4 F		26,0	33,10	85	
	13:12	A7 S	-	27,2	31,80	100	7,0
	13:02	A7 F		25,8	33,15	91	
	12:14	A8	-	27,5	32,65	93	2,0
	11:10	A9	26,0	27,4	-	-	
	11:30	A10	29,0	27,0	-	-	
	10:40	A13	27,3	28,3	-	-	
	10:00	A14	29,3	27,8	-	-	
	14:35	A15	29,2	29,8	-	-	
12/01/88	10:03	A1 S	27,4	27,0	32,31	95	11,0
(quadratura)	09:55	A1 F		16,0	33,85	47	
(vazante)	11:00	A2 S	28,0	27,0	32,50	95	11,0
	10:52	A2 F		25,5	33,35	87	
	11:29	A4 S	28,5	27,4	32,65	100	7,0
	11:22	A4 F		26,0	33,35	96	
	12:05	A7 S	28,1	27,3	32,39	99	11,0
	11:58	A7 F		26,4	33,18	100	
	14:30	A9	29,0	30,4	-	-	
	15:10	A10	29,1	28,2	-	-	
	12:20	A11	29,4	26,8	32,45	99	1,5
	12:41	A12	28,7	27,0	32,75	96	5,5
	15:50	A15	30,3	30,4	-	-	

TABELA 6.2 - AMOSTRAS DO MAR - MEDIÇÕES NO TEBAR

DIA	PONTO	pH	DENSIDADE (g/cm ³)	TEMP. (°C)	$\Delta\sigma$
05/01/88	A1 S	8,13	1,022	26,2	3,65
	A1 F	7,91	1,025	26,7	
	A2 S	8,11	1,021	27,0	0,78
	A2 F	8,11	1,022	26,9	
	A4 S	8,12	1,021	28,0	0,35
	A4 F	8,10	1,026	13,1	
	A7 S	8,14	1,026	13,7	-
	A7 F	8,12	1,027	12,5	
	A8	8,14	1,021	28,5	
	A9	8,09	1,020	27,7	
	A10	8,09	1,020	32,7	
	A14	6,29	1,020	28,3	
	A15	8,09	1,020	31,7	
	07/01/88	A1 S	8,38	1,023	24,6
A1 F		8,20	1,023	24,2	
A2 S		8,45	1,022	25,0	0,74
A2 F		8,09	1,023	24,1	
A4 S		8,39	1,023	24,6	0,54
A4 F		8,30	1,023	24,3	
A7 S		8,31	1,023	24,9	0,97
A7 F		8,40	1,024	25,0	
A9		8,38	1,021	25,1	
A10		8,20	1,022	23,9	
A11		8,20	1,022	25,2	
A12		8,35	1,022	25,6	
A13		8,45	1,019	24,5	
A15		8,22	1,022	24,2	
11/01/88		A1 S	7,80	1,021	26,8
	A1 F	7,80	1,022	26,7	
	A2 S	8,00	1,021	26,7	1,24
	A2 F	7,80	1,022	26,7	
	A4 S	8,00	1,021	27,0	1,20

continua...

continuação...

DIA	PONTO	pH	DENSIDADE (g/cm ³)	TEMP. (°C)	$\Delta\sigma$
11/01/88	A4 F	7,82	1,021	26,7	1,44
	A7 S	7,88	1,020	26,8	
	A7 F	7,70	1,022	27,0	
	A8	7,95	1,021	27,0	
	A9	8,15	1,022	25,8	
	A10	7,75	1,021	26,4	
	A13	8,10	1,021	26,1	
	A14	8,15	1,021	26,6	
	A15	7,80	1,021	27,2	
12/01/88	A1 S	7,95	1,021	26,2	4,16
	A1 F	7,82	1,022	26,1	
	A2 S	7,95	1,021	26,8	1,10
	A2 F	7,60	1,022	25,7	
	A4 S	7,82	1,021	26,4	0,96
	A4 F	7,65	1,022	26,2	
	A7 S	8,00	1,021	25,4	0,87
	A7 F	7,45	1,022	26,1	
	A9	7,70	1,017	26,9	
	A10	7,30	1,021	28,9	
	A11	7,60	1,022	26,0	
	A12	7,25	1,023	21,8	
	A15	7,60	1,020	28,6	

RMM

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

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

sendo ρ a densidade em g/cm^3 .

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

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

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

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

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

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

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

ms

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

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

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

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

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

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

6.3. Análises Físico-químicas (CETESB)

A Tabela 6.3 mostra os valores obtidos nestas determinações.

6.4. Análises de Metais (NUCLEBRÁS)

Os resultados obtidos nestes testes estão organizados na Tabela 6.4.

6.5. Avaliação dos Resultados

a) Temperatura: as temperaturas, 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 as praias são ainda mais altas, como era de se esperar; os máximos foram medi

TABELA 6.3 - PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA DO MAR

DIA	PONTO	CLORETOS (mg/l Cl)	SOL. SUSP.. (mg/l)	O&G (mg/l)	DBO ₅ (mg/l O ₂)	FENÓIS (mg/l C ₆ H ₅ OH)	N AMONIACAL (mg/l N)	SULF.TOTAL (mg/l S)	SULF.SOL. (mg/l S)	TURBIDEZ (UNT)
05/01/88	A1 S	18135	43	2	4	nd(*)	0,14	nd	nd	1,5
	A1 F	18832	35	3	2	nd	0,06	nd	nd	2,1
	A2 S	18553	51	5	4	nd	0,13	nd	nd	1,5
	A2 F	18414	54	4	3	nd	0,05	nd	nd	2,1
	A4 S	18367	47	5	2	nd	0,15	nd	nd	1,5
	A4 F	18972	34	8	3	nd	0,06	nd	nd	2,9
	A7 S	17716	39	4	4	nd	0,09	nd	nd	1,2
	A7 F	19297	26	6	2	nd	0,07	nd	nd	2,1
	A8	18228	41	8	2	nd	0,05	nd	nd	3,6
	A9	18088	74	3	3	nd	0,17	nd	nd	6,7
	A10	18414	68	5	2	nd	0,09	nd	nd	2,9
	A14	17809	171	4	3	nd	0,09	nd	nd	7,3
	A15	18228	70	4	3	nd	0,13	nd	nd	3,2
07/01/88	A1 S	17251	36	6	2	nd	0,09	nd	-	1,1
	A1 F	16740	36	5	3	nd	<0,04	nd	-	4,9
	A2 S	16461	33	8	1	nd	<0,04	nd	-	1,6
	A2 F	16461	35	3	2	nd	<0,04	nd	-	2,2
	A4 S	16461	26	9	2	nd	<0,04	nd	-	1,9
	A4 F	16693	33	11	2	nd	<0,04	nd	-	4,0

continua...

continuação...

DIA	PONTO	CLORETOS (mg/l Cl)	SOL.SUSP. (mg/l)	O&G (mg/l)	DBO (mg/l O ₂)	FENÓIS (mg/l C ₆ H ₅ OH)	N AMONIACAL (mg/l N)	SULF.TOTAL (mg/l S)	SULF. SOL. (mg/l S)	TURBIDEZ (UNT)
07/01/88	A7 S	16507	43	5	4	nd	<0,04	nd	-	2,5
	A7 F	16135	29	7	3	nd	0,06	nd	-	4,2
	A9	15345	28	5	2	nd	0,13	nd	-	5,0
	A10	16647	41	6	6	nd	<0,04	nd	-	2,9
	A11	15903	23	5	2	nd	<0,04	nd	-	2,6
	A12	16182	33	3	1	nd	<0,04	nd	-	4,4
	A13	13950	35	8	5	nd	0,09	nd	-	15,0
	A15	16786	57	4	4	2	nd	<0,04	nd	-
11/01/88	A1 S	13877	29	7	6	nd	<0,04	nd	nd	1,6
	A1 F	21377	26	4	2	nd	<0,04	nd	nd	2,4
	A2 S	18277	22	4	4	nd	<0,04	nd	nd	1,4
	A2 F	19984	34	3	2	nd	<0,04	nd	nd	1,6
	A4 S	19220	30	6	5	nd	<0,04	nd	nd	1,5
	A4 F	19445	21	4	3	nd	<0,04	nd	nd	2,2
	A7 S	18502	21	3	3	nd	<0,04	nd	nd	1,2
	A7 F	20568	19	4	3	nd	<0,04	nd	nd	2,4
	A8	17425	34	2	4	nd	<0,04	nd	nd	2,7
	A9	19064	37	2	4	nd	<0,04	nd	nd	5,1
	A10	18300	35	4	4	2	nd	<0,04	nd	2,0

LMV

continua...

continuação...

DIA	PONTO	CLORETOS (mg/l Cl)	SOL.SUSP. (mg/l)	O&G (mg/l)	DBO ₅ (mg/l O ₂)	FENÓIS (mg/l C ₆ H ₅ OH)	N AMONIACAL (mg/l N)	SULF.TOTAL (mg/l S)	SULF. SOL. (mg/l S)	TURBIDEZ (UNT)
11/01/88	A13	17559	673	6	4	nd	<0,04	nd	nd	4,8
	A14	18548	55	4	3	nd	<0,04	nd	nd	6,0
	A15	19041	23	5	6	nd	<0,04	nd	nd	2,3
12/01/88	A1 S	19535	21	3	4	nd	<0,04	nd	nd	1,2
	A1 F	17648	24	5	2	nd	<0,04	nd	nd	2,1
	A2 S	(**)	20	2	2	nd	<0,04	nd	nd	1,1
	A2 F	18121	38	2	4	nd	<0,04	nd	nd	1,7
	A4 S	20344	21	4	2	nd	<0,04	nd	nd	1,6
	A4 F	(**)	35	3	2	nd	<0,04	nd	nd	1,9
	A7 S	19266	23	4	1	nd	<0,04	nd	nd	1,1
	A7 F	20433	31	8	1	nd	<0,04	nd	nd	1,5
	A9	15448	25	2	4	nd	0,25	nd	nd	4,2
	A10	18817	34	4	2	nd	<0,04	nd	nd	4,0
	A11	18233	26	1	1	nd	<0,04	nd	nd	2,0
	A12	19939	29	6	2	nd	<0,04	nd	nd	1,7
A15	17379	24	<1	2	nd	<0,04	nd	nd	2,5	

(*) - nd = não detectado

(**) - prejudicado

TABELA 6.4 - 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		

continua...

continuação...

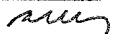
DIA	PONTO	Pb (mg/ℓ)	Ni (mg/ℓ)	Fe (mg/ℓ)	Cu (mg/ℓ)	Cd (mg/ℓ)	Zn (mg/ℓ)	Cr (mg/ℓ)	V (mg/ℓ)
07/01/88	A9	<0,08	<0,1	0,459	<0,01	<0,02	0,02	<0,1	<0,08
	A10	<0,08	<0,1	0,197	<0,01	<0,02	0,01	<0,1	<0,08
	A11	<0,05	<0,5	0,200	<0,10	<0,2	<0,20	<0,3	<0,08
	A12	<0,08	<0,1	0,189	<0,01	<0,02	0,008	<0,1	<0,08
	A13	<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	1,320	<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

continua...

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



dos no ponto A15 que se situa em uma enseada confinada e rasa. No estreito não se notam variações térmicas notáveis.

Comumente, a temperatura da água apresentava-se superior à do ar.

Um gradiente térmico vertical notável foi observado no ponto A1, da ordem de 10 a 11°C (em uma distância vertical de ca. 20m). Esta estratificação foi menos intensa em 07/01/88, o único dia no qual se amostrou em fluxo de enchente, quando o gradiente observado foi de 3,5°C. É, à primeira vista, uma constatação curiosa pois era de se esperar que o estreito sofresse a influência de uma possível estratificação no oceano, que nele penetrasse durante os fluxos de enchente.

b) Salinidade: variou no período da amostragem em consequência das chuvas que começaram a cair a partir de 06/01/88. As distribuições horizontais são homogêneas, mas invariavelmente ocorrem variações verticais, de valor médio 0,8‰. Porém, no já citado ponto A1 a variação foi um pouco maior: 1,5‰ (não se levando em conta o dia 07/01/88, de vazante).

c) Oxigênio dissolvido: com exceção do 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

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 mais profundas, em consequência do consumo de oxigênio para a oxidação de matéria orgânica morta que precipita ou está contida nos sedimentos. Na amostragem coincidente com o fluxo enchente (07/01/88) este contraste ficou mais mitigado. Do mesmo modo que aconteceu com a temperatura e salinidade isto parece contraditório, pois era de se esperar que condições mais anóxicas no fundo ocorressem quando as águas profundas do oceano penetrassem o estreito, durante os fluxos enchentes. 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 ponto A4 e tende a aumentar novamente no ponto A7. Caminhando-se para qualquer uma das margens a redução da transparência é drástica. É de se acreditar que este parâmetro foi influenciado pelas chuvas no período: 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. A avaliação desta influência natural sobre a transparência, bem como a de possíveis influências antropogênicas e da parte que cabe a cada uma não é possível com os presentes dados. É de se esperar que a situação modifi



que na época de estiagem e uma monitoração nesta época poderia esclarecer melhor estas questões.

Se for válida a hipótese que o ponto A1 não é atingido por perturbações antropogênicas originadas na área do porto, conclui-se que variações naturais 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 observa 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 processo bioquímicos a maiores profundidades, há um consumo de oxigênio com consequente acúmulo de CO_2 que, tendo maior dificuldade de passar para a atmosfera (em comparação com as águas superficiais), provoca um aumento na concentração do íon hidrogênio:

$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}^+ + \text{HCO}^{-3}$$

Apenas em uma amostra: ponto 14 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.

mm

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 medi-lo pelo parâmetro $\Delta\sigma$ é possibilitar a avaliação de seu significado em termos de influência sobre jatos boiantes, por intercomparação 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 σ 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 (>60m) 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.

2) esta estratificação ainda persiste dentro do estreito até pelo menos no ponto A7, embora sua intensidade diminua em direção ao norte.

3) a estratificação se acentou nas situações de vazante e diminuiu na de enchente.

mm

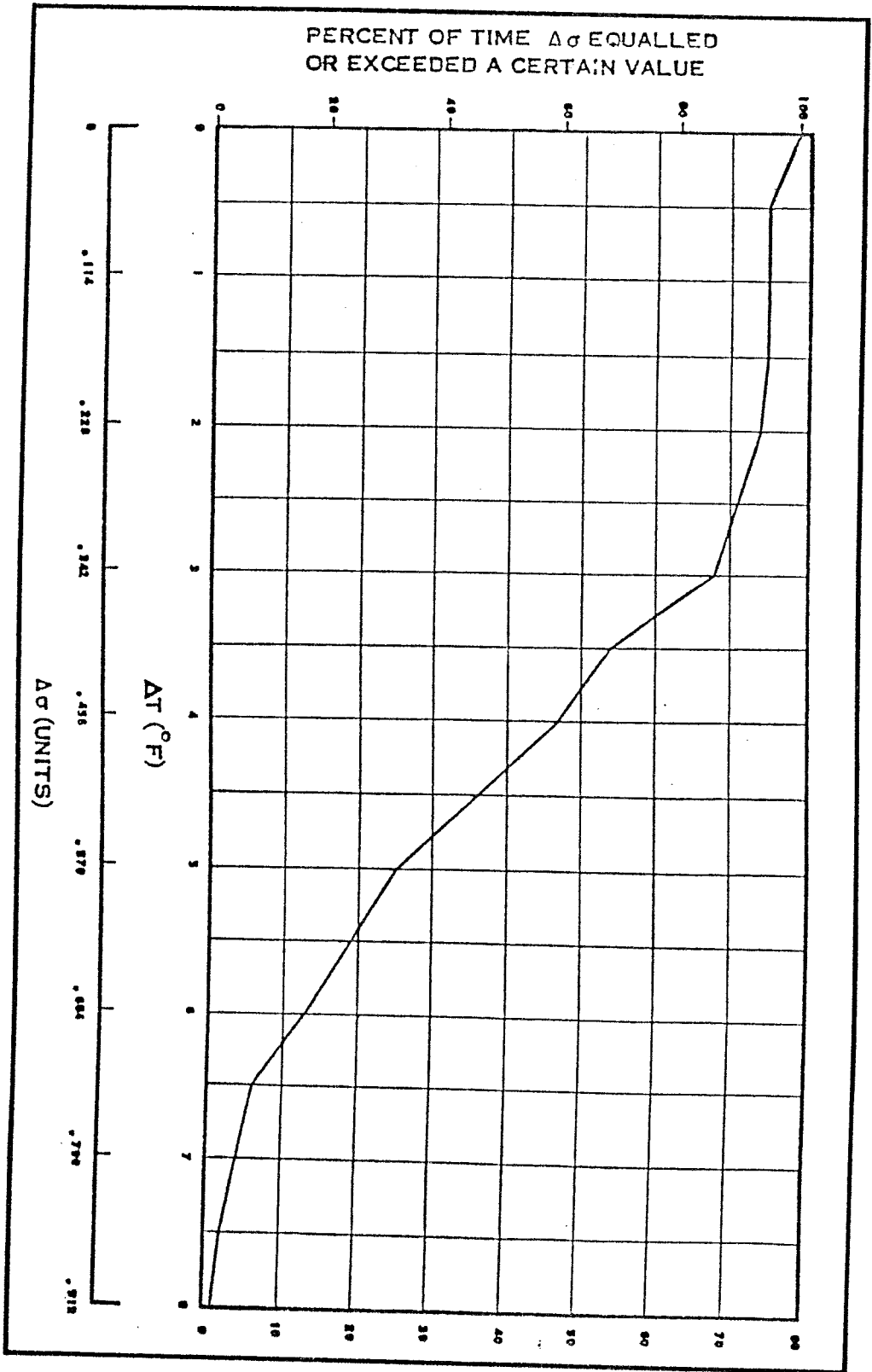


FIG. 6.1 - EXEMPLO DE DISTRIBUIÇÃO ACUMULADA DE $\Delta\sigma$ (Ref. 13)

200

Esta estratificação poderá influir no comportamento do jato boiante do emissário. Em princípio pode mesmo ser uma influência benéfica no sentido de manter a pluma submersa e assim impedir o afloramento de manchas de óleos agressivas à estética. Os fatores de diluição previstos [1, 2] podem ser modificados. Contudo, dois fatores não são ainda bem conhecidos: a profundidade da estratificação (picnoclina) e a sua persistência ao longo do ano. Tem-se que levar em conta que a época da amostragem foi particularmente favorável à ocorrência do fenômeno, pois se congregaram três agentes que o promovem: as precipitações pluviais, a intensidade da insolação a aquecer as águas superficiais e a fraca agitação das águas. Sabe-se que 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 SA0 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 10mg/l, conquanto regiões costei

ras possam exibir valores maiores, principalmente se confinadas ou próximas a desembocaduras [10]. Uma comparação com a Tabela 5.6 mostra que os teores determinados no mar são da ordem de grandeza (às vezes superiores) àquelas 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.

i) Óleos e graxas: a avaliação dos teores é dificultada pela escassez de dados na literatura. A maioria das normas estrangeiras de qualidade da água requer a não visibilidade de manchas na superfície. Este quesito certamente é atendido no canal. O estado da Califórnia exige que a concentração de 10mg/l não seja excedida 50% do tempo e a 15mg/l não seja excedida 10% do tempo. Deve ser notado que as concentrações no mar são elevadas em relação àquelas presentes nos efluentes (Tabela 5.6). 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 da SAO 1 (ponto A9).

j) Demanda bioquímica de oxigênio: é observada a exigência de $DBO_5 < 5\text{mg/l}$, fixada pelo CONAMA. O ponto A9, vizinho à descarga do SAO 1, não acusou teores que sobressaíssem aos demais.

k) Fenóis: não foram detectados em nenhuma das

amostras, em qualquer dia ou local. Sendo o limite de sensibilidade do método usado, da ordem de $0,5\mu\text{g}/\ell$ [3], fica garantido que em nenhum lugar ou ocasião o mar apresentou contaminação de fenóis que o desqualificasse para Classe 5, de acordo com o critério de $1\mu\text{g}/\ell$ fixado pela Resolução Nº 20 do CONAMA.

1) 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°C e $\text{pH} = 8,75$ da amônia dissolvida se encontra na forma não ionizada [12]. Assim, tomando-se o máximo teor detectado: $0,25\text{mg}/\ell$ de N (ponto A9, em 12/01/88); isto corresponde a $0,25 \times 17 \div 14 = 0,30\text{mg}/\ell$ de NH_3 , ou $0,30 \times 0,75 = 0,023\text{mg}/\ell$ 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: da mesma forma que os fenóis, não foram detectáveis seus teores em quaisquer das amostras colhidas no mar e praias. A CETESB garantiu a sensibilidade a $2\mu\text{g}/\ell$ por este método, a qual atende o limite preconizado pelo CONAMA para água de classe 5.

n) Sulfeto solúvel: obviamente, todas as determinações da fração solúvel ficaram ainda mais abaixo do limite de detecção do método analítico. As amostras do

dia 07/01/88 não puderam ser dosadas devido a problemas com a preservação. Todavia, esta dosagem teria sido desnecessária, posto que os sulfetos totais já estavam todos abaixo do limite de detecção, que por sua vez é inferior ao limite estipulado pelo CONAMA.

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 obtiveram valores relativamente maiores, coincidiu e foi precedido por precipitações pluviais. De um modo geral todos os valores foram baixos, enquadrando-se nos padrões californianos de < 50 UTS durante 50% do tempo e < 75 UTS durante 10% do tempo [11]. Os maiores valores corresponderam aos pontos de praia: A13 (São Francisco) e A14 (Caraguatubá). O ponto A9, próximo à descarga do SAO 1, também exibiu valores mais elevados que o geral e um pouco inferiores a A13 e A14.

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 0,3mg/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 5.7) e as amostras colhidas no Ponto A9, próximo à descarga da SAO 1, sempre apresentaram concentrações mais elevadas deste metal. Mas pode-se notar que também ocorrem teores elevados em outros pontos próximos às praias: Pon



to A11 (Ilha Bela), A13 (São Francisco), A14 (Caraguatatuba) e A15 (Cebimar). Estas ocorrências não podem ser creditadas ao TEBAR e apontam para a existência de outras fontes. Os teores que possam estar correlacionados com as descargas do TEBAR deverão reduzir com o descarte pelo emissário, que introduzirá os efluentes em águas profundas com forte circulação. Os demais metais não apresentam problemas para a qualidade da água e pode-se concluir que o seu estado em geral é bom.

Nota-se na Tabela 6.4 que, em função da sensibilidade dos métodos analíticos empregados, os teores fornecidos para alguns dos metais ainda estão 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 da concentração como da dosagem.

No caso dos metais 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 resultu



tados:

Pb < 0,003 mg/l

Ni < 0,005 mg/l

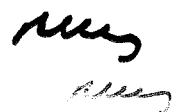
Cd < 0,002 mg/l

V < 0,005 mg/l

Ao cromo o processo acima não se aplica pois es
te metal não é extraído pelo dietilditiocarbamato. Usou-
se então um método instrumental alternativo para a dos
gem: a espectroscopia de emissão, tendo-se obtido:

Cr < 0,05 mg/l

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



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. Tal contaminação no entanto não compromete a qualidade da água no canal que, pelos padrões para água de classe 5 (Águas Salinas) estipulados pelo CONAMA (conforme Tabela 4.1), está em geral boa.

A introdução da descarga via emissário, por si, não alterará a taxa global de alimentação do canal por contaminantes (claro está que esta será minimizada com as alterações planejadas no tratamento 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 e arraste. 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, esta primeira monitoração veio mostrar que algumas destas águas já estão sujeitas a contaminação, que dificilmente pode ser atribuída ao descarte: 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 da SAO 1 e da SAO 2, respectivamente. Exemplos destes parâmetros são

mm

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

As variações ao longo do canal ou com o tempo 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, 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 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 o padrão do comportamento de $\Delta\sigma$, que se revelou menos intenso justamente na amostragem com fluxo enchente (mais nitidamente no ponto A1), quando à primeira vista seria de se esperar o contrário. O número de medições não é suficientemente grande. Por outro

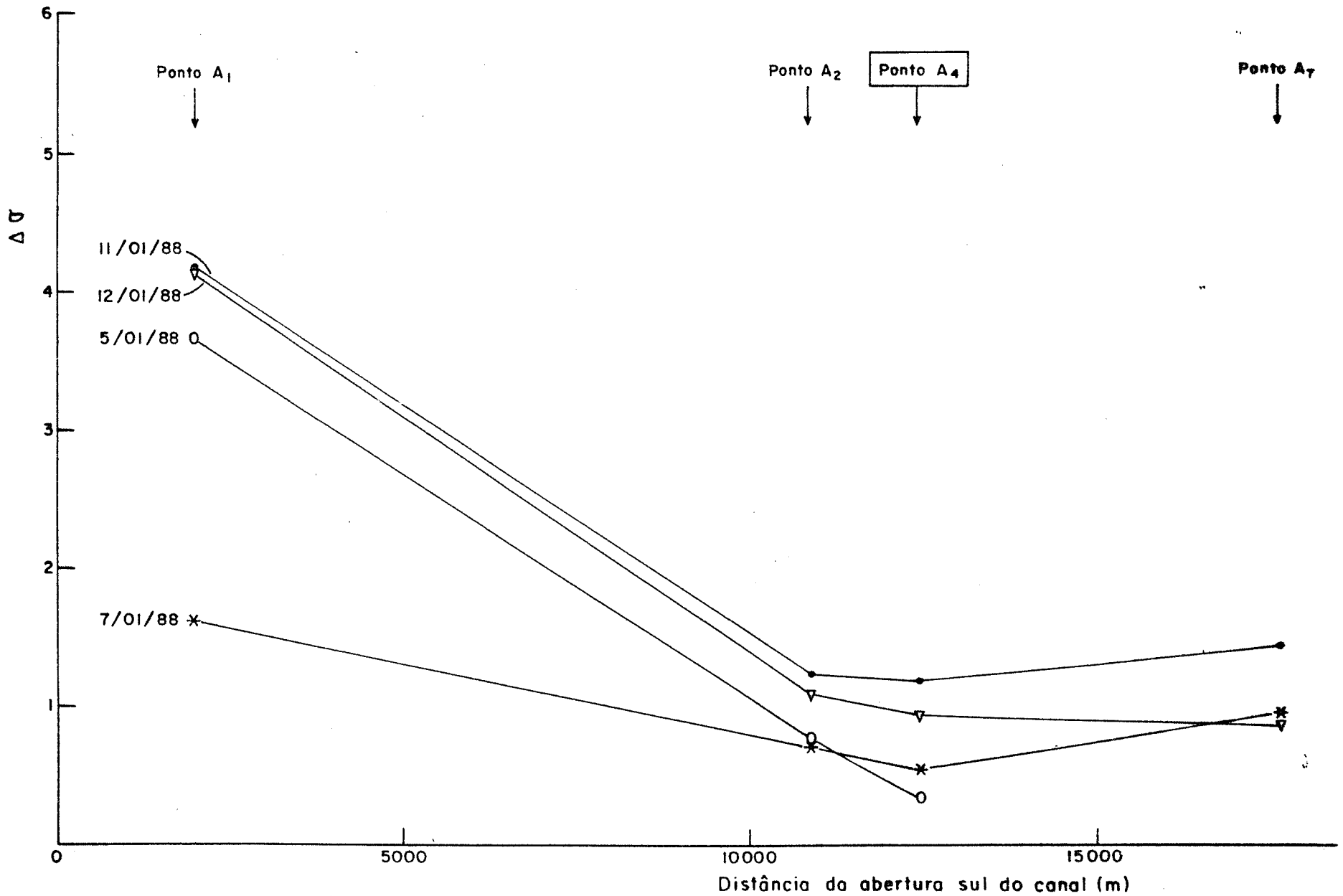


FIG. 7.1 - VARIAÇÃO DO GRADIENTE DE ESTRATIFICAÇÃO $\Delta\sigma$ AO LONGO DO CANAL

mm

88

lado uma explicação bem embasada requereria dados hidráulicos e meteorológicos que não dispomos no momento (perfis de corrente, vento, ocorrência de "upwelling", perfis detalhados da própria densidade).

O importante é reter o dado sobre a existência de estratificação no local de instalação do emissário. Importa agora verificar: a) a posição e incursões verticais da picnóclina; b) a persistência da estratificação ao longo dos anos; c) o levantamento da frequência da distribuição de $\Delta\sigma$ (curvas de excedência). Pois independentemente de quais sejam as causas de $\Delta\sigma$, estas é que são as informações que influem no projeto do emissário.

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.



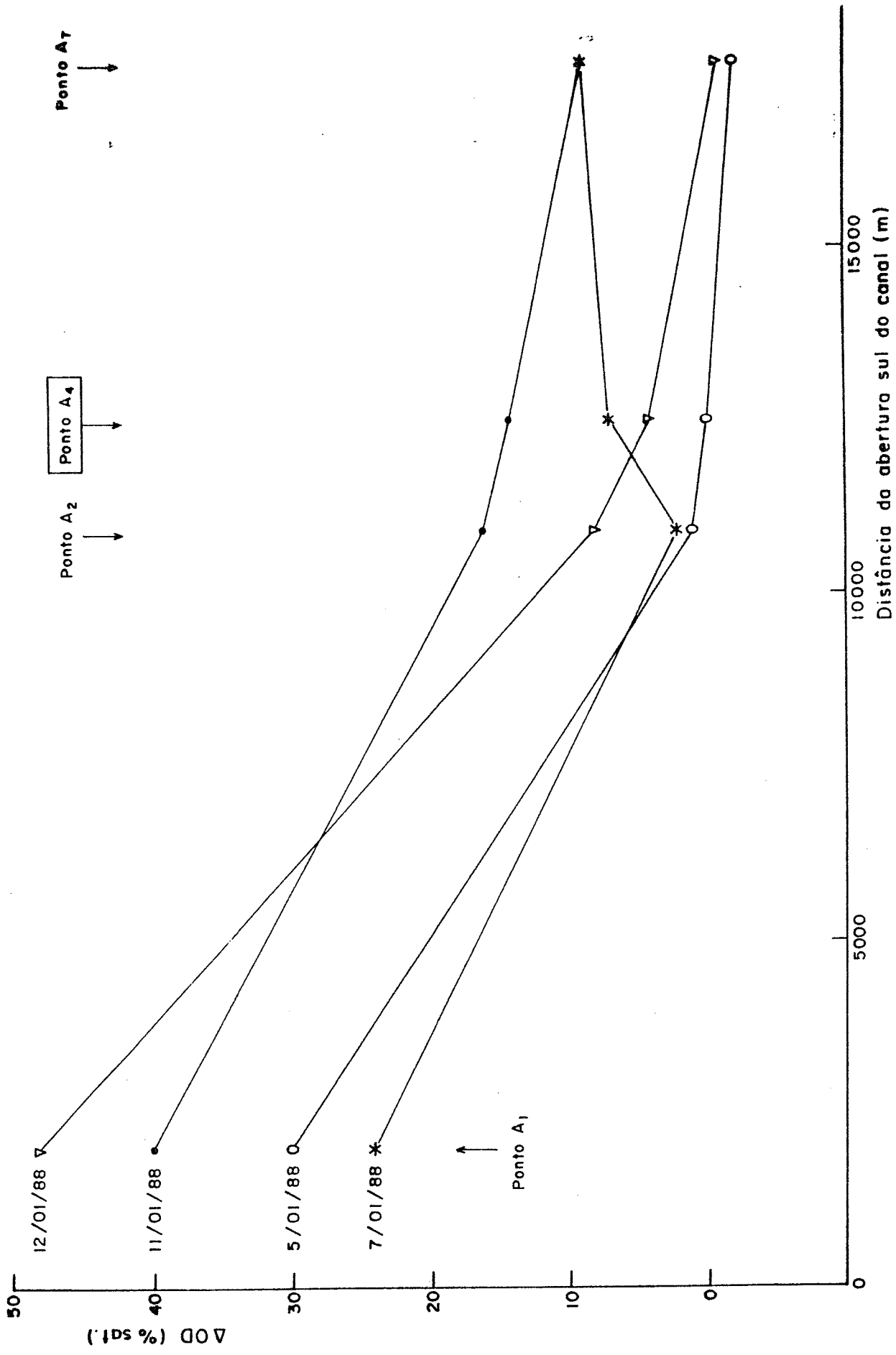
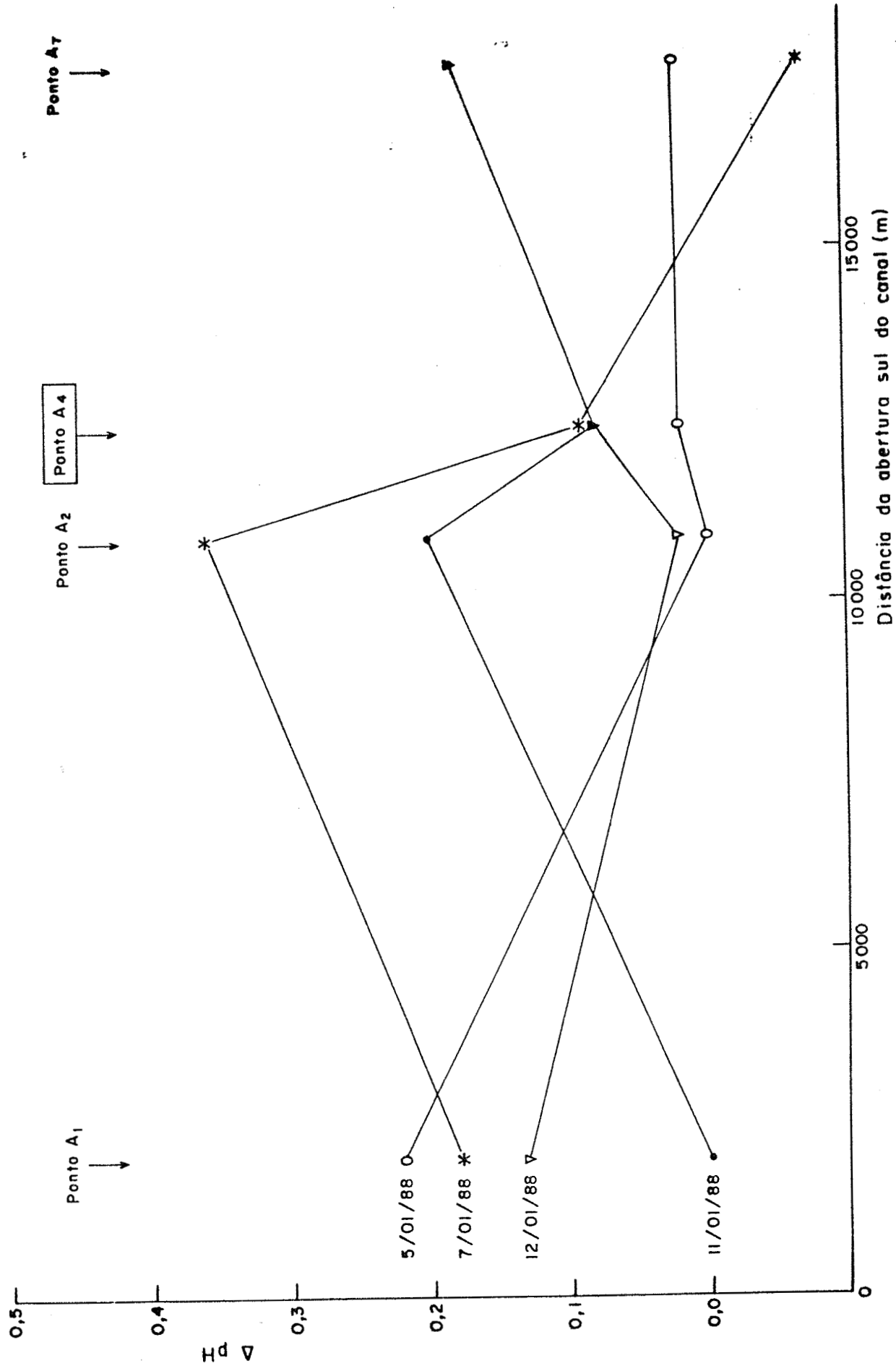


FIG. 7.2 - VARIAÇÃO DO GRADIENTE DE OD AO LONGO DO CANAL

any



Ponto A7

Ponto A4

Ponto A2

Ponto A1

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

mm

8. AVALIAÇÃO DAS BASES DE CÁLCULO DO EMISSÁRIO

No Projeto Básico do Emissário, preparado pelo CDTN/Nuclebrás [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 a Nuclebrás foi a verificação dos teores dos efluentes nas condições atuais de operação do TEBAR, para a validação da base de cálculo.

Visto que os teores nos efluentes revelaram notável flutuação nas amostras colhidas em separadores e em dias diferentes, optou-se por fazer esta verificação cotejando a especificação base de cálculo com os valores máximo e mínimo dos parâmetros, determinados ao longo da campanha de amostragem. Isto é feito na Tabela 8.1.

De um modo geral, a amostra composta que se mostrou mais concentrada em constituintes poluentes foi a do SA0 1 do dia 06/01/88; a mais diluída foi do SA0 2 do dia 10/01/88. A Tabela 8.1, no entanto, mostra os máximos e mínimos para cada parâmetro medido, independentemente de pertencerem ou não à mesma amostra. Isto define os limites de variação dos parâmetros durante a campanha de amostragem.

TABELA 8.1 - COMPARAÇÃO ENTRE OS TEORES DA BASE DE CÁLCULO E DAS AMOSTRAS EXTREMAS DOS EFLUENTES

Parâmetro	Base de Cálculo	Valor Mínimo	Valor Máximo	$\frac{\sigma}{\mu}$ (%)
pH	7,5	6,5	7,3	4,8
temperatura (°C)	26	24,3	29,2	5,6
sólidos sedimentáveis (ml/l)	traços	0,10	0,30	45,5
sólidos em suspensão (mg/l)	80	7	115	90,7
óleos e graxas (mg/l)	100	3	30	88,2
DBO (mg/l)	450	4	330	155,8
DQO (mg/l)	700	-	-	-
sulfetos (mg/l)	2	nd(*)	>0,25	-
fenóis (mg/l)	1	<0,03	0,83	141,1
N amoniacal (mg/l)	10	0,13	20,7	179,5
salinidade (mg/l)	24800-156000	130(**)	30040(**)	116,2
densidade (g/cm ³)	1,015-1,101(***)	0,9955	1,0190	-
turbidez (UNT)	-	17	46,0	51,1

(*) nd = não detectável

(**) salinidade calculada a partir de teor de cloretos

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

gem.

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:

1) Os valores usados como base de cálculo do missário (coluna 1), foram razoáveis. Grande parte caiu entre os valores máximo e mínimo observados na monitoração (colunas 2 e 3). Em alguns casos (óleos e graxas, DBO, fenóis) os valores base de projeto são até superiores aos medidos, isto é: foram conservativos.

2) A magnitude da variabilidade σ/μ difere em

mm

tre os vários parâmetros. Pode-se classifica-los em:

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

bastante variáveis ($\sigma/\mu \approx 50\%$): sólidos sedimentáveis, turbidez

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

extremamente variáveis ($\sigma/\mu \approx 150\%$ ou mais): DBO, fenóis, nitrogênio amoniacal.

3) Este quadro de variabilidade da qualidade do efluente, composto com a variabilidade do regime de vazões, indica que é recomendável insistir mais sobre a monitoração dos efluentes. Os resultados disponíveis, se bem que animadores, ainda são insuficientes para uma confirmação cabal da representatividade da base de cálculo.

Com respeito à densidade - um importante parâmetro para o cálculo do difusor - não se pode avançar conclusões neste estágio. Estas só serão possíveis após a entrada em operação da unidade dessalgadora, com seu consequente reflexo sobre a densidade dos efluentes.

9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

1. Os efluentes amostrados na Estação SAO 1 acusavam maiores teores de poluentes e exibiram grande variabilidade tanto na qualidade como na quantidade. Os componentes mais problemáticos foram os óleos e graxas, sulfetos e fenóis. Mas, DO&G e fenóis estão bem próximos dos valores recomendados. Os efluentes amostrados na SAO 2 mais representam a drenagem pluvial.

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

3. As variações espaciais e temporais dos parâmetros são em geral muito pequenas. Não se notaram grandes variações entre as marés de sizígia e quadratura ou entre os fluxos enchente e vazante, na maior parte dos casos. (A transparência, apresenta variações notáveis; sua medição é porém muito influenciada pelas condições atmosféricas e a medida da turbidez não confirmou estas variações. Mesmo assim é um importante parâmetro de controle).

4. O corpo receptor já apresenta indícios de contaminação, alguns dos quais não podem ser imputados às descargas de efluentes do TEBAR.

5. 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.

6. Tendo em vista esta constatação os dados referentes à densidade e à sua relação com os agentes hidráulicos e meteorológicos devem ser melhor examinados. Deve ser melhor apurada a persistência e as variações dos gradientes de salinidade ao longo do ano, bem como a posição da picnoclina. De início, será feito um estudo estatístico mais apurado dos dados disponíveis no CDTN, levantados pelo CENPES/Petrobrás no período maio-dezembro/1984 [14].

7. Tendo em vista a relativamente pequena variabilidade da qualidade da água no canal e a importância da estratificação (que se espera seja mais variável) recomenda-se concentrar mais atenções neste parâmetro na próxima monitoração -- que ainda será pré-operacional com relação ao emissário -- inclusive com o controle/medição dos agentes hidráulico-meteorológicos que influem sobre a estratificação.

8. Tendo em vista o ainda reduzido número de amostragens dos efluentes das estações SA0, bem como a sua variabilidade tanto qualitativa como quantitativa, e tendo em vista a já mencionada estabilidade da qualidade da água no corpo receptor, recomenda-se também que a próxima campanha de monitoração aumente a ênfase nas amostragens dos efluentes. Recomenda-se também que o TEBAR estabeleça um controle preciso das vazões e procedências dos eflu

entes tratados nas Estações SAO (se já não existe tal controle) de modo a subsidiar os dados da monitoração, que forçosamente será feita por um período limitado. Recomenda-se finalmente que alguns controles simples dos efluentes sejam efetuados constantemente pelo próprio TEBAR, dentro de suas disponibilidades, tais como: temperatura, densidade, sulfeto com o kit Merck, pH.

9. Os óleos e graxas são um parâmetro importante para a qualidade do efluente, mas cuja dosagem analítica não é tão simples. Se o TEBAR não tiver condições de executá-la seria recomendável enviar um número adequado de amostras de diferentes dias para algum outro laboratório e tentar correlacionar o teor de O&G com outro parâmetro igualmente variável, como por exemplo os sulfetos (ou talvez sólidos em suspensão) e que pudesse ser medido pelo TEBAR. Se for estabelecida uma correlação entre os teores destes parâmetros, os O&G poderiam passar a ser controlados no TEBAR pelo outro parâmetro em questão.

10. REFERÊNCIAS

1. MOREIRA, R.M., et alii - "Difusor do emissário sub-marino para os efluentes do Terminal Almirante Barroso (TEBAR) em São Sebastião, SP. - Projeto básico". DERL.CN.-028/86, CDTN/nNuclebrás, Belo Horizonte (1986).
2. MOREIRA, R.M., et alii - "Projetos dos difusores de emissários submarinos para os efluentes líquidos do TEBAR, com vazões de descarga de 340m³/h". DERL.CN -014/87, CDTN/Nuclebrás, Belo Horizonte (1987).
3. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". APHA-AWWA-WPCF, (15th 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, Rense". 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. SCHATZMANN, M. - "Auftriebsstrahlen in Natürlichen, Strömungen Entwicklung in ein Mathematisches Modell", 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". Proc. 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. RAMLSOW, 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).