

6/02

IIº SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E  
AMBIENTAL.  
SALVADOR, BRASIL, 26-29 de AGOSTO DE 1986.

DINÂMICA DE DISPERSÃO NO MAR DOS  
EFLUENTES LÍQUIDOS DA INDÚSTRIA  
TIBRÁS.

por

Jorge Falcão Paredes 1/  
Ronan Caires de Brito 2/  
João Malbouisson 3/

- 1/ Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências e Centro de Pesquisas e Desenvolvimento do Estado da Bahia Programa de Tecnologia Ambiental.
- 2/ Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia.
- 3/ Centro de Pesquisa e Desenvolvimento do Estado da Bahia, Programa de Tecnologia Ambiental.

## RESUMO

A nova situação do emissário da Indústria TIBRÁS com sua abertura a 6.000 metros da costa induziu o presente estudo. Este concentrou-se na observação dinâmica gerada pelos vetores de tensão atmosférica e correntes de maré como fatores determinantes da dispersão da pluma gerada pelos efluentes líquidos de sulfato ferroso resultantes da operação desta indústria. Em qualquer das condições sazonais o eixo da pluma e a dispersão desta processa-se em sentidos mais ou menos paralelos a costa e a uma distância de cerca de 5 km da orla que a mantém inócua de impacto. Assim as concentrações de ferro total àquela distância não ultrapassam as concentrações naturais que na área são relativamente conspícuas em decorrência dos "inputs" terrígenos de ferro que drenados no mar sofrem o mesmo processo de floculação dos efluentes industriais supra referidos. Observações aéreas documentadas por fotos e observações pontuais de transparência, turbidez, curvas temperatura-salinidade, pH, sólidos totais em suspensão, sulfatos, pigmentos amarelos, ferro particulado coloidal e adsorvido em suspensão e ferro total nos sedimentos, são contempladas no presente estudo.

## 1 INTRODUÇÃO

O estudo decorrente e a dispersão dos efluentes da TIBRÁS relativamente à nova situação do emissário foi o objetivo dos presentes estudos. No transcorrer destes estudos procurou-se seguir a dinâmica e transporte de alguns índices relacionados com a atividade dessa Indústria, tais como os sólidos totais em suspensão, o ferro em suas diferentes formas, os sulfatos e os pigmentos amarelos como índice da matéria orgânica dissolvida de origem continental pela importância deste parâmetro como agente complexante de cátions. A quantificação do ferro total incorporado aos sedimentos foi outro objetivo do presente estudo. Os fatores físicos que regulam o movimento das massas de água neríticas ou são expressão destas e da dispersão dos componentes em suspensão, constituíram necessariamente uma metodologia destes estudos. Perfilham-se nesta, a análise do regime dos ventos, das correntes, do pH, da salinidade, da temperatura, e da transparência e turbidez.

## 2. METODOLOGIA

O comportamento do vento em agosto, mês em que recaíram as observações, impôs algumas alterações no que tange à cobertura dos cruzeiros tanto no das observações de profundidade como no das observações de superfície (cartas anexas). O critério foi circunstancial obedecendo a dinâmica da pluma do efluente. Neste aspecto as observações foram bastante frutuosas visto terem proporcionado diferentes situações a discutir pelo presente estudo, que para ser conclusivo, requer pelo menos uma segunda observação comparativa concernente a um período meteorológico mais estável (janeiro/fevereiro).

A metodologia analítica fundamentou-se na metodologia constante em nossa proposta com algumas alterações respeitantes apenas a coleta de amostras e a transferência de algumas análises para o laboratório impostas pelo estado do mar e a necessidade de abreviar o tempo em estação.

### 2.1 *Tipos de observações e metodologia analítica*

#### a) Estações (Série S) com observações, só a superfície.

Este tipo de observações inclui além da profundidade, a salinidade, pH, transparência, turbidez, sólidos em suspensão (TSS > 1 u) ferro coloidal (> 0.5 u e < 1 u) por filtração imediata e secagem a bordo em estufa solar.

Estas observações fundamentar-se-ão em padrões previamente aferidos em laboratório. As técnicas de medição e os métodos analíticos serão a seguir enumerados:

- Profundidades: ecossonda;
- Salinidades in situ: Salinômetro/Condutivímetro Beckman;

- pH (in situ): potenciômetros Hellige e Micronal;
- Transparência: disco de Secchi;
- Turbidez: densidade ótica em fotocolorímetro;
- T S S: peso seco e frações orgânica e inorgânica;
- Fe - coloidal: método colorímetro pelo ferrocianeto de potássio (PAREDES 2 SCHMIDT, 1977)

b) Estações (Série P) com observações entre a superfície e fundo e nos sedimentos, reúnem os seguintes parâmetros tomados com o barco devidamente posicionado e ancorado.

As observações na coluna de água corresponderão as profundidades de 0.5, 10, 20 ou 30 m:

- profundidade, estado da maré e estado do mar;
- direção e velocidade das correntes àquelas profundidades, indicadas acima, usando um correntômetro de Eulerian e uma bússola com mira e prisma;
- condutividade, salinidade e temperatura: salinômetro condutivímetro Beckman;
- transparência e turbidez: já referidos.
- pH, método potenciométrico;
- oxigênio dissolvido: método titulométrico de Winkler;
- sólidos totais em suspensão (TSS): método gravimétrico;
- sulfatos: método turbidimétrico após precipitação com cloreto de bário;
- pigmentos amarelos: método colorimétrico na faixa dos U.V.

- ferro dissolvido ( $< 0.5$  u) método colorimétrico com 1,10 Fenantrolina (STANDARD METHODS, 15<sup>th</sup> ED.)
  - ferro coloidal ( $> 0.5$  e  $< 1$  u) - digestão e método colorimétrico com ferrocianeto de potássio;
  - ferro particulado ( $> 1$  u) - digestão e método colorimétrico com ferrocianeto de potássio.
- c) As observações nos sedimentos incluíram os seguintes parâmetros que visam aquilatar nestes os efeitos residuais.
- caracterização do sedimento;
  - ferro nos sedimentos periféricos, analisado por absorção atômica, após digestão;

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na apresentação dos resultados será obedecida a sequência em que foi desenvolvido os trabalhos, que devido as condições do mar, foi obrigado a intervalos mais longos do que os previstos. Tal fato sob determinados aspectos foi positivo, resultando numa faixa mais larga de observações. Subordinando-se estas, basicamente aos fatores dinâmicos da zona nerítica, dar-se-á início pela análise do regime dos ventos.

#### 3.1 *Regime dos ventos no mês de agosto*

A Figura 1 sintetiza as componentes diárias de três observações diurnas às 12:00, 18:00 e 24:00 horas. As componentes do quadrante S e E apresentaram-se com maior frequência, à exceção da 4a. semana, onde são as componentes do quadrante N que exibem as maiores frequências. Todavia, são as componentes NE e SE que se apresentam com maior velocidade (Figura 2). Na 5a. semana as componentes SE e E voltam a incidir com maior frequência e intensidade. É na 3a. semana que ocorrem ventos SE de maior frequência e intensidade. Embora tenham sido assinaladas outras componentes durante este mês, elas devem corresponder a componentes de rondagem de ventos e portanto sem significado neste estudo. Ficam, portanto, por ordem de influência as componentes SE com uma taxa de frequência mensal de 42.8% componente responsável, pelas maiores velocidades registradas; a esta componente segue-se a de E respondendo por uma frequência mensal de 36.0% e em terceiro vem a componente de NE com apenas 21.3%. A Figura 2 sintetiza graficamente estas taxas de frequência semanal, apresentando ainda numericamente os valores das velocidades mé-

dias semanais de cada uma das componentes. Na 4a. semana apesar da pequena taxa de frequência da componente SE, esta responde com velocidades médias de 2.0 m/s enquanto a componente NE, a 2a. em frequência, responde com velocidades médias de 2.2 m/s. Na Figura 1 assinalam-se os períodos das diferentes observações:

- A   observações aéreas
- E   cruzeiro de ensaio
- P   cruzeiro de observações em profundidade
- S   cruzeiro de observações à superfície.

A tensão do vento sobre as massas de água oceânicas gera correntes à superfície com uma deflexão de 45°, todavia, em águas pouco profundas o ângulo das deflexões tende a diminuir sobretudo quando a tensão é no sentido costeiro. Nestes casos tanto o transporte à superfície, como o transporte integrado são fundamentalmente alinhados pela causa que os origina. A velocidade superficial assume entre 1 a 3% da velocidade do vento.

### 3.2 Observações aéreas

Estas observações tiveram lugar no dia 8 de agosto de 84 às 10:00 h, portanto, durante o semiperíodo de refluxo com cerca de  $2\frac{1}{2}$  horas do preiamar. Elas sucedem-se após um período de 4 dias com componentes de E relativamente fortes às quais se adicionaram as componentes de SE embora mais fracas (Figuras 1 e 2).

A deslocação da pluma à superfície orienta-se no sentido SW-NE.



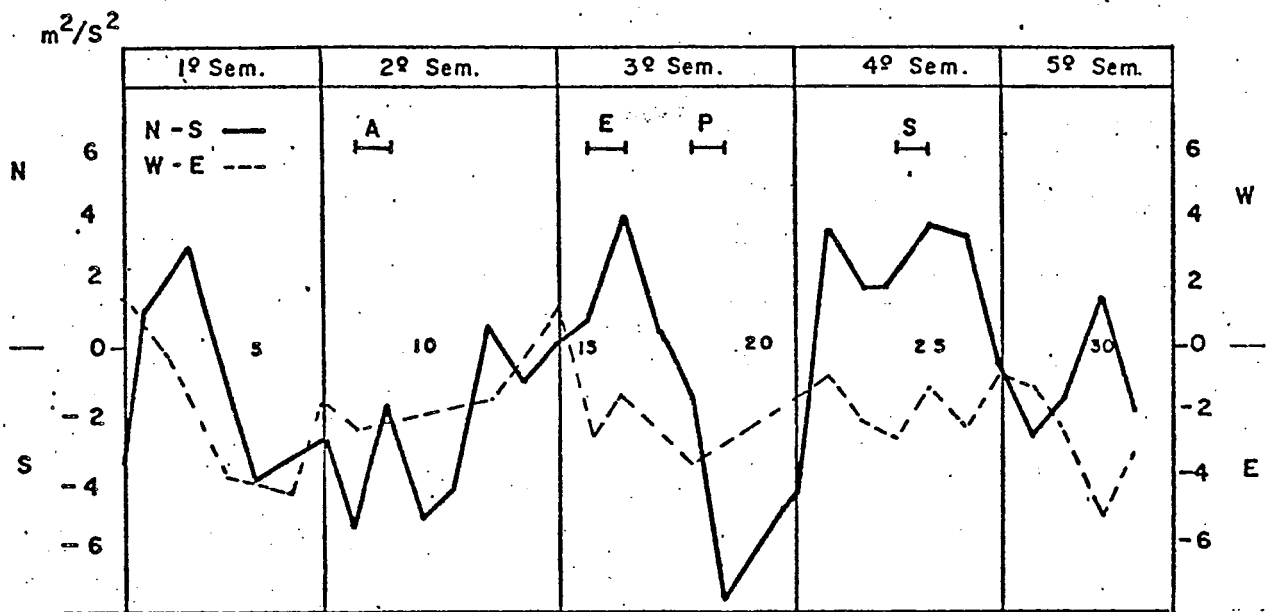
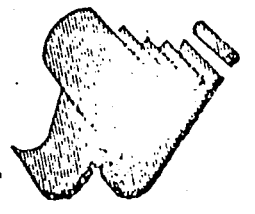


FIG. I

Componentes diárias de observações diurnas  
às 12:00, 18:00 e 24:00 horas

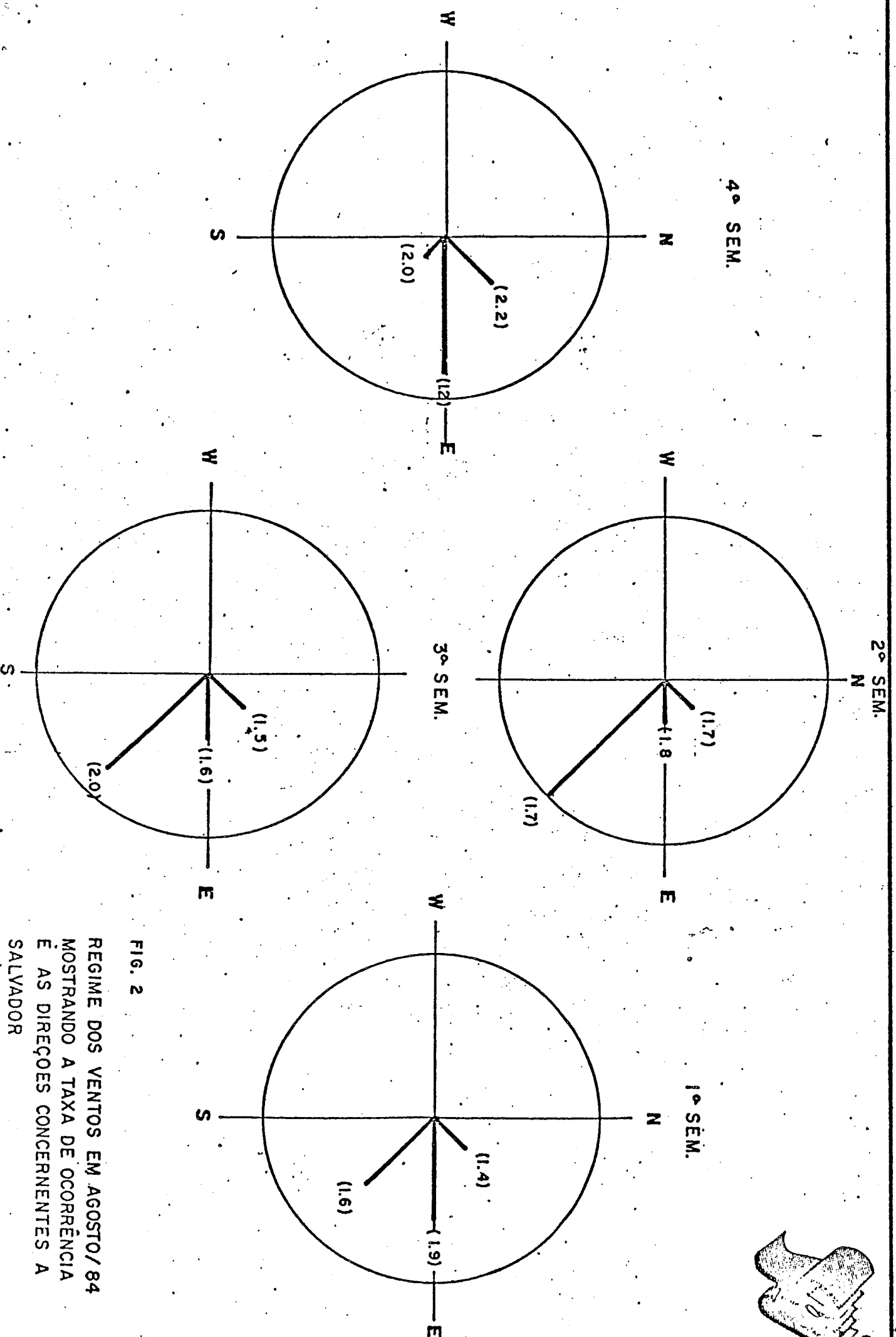
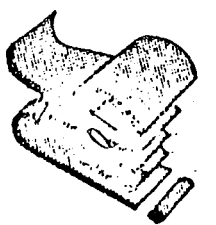


FIG. 2

REGIME DOS VENTOS EM AGOSTO/84  
MOSTRANDO A TAXA DE OCORRÊNCIA  
E AS DIREÇÕES CONCERNENTES A  
SALVADOR

Estas observações aéreas foram efetuadas a altitude de 600-800 metros.

As observações referentes a uma "bounderie" de duas massas de água de diferente densidade e coloração e junto da costa oferecem a seguinte interpretação:

- admite-se que a massa posicionada a N e de maior turbidez deve corresponder a massa de água da esteira do rio Jacuípe; este rio segundo PAREDES e FREITAS (1977) transporta teores elevados de ferro e matéria em suspensão de natureza mineral e orgânica, responsáveis pela coloração e turbidez visualmente distintas da restante massa de água.

### 3.3 *Cruzeiro de observações em profundidade*

Este cruzeiro tem sua ocorrência durante a 3a. semana, em 18 de agosto de 1984, após três dias de ventos de NE e E e apenas um dia com ventos de SE, indicativo de uma situação de mudança, com os ventos rondando para SE donde sopraram forte a partir deste dia.

Tais condições mantiveram a pluma bastante concentrada, todavia, já orientada no rumo de SW-NE.

No dia 15 de agosto durante o cruzeiro de ensaio que foi antecedido por ventos dos quadrantes W e NE, o rumo de dispersão da pluma era sensivelmente oposto aquele.

Na estação P<sub>0</sub> no dia 15 de agosto a direção da corrente era de 210° (Nm) e a velocidade da corrente à superfície era de 766 m/h, na fase final do refluxo.

### 3.3.1 Transparência e turbidez

A Figura 3 apresenta os níveis fóticos de 18% de penetração da luz dados pelo disco de Secchi. A estação P<sub>0</sub> e P<sub>3</sub> correspondem-se situando-se este nível à profundidade de 6 metros enquanto na estação P<sub>1</sub> ela sobe para a profundidade de 1 1/2 metro.

A Figura 4 diz respeito à distribuição vertical da turbidez dado pela transmitância em 450 mu: a sua distribuição é concordante com os resultados do disco de Secchi.

### 3.3.2 Correntimetria

As correntes observadas à superfície tomavam a orientação - norte (Nm) com pequenas deflexões das componentes a 30 m de profundidade relativamente às componentes de superfície (Figura 5). Os resultados referentes à estação P<sub>3</sub> é considerado duvidoso e admite-se dever-se a mudança da maré e consequentemente a uma pequena alteração do alinhamento do barco. As direções dos componentes das correntes nas condições descritas, deixam inferir ter a topografia da plataforma algo a ver com a dinâmica daquelas. Daqui se infere que, às profundidades em causa, o transporte superficial e integrado se devem alinhar principalmente pela direção dos ventos que os aciona. Por isso, observações de monitoragem contínua de correntes constitui, por isso, um objetivo da próxima etapa de estudos, usando um sistema independente do barco.

### 3.3.3 Correlação salinidade/temperatura

A análise das curvas de temperatura/salinidade oferecem resultados que evidenciam a importância da conjugação das marés com a topografia de fundo na diferenciação das massas de água (Figura 6). Assim, a coluna de água até 10 m na es-

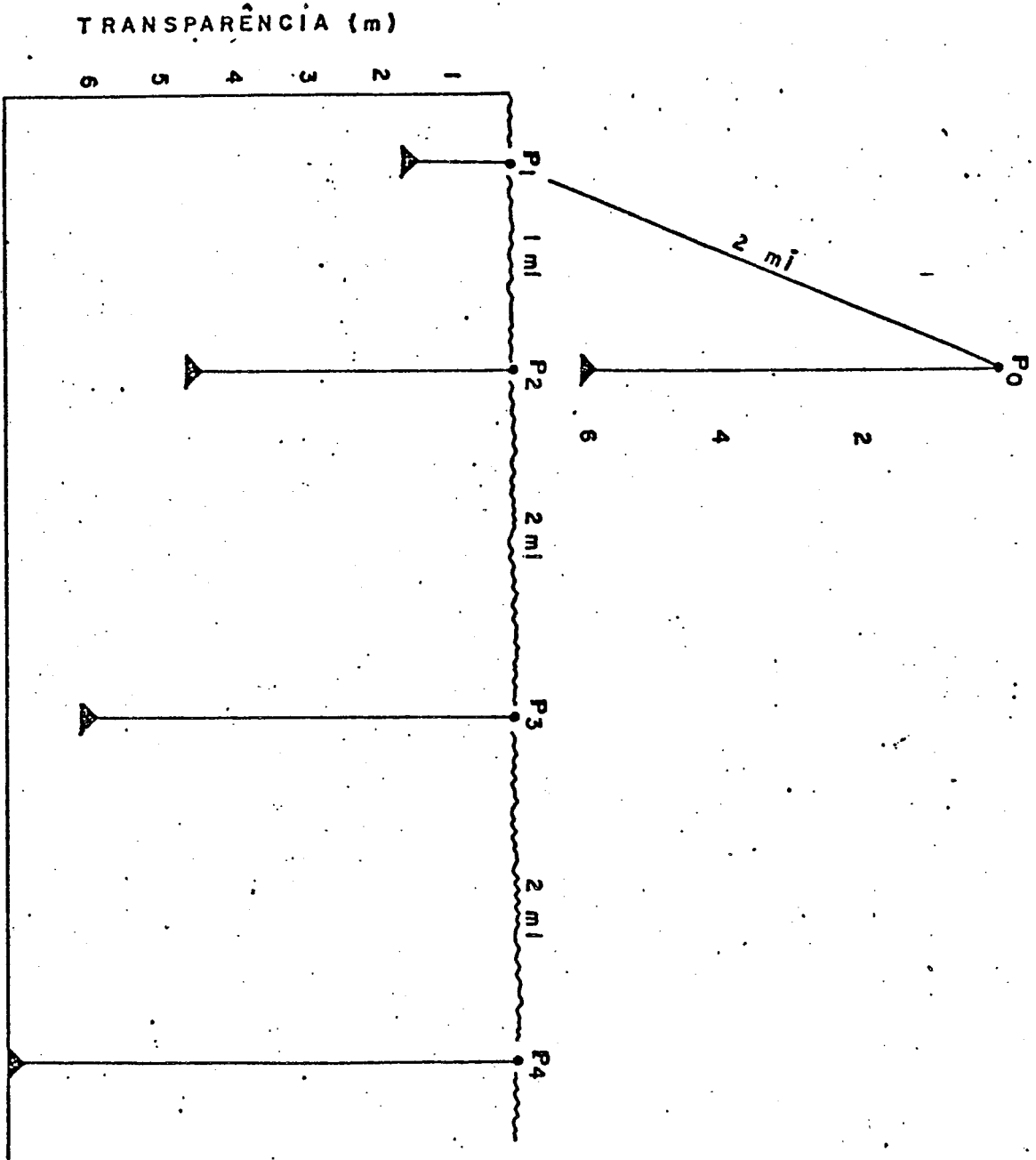
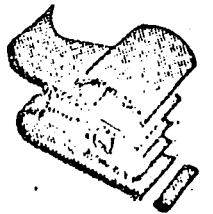


FIG. 3



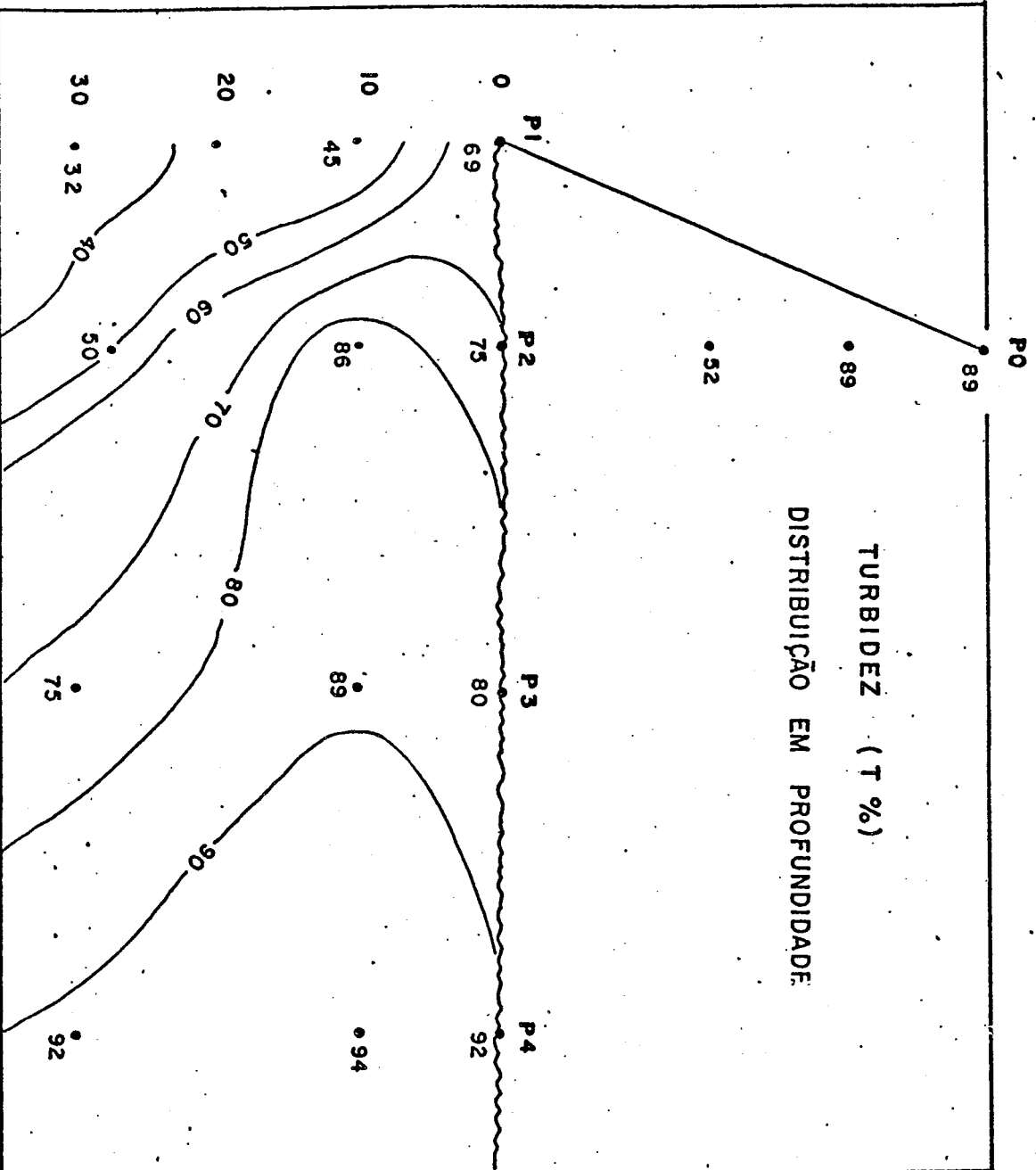
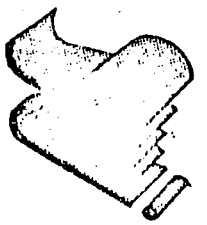


FIG. 4

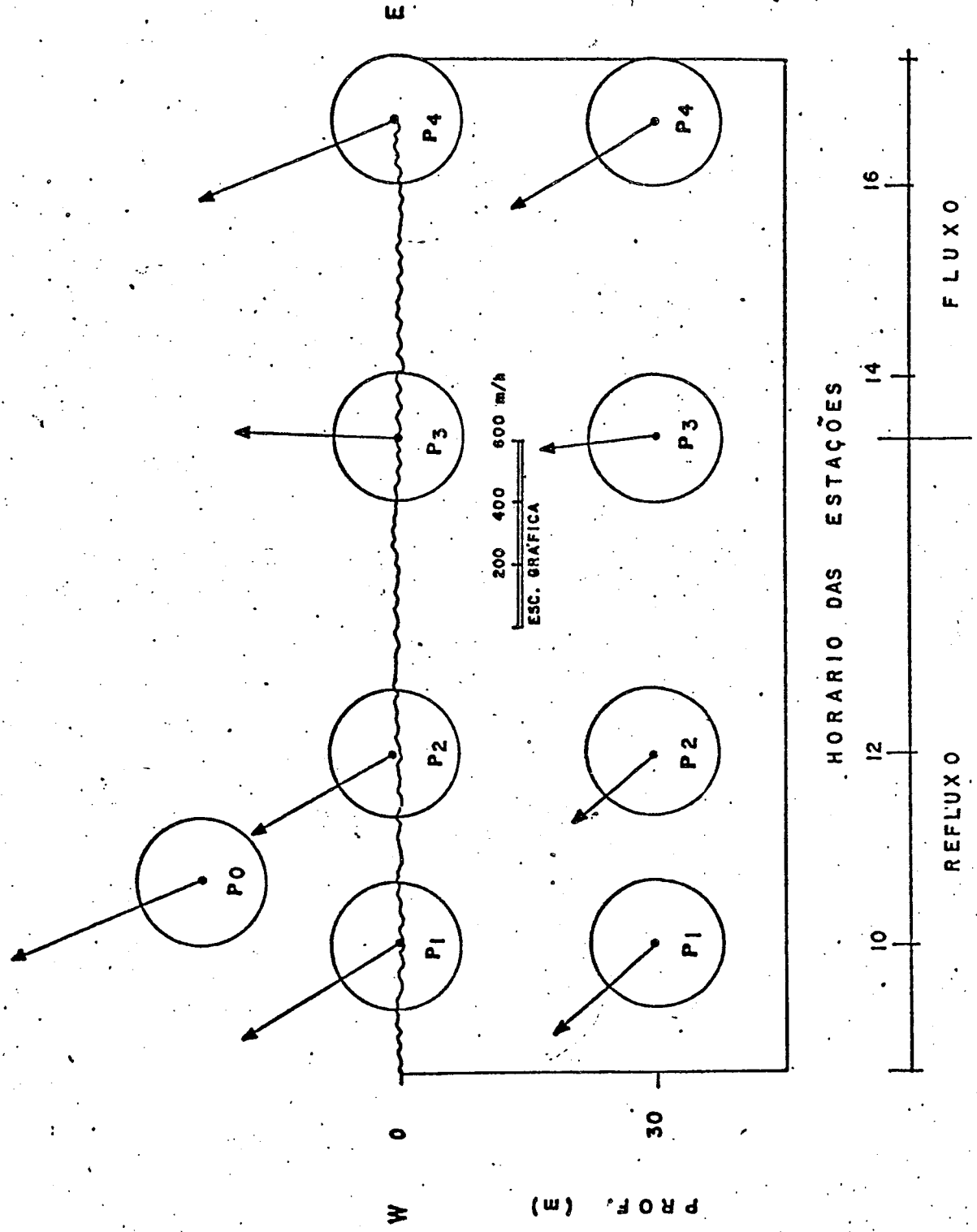
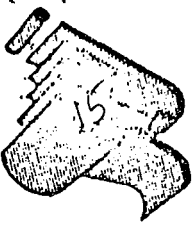
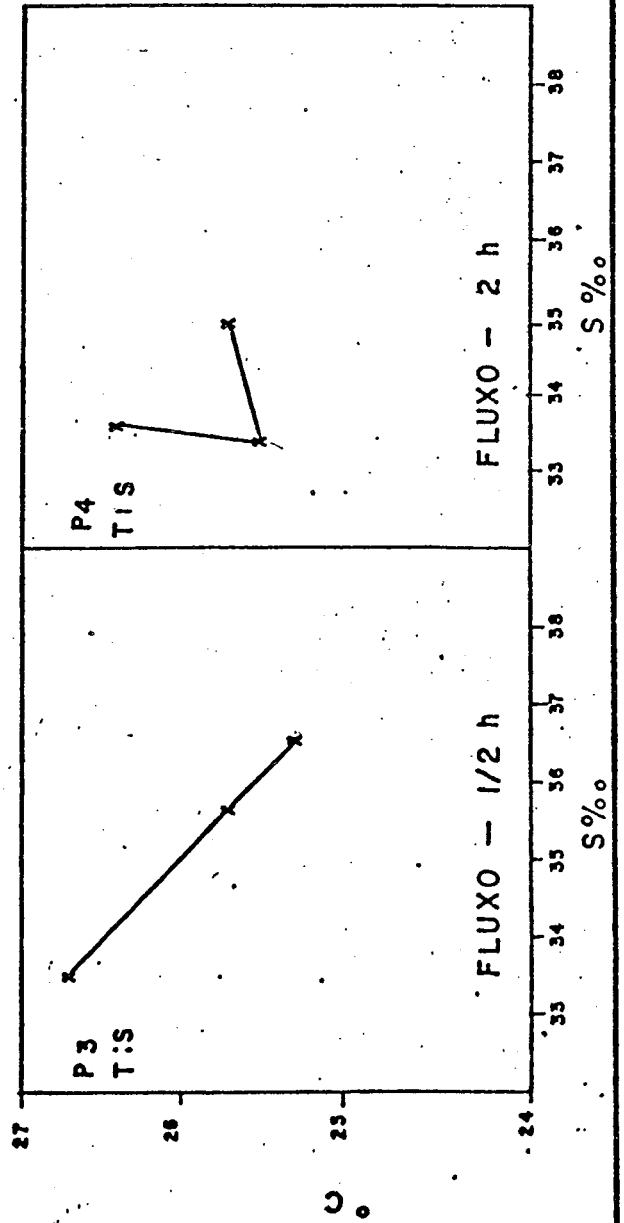
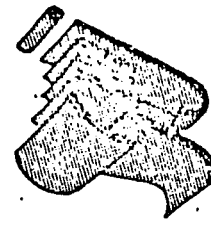
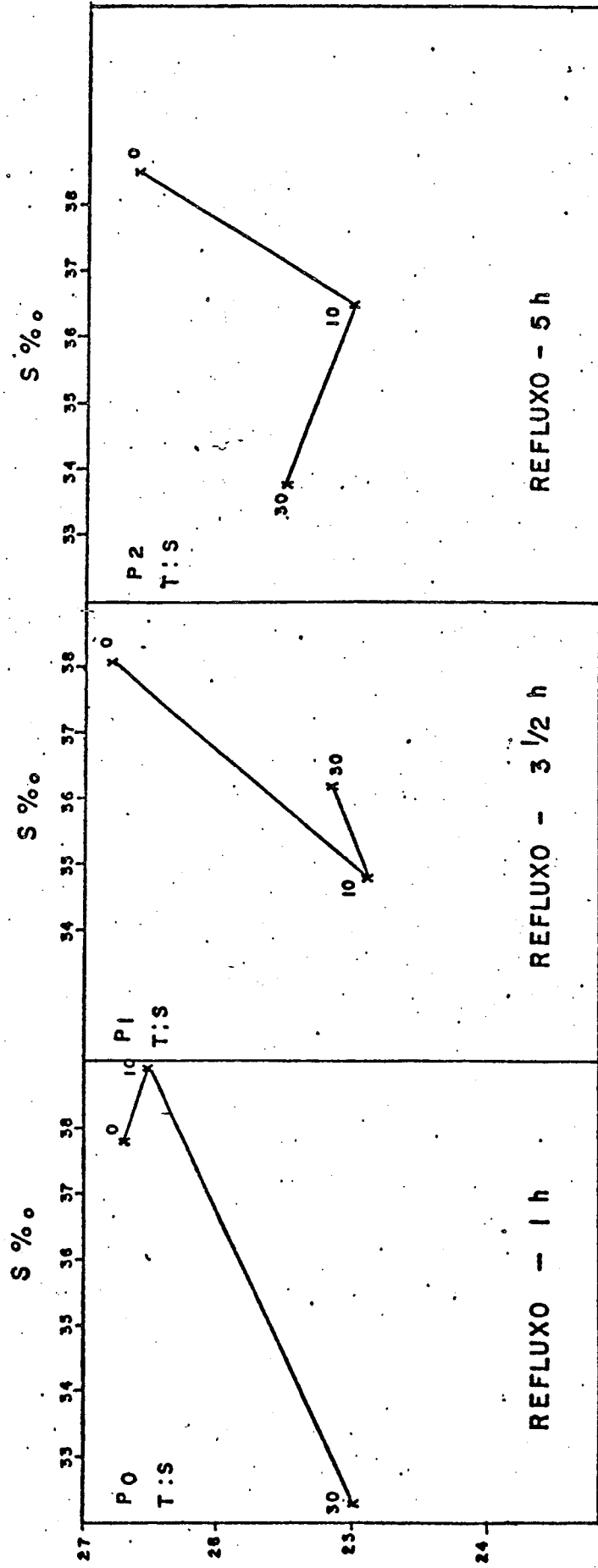


FIG. 5 - DIREÇÕES E VELOCIDADE DAS CORRENTES À SUPERFÍCIE E A 30m DE PROFUNDIDADE



CORRELAÇÃO TEMPERATURA / SALINIDADE EM PROFUNDIDADE NAS DIFERENTES ESTAÇÕES

FIG. 6



tação  $P_0$  é sensivelmente homogênea, todavia, a massa de água abaixo desta profundidade exhibe, durante o início de refluxo, um gradiente termo-salino pondo em contato água da corrente do Brasil (superfície) com águas que receberam influência de água doce (camada entre 10-30m). As estações  $P_1$  e  $P_2$  mostram uma maior estratificação superficial exibindo um gradiente termo-salino que sofrem uma pequena inversão térmica entre os 10 e 30 metros. Esta inversão se deve obviamente a influência do efluente, mostrando que a deflexão deste se processa desde logo nas camadas mais profundas.

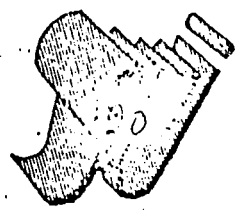
A estação  $P_2$  apresenta, ao contrário da  $P_1$  um conspícua queda de salinidade permitindo inferir que a "bounderie" de densidade a que antes se fez referência deve atingir a estação  $P_2$  no refluxo de forma mais tênue, nas descritas condições. Com o fluxo a situação reflete tendência da influência oceânica com uma correlação termo-salina inversa, porém só evidente na estação  $P_3$ .

#### 3.3.4 Concentração hidrogeniônica (Figura 7)

Os valores concernentes a este fator são consentâneos com a dispersão da pluma, pondo em evidência a capacidade e velocidade do sistema tampão. O valor mais baixo de pH 6.96, foi observado na estação  $P_1$  a profundidade de 10 m.

#### 3.3.5 Sólidos totais em suspensão (TSS)

Este índice é definido por todos os componentes particulados, inorgânicos e orgânicos, estes compreendendo detritos e fito plancton, ambos retidos por membranas de porosidade igual a 1.u. Nesta fração os flóculos de ferro coloidal não são retidos, exceto aqueles que nessa forma ou noutras são adsorvidas pelas partículas ou são aglutinados por agregação. E por isso, esta fração depois da quantificação do peso seco, foi



# DISTRIBUIÇÃO DO pH EM PROFUNDIDADE

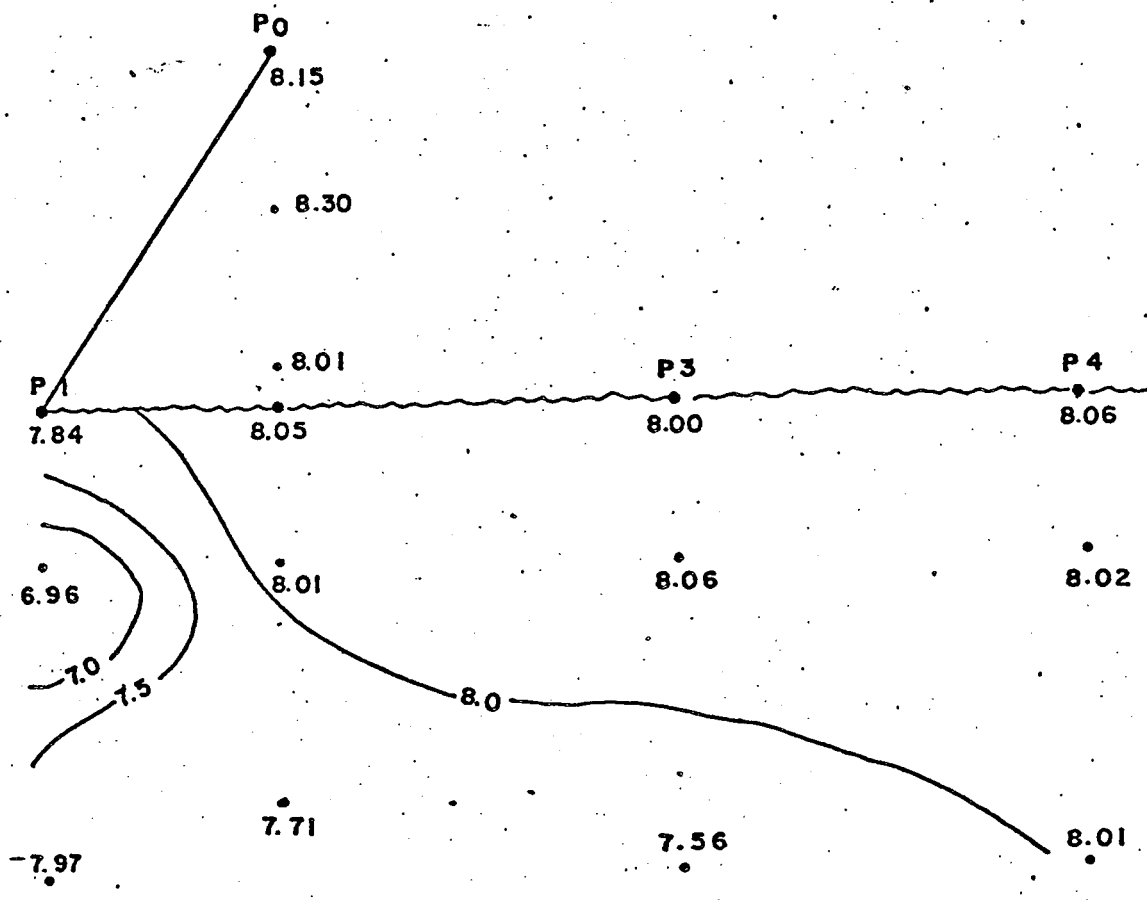


FIG. 7

utilizada para analisar o ferro particulado.

A despeito da pluma levantar alguns detritos, não se observou um gradiente acentuado deste índice (Figura 8), cujas maiores concentrações se localizam na estação P<sub>2</sub>.

### 3.3.6 Sulfatos

Sendo os sulfatos e o ácido sulfúrico componentes transportados pelo efluente, é de esperar encontrar valores relativamente elevados na área de impacto (Figura 9). Os sulfatos sendo compostos biodegradáveis não oferecem qualquer efeito deletérico. Este composto apesar de se apresentar em concentrações elevadas, a sua distribuição é bastante homogênea no perfil em estudo.

### 3.3.7 Pigmentos amarelos

Este índice reúne uma série de compostos fenólicos de origem terrígena com particular importância na solubilidade de cátiões. Os dados referentes a este fator revelam que o efluente deve levantar concentrações apreciáveis destes compostos (Figura 10), com um núcleo de concentrações centralizado na estação P<sub>2</sub> à profundidade de 10 metros (concentração de 4.3 mg/l). O vetor terrígeno mais próximo deste índice acha-se representado pelo rio Jacuípe, cuja influência, já antes foi apontada, sobretudo nas estações P<sub>0</sub> e P<sub>3</sub>.

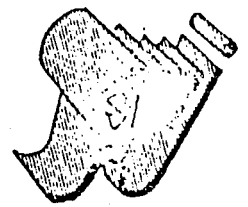
### 3.3.8 Ferro dissolvido (Tabela 1)

O ferro considerado dissolvido foi aquele que passou através de membranas de 0.5  $\mu$ , entre o qual se inclui o ferro complexo. A concentração do ferro dissolvido em equilíbrio com pH da água do mar é bastante baixa, estando antes representado pela forma coloidal (RILEY, 1965). Apesar dos valores

TABELA 1

## DADOS DAS OBSERVAÇÕES REFERENTES AO PERFIL EM PROFUNDIDADE

PARÂMETROS	P <sub>0</sub>			P <sub>1</sub>			P <sub>2</sub>			P <sub>3</sub>			P <sub>4</sub>		
	08:40	10:20	11:10	12:05	12:30	13:40	14:05	15:00	15:30	16:20					
MARÉ	Refluxo: 1ª hora												Fluxo: 2ª hora		
OBSERVAÇÕES	0	10	20	0	10	28	0	10	30	0	10	30	0	10	30
UNIDADE															
Cor. - dir.	0°	350°	340°	340°	350°	340°	350°	350°	340°	25°	20°	15°	0°	350°	350°
Cor. - vel.	632	485	455	465	514	308	514	356	308	450	383	350	655	534	460
Conductividade	58.0	59.8	50.0	53.1	53.7	51.2	59.1	56.0	51.2	51.6	54.3	54.6	52.0	50.8	55.4
Salinidade	37.8	38.9	32.3	34.8	36.8	33.8	38.5	36.5	33.8	33.5	35.6	36.5	33.6	33.4	34.9
Temperatura.	26.7	26.5	25.5	24.9	25.3	25.5	26.6	25.0	25.5	26.7	25.7	25.3	26.4	25.5	25.7
pH	8.15	8.30	8.01	6.96	7.97	7.71	8.05	8.01	7.71	8.00	8.06	7.56	8.06	8.02	8.01
DO <sub>2</sub>	6.74	-	6.37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TSS	38.8	45.6	41.5	36.8	40.0	45.1	20.9	40.8	45.1	-	40.4	-	37.0	40.8	38.7
SO <sub>4</sub>	3.195	3.126	3.195	2.990	3.154	3.054	3.027	3.016	3.054	3.166	3.195	3.154	3.137	3.098	3.166
D-Fe	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
P-Fe	143.4	131.0	349.0	956.9	1659.0	597.7	392.2	151.7	597.7	164.0	152.0	329.0	110.4	102.1	110.4
Turbidez	89	89	52	45	32	50	75	86	50	80	89	75	92	94	92
Ac. hum.	2.3	2.0	1.7	2.0	?	1.7	3.0	4.3	1.7	1.7	1.0	1.7	0.7	2.3	1.0
Transparência	6.0			1.5			4.5			6.0			7.0		
Fe/Sed.	0.62			2.24			0.55			0.53			0.58		



SOLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO  
mg/L  
DISTRIBUIÇÃO EM PROFUNDIDADE

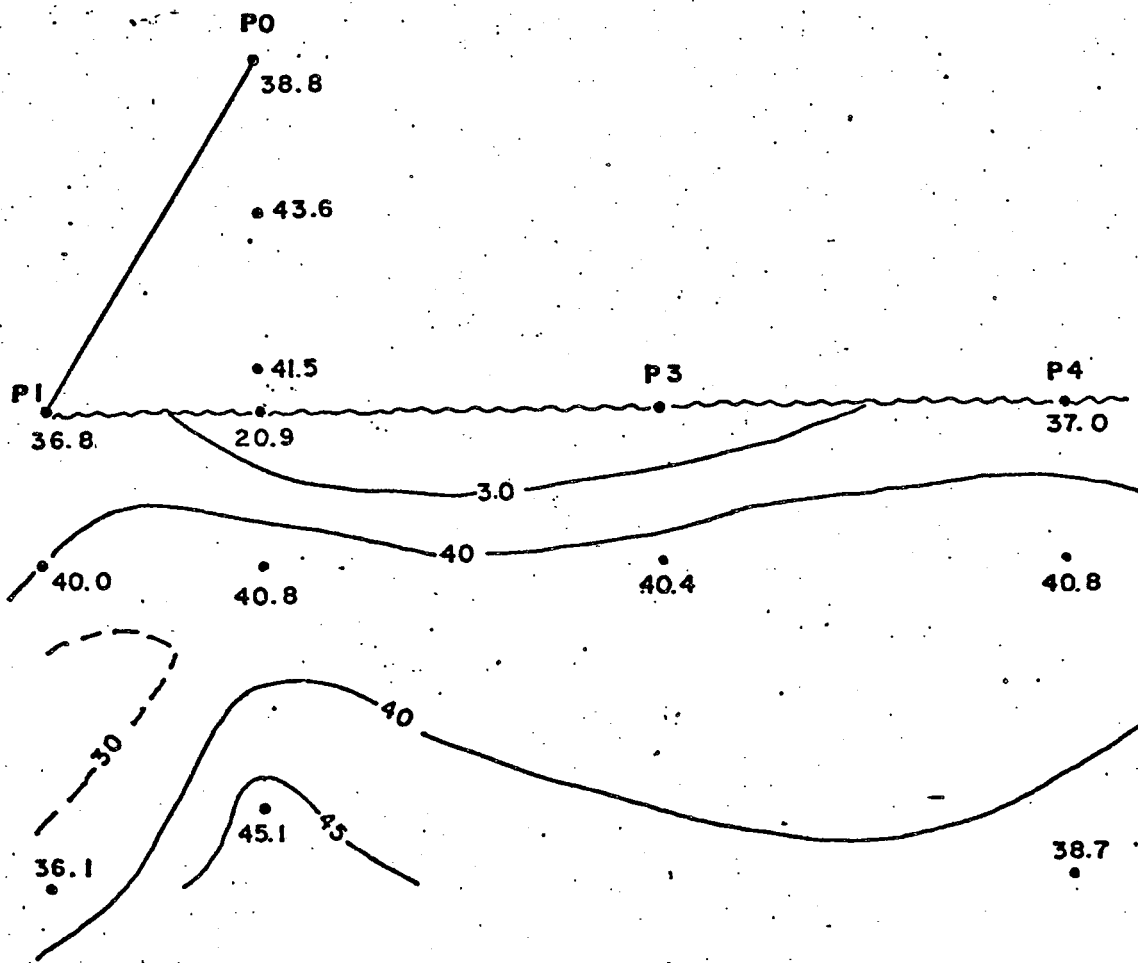
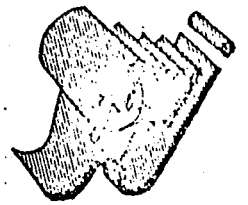


FIG. 8



SULFATOS (gr./L)  
DISTRIBUIÇÃO EM PROFUNDIDADE

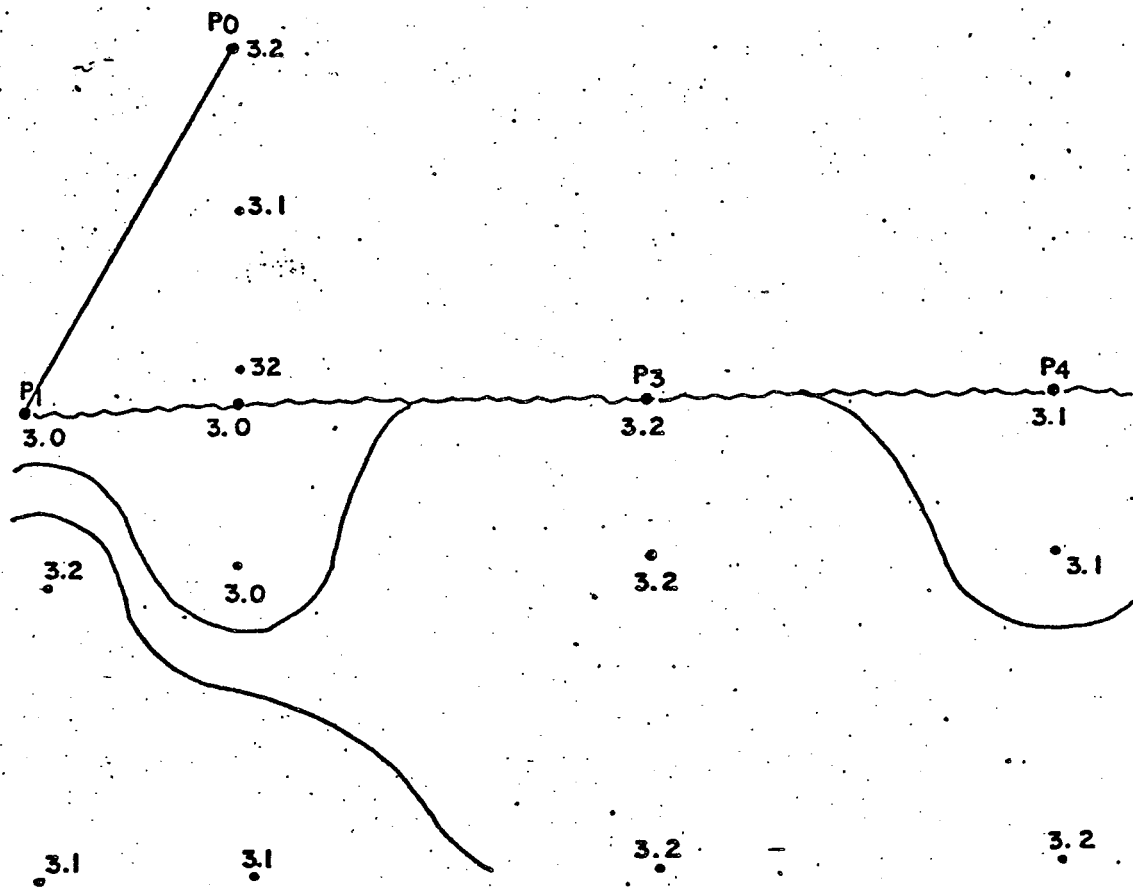
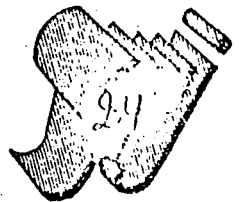


FIG. 9



PIGMENTOS AMARELOS (mg/L)  
DISTRIBUIÇÃO EM PROFUNDIDADE

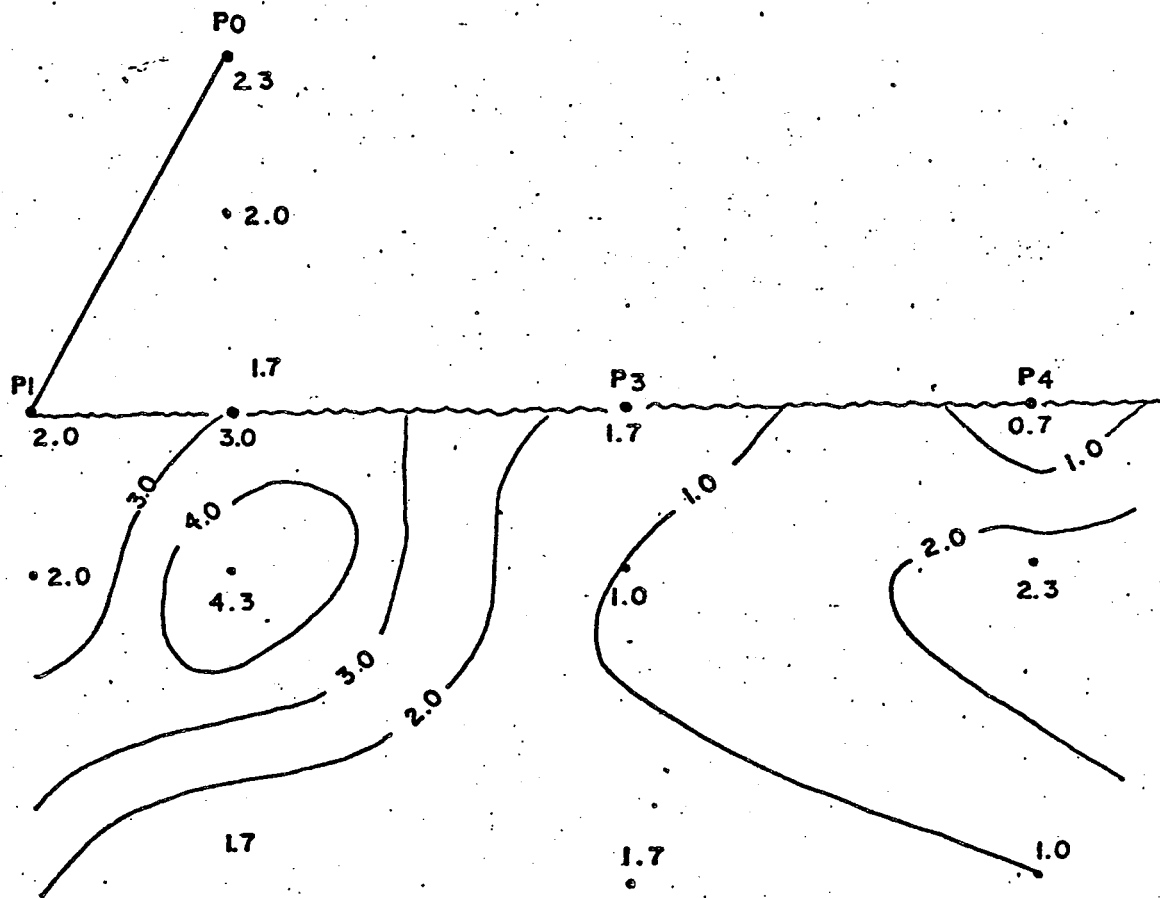


FIG. 10

de agentes complexantes serem relativamente elevadas nas observações em apreço, a concentração do ferro dissolvido, não ultrapassou o limite de detecção do método.

### 3.3.9 Ferro particulado e coloidal

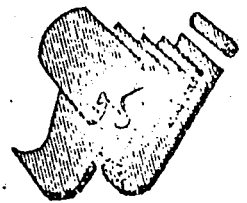
Os dados reportados ao presente estudo respondem com uma faixa de valores entre 102 e 1.659 ug/l de Fe (Tabela 1), aquele referente à estação P<sub>4</sub> à profundidade de 10 metros e este localizado a profundidade de 30 m na estação P<sub>1</sub> (Figura 11). A distribuição do P-Fe apresenta um gradiente vertical bem definido localizado na estação P<sub>1</sub> e defletido no sentido da estação P<sub>2</sub> onde se centraliza a superfície a mancha mais recente. Tomando como limite a concentração de 100 ug/l, plotou-se a distribuição estratigráfica do P-Fe às profundidades de 0 m (Figura 12-A), 10 m (Figura 12-B) e 30 m (Figura 12-C), onde a evolução da pluma relativamente ao emissário, e aos pontos de observação mostra duas línguas de dispersão uma na direção SW-NE e outra no sentido S-N.

Note-se que durante esta observação (perfil de profundidade) coincide com um período de transição das forças de tensão mantendo por isso a pluma numa situação de grande concentração, ao contrário da dispersão observada no dia 8 de agosto.

A integração dos gradientes verticais de P-Fe em cada uma das estações, proporcionou os seguintes valores:

- P<sub>0</sub> = 3.77 mg/l
- P<sub>1</sub> = 32.43 mg/l
- P<sub>2</sub> = 9.22 mg/l
- P<sub>3</sub> = 6.39 mg/l
- P<sub>4</sub> = 3.18 mg/l





FERRO PARTICULADO E COLOIDAL  
( $\mu\text{g/L}$ )  
DISTRIBUIÇÃO VERTICAL

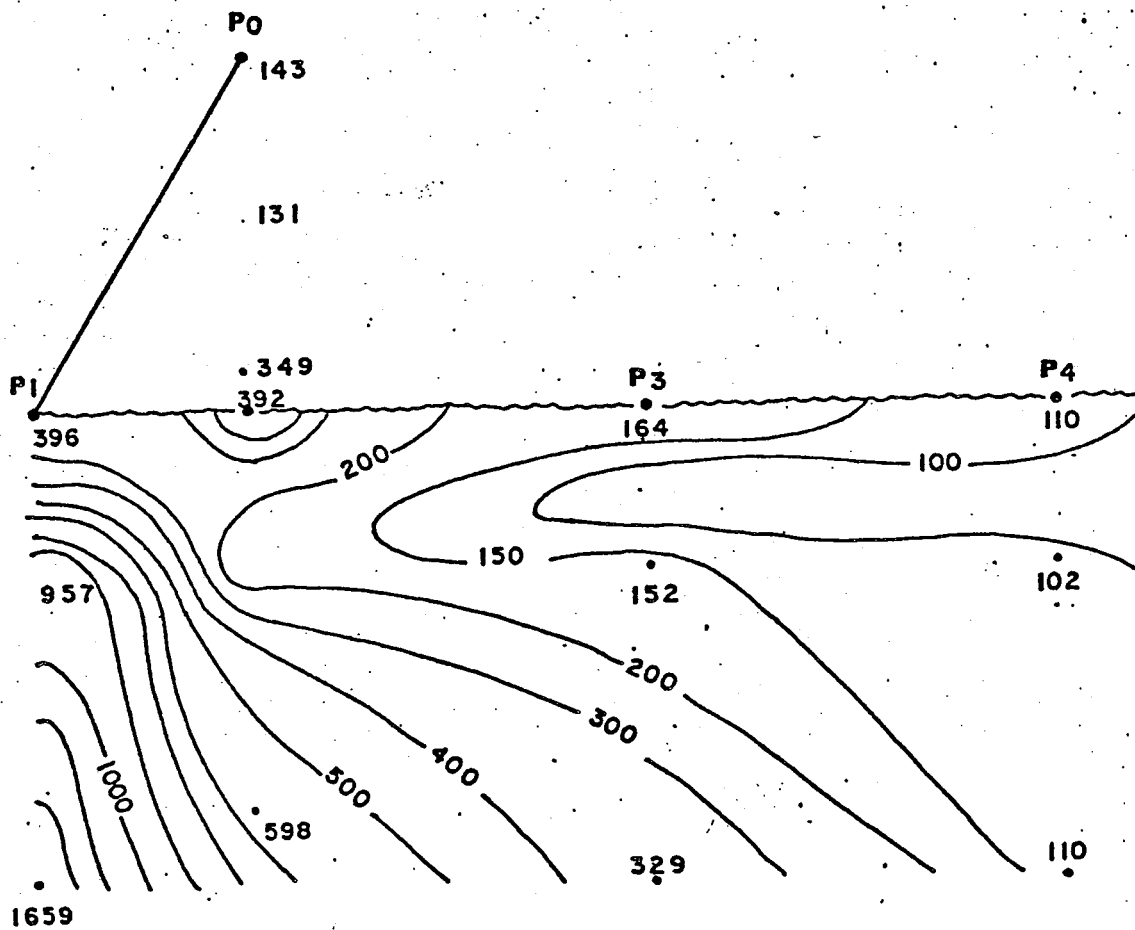
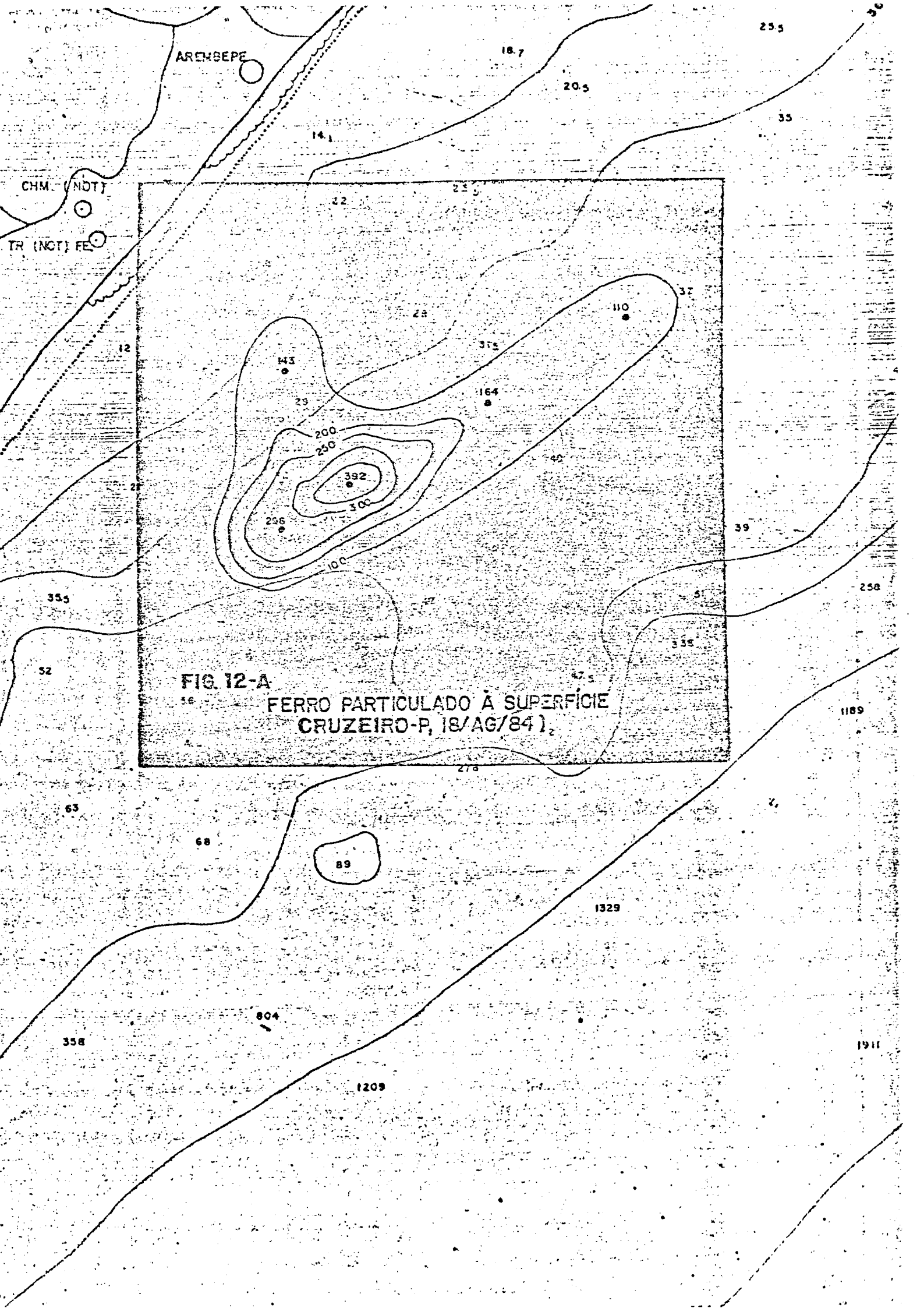


FIG. II



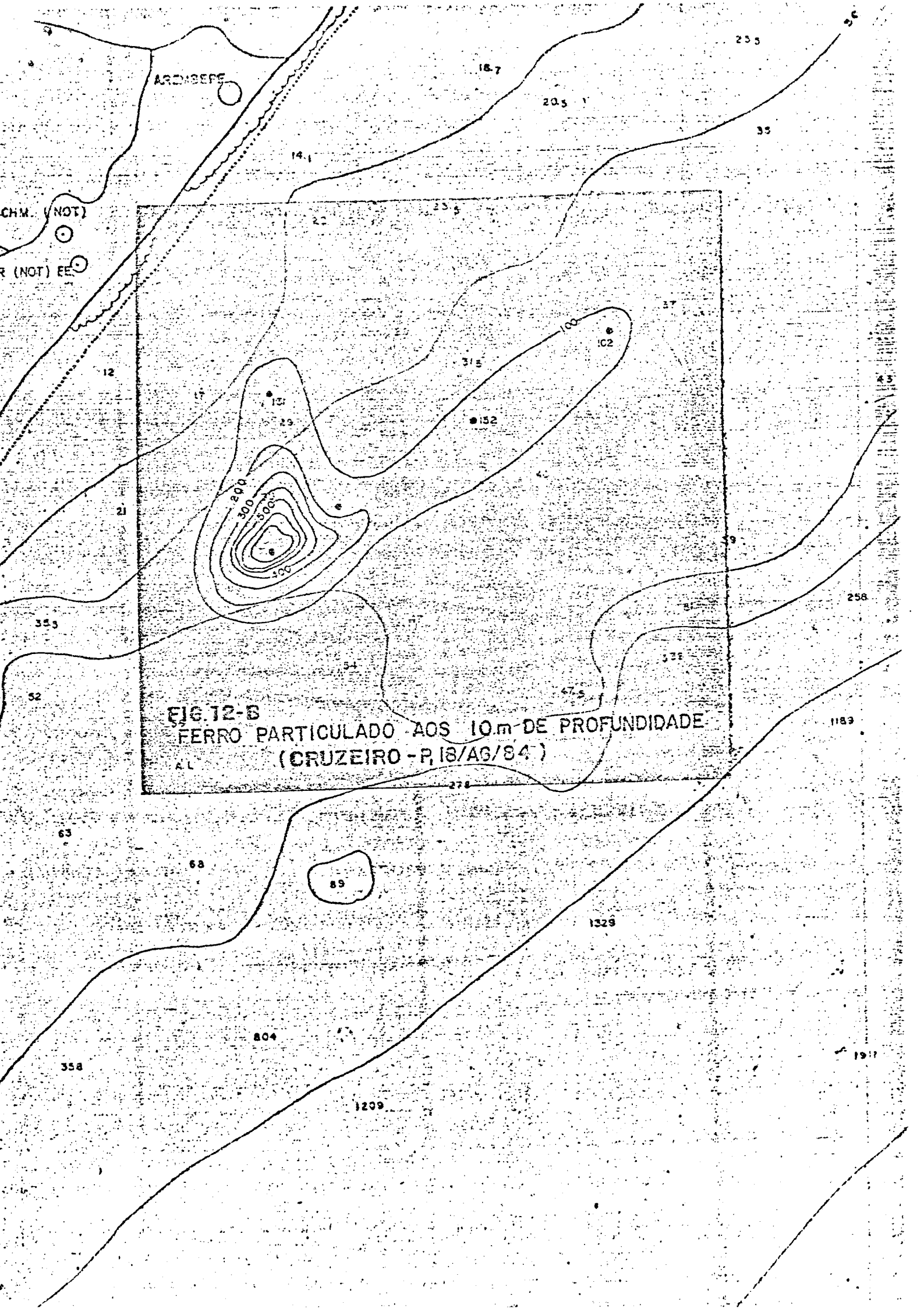
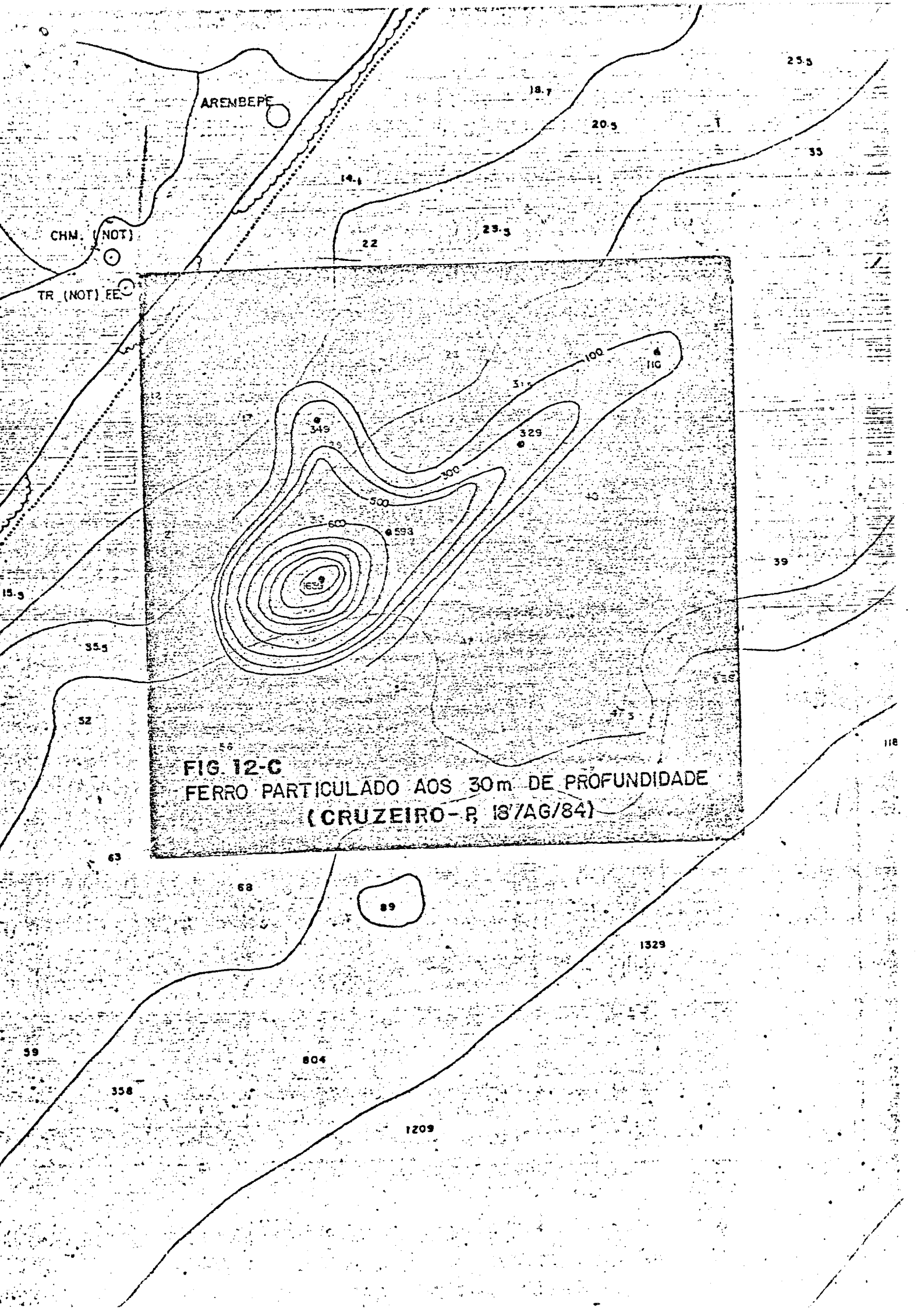


FIG. 12-B  
FERRO PARTICULADO AOS 10m DE PROFUNDIDADE  
(CRUZEIRO - P, 18/AG/84)



**FIG. 12-C**  
**FERRO PARTICULADO AOS 30m DE PROFUNDIDADE**  
**(CRUZEIRO-P, 18/AG/84)**

Conclui-se, assim, para efeitos comparativos, haver uma certa correspondência entre as estações  $P_0$  e  $P_4$  relativamente à dispersão da pluma.

### 3.3.10 Ferro total nos sedimentos (Figura 13)

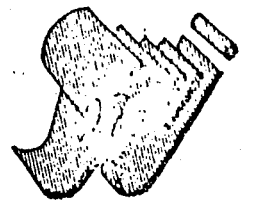
Só a estação  $P_1$  apresentou um sedimento lodoso, de teste negativo aos sulfetos. Os restantes sedimentos mostraram serem constituídos por calcários biogênicos. A concentração do ferro total nos sedimentos da estação  $P_1$  é obviamente bastante conspícua com 2.240 mg/100 g., cerca de 3 vezes maior do que o ferro nos sedimentos das restantes estações onde suas concentrações se correspondem.

### 3.4 *Cruzeiro de observações à superfície*

Este cruzeiro só teve sua realização no dia 24 de agosto em decorrência do temporal forte que se gerou logo a seguir ao cruzeiro de observações em profundidade, com eventos por vezes fortes do quadrante S e taxa de frequência de 55%, adicionando-se a estes, ventos mais fracos do quadrante E numa taxa de 25%. A estes ventos sucederam-se nos primeiros dias da 4a. semana, ventos de N e NE que alternaram com os ventos de E. O cruzeiro de superfície foi preenchido por uma série de estações no total de 18, alinhadas segundo rumos fixos. Estas estações distanciadas uma das outras por 1 ou 2 milhas, cobrindo uma área de 6 x 6 milhas. Esta área tinha como epicentro a posição correspondente a abertura do emissário registrada como estação S-15.

Este cruzeiro foi surpreendido pela ausência da pluma à superfície com apenas alguns vestígios desta transportados no sentido SW e para além da área do cruzeiro. Esta circunstância explica os altos valores de transmitância que caracterizaram as análises, de turbidez.

A constância da salinidade, temperatura e pH, e os valores



### FERRO TOTAL NOS SEDIMENTOS

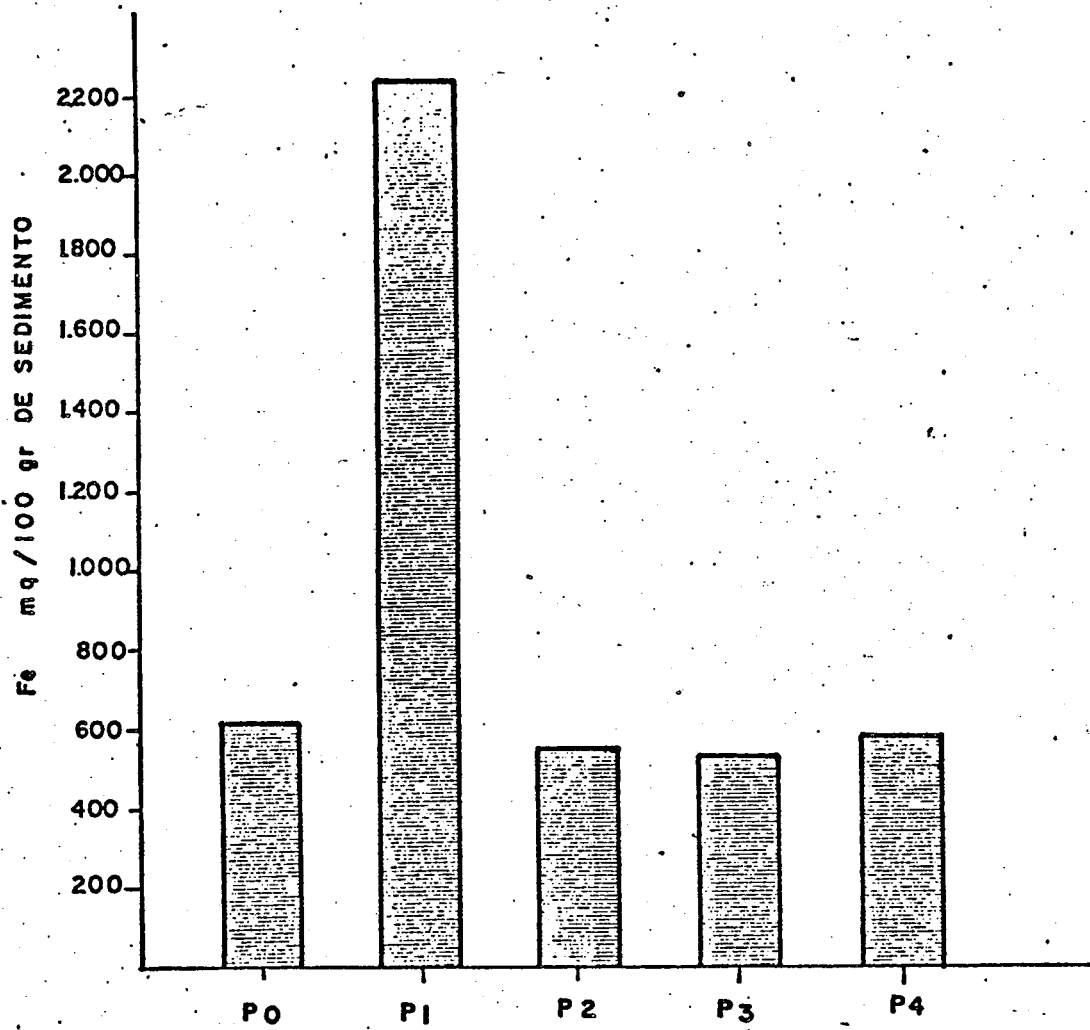


FIG. 13

concernentes à salinidade (Tabela 2) revelam que as condições dinâmicas que precederam estas observações, introduziram na zona nerítica, pelo menos à superfície, águas da corrente do Brasil. Isto se deve aos ventos fortes de SE que sopraram entre 19 e 21 de agosto e que encrespam o mar por vários dias. A estes se seguiram ventos de N e NE.

Aqueles ventos criaram naturalmente ondas superiores a 2 metros de altura, turbulência devido as quais atingiram de certeza as profundidades da área sob estudo, sobretudo, as vagas que se formaram, quando cessando a causa, aumentaram em altura e comprimento entre estas, devido ao atraso que começa a experimentar o trem de ondas e várias cristas se adicionam. Isto é, o espectro de ondas diminui, mas sua altura e comprimento aumentam.

Assim, ondas de 2 m com um comprimento de 50 m poderiam, à profundidade de 25 m, movimentar diâmetros orbitais de apenas 0.08 m. A agitação tende a aumentar os valores médios dos gradientes (isto é, acelera a mistura) enquanto esta ou a difusão reduzem aqueles gradientes que tendem por sua vez a removê-los. A advenção, compreendendo os fenômenos de agitação e mistura, pode largamente aumentar o gradiente médio impondo como dominante o processo de mistura em relação ao processo de agitação. Diríamos que tanto a agitação - numa primeira fase - e depois a mistura ou difusão - numa segunda fase - se completaram promovendo uma taxa elevada de dispersão dos coloides. Esta 2a. fase se ficaria devendo - aos ventos de NE que caracterizaram os dias 22 e 23, gerando deflexões ou desvio no sentido do quadrante S, isto é para largo da zona nerítica, mais precisamente no sentido + SE durante o refluxo ou no sentido + SW durante o fluxo: este teria sido o caso da observação levada a efeito pelo cruzeiro de superfície que teve quase todo seu desempenho neste semiperíodo. Os dados concernentes aos sólidos totais em suspensão e ao ferro total particulado, Figuras 14 e 15, mostram precisamente um transporte do núcleo de maiores concen

trações (embora bastante atenuadas) ou do gradiente horizontal à superfície no sentido do quadrante S.



TABELA 2  
 DADOS DO CRUZEIRO DE OBSERVAÇÕES À SUPERFÍCIE

		ESTAÇÃO	S‰	T°C	pH	TURBIDEZ (%)	TSS (mg/ℓ)	Fe < 0.5 μ (μg/ℓ)	PROFUNDIDADE (m)
FLUXO	1/2	1	36,4	26,4	8,21	97	35,81	25,10	21
	1	2	37,6	26,6	8,23	98	41,31	14,40	22
	1 1/2	3	37,7	26,8	8,23	97	12,75	0,00	27
	2	4	37,7	26,7	8,22	97	37,09	7,96	21
	2 1/2	5	37,7	26,6	8,23	96	20,69	13,30	37
	3	6	37,8	26,4	8,23	97	13,32	0,00	67
	3 1/2	7	37,7	26,6	8,24	99	17,13	18,70	40
	4	8	37,9	26,0	8,22	97	13,81	13,32	37
	4 1/2	9	37,7	26,2	8,23	98	38,88	19,80	41
	4 3/4	10	37,8	26,6	8,20	97	12,76	18,70	55
	5	11	37,5	26,6	8,22	97	23,50	21,36	43
	5 1/4	12	37,5	26,6	-	99	20,82	5,28	67
	5 1/2	13	37,7	26,4	8,20	99	16,88	14,40	>67
	5 3/4	14	37,5	27,1	8,20	89	41,50	217,00	57
PREIAMAR		15	37,3	26,6	8,22	99	19,83	9,03	37
REFLUXO	3/4	16	37,6	26,0	8,23	99	21,01	18,7	49
	1	17	37,6	26,0	8,23	98	21,19	21,36	37

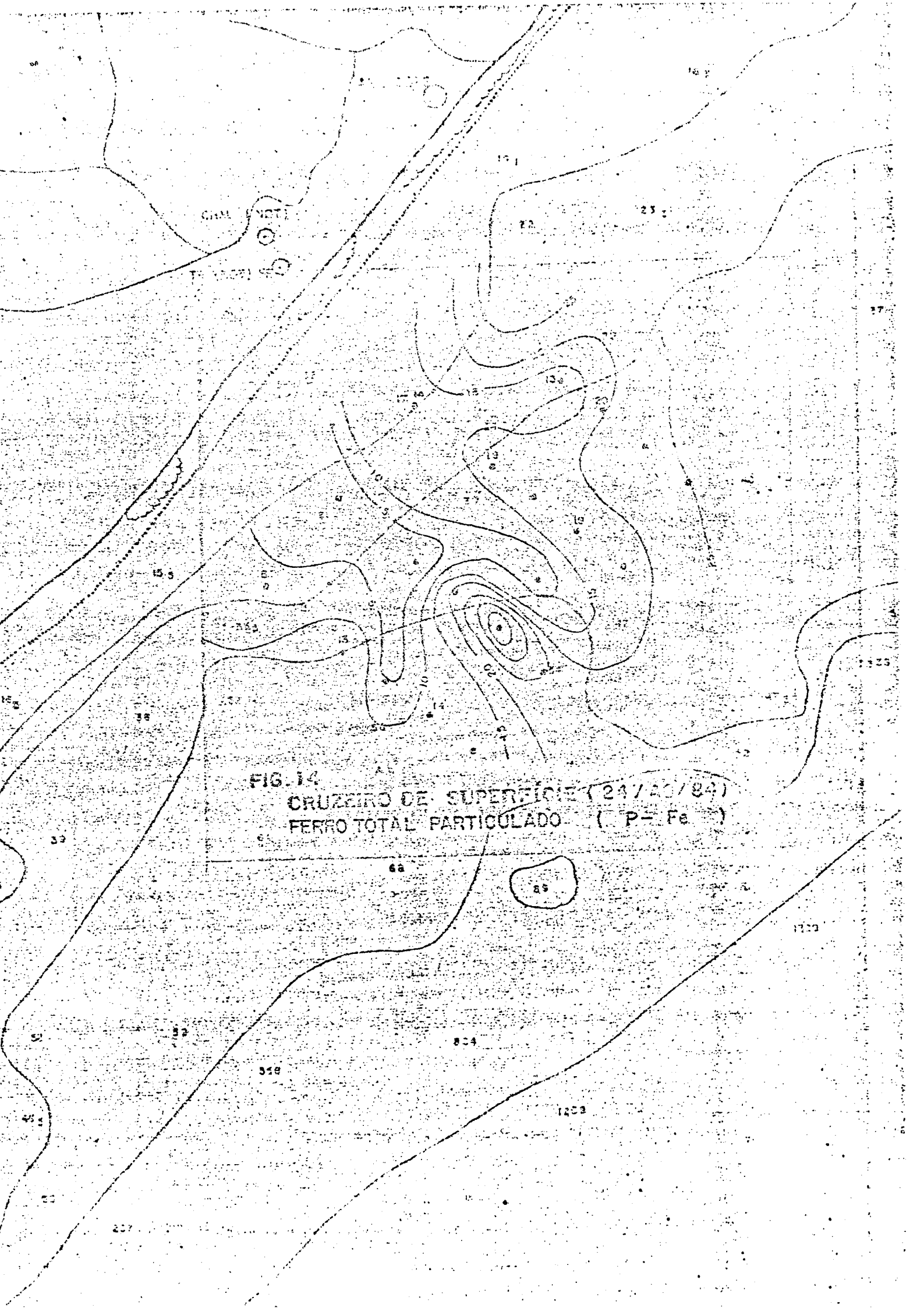


FIG. 14  
CRUZEIRO DE SUPERFÍCIE (24/01/84)  
FERRO TOTAL PARTICULADO (P-Fe)

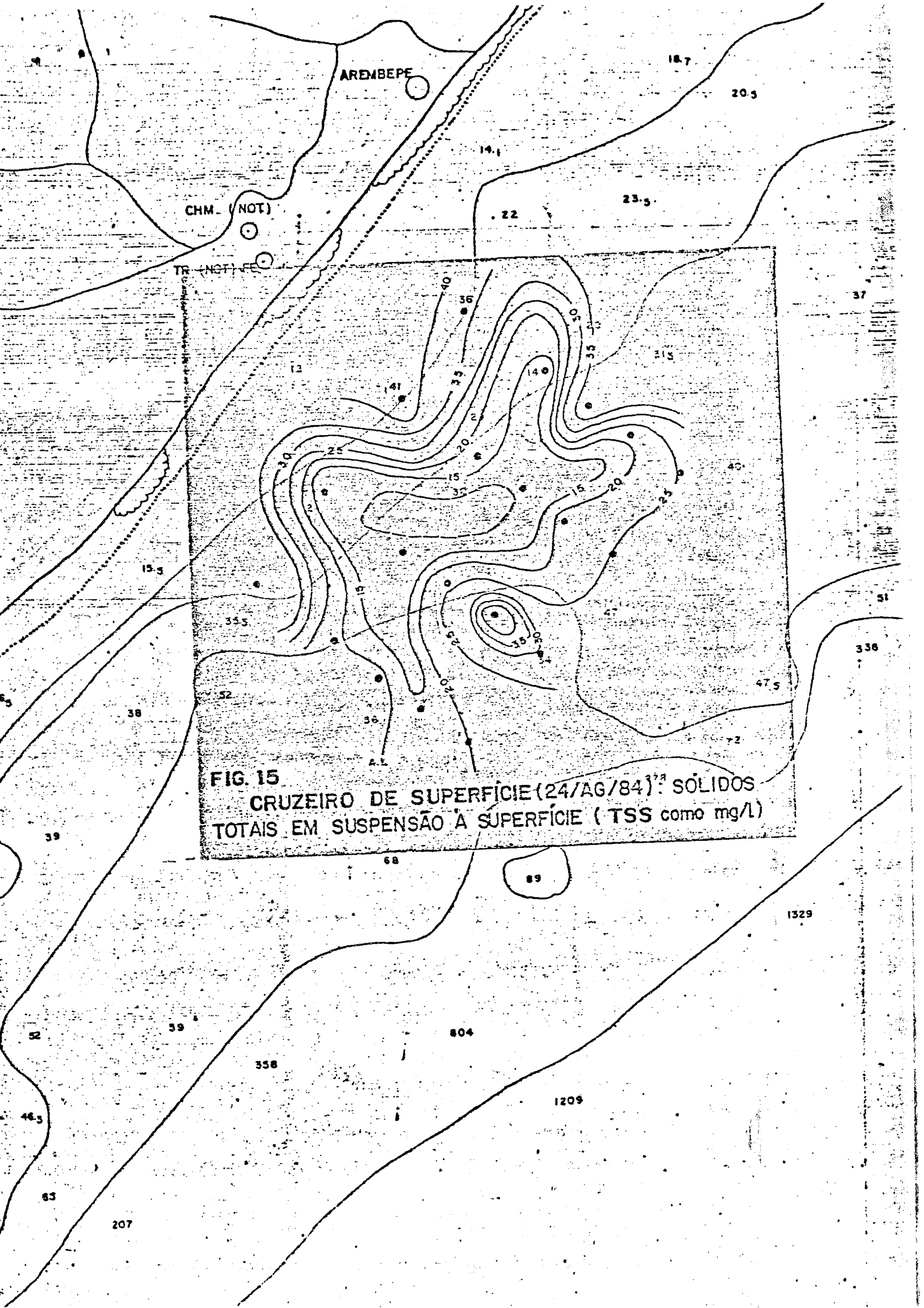


FIG. 15  
CRUZEIRO DE SUPERFÍCIE (24/AG/84): SÓLIDOS  
TOTAIS EM SUSPENSÃO À SUPERFÍCIE (TSS como mg/L)

#### 4 CONCLUSÕES

As conclusões que a seguir serão apresentadas se reportam as observações realizadas no período de turbulência (agosto):

- a) A predominância dos ventos na área em estudo é de SE durante o verão, outono e inverno com maior incidência para esta última estação. Ventos E podem alternar em 2º plano no verão. Nestes casos o efeito de Ekman devido a profundidade e topografia da plataforma parece achar-se muito atenuado havendo neste caso um alinhamento das correntes com os vetores de tensão atmosférica. A dispersão longitudinal da pluma parece seguir, as sim, uma resultante desta com as correntes de refluxo.
- b) No caso da primavera os ventos repartem-se, sobretudo, entre as direções NE e SE com uma co-participação percentual da direção E em 2º plano. Os ventos de NE que sendo + paralelos a zona costeira são favoráveis a uma melhor difusão ou mistura transportando os seus componentes em suspensão e dissolvidos + para o largo conforme resultante das correntes geradas por aqueles ventos e as correntes de maré.
- c) Em qualquer dos casos a orientação do eixo da pluma ou a difusão das manchas processa-se em sentidos mais ou menos paralelos a linha de costa e a uma distância cerca de 5 km da orla que a mantém inócua do impacto de concentrações de ferro para além das concentrações naturais.
- d) Dever-se-á atender a que os rios da faixa costeira, contemplada por este estudo, drenam para o mar quantidades apreciáveis de ferro que ao atingí-lo, sofre igualmente o mesmo processo de floculação dos efluentes da Indústria TIBRÁS.

## REFERENCIAS

- 1 - GOLDBERG, E.D. (1972). Baseline Studies of Heavy Metal, Halogenated, Hydrocarbon and Petroleum Hydrocarbon Pollutants in the Marine Environment and Research Recommendations. Deliberations of the International Decade of Ocean Exploration (IDOE).
- 2 - IMCO/FAO/UNESCO/WHO/WMO/IAEA/UN (1974). Review of Harmful Substances. Supplement to the Report of the Sixth Session of Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution (GESAMP).
- 3 - PAREDES, J. F. & SCHMIDT, G. (1977). Analyses Method of intracelular iron accumulated in phytoplankton. Bol. Inst. Oceanográfico, São Paulo, 26: 1-10.
- 4 - PAREDES, J.F. & FREITAS, R.R. (1980). Dosagem de ferro nos sedimentos e interpretação da formação de espumas no estuário do Rio Jacuípe quando da ocasião de cheias. Ciência e Cultura, 32 (1): 84-87.
- 5 - RILEY, J.P. (1965). Analytical Chemistry of the Sea Water. In Chemical Oceanography Eds J.P. Riley & C.Skirrow, Academic Press, London.N.Y. vol. 2 (cap. 21).
- 6 - STANDARD METHODS for Examination of water and wastewater (1981). American Public Health Assotiation, 15 Ed..