

LABORATÓRIO DE RADIOISÓTOPOS

PORTO DE SUAPE: RELATÓRIO FINAL DO ESTUD
DO SEDIMENTOLÓGICO EM REGIME DE INVERNO

ANÁLISE DAS MEDIÇÕES HIDRÁULICAS EFETUADAS AO LARGO DO COR
DÃO DE RECIFES, EM REGIME DE INVERNO, DURANTE O ESTUDO DA MO
VIMENTAÇÃO DE SEDIMENTOS DE FUNDO, COM A UTILIZAÇÃO DE TRAÇAÇ
DORES RADIOATIVOS. CONSIDERAÇÕES GERAIS.

COMPANHIA BRASILEIRA DE TECNOLOGIA NUCLEAR
INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS
C.P. 1941 - Belo Horizonte - MG

DEZEMBRO DE 1974

LABORATÓRIO DE RADIOISÓTOPOS

PORTO DE SUAPE: MEDIÇÕES HIDRÁULICAS EFETUADAS AO LARGO DO CORDÃO DE RECIFES, EM REGIME DE INVERNO, DURANTE O ESTUDO DA MOVIMENTAÇÃO DE SEDIMENTOS DE FUNDO COM A UTILIZAÇÃO DE TRAÇADORES RADIOATIVOS.

COMPANHIA BRASILEIRA DE TECNOLOGIA NUCLEAR
INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS
C.P. 1941 - Belo Horizonte - MG

DEZEMBRO DE 1974

LABORATÓRIO DE RADIOISÓTOPOS
INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DAS MEDIÇÕES HIDRÁULICAS

Jefferson Vianna Bandeira

MEDIDA DA MOVIMENTAÇÃO DE SEDIMENTOS DE FUNDO

Pedro Edmundo Aun
Jefferson Vianna Bandeira
José Olympio N. M. de Castro

MEDIÇÕES HIDRÁULICAS

Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias do
Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis

COLABORADORES NA ANÁLISE DAS MEDIÇÕES HIDRÁULICAS

José Olympio N. M. de Castro
Matheus Eustáquio da Silveira
Fábio Antonio da Silva
José Joaquim Lima de Campos

MEDIDA DA MOVIMENTAÇÃO DE SEDIMENTOS DE FUNDO

Equipe de Campo

Pedro Edmundo Aun
Jefferson Vianna Bandeira
José Olympio N. M. de Castro
Miguel Ricardo Aun
Luiz Fontoura Lorenzoni
Matheus Eustáquio da Silveira
Geraldo Godinho Pinto

I N D I C E

I.	INTRODUÇÃO	pág. 1
II.	CONDIÇÕES HIDROGRÁFICAS - CAMPANHA DE MEDIÇÕES HIDRÁULICAS	pág. 3
III.	ANÁLISE DOS REGISTROS DE ONDAS	pág. 7
	3.1. Campanha de Registros de Ondas - Método de Análise	pág. 7
	3.2. Resultados da Análise	pág. 8
	3.3. Características Ondulatórias ao Largo de Suape no Intervalo de Junho a agosto de 1974	pág. 15
	3.4. Resumo das Características Ondulatórias	pág. 22
IV.	ANÁLISE DOS REGISTROS DE CORRENTE	pág. 23
	4.1. Campanha de Medições a Correntôgrafo	pág. 23
	4.2. Campanha de Medições a Correntômetro	pág. 24
	4.3. Análise dos Registros de Corrente - Resultados das Medições	pág. 24
	4.3.1. Metodologia	pág. 24
	4.3.2. Resultados das Medições de Corrente	pág. 25
	4.4. Conclusões	pág. 33

V.	CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA INFLUÊNCIA DAS ONDAS E CORRENTES REGISTRADAS EM SUAPE, NA MOVIMENTAÇÃO DE SEDIMENTOS NO FUNDO	pág. 34
5.1.	Generalidades	pág. 34
5.2.	Aplicação de Critérios de Início de Movimento de Sedimentos sob a Ação de Ondas, ao Problema de Suape	pág. 36
5.2.1.	Antecedentes	pág. 36
5.2.2.	Aplicação de Critérios	pág. 37
5.3.	Conclusão	pág. 42
VI.	CONCLUSÕES GERAIS	pág. 44

APÊNDICE I

Rotina de Análise de Registros Ondulatórios pela Sistemática de Tucker - Draper.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	TÍTULO	PAGINA
2.1	- Situação dos aparelhos de medições hidráulicas.	4
2.2	- Batimetria ao largo do cordão de recifes em Suape.	5
3.1	- Distribuição dos períodos T_z .	16
3.2	- Distribuição das alturas máximas ($H_1 = H_{max}$).	17
3.3	- Distribuição das alturas significativas (H_s).	18
3.4	- Distribuição do parâmetro de largura do espectro (ϵ).	20
3.5	- Frequência de ocorrência de direções de onda a profundidade de 17m independentemente de períodos e alturas.	21
5.1	- Curva granulométrica do vidro moido injetado ao largo do cordão de recifes (Suape).	38
5.2	- Início de movimento de sedimentos sob a ação da onda.	39

RESUMO

O presente relatório apresenta os resultados obtidos com a análise e interpretação das medições hidráulicas de ondas e correntes efetuadas ao largo do cordão de recifes em Suape-PE, de julho a setembro de 1974.

Tais medições hidráulicas foram realizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias do Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis, durante o estudo da movimentação de sedimentos de fundo com a utilização de traçadores radioativos, executado pelo Laboratório de Radioisótopos do Instituto de Pesquisas Radioativas, como parte do trabalho contratado com a Transcon S.A. e a Companhia de Distritos Industriais de Pernambuco (DIPER).

É feito um relacionamento entre as ações hidrodinâmicas de ondas e correntes e a correspondente movimentação de sedimentos de fundo.

A baixa movimentação de sedimentos de fundo que se processou para NE, paralelamente ao cordão de recifes, em regime de inverno, está de acordo com a resultante para NE, das fracas ações hidrodinâmicas produzidas pelas ondas e correntes junto ao fundo.

I. INTRODUÇÃO

Em novembro de 1973, a Transcon S.A. Consultoria Técnica (Transcon) estabeleceu um contrato de consultoria com a Companhia de Desenvolvimento Industrial de Pernambuco (DIPER), objetivando a elaboração do Plano Diretor do Complexo Industrial de Suape, os projetos específicos e a supervisão da execução das obras que constituirão o Complexo Industrial de Suape.

Para o estudo, equacionamento e solução de problemas especiais necessários aos serviços previstos no contrato, nele está explícito que a Transcon poderá consultar empresas ou entidades especializadas.

Uma parte importante dos estudos relativos a Suape é a referente às pesquisas necessárias à implantação de um grande porto na região, para o projeto do qual são necessários dados sobre a movimentação de sedimentos no fundo, ao largo do cordão de recifes e no interior da Baía do Suape. Para a execução deste estudo, caracterizado como especial, a Transcon celebrou um contrato, em junho de 1974, com a Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear (CBTN), do qual a DIPER participou como principal interessada e interveniente pagadora.

Os trabalhos previstos neste contrato, incluem:

- a. A medida do transporte de sedimento de fundo, ao largo do cordão de recifes, em regime de inverno.
- b. O mesmo estudo do item a, em regime de verão.

- c. O estudo do movimento de sedimento de fundo na região do futuro porto, na Baía do Suape.
- d. A coleta, análise e interpretação de dados hidráulicos sobre características de ondas e correntes, registradas durante os trabalhos com traçadores, ao largo do cordão de recifes, indispensáveis à interpretação dos resultados da movimentação de sedimentos.

O Laboratório de Radioisótopos do Instituto de Pesquisas Radioativas, Belo Horizonte, foi encarregado da execução dos trabalhos com traçadores radioativos, bem como da análise e interpretação dos dados hidráulicos referidos no item d.

A coleta de dados hidráulicos foi contratada, pela CBTN, com o Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH) do Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis.

Fazem parte do presente relatório, a análise e interpretação dos parâmetros hidráulicos (ondas e correntes) registradas durante a campanha de inverno com traçadores radioativos ao largo do cordão de recifes, bem como o estudo da relação existente entre a movimentação de sedimentos no fundo e as forças hidrodinâmicas atuantes.

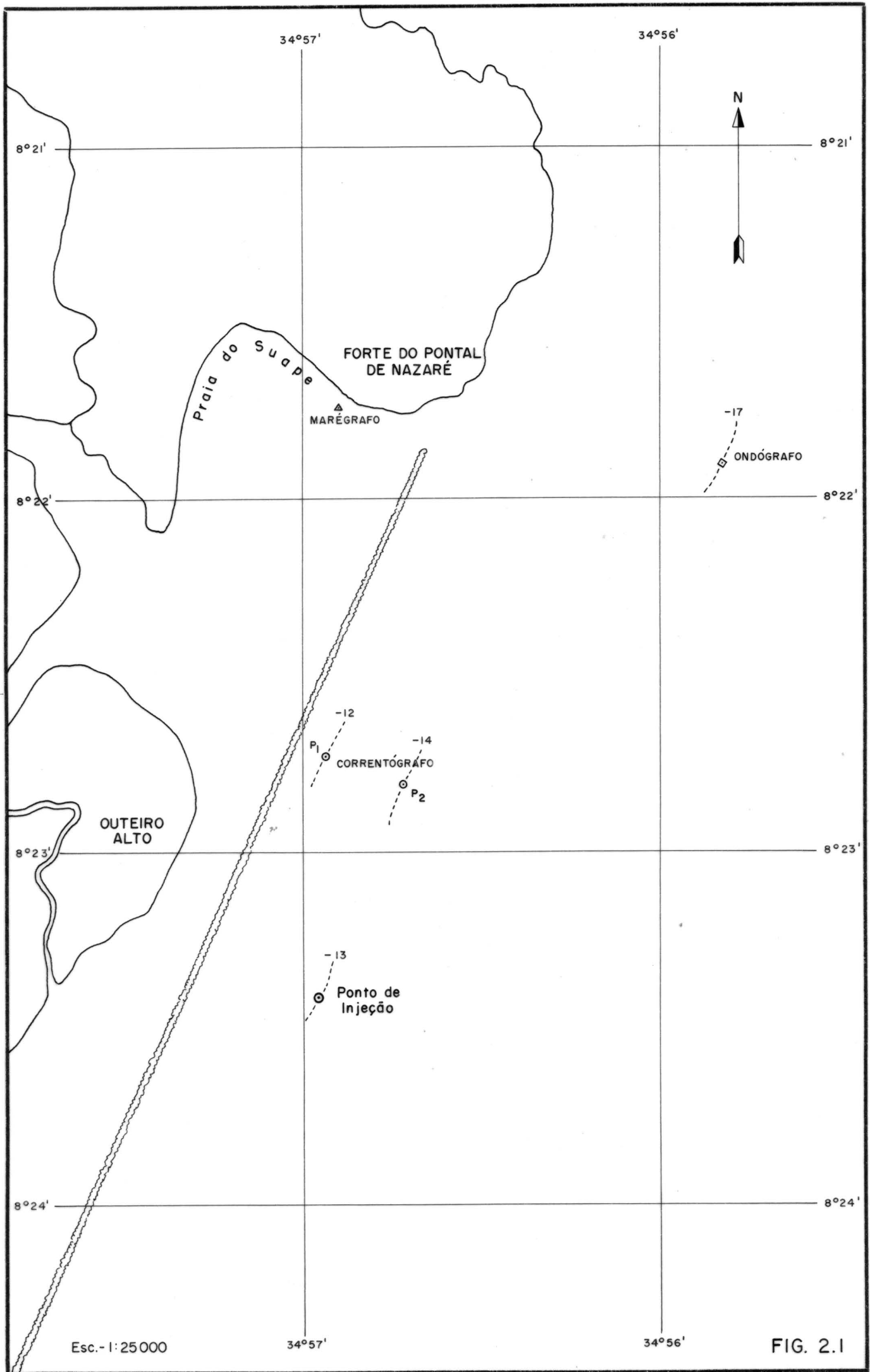
Deve ser ressaltado aqui, o apoio oferecido pela Transcon, através do pessoal de seu escritório em Recife, à equipe do Laboratório de Radioisótopos e aos técnicos do INPH encarregados das medidas hidráulicas, durante a campanha de inverno em Suape.

II. CONDIÇÕES HIDROGRÁFICAS - CAMPANHA DE MEDIÇÕES HIDRÁULICAS

A linha de recifes em Suape se estende na direção SSW-NNE em uma extensão de aproximadamente 10km, fazendo um ângulo de cerca de 24° com o norte verdadeiro (Fig. 2.1). A face externa da barreira de recifes possui uma declividade bastante acentuada. As profundidades aumentam rapidamente em direção ao largo, sendo que a cerca de 100 metros do alinhamento dos recifes são encontradas profundidades de 8 a 10 metros (Fig. 2.2). Na região situada entre a Barreta e cerca de 2km para NE, as isôbatas de -9m a -16m seguem uma orientação geral paralela à barreira de recifes (Fig. 2.2). Nesta região, entre as isôbatas de 12 e 14 metros, foi efetuado o estudo de movimentação de sedimentos e a maioria dos trabalhos hidráulicos da campanha de inverno.

A campanha de medições hidráulicas executada por técnicos do INPH, constou de:

- a. registro de ondas, com a utilização de um ondógrafo autônomo à ultra som da marca Neyrpic, duas vezes por dia, com o aparelho fundeado à profundidade de 17 metros, no ponto assinalado na Figura 2.1. Observação de direção de ondas duas vezes por dia, nos momentos de registro de onda.
- b. medições de corrente nos pontos P_1 , P_2 e PI (ponto de injeção do traçador radioativo) Fig. 2.1, constando de:



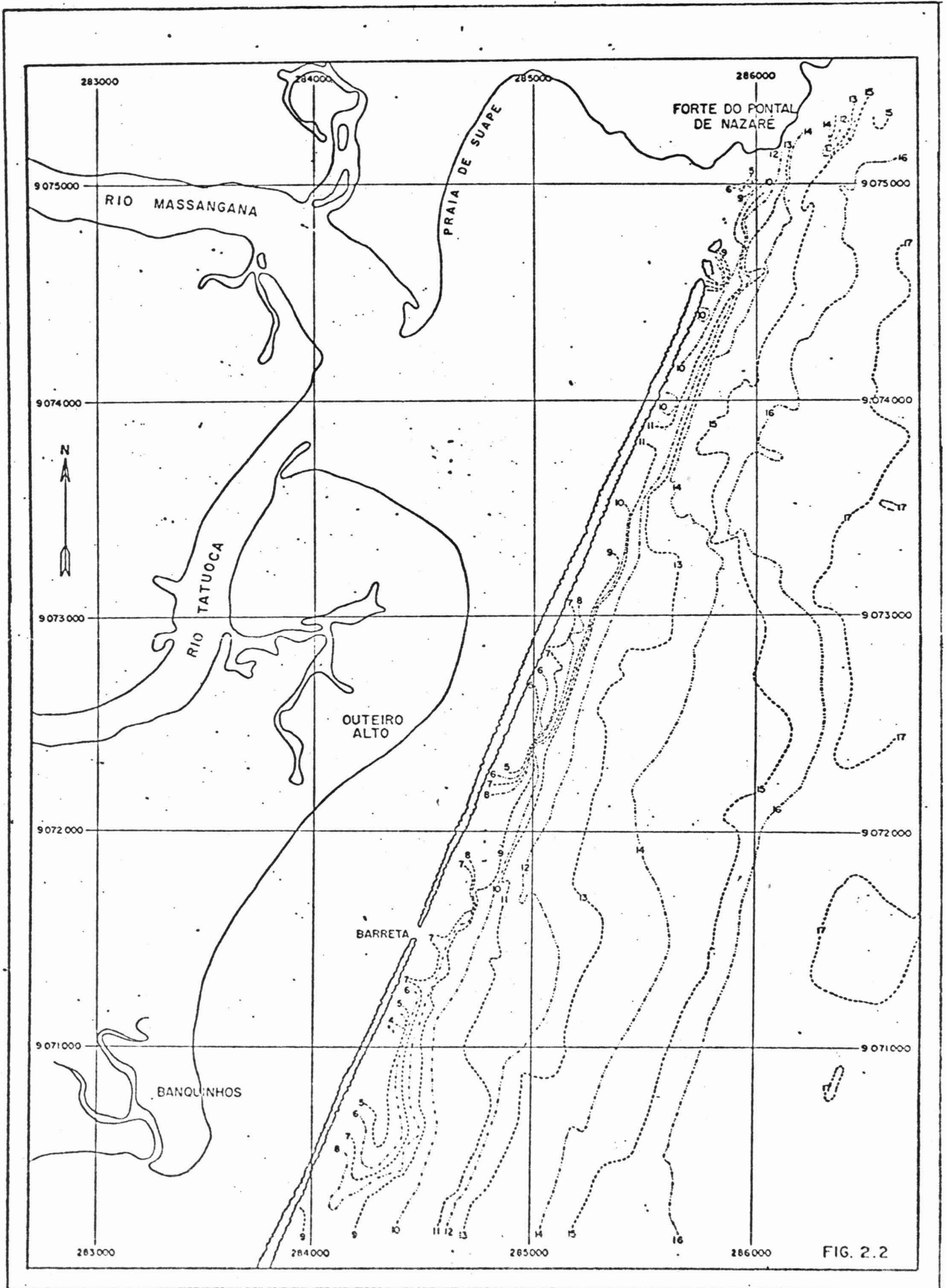


FIG. 2.2

- i. medições ao longo de meio mes lunar, em cada local, em um ponto fixo situado a 0.4p da profundidade local, contada a partir do fundo. Para estas medidas foi utilizado um correntôgrafo de registro fotográfico Mecabolier.
- ii. medições ao longo da vertical, nos mesmos pontos, durante ciclos de marés característicos, simultaneamente com as medições a correntôgrafo, objetivando o estudo da variação da velocidade e direção da corrente com a profundidade. Para estas medidas foi utilizado um correntômetro da marca Hydroproducts.

Na análise e interpretação das medições de corrente foram utilizados os registros de maré do período de julho a setembro, registrados pelo marégrafo instalado na Bacia do Suape (Fig. 2.1).

Foram utilizadas observações locais de ventos.

III. ANÁLISE DOS REGISTROS DE ONDAS

3.1. CAMPANHA DE REGISTROS DE ONDAS - MÉTODO DE ANÁLISE

Os registros de ondas foram efetuados por intermédio de um ondógrafo autônomo a ultra som da marca Neyrpic. A campanha de medidas se estendeu de 23/6/74 a 30/8/74. O aparelho foi sempre fundeado no ponto indicado na Figura 2.1, sendo de 17 metros a profundidade de fundeio. A minuteria do ondógrafo foi programada para que o mesmo efetuasse dois registros diários, às 8:00 e 16:00 horas, sendo de 12 minutos aproximadamente, a duração de cada registro.

Foram realizadas observações visuais de direção de ondas por intermédio de um teodolito instalado no Forte de Nazaré, no Cabo Santo Agostinho. Estas observações eram realizadas duas vezes por dia, às 8:00 e 16:00 horas, em um ponto correspondente à profundidade de 17 metros, materializado pela colocação de uma boia, na mesma região de fundeio do ondógrafo.

Na análise dos registros de ondas foi utilizado o método de Tucker-Draper, o qual foi apresentado no trabalho "The Analysis and Presentation of Wave Data. A Plea for Uniformity". Tal trabalho se encontra nos "Proceedings of the 10th Conference on Coastal Engineering" (Tokio 1966). No Apêndice I encontra-se a rotina para a aplicação do método cuja maior vantagem consiste em eliminar influências subjetivas na identificação das ondas individuais que constituem o registro.

Durante a campanha de registro de ondas, por ocasião de dois lançamentos, o ondôgrafo não ficou em posição correta no fundo, devido a dificuldades de lançamento ocasionadas pelo forte estado de agitação do mar. Em outra oportunidade o estilete do registrador se despreendeu. Nestas ocasiões as ondas não foram registradas.

3.2. RESULTADOS DA ANÁLISE

Apresentam-se na Tabela I os resultados da análise. As direções de ondas são referidas ao norte verdadeiro.

Em setembro, aproveitando a estada em Suape dos operadores que ficaram fazendo medições de corrente, foram observadas as direções de onda, do mesmo modo referido anteriormente, as quais transcrevemos na Tabela II. As direções de onda são referidas ao norte verdadeiro.

TABELA I

DATA	HORA	N_C	N_Z	T_C (s)	T_Z (s)	ϵ	H_1 (m)	H_S (m)	α ($^\circ$)
23/6/74	16.00	108	88	6	7	0.57	2.5	1.6	-
	24.00	113	96	5	6	0.54	2.4	1.5	-
24/6	8.00	132	107	5	6	0.57	2.5	1.6	-
	16.00	88	76	4	5	0.51	1.5	0.9	-
27/6	8.00								168
28/6	8.00								164
01/7	8.00								157
02/7	16.00								158
03/7	8.00								158
04/7	8.00								158
	16.00								158
06/7	8.00								131
07/7	8.00								158
	16.00								157
10/7	8.00								144
	16.00								149
11/7	8.00								121
12/7	8.00								140
	16.00								145
13/7	8.00								143
	16.00	118	103	5	6	0.48	1.8	1.1	149
14/7	8.00	114	88	5	7	0.63	2.5	1.6	146
	16.00	116	97	5	6	0.55	3.8	2.4	-
15/7	8.00	110	94	5	6	0.51	3.3	2.1	-
	16.00	110	92	5	6	0.56	2.7	1.7	145
16/7	8.00	107	94	6	6	0.48	2.3	1.4	141

DATA	HORA	N _C	N _Z	T _C (s)	T _Z (s)	ε	H ₁ (m)	H _S (m)	α (°)
16/7/74	16.00	115	95	5	6	0.56	2.6	1.6	146
17/7	8.00	109	91	5	7	0.56	2.6	1.6	145
	16.00	106	92	6	7	0.48	3.0	1.9	143
18/7	8.00	99	83	6	7	0.53	3.0	1.9	146
	16.00	97	82	6	7	0.53	2.7	1.7	146
19/7	8.00	99	88	6	7	0.44	2.7	1.7	132
	16.00	99	86	6	7	0.49	2.3	1.5	136
20/7	8.00	111	93	5	6	0.56	2.8	1.8	131
	16.00	113	99	5	6	0.50	2.7	1.7	139
21/7	8.00	95	85	6	7	0.46	3.0	1.9	127
	16.00	96	91	6	7	0.30	3.0	1.9	131
22/7	8.00	107	90	6	7	0.55	3.2	2.0	-
	16.00	102	85	6	7	0.56	3.0	1.9	130
23/7	8.00	91	81	7	7	0.45	2.9	1.9	131
	16.00	104	78	6	8	0.66	2.7	1.7	132
24/7	8.00	90	85	7	7	0.33	2.4	1.5	131
	16.00	100	88	6	7	0.47	2.4	1.5	131
25/7	8.00	96	87	6	7	0.41	2.7	1.7	122
	16.00	95	92	6	7	0.25	2.8	1.8	135
26/7	8.00	93	83	6	7	0.43	2.8	1.8	137
	16.00	105	97	6	6	0.39	1.9	1.2	133
27/7	8.00	111	95	5	6	0.52	2.0	1.3	136
	16.00	109	96	6	6	0.49	2.6	1.6	135
28/7	8.00	104	96	6	6	0.39	3.0	1.9	119
	16.00	97	84	6	7	0.49	2.6	1.7	139
29/7	8.00	108	93	6	6	0.51	2.8	1.8	129

DATA	HORA	N_c	N_z	T_c (s)	T_z (s)	ϵ	H_1 (m)	H_s (m)	α ($^\circ$)
29/7/74	16.00	96	93	6	6	0.25	2.6	1.6	139
30/7	8.00	95	80	6	8	0.54	2.7	1.7	-
	16.00	95	79	6	8	0.56	2.9	1.9	-
31/7	8.00	98	77	6	8	0.62	2.7	1.7	138
	16.00	89	72	7	8	0.59	2.7	1.8	131
01/8	8.00	100	90	6	7	0.45	2.8	1.8	132
	16.00	100	87	6	7	0.49	2.6	1.6	134
02/8	8.00	102	79	6	8	0.63	2.6	1.7	140
	16.00	100	85	6	7	0.53	3.3	2.1	131
03/8	8.00	97	87	6	7	0.44	3.4	2.1	136
	16.00	103	83	6	7	0.59	3.4	2.2	139
04/8	8.00	100	79	6	8	0.61	3.8	2.4	138
	16.00	93	86	6	7	0.37	3.7	2.3	133
05/8	8.00	98	91	6	7	0.38	2.6	1.6	139
	16.00	-	-	-	-	-	-	-	132
06/8	16.00	88	77	7	8	0.49	2.3	1.5	133
07/8	8.00	98	87	6	7	0.47	2.8	1.8	142
	16.00	93	74	6	8	0.60	2.0	1.3	-
08/8	8.00	94	87	6	7	0.37	2.5	1.6	127
	16.00	98	91	6	7	0.38	3.2	2.0	-
09/8	8.00	94	82	6	7	0.48	2.5	1.6	-
	16.00	83	76	7	8	0.41	2.3	1.5	-
10/8	8.00	88	67	7	9	0.66	1.8	1.2	128
	16.00	96	86	6	7	0.44	1.9	1.2	132
11/8	8.00	108	93	6	6	0.51	2.0	1.3	131
	16.00	101	92	6	7	0.42	2.5	1.6	136

DATA	HORA	N_c	N_z	T_c (s)	T_z (s)	ϵ	H_1 (m)	H_s (m)	α ($^\circ$)
27/8/74	8.00								130
	16.00								134
28/8	8.00								105
29/8	16.00								118
30/8	16.00								118
31/8	8.00								117

/nml/.

TABELA II

Data	Hora	α ($^{\circ}$)
1/9	8:00	125
2/9	16:00	128
3/9	8:00	128
4/9	8:00	129
	16:00	137
6/9	8:00	129
	16:00	128
7/9	8:00	128
	16:00	128
9/9	8:00	125
	16:00	127
11/9	8:00	127
12/9	8:00	128
13/9	8:00	128
14/9	8:00	126
	16:00	127
15/9	8:00	128

Data	Hora	α ($^{\circ}$)
16/9	8:00	126
	16:00	126
17/9	8:00	127
	16:00	132
18/9	16:00	128
19/9	8:00	130
	16:00	131
20/9	8:00	127
21/9	8:00	127
	16:00	128
22/9	8:00	128
24/9	8:00	130
	16:00	134
25/9	8:00	133
	16:00	134
27/9	16:00	134

3.3. CARACTERÍSTICAS ONDULATÓRIAS AO LARGO DE SUAPE NO INTERVALO DE JUNHO A AGOSTO DE 1974

Com os resultados da análise pelo método de Tucker-Draper dos registros de ondas obtidos em Suape, foram feitos gráficos percentuais dos diversos parâmetros ondulatórios, que são mostrados nas Figuras 3.1 a 3.5.

3.3.1. Períodos.

O período das ondas variou de 5 a 10 segundos, sendo $T_z = 7$ seg. o valor mais frequente (52%), Fig. 3.1.

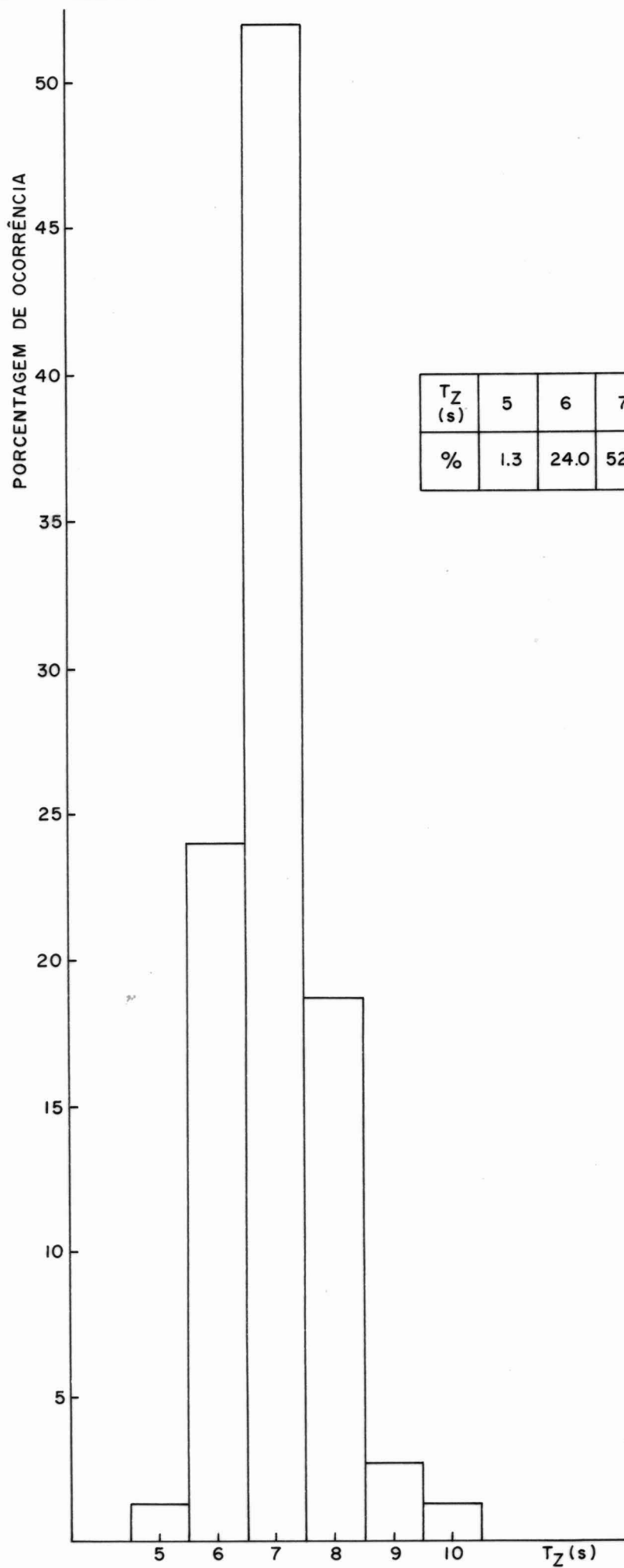
3.3.2. Alturas.

Altura máxima.

A altura máxima $H_1 = H_{max} = A + C$ variou de 1.5m a 3.8m, sendo $H_1 = 2.7m$ o valor mais frequente, com 12%, Fig. 3.2.

Altura significativa.

A altura significativa H_s variou entre 0.9m e 2.4m, sendo $H_s = 1.6m$ o valor mais frequente no intervalo, com 16%, Fig. 3.3.



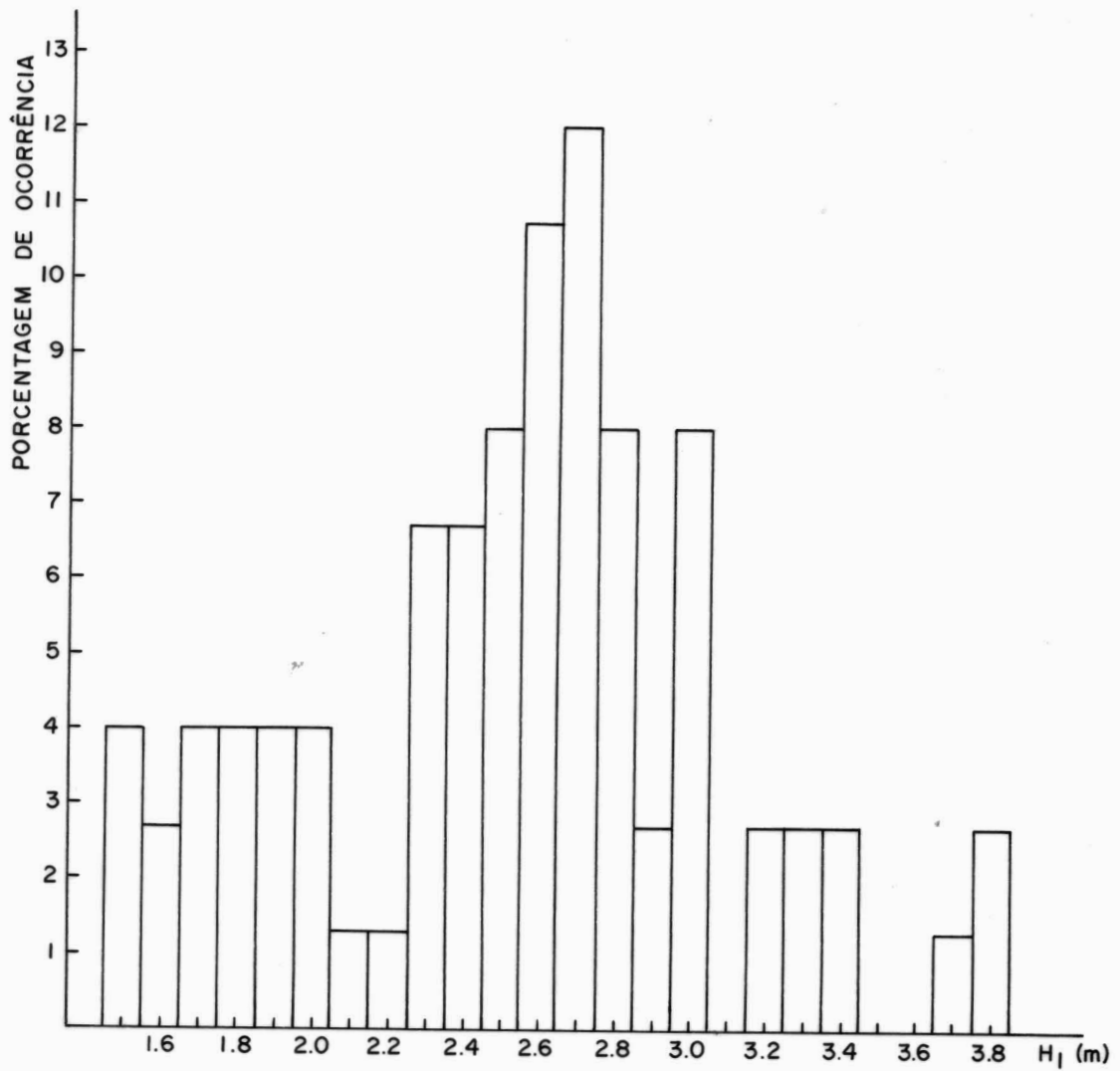
T_z (s)	5	6	7	8	9	10
%	1.3	24.0	52.0	18.7	2.7	1.3

DISTRIBUIÇÃO DOS PERÍODOS T_z

FIG. 3.1

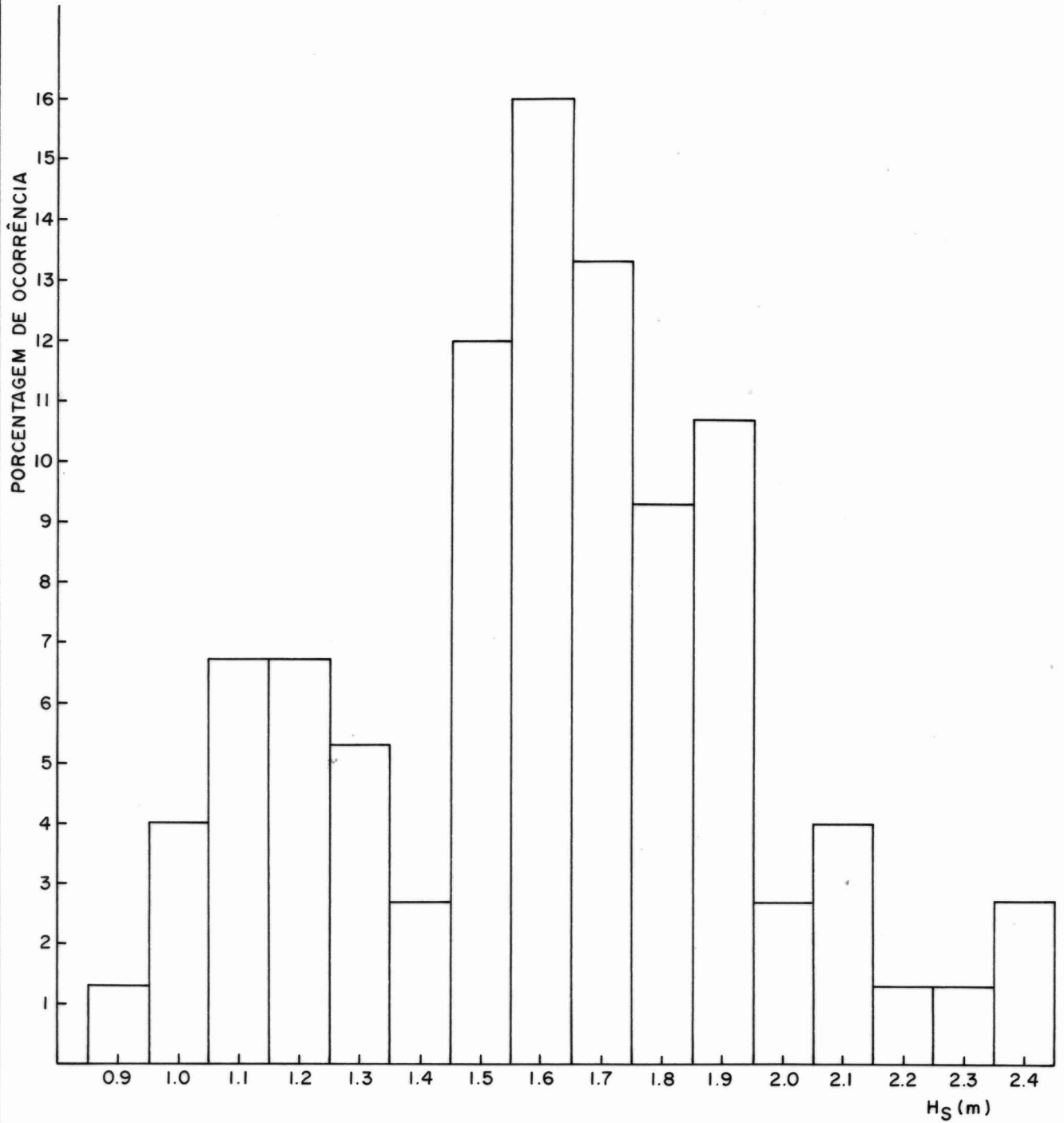
H_1 (m)	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
%	4.0	2.7	4.0	4.0	4.0	4.0	1.3	1.3	6.7	6.7	8.0

H_1 (m)	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.2	3.3	3.4	3.7	3.8
%	10.7	12.0	8.0	2.7	8.0	2.7	2.7	2.7	1.3	2.7



DISTRIBUIÇÃO DAS ALTURAS H_1

H_S (m)	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4
%	1.3	4.0	6.7	6.7	5.3	2.7	12.0	16.0	13.3	9.3	10.7	2.7	4.0	1.3	1.3	2.7



DISTRIBUIÇÃO DAS ALTURAS SIGNIFICATIVAS (H_S)

3.3.3. Parâmetro de Largura do Espectro (ϵ).

O valor de ϵ variou entre 0.25 e 0.68. Para o cálculo das porcentagens os valores de ϵ foram agrupados em intervalos de 0.05. O histograma com os valores de ϵ é apresentado na Figura 3.4 e pode-se observar que a maioria das ondas registradas em Suape são vagas em processo de transformação ($\epsilon \sim 0.5$).

3.3.4. Direção de Incidência das Ondas.

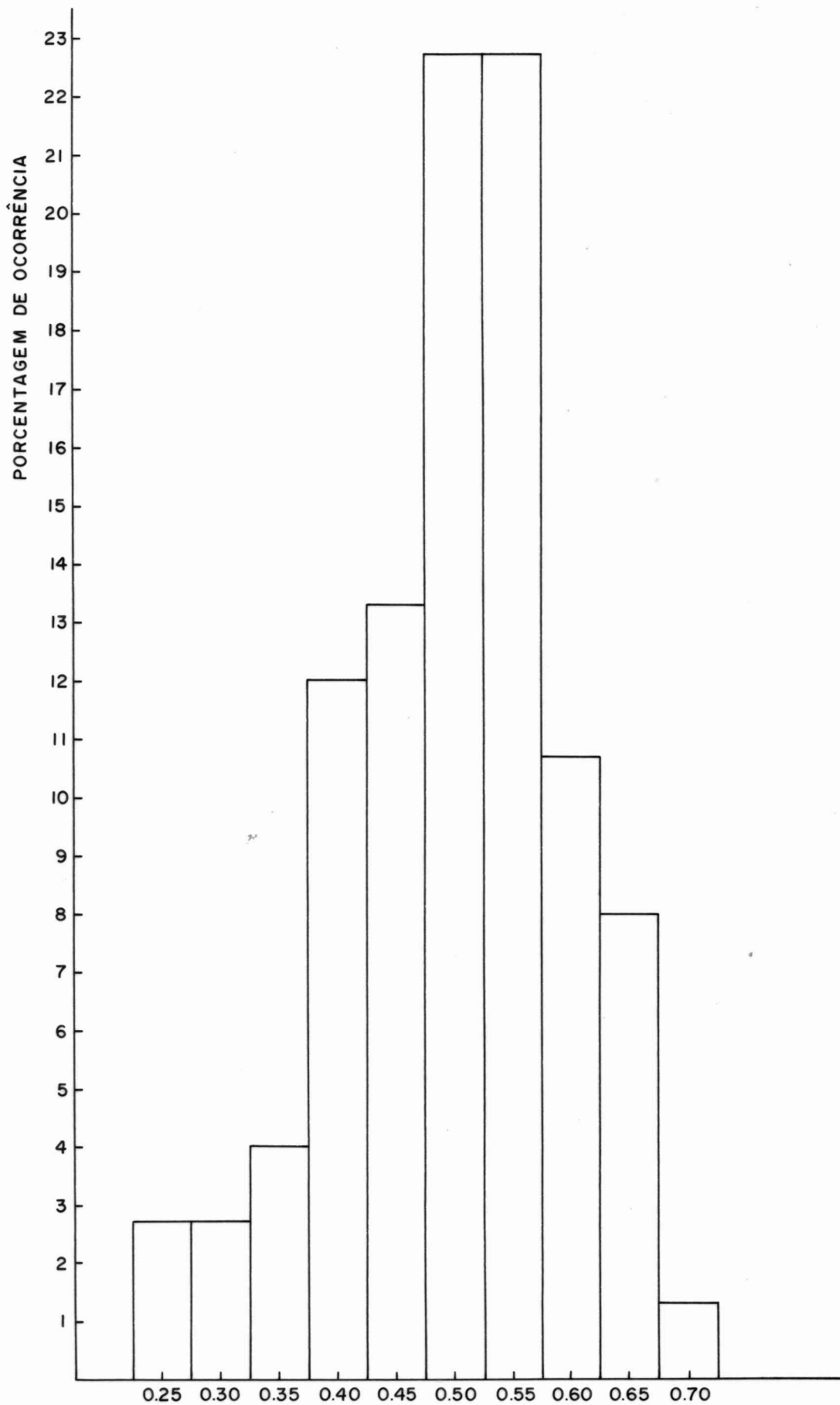
Relativamente ao norte verdadeiro, a direção de propagação das ondas observadas em um ponto correspondente à profundidade de 17 metros, em frente ao Cabo de Santo Agostinho, variou de 117° a 168° , no intervalo de 26/6/74 a 27/9/74.

O quadro a seguir apresenta as porcentagens de ocorrência de direção de ondas, independente de períodos e alturas, de junho a setembro de 1974. Para o cálculo das porcentagens as observações foram agrupadas em categorias de 5 em 5 graus.

α°	115	120	125	130	135	140
%	0.8	3.9	13.4	33.1	17.3	14.2

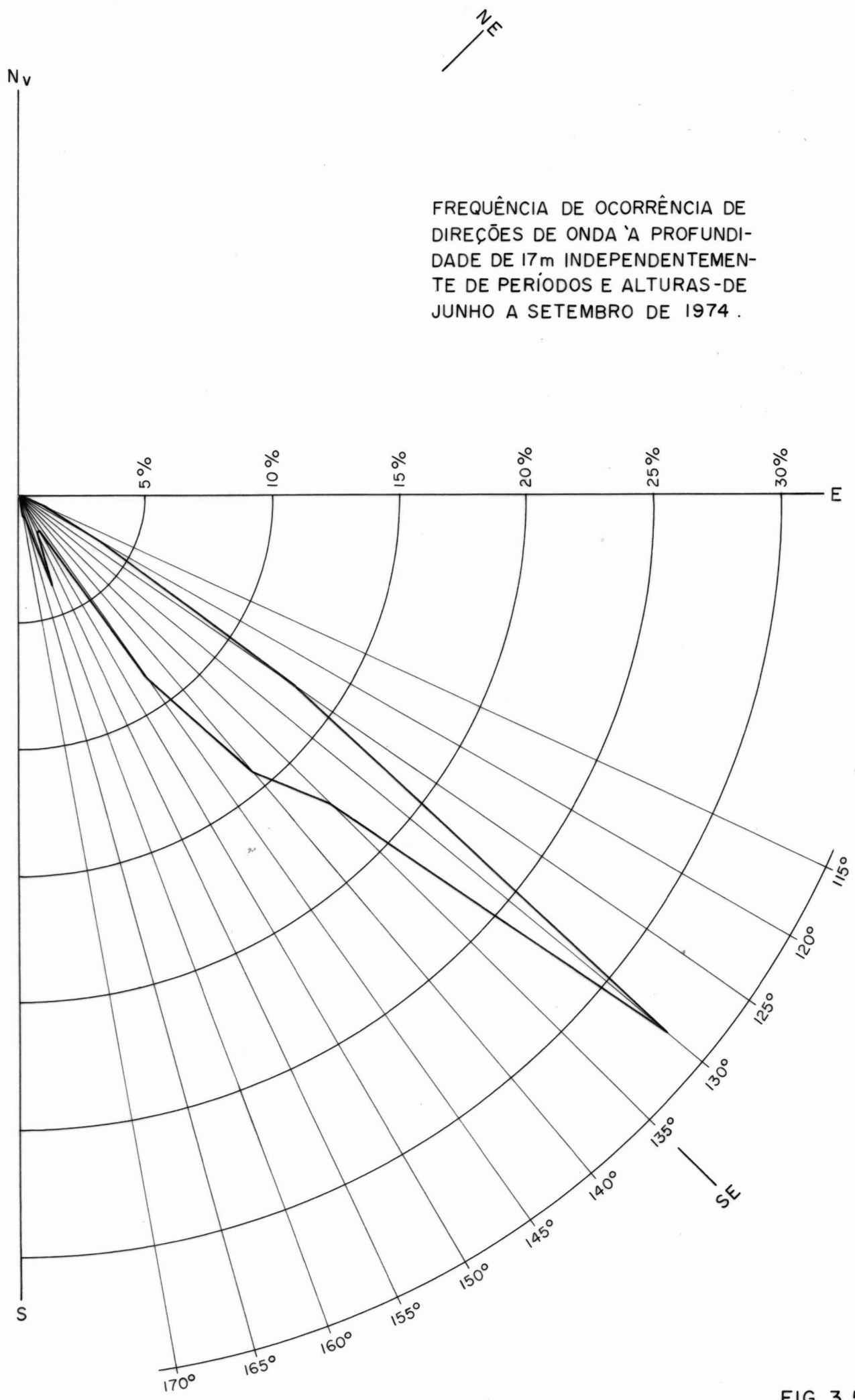
α°	145	150	155	160	165	170
%	8.7	1.6	1.6	3.9	0.8	0.8

ξ	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70
%	2.7	2.7	4.0	12.0	13.3	22.7	22.7	10.7	8.0	1.3



DISTRIBUIÇÃO DO PARÂMETRO DE LARGURA DO ESPECTRO (ξ)

FIG. 3.4



FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE DIREÇÕES DE ONDA À PROFUNDIDADE DE 17m INDEPENDENTEMENTE DE PERÍODOS E ALTURAS-DE JUNHO A SETEMBRO DE 1974 .

FIG. 3.5

A Figura 3.5 é a tradução, em coordenadas polares, do quadro anterior. Observa-se que a totalidade das ondas observadas provêm do quadrante S-E, sendo 130° a direção mais frequente (33.1%).

3.4. RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS ONDULATÓRIAS

O quadro a seguir apresenta, em resumo, os valores dos parâmetros ondulatórios deduzidos da análise dos registros de ondas efetuados em Suape na campanha de inverno.

Deve ser ressaltado que podem ter ocorrido ondas de altura ligeiramente superior à maior onda registrada (3.8m), durante o temporal ocorrido na primeira semana de julho. Nesta ocasião houve dificuldade no lançamento do ondógrafo autônomo, devido ao forte estado de agitação do mar, e o aparelho não ficou em posição correta no fundo para registrar as ondas.

Grandeza	Intervalo de Variação	Valor mais Frequente	% de Ocorrência
T_z	5 a 10seg	7seg	52%
$H_1 = H_{\text{máx}}$	1.5 a 3.8m	2.7m	12%
H_s	0.9 a 2.4m	1.6m	16%
ϵ	0.25 a 0.68	0.50 e 0.55	22.7%
Dir. de Inc. Ondas	117 a 168°	130°	33.1%

IV. ANÁLISE DOS REGISTROS DE CORRENTE

A campanha de registros de corrente ao largo do cordão de recifes constou de medições a correntôgrafo e correntômetro nos pontos P_1 (profundidade de 12m), P_2 (profundidade de 14m) e PI (ponto de injeção do traçador radioativo, profundidade de 13m); Fig. 2.1.

4.1. CAMPANHA DE MEDIÇÕES A CORRENTÔGRAFO

As medições a correntôgrafo foram realizadas em cada um dos tres pontos, a 0.4p da profundidade local, contada a partir do fundo. Foi utilizado um correntôgrafo de registro fotográfico da marca Mecabolier, o qual foi programado para fazer registros de corrente (velocidade e direção) em intervalos de 6 minutos.

O aparelho registrou correntes no ponto 2 entre 14/7 e 6/8, tendo abrangido duas marés de sizígia e uma de quadratura. Entre 7/8 e 14/8 o aparelho registrou correntes no ponto 1 e, tendo apresentado um defeito a campanha foi interrompida, sendo reiniciada em 29/8 com o lançamento do correntôgrafo no ponto de injeção do traçador (PI). Neste local, o registro de correntes se estendeu até o dia 28/9, abrangendo duas marés de sizígia e duas de quadratura.

4.2. CAMPANHA DE MEDIÇÕES A CORRENTÔMETRO

As medições a correntômetro foram também realizadas nos pontos P_1 , P_2 e PI, para o estudo da variação da corrente ao longo das verticais dos pontos considerados, durante ciclos de maré de amplitudes diferentes. Foi utilizado um correntômetro da marca Hydroproducts.

As medições a correntômetro foram realizadas, a maioria das vezes, na época em que o correntôgrafo se encontrava no ponto respectivo, com o objetivo de se obter simultaneidade de medições dos aparelhos em um mesmo local.

O quadro abaixo apresenta em resumo, a campanha de medições a correntômetro.

Data	23/7	6/8	14/8	16/8	5/9	10/9	18/9
Ponto	2	2	1	1	PI	PI	PI

4.3. ANÁLISE DOS REGISTROS DE CORRENTE - RESULTADOS DAS MEDIÇÕES

4.3.1. Metodologia.

Foram realizados estudos objetivando encontrar uma possível relação entre a velocidade e direção da corrente registrada pelo correntôgrafo com os diversos instantes

da maré local. Mais precisamente, foi pesquisado se a ocorrência de valores relativamente altos da velocidade correspondiam a determinados instantes característicos da maré, e os valores relativamente baixos ou nulos correspondiam a outros instantes característicos da maré registrada em Suape. Pesquisou-se também se, em média, as velocidades eram maiores em maré de sizígia e menores em maré de quadratura, bem como a possível relação entre a variação da direção de corrente e inversões de corrente com os instantes característicos do ciclo de maré.

Por outro lado, estudou-se a variação da intensidade e direção da velocidade da corrente relativamente aos ventos que ocorreram na região e também em relação às ondas registradas em Suape no período.

Com as medições de corrente ao longo da vertical realizadas a correntômetro, procurou-se estudar, para cada ponto, a variação da corrente nos diversos níveis de profundidade (as medições foram feitas, em geral, em intervalos de 2 metros) relativamente a maré, ao vento e as ondas atuantes nos dias de medida. Foram também comparadas as medições efetuadas num mesmo ponto, em dias diferentes.

4.3.2. Resultados das Medições de Corrente.

a. Ponto 2.

As medições a correntôgrafo neste ponto se

estenderam de 14/7 a 6/8.

i. Entre os dias 14/7 e 26/7 a direção da corrente ficou compreendida entre 230° e 340° sendo que houve uma predominância marcada para o intervalo entre 320° e 330° ; a velocidade da corrente teve valores compreendidos entre 0.09m/s e 0.34m/s, não se anulando em momento algum.

Não foi constatada uma variação sistemática da velocidade e direção da corrente com os instantes da maré. Os valores mais baixos e mais altos da velocidade não corresponderam a estágios característicos da maré (preamar, baixa mar ou meia maré), os intervalos de tempo de ocorrência desses valores não foram semelhantes e nem as velocidades foram, em média, maiores nas marés da sizígia e menores nas marés de quadratura. Não houve também inversão ou variação acentuada da direção da corrente com a maré enchente ou vazante.

Durante este período o vento foi intenso e soprou sempre de SE, S e SO. Ocorreram ondas a profundidade de 17 metros com altura máxima variando entre 2.3 e 3.8m, as alturas significativas variando entre 1.5 e 2.4m, com períodos de 6 e 7 segundos e direção de propagação entre 122° e 146° .

A corrente de deriva (gerada pela força tangencial produzida pela ação do vento na superfície do mar) é função da velocidade do vento, da latitude local e da relação H/D, onde H é a profundidade local e $D = 3.9V \cos \phi / \sqrt{\sin \phi}$ (V = velocidade do vento em nós e $\phi =$ la

titude). O parâmetro D é a profundidade teórica na qual a corrente de deriva se anula. A direção da corrente nos vários níveis de profundidade (espiral de Ekman) tende a se aproximar da direção do vento gerador, quanto menor a latitude, menor a profundidade e maior a velocidade do vento.

Exemplificando para a região de Suape, com um vento de velocidade $V = 10$ nós, temos:

$$\phi = 8.3^{\circ} \text{ sul}, \quad H = \text{profundidade} = 14\text{m}$$

$$D = \frac{3.9 \times 10}{\sqrt{\text{sen. } 8.3}} = 102.6\text{m}$$

$$\frac{H}{D} = \frac{14}{102.6} = 0.14$$

Para este valor da relação H/D , a direção teórica da corrente nos diversos décimos da profundidade sofre os seguintes desvios angulares para a esquerda, em relação a direção do vento gerador:

Nível	Superf.	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
Desvio($^{\circ}$)	3.7	3.9	4.3	4.5	4.7	4.8	5.0	5.2	5.4	5.5

Para efeitos práticos, a corrente gerada por um vento com velocidade de 10 nós ou maior, soprando na região de Suape, tem sensivelmente a mesma direção do vento em todos os níveis de profundidade, em locais com profundidade igual ou menor que 14 metros.

Por outro lado, com a propagação ondulatória ocorre um deslocamento de massa líquida na direção de propagação das ondas, conhecido como transporte de massa.

As direções das correntes registradas no período de 14/7 a 26/7 estão de acordo com a ocorrência de ondas SE e ventos de SE-S-SO que atuaram no mesmo período. Houve um decréscimo em média na velocidade da corrente a partir do dia 25/7, o que se atribui a diminuição da velocidade do vento neste dia e nos seguintes, uma vez que os parâmetros ondulatórios permaneceram semelhantes aos dos dias anteriores.

ii. Entre os dias 27/7 e 31/7, predominou a corrente para NE. Não houve variação sistemática da velocidade e direção da corrente com os estágios da maré. A velocidade da corrente variou entre 0m/s e 0.27m/s, sendo em média mais baixa que no período anterior. Os parâmetros ondulatórios foram sensivelmente iguais aos do período anterior. O vento soprou de SE, S e SO sendo bem mais fraco que o do período antecedente.

iii. Entre os dias 1/8 e 6/8, ocasião de ma rê de sizígia, a velocidade da corrente teve valores com pre en di dos entre 0 e 0.21m/s, sendo em média mais baixa que a registrada nos períodos anteriores. Também neste intervalo não houve variação da velocidade e direção da corrente com a maré. O vento em fraco e se alternava en tre SE, S e SO. A corrente se dirigiu quase sempre para o quadrante N-E. Em certas ocasiões, entre 4/8 e 6/8 o correntôgrafo indicou a corrente se dirigindo para E e SSE, com velocidades entre 0.01 e 0.03m/s. Parece que este baixo valor da velocidade é inferior à velocidade ne ces s á ria para fazer girar a hélice do correntôgrafo e dar uma orientação precisa no aparelho.

Com as medições a correntômetro ao longo da vertical no ponto 2, nos dias 23/7 e 6/8 e, considerando que a direção de propagação das ondas foi, nestes dois dias, praticamente a mesma ($\alpha \approx 132^\circ$), foi possível, em linhas gerais, constatar o seguinte:

. a direção da corrente na metade superior da profundidade não variou muito e concordou razoavelmente com a direção do vento (no dia 23/7 a corrente teve direções compreendidas entre 325° e 30° pelo N e o vento foi de S e SO; no dia 6/8 o vento era SO e a corrente teve uma direção geral para E). No dia 23/7, ocorreram ondas de $H_{\max} \approx 3.0\text{m}$ com $T = 7$ a 8s e a corrente na metade inferior da profundidade teve a direção de NW, a qual concordou com a direção de propagação das ondas (SE). Isto pode ser explicado em parte, pelo fato da corrente de transporte de massa, nas proximidades do fundo ter a mesma di

reção e sentido de propagação das ondas. A velocidade máxima registrada em 23/7 foi $v = 0.39\text{m/s}$ a cerca de 1 metro abaixo da superfície, sendo que os valores máximos para cada profundidade decresceram com o aumento da mesma, estimando-se que a cerca de 1 metro do fundo a velocidade máxima não tenha sido superior a 0.04m/s .

No dia 6/8, $v_{\text{max}} = 0.35\text{m/s}$ a 1 metro abaixo da superfície, estimando-se em aproximadamente 0.03m/s a velocidade máxima a 1 metro do fundo.

Não foi possível constatar uma variação sistemática da velocidade da corrente (direção e intensidade) nas diversas profundidades, com o ciclo da maré pois as medições nestes dois dias não se estenderam por ciclos completos de maré.

b. Ponto 1.

As medições a correntôgrafo neste ponto abrangeram o período de 7/8 a 14/8, compreendendo marés de quarto e quadratura. A velocidade da corrente teve valores compreendidos entre 0m/s e 0.26m/s , sendo para NE (entre 20° e 45°) a direção predominante. As maiores velocidades da corrente corresponderam à direção da corrente para NE. Por vezes a corrente teve direções situadas entre W e N e, durante um curto período de tempo se dirigiu para E. Nestas ocasiões a velocidade era baixa, inferior a 0.05m/s . Não ocorreu uma variação sistemática da intensidade da velocidade e da direção da corrente com a maré.

Entre 7/8 e 14/8 o vento foi de baixa intensidade e a sua direção variou de E a S. Ocorreram ondas cujos parâmetros variaram entre: H_1 (1.6 a 3.2m), H_s (1.0 a 2.0m), T_z (6 a 9s) e direção de propagação (127° a 142°).

As medições a correntômetro no ponto 1 nos dias 14/8 e 16/8, permitiram constatar que não houve variação sistemática da intensidade da velocidade e direção da corrente nas diversas profundidades com os instantes característicos dos ciclos de maré. A velocidade, em geral, foi maior próximo a superfície, decrescendo com o aumento da profundidade. O valor máximo registrado foi 0.32m/s próximo a superfície, sendo o mínimo igual a 0.10m/s, perto do fundo.

c. Ponto de Injeção (PI).

As medições a correntôgrafo no PI abrangeram o intervalo entre 29/8 e 28/9.

Constatou-se uma predominância nítida ao longo do tempo, das correntes em direção a NE. Predominaram neste intervalo os ventos do quadrante sul. Houve ocasiões em que a corrente se dirigiu para SW mas, em geral, os ventos eram de E e NE quando isto ocorria, sendo baixa nestas ocasiões a velocidade da corrente. Durante todo o período de medições a velocidade da corrente foi relativamente baixa, variando entre 0m/s e 0.23m/s. Não foi constatada uma variação sistemática das correntes registradas com os instantes característicos dos ciclos de ma

rê. Não houve uma relação direta entre as maiores velocidades e as marés de maior amplitude e nem das menores velocidades com as marés de menor amplitude. Houve uma concordância razoável entre os períodos de maior velocidade da corrente corresponderem a ocasiões de ventos fortes e os períodos de baixa velocidade ou ausência de corrente estarem relacionados a ventos fracos ou calmaria. Estas constatações devem ser encaradas com reservas visto não serem ainda disponíveis os registros de ventos do aeroporto de Recife, baseando-se as presentes considerações em observações locais de vento, anotadas pelos técnicos do INPH em Suape.

As medições a correntômetro foram realizadas em 5/9, 10/9 e 18/9, sendo as medições efetuadas a 1m, 6m e 11m a partir do fundo. Em nenhuma oportunidade foi constatada uma variação sistemática da velocidade da corrente nas diversas profundidades, com o ciclo da maré. Nas medições efetuadas em 5/9 o vento foi de SE e a direção de propagação das ondas ($\alpha = 133^\circ$). A corrente nas três profundidades de medidas teve direção geral de NW, durante todo o ciclo da maré. Com vento fraco de NE atuando em 10/9 a corrente teve valores abaixo de 0.04m/s e direção para SW, S e W. O mar estava bastante calmo neste dia, não havendo praticamente ondas geradas pelo vento.

As medições realizadas em 18/9 mostraram a concordância entre a direção da corrente nas três profundidades e a direção de propagação das ondas do vento. Sendo $\alpha = 130^\circ$ e o vento de S e SE, a corrente teve direção geral para NW nas três profundidades durante o período de medições, o qual não se estendeu pelo ciclo completo de

maré.

Por outro lado, relativamente às medições efetuadas em 5/9 e 10/9 a intensidade da velocidade foi em média maior no dia 18/9, o que pode ser explicado em parte pela atuação de vento sul forte neste dia.

CONCLUSÕES

1. As correntes registradas nos pontos P_1 , P_2 e PI ao largo do cordão de recifes em Suape, em regime de inverno, tiveram baixas intensidades, não excedendo de 0.39m/s a 1 metro da superfície e cerca de 0.10m/s próximo ao fundo.

2. Predominaram as correntes para NE, paralelamente ao cordão de recifes.

3. Não houve variação da corrente (velocidade e direção) com o ciclo de maré, nem as correntes foram mais intensas em marés de maior amplitude (marés de sizígia) e menos intensas em marés de baixa amplitude (marés de quadratura). Isto permite concluir que as correntes locais não são influenciadas de modo acentuado, pela maré.

4. Pelas relações observadas entre as intensidades e direções das correntes registradas e a ocorrência de ventos e ondas, pode-se afirmar que as correntes ao largo do cordão de recifes em Suape são comandadas mais pela influência desses dois agentes superpostos que pela influência da maré.

V. CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA INFLUÊNCIA DAS ONDAS E CORRENTES REGISTRADAS EM SUAPE, NA MOVIMENTAÇÃO DE SEDIMENTOS NO FUNDO

5.1. GENERALIDADES

Sob a ação das ondas, os sedimentos constituintes do fundo do mar e principalmente os arenosos, podem se movimentar, traduzindo-se este movimento por oscilações ou entrada em suspensão, em deslocamentos no perfil, perpendicularmente à costa, ou um transporte paralelo a linha de costa que pode ser bastante intenso na zona de arrebenção (transporte litorâneo). A intensidade e direção desse transporte depende das características das ondas, do relevo do fundo e da natureza do material.

Na região de Suape, o material constituinte do fundo é areia. Para que este material possa iniciar um movimento oscilatório sob a ação das ondas, é necessário que a velocidade de cisalhamento u_* produzida pela onda nas proximidades do fundo seja superior à velocidade crítica de erosão do sedimento. A velocidade de cisalhamento u_* é determinada a partir da velocidade oscilatória ou orbital no fundo U_{max} , pelas relações:

$$u_* = \left(\frac{8\nu U_{max}^2}{\pi T} \right)^{1/4} \quad (5.1)$$

$$U_{\max} = \frac{H}{T \operatorname{senh} \frac{2\pi d}{L}} \quad (5.2)$$

onde

H = altura da onda em metros

T = período da onda em segundos

d = profundidade em metros

L = comprimento da onda em metros

ν = viscosidade cinemática da água ($10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ a 20°C)

Os sedimentos de fundo tendo iniciado um movimento oscilatório sob a ação das ondas ao largo da arrebentação podem, segundo a intensidade das ações hidrodinâmicas, oscilar em torno de uma posição de equilíbrio, podendo formar pequenas rugas relativamente estáveis; podem também se deslocar para a costa se existe uma corrente de translação na camada limite. Se a camada limite for turbulenta é possível que os sedimentos mais finos sejam elevados a uma distância apreciável do fundo e então, sob o efeito das correntes de compensação que se dirigem para o largo, se desloquem para locais mais profundos, terminando por se depositar.

O movimento de um dado sedimento produzido pelo movimento oscilatório devido a onda e pela corrente de translação será tanto maior, quanto menor a profundidade

e maiores a altura e o período da onda.

Se superpostas à ação das ondas existirem correntes locais (de deriva, de maré, etc), uma vez colocados em movimento os sedimentos se deslocarão na direção da resultante das ações hidrodinâmicas combinadas.

5.2. APLICAÇÃO DE CRITÉRIOS DE INÍCIO DE MOVIMENTO DE SEDIMENTOS SOB A AÇÃO DE ONDAS, AO PROBLEMA DE SUAPE

5.2.1. Antecedentes.

Através da análise dos registros de ondas efetuados em Suape durante o período do trabalho sedimentológico com traçadores radioativos em regime de inverno, observa-se que a altura máxima das ondas (H_{max}) não ultrapassou o valor de 4.0 metros à profundidade de 17 metros.

O período das ondas em Suape variou entre 5 e 10 segundos, sendo $T = 7s.$ o período mais frequente. Estudos estatísticos das ondas registradas em diversos locais do mundo revelaram que às maiores ondas não estão associados os maiores períodos e sim, valores intermediários dos períodos presentes.

Para a aplicação de critérios de início de movimento adotar-se-á uma onda com as seguintes características:

$$H = 4m \quad (*)$$

$$T = 7s \quad (\text{período mais frequente})$$

$$d = 13m \quad (\text{profundidade de injeção do sedimento marcado})$$

(*) Uma onda com $H=4m$ e $T=7s.$ à profundidade de 17m (profundidade de fundeio do ondógrafo) tem, na profundidade de 13m, praticamente a mesma altura que à profundidade de 17m, considerando que ao se propagar a onda sofre o processo de empinamento (shoaling).

Uma onda com tais características é, dentre as que ocorreram em Suape, a que teria maiores chances de movimentar os sedimentos marcados, os quais possuíam características sedimentológicas (densidade e granulometria) dos sedimentos de fundo do local de injeção.

Aplicando as relações (5.1) e (5.2) aos parâmetros ondulatórios escolhidos, obtêm-se:

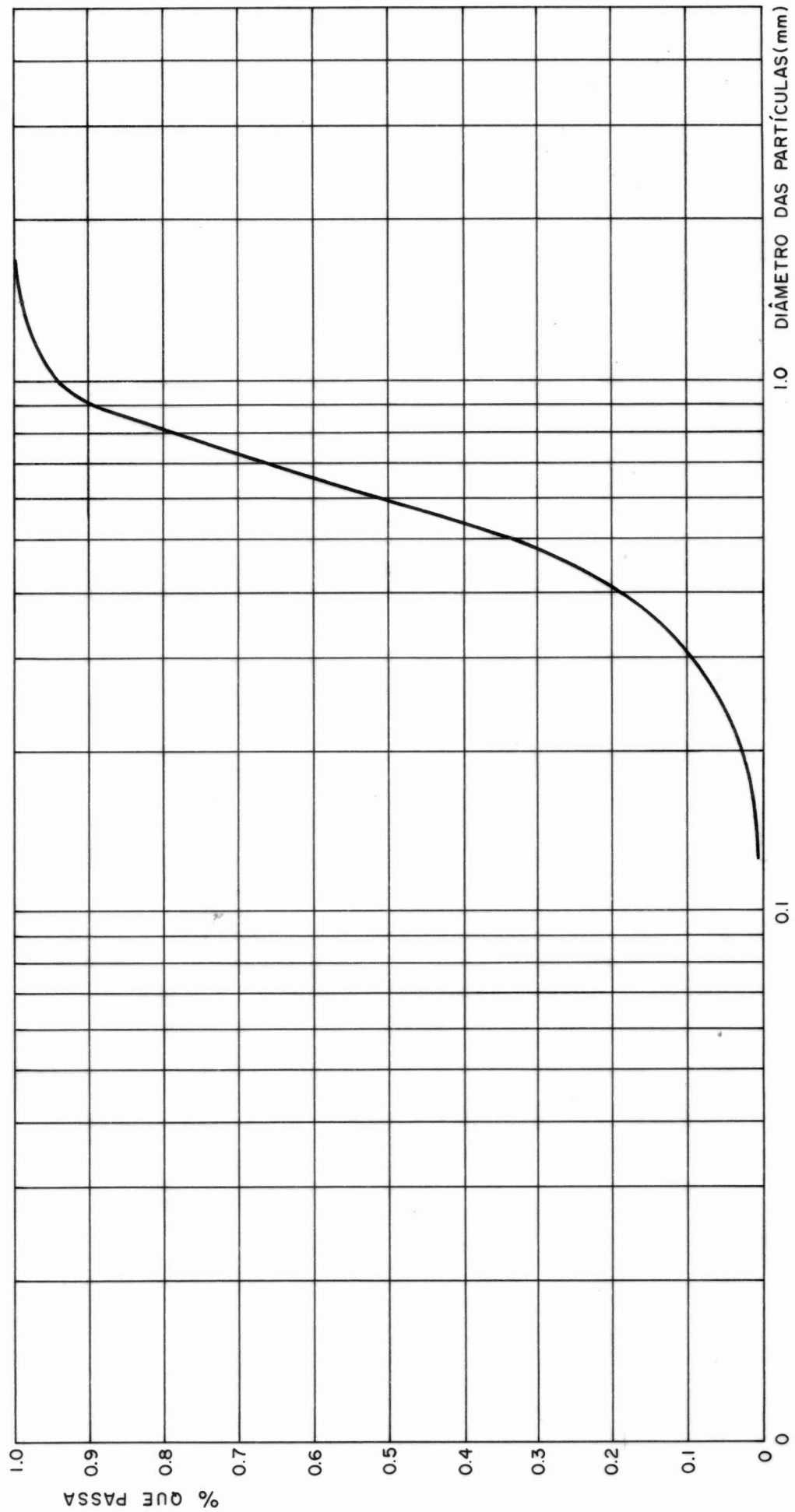
$$u_* = 1.5 \text{ cm/s (velocidade de cisalhamento produzida pela onda no fundo).}$$

5.2.2. Aplicação de Critérios.

A seguir serão aplicados critérios de início de movimento de sedimentos sob a ação de ondas, estabelecidos principalmente através de ensaios em canais de laboratório, para verificar se a areia do local de injeção ou os sedimentos marcados, cuja curva granulométrica é mostrada na Fig. 5.1., podem iniciar um movimento sob a ação da corrente de oscilação produzida pela onda no fundo. Uma vez postos em movimento a areia ou os sedimentos marcados poderão ser transportados, seja pelas correntes de deriva, maré, etc, seja pela corrente que se desenvolve na camada limite, se esta é laminar.

O primeiro critério a ser utilizado abrange observações feitas por diferentes pesquisadores (*) e foi reunido sob a forma de um gráfico (Fig. 5.2) por Bonnefille e Pernecker.

(*) Larras, Motta (IPH), Madhav Manohar, Ramos (LNH), Goddet (LNH), Gongniaiep, Lhermitte.



CURVA GRANULOMÉTRICA DO VIDRO MOÍDO INJETADO
AO LARGO DO CORDÃO DE RECIFES (SUAPE)

TESTE

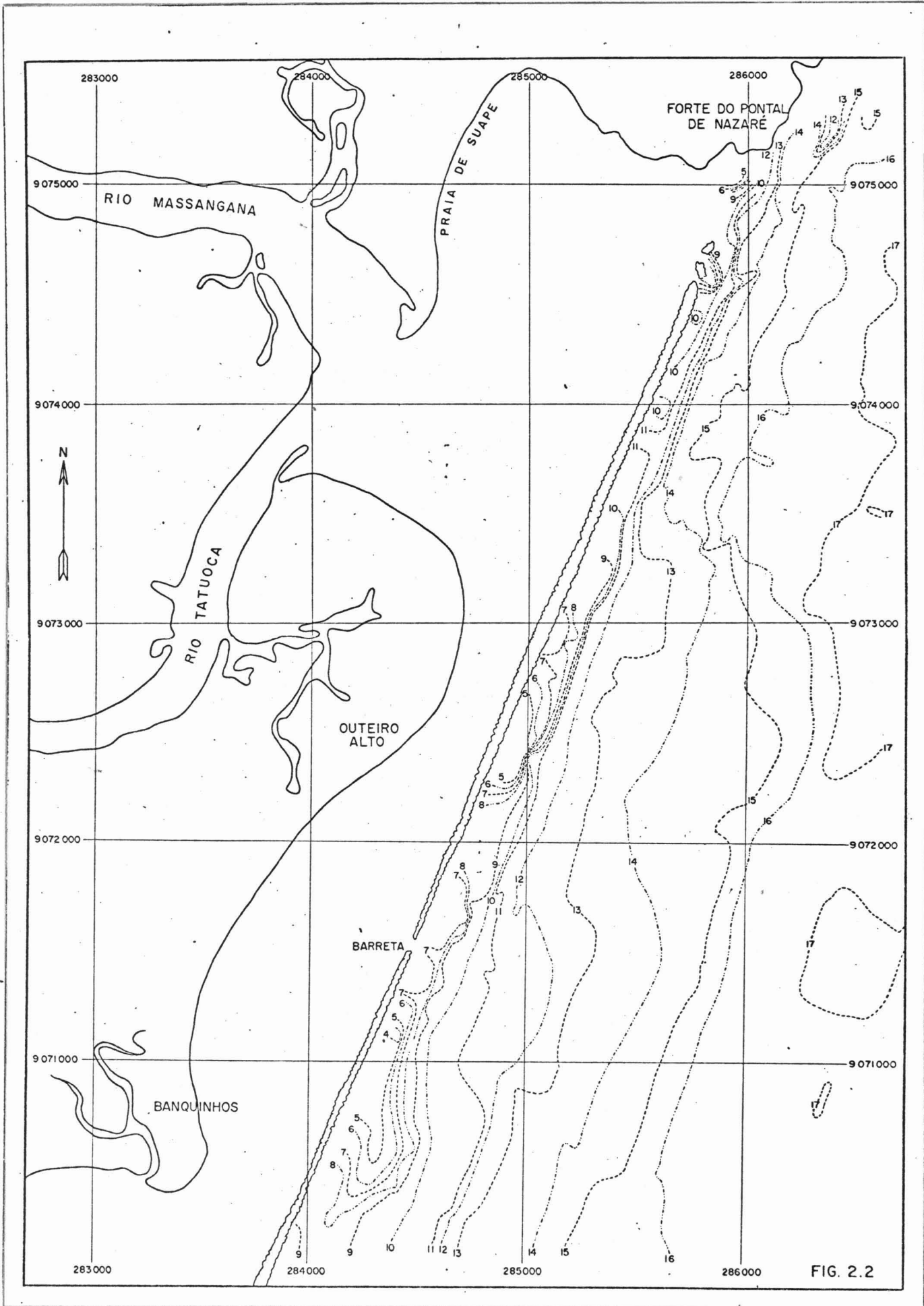


FIG. 2.2

TESTE

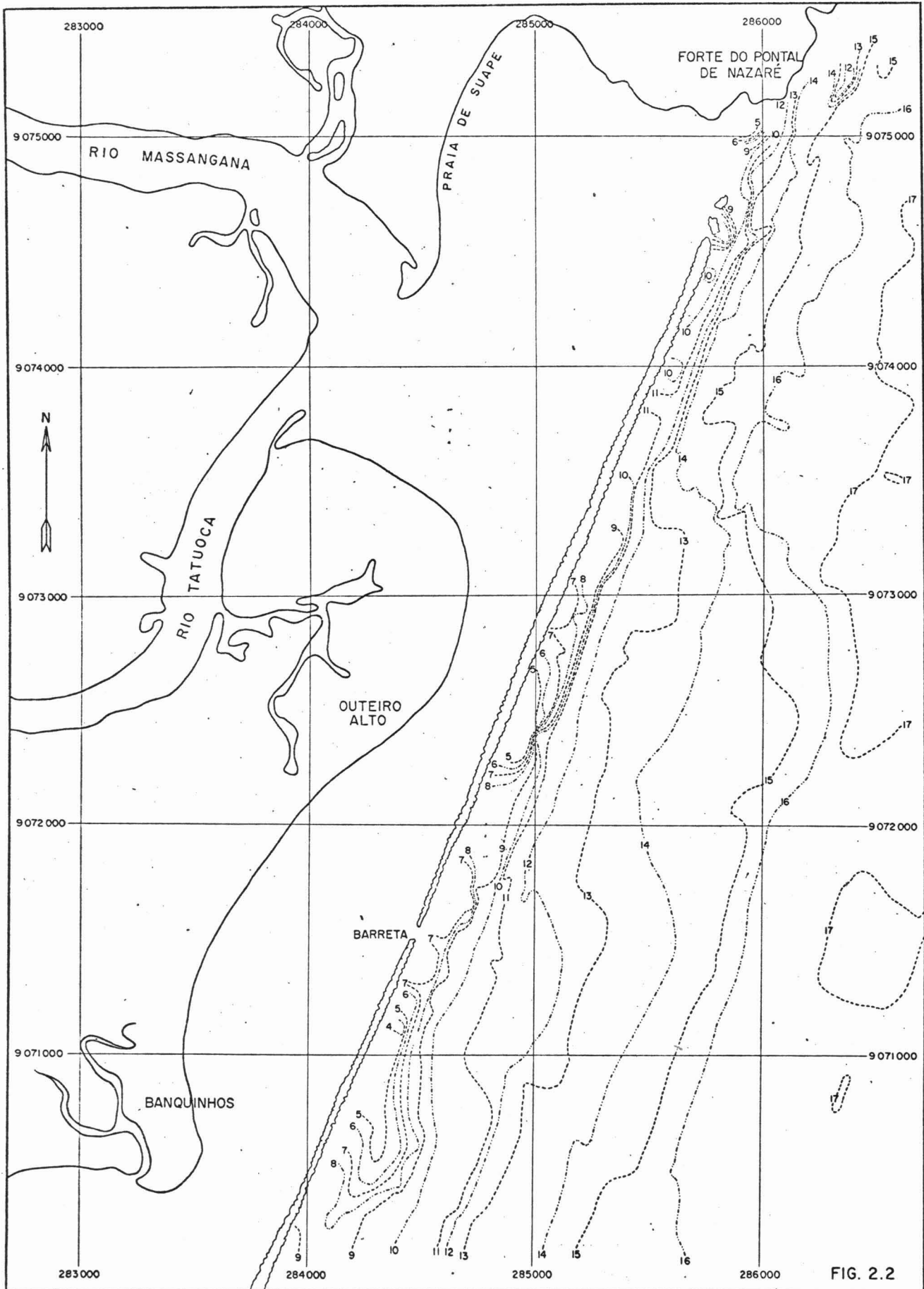


FIG. 2.2

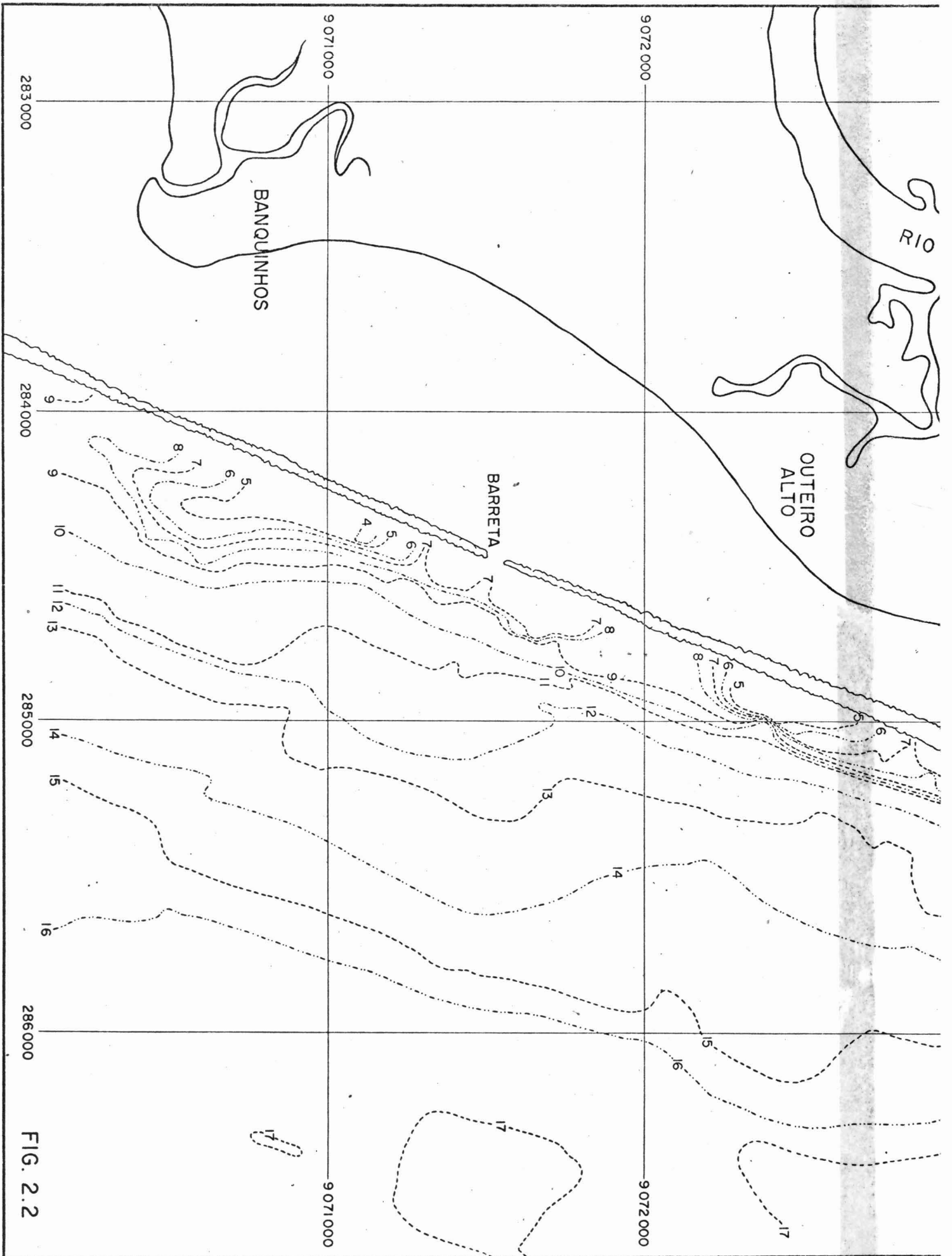


FIG. 2.2

TESTE

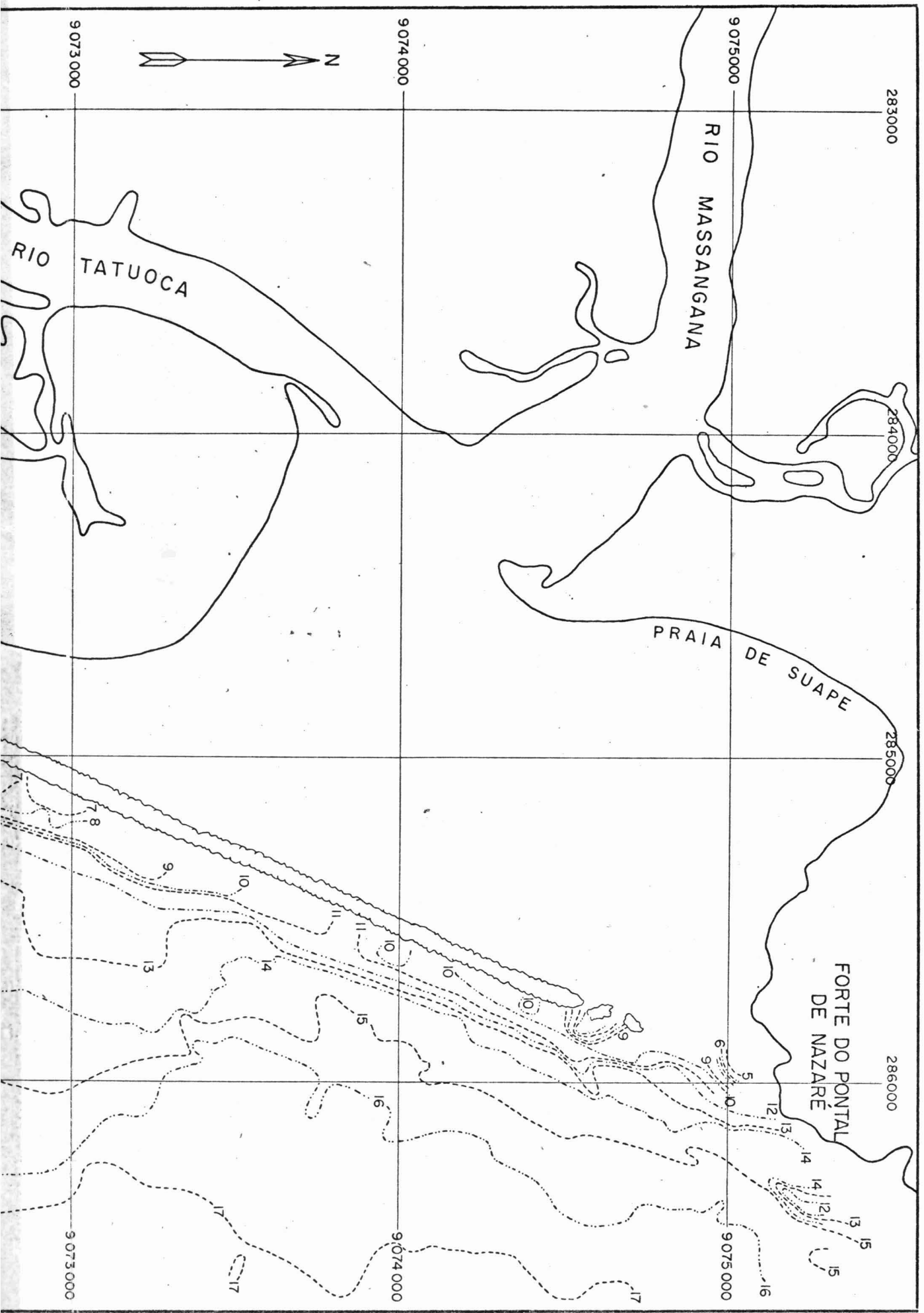


FIG 5.2

RETIRADA P/ SER COLOCADA
NO RELATÓRIO FINAL DE SUAPE.

Os parâmetros adimensionais em abcissas e ordenadas no gráfico são, respectivamente:

$$R_* = \frac{u_* D}{\nu} \quad (\text{número de Reynolds relativo ao sedimento}).$$

$$D_* = \left(\frac{\rho' g}{\nu^2} \right)^{1/3} D \quad (\text{diâmetro sedimentológico})$$

onde, as grandezas ainda não definidas, são:

$$\rho' = \rho - \rho_0 = \text{massa específica aparente do sedimento} = 1600 \text{ kg/m}^3$$

D = diâmetro do sedimento

Considerando a velocidade de cisalhamento $u_* = 1.5 \text{ cm/s}$ e $D = 0.2 \text{ mm}$ (praticamente limite inferior da curva granulométrica Fig. 5.1), foi calculado o par de valores R_* e D_* o qual, plotado no gráfico da Fig. 5.2 ficou situado na região de repouso. Considerando constantes as ações hidrodinâmicas, uma vez que o sedimento de menor diâmetro ficou localizado na região de repouso, com maior razão não se movimentariam os sedimentos de diâmetro maiores.

A conclusão a que se chega é que os sedimentos marcados e portanto, a areia de fundo do local da injeção, praticamente não se movimentou sob a ação das ondas ocorridas em Suape. Tal conclusão é aliás, inteiramente con

firmada pelo trabalho realizado em Suape em regime de inverno, com a utilização de sedimentos marcados com traçadores radioativos, que demonstrou na natureza, que os sedimentos praticamente não se movimentaram.

Ensaios em canais de laboratório realizados em Maisons-Alfort, França, com o objetivo de se estudar a velocidade crítica para início de movimento de sedimentos sob a ação de uma corrente uniforme conduziram à relação simplificada:

$$\tau_c (\text{em N/m}^2) = \text{diâmetro do sedimento em mm}$$

$$\tau_c = u_*^2 \rho \text{ é a tensão crítica de cisalhamento}$$

$$u_* = \text{velocidade crítica de cisalhamento devido à corrente uniforme}$$

Exemplificando:

Um sedimento de diâmetro $D = 0.2\text{mm}$ poderá ser posto em movimento quando o valor da tensão de cisalhamento provocada no fundo pela corrente uniforme for:

$$\tau \geq 0.2\text{N/m}^2$$

Por outro lado, considerando que a velocidade de cisalhamento sob a ação das ondas corresponde a uma velocidade instantânea máxima, é razoável admitir que o deslocamento dos sedimentos não poderá se efetuar que para um valor de 1.5 a 2 vezes maior que o da velocidade de cisa

thamento devido a corrente.

Desta maneira, para $D = 0.2\text{mm}$ (limite inferior da curva granulométrica):

$$\tau_c = 0.2\text{N/m}^2$$

Então:

$$u_{*c} \text{ (corrente)} = \sqrt{\frac{0.2}{1000}} = 0.0141\text{m/s} \quad \text{ou}$$

$$u_* \text{ (corrente)} = 1.4\text{cm/s}$$

Como $u_* \text{ (onda)} \approx 1.5 u_* \text{ (corrente)}$, vem:

$$u_* \text{ (onda)} = 1.5 \times 1.4 = 2.1\text{cm/s}.$$

Este valor é superior à velocidade de cisalhamento ($u_* = 1.5\text{cm/s}$) produzida pela onda com maiores possibilidades de movimentar o sedimento ($H = 4\text{m}$, $T = 7\text{s}$). Daí se conclui que os sedimentos praticamente não se movimentaram.

Tal conclusão está de acordo com o primeiro critério utilizado e com as verificações na natureza.

5.3. CONCLUSÃO

Em Suape, superpostas a ação das ondas existem correntes, principalmente as geradas pela ação do vento, e

os valores resultantes desses dois efeitos são de baixa intensidade, como comprovam as medições efetuadas entre julho e setembro de 1974.

Não tendo sido constatada uma movimentação importante de sedimentos à profundidade de 13 metros, não é de se esperar que haja movimentação à profundidades maiores, onde as ações hidrodinâmicas para uma dada onda são mais fracas e, sendo os sedimentos mais finos (aparecem efeitos de coesão para sedimentos com diâmetro inferior a 0.1mm) necessitariam de ações hidrodinâmicas cada vez mais intensas para se movimentarem.

Em profundidades menores que 13 metros poderá haver movimentação de sedimentos cuja intensidade vai depender da granulometria do material e das ações hidrodinâmicas exercidas por ondas e correntes, uma vez que para uma dada onda as ações hidrodinâmicas aumentam com a diminuição da profundidade e então os sedimentos podem ser colocados em movimento e ser transportados pela ação combinada de ondas e correntes.

VI. CONCLUSÕES GERAIS

1. A baixa movimentação de sedimentos de fundo na profundidade de 13 metros, ao largo do cordão de recifes em Suape, em regime de inverno, verificada com os trabalhos realizados com sedimentos marcados com traçadores radioativos, se deve ao fato de terem sido pouco intensas as ações hidrodinâmicas de ondas e correntes junto ao fundo.

2. O pequeno deslocamento resultante dos sedimentos marcados para NE, paralelamente ao cordão de recifes está de acordo com a predominância para NE, em direção e intensidade, das correntes registradas ao largo do cordão de recifes durante o período dos trabalhos sedimentológicos, bem como com a direção de incidência das ondas que, sendo de SE incidem a esquerda da normal ao cordão de recifes e assim as ações despertadas pelas ondas junto ao fundo, tem uma componente paralela ao cordão de recifes dirigida para NE.

3. A maior movimentação de sedimentos verificada entre a injeção dos sedimentos marcados e a primeira detecção (28/6/74 a 7/7/74), relativamente à movimentação entre as detecções posteriores (*) pode ser explicada qualitativamente, pela ocorrência neste intervalo dos mais fortes temporais de todo o período de trabalho, com ventos de intensidade elevada soprando do quadrante sul, sendo bastante forte o estado de agitação do mar.

(*) Veja-se relatórios referentes aos trabalhos com sedimentos marcados com traçadores radioativos.

Não é possível um estudo quantitativo, pois neste período não foram registradas ondas e correntes.

4. As correntes ao largo do cordão de recifes, são de fraca intensidade e são comandadas mais pela influência de ventos e ondas que pela influência da maré.

5. Em regime de inverno as ondas provêm de SE, com os parâmetros ondulatórios variando entre:

a) H_{max} (altura máxima) - 1.5m a 4.0m

b) H_s (altura significativa) - 0.9m a 2.4m

c) T_z (período médio) - 5s a 10s

d) α (direção de incidência) - 115° a 170° com uma predominância nítida para 130° .

6. Para fins de estudos futuros pode-se considerar como desprezível a movimentação de sedimentos ao largo do cordão de recifes em Suape, em regime de inverno, da isobata de 13 metros para o largo.

APÊNDICE I

ROTINA DE ANÁLISE DE REGISTROS ONDULATÓRIOS PELO MÉTODO
DE TUCKER-DRAPER

ROTINA DE ANÁLISE

Analisa-se cada um dos registros de onda da seguinte maneira:

- a. Delimita-se uma duração do registro correspondente a 10 minutos e são se consideram as ondas nesse intervalo. (T_R)
- b. Traça-se a olho, a linha correspondente ao nível médio do registro (linha zero).
- c. Conta-se o número de cristas (N_c). Define-se crista como sendo os pontos em que o nível d'água passa por um máximo, diminuindo para ambos os lados. Pode haver cristas abaixo do nível médio.
- d. Conta-se o número de vezes (N_z) em que o registro corta a linha zero, movendo-se para cima (interseções ascendentes).
- e. Medem-se, a partir do nível médio, as amplitudes da crista mais alta (A) e da crista seguinte em altura (B).
- f. Medem-se, a partir do nível médio, as amplitudes do cavado mais baixo (C) e do cavado seguinte em altura (D), tomando ambas as quantidades como positivas.

g. A partir dessas medições, determinam-se:

$$H_1 = A + C$$

$$H_2 = B + D$$

$$\bar{T}_c = \frac{\text{duração do registro em seg.}}{N_c} = \frac{T_R}{N_c} \text{ (período das cristas)}$$

$$\bar{T}_z = \frac{\text{duração do registro em seg.}}{N_z} = \frac{T_R}{N_z} \text{ (período das interseções com o nível médio)}$$

h. Se o aparelho tiver seu funcionamento baseado no registro da variação de pressões, as alturas H_1 e H_2 devem ser corrigidas para a frequência de resposta do aparelho registrador de ondas e também para a atenuação da pressão ondulatória com a profundidade.

No caso do ondógrafo "Neyrpic" (registrador por emissão de ultra som), tem-se simplesmente:

$$H_{\max} = H_1.$$

i. O período que mais convenientemente representa o registro é T_z .

- j. O grau de pureza do registro é dado pelo parâmetro de largura do espectro:

$$\epsilon = \sqrt{1 - \left(\frac{T_c}{T_z}\right)^2}$$

Se as ondas registradas distribuem-se em uma ampla faixa de frequências, as ondas mais curtas "cavalgam" as ondas mais longas e, como consequência, há muito mais cristas que interseções do registro com o nível médio movendo-se para cima. Neste caso $N_c \gg N_z$ ou $T_z \gg T_c$; então $\epsilon \rightarrow 1$ e trata-se mais de vagas. Para $\epsilon = 1$ tem-se somente vagas, isto é: o registrador se encontrava na zona de geração das ondas.

Por outro lado, se as ondas do registro cobrem apenas uma pequena faixa de frequências, $N_c \geq N_z$ e $T_z \geq T_c$; então $\epsilon \rightarrow 0$ e tem-se mais ondulações. No caso de a cada interseção do registro com o nível médio movendo-se para cima corresponder a uma crista, estamos em presença de ondulação pura.

OBS: O parâmetro ϵ é bastante importante, pois através dele é possível saber se as ondas que atuam em um determinado local são sobretudo vagas (SEA), geradas pelos ventos locais, ou ondulações (SWELL) geradas longe da zona onde é feito o registro.

k. A altura significativa do registro (H_s) é tirada de uma tabela que fornece o fator H_s/H_1 em função da N_z . Esta tabela, que se transcreve a baixo, se baseia na teoria matemático-estatística do oceanógrafo Longuet-Higgins sobre as relações entre características de ondas que compõem um dado espectro.

N_z	H_s/H_1	N_z	H_s/H_1
20-21	0.77	64-73	0.65
22-23	0.76	74-85	0.64
24-25	0.75	86-100	0.63
26-27	0.74	101-118	0.62
28-29	0.73	119-139	0.61
30-32	0.72	140-166	0.60
33-35	0.71	167-202	0.59
36-39	0.70	203-253	0.58
40-44	0.69	254-315	0.57
45-49	0.68	316-390	0.56
50-55	0.67	391-488	0.55
56-63	0.66	489-615	0.54

INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS
DIVISÃO DE RADIOÍSTOPOS

Relatório compacto das
páginas 3 a 33 - (Relatório
Final de Trabalho)

LABORATÓRIO DE RADIOISÓTOPOS

PORTO DE SUAPE

ANÁLISE DAS MEDIÇÕES HIDRÁULICAS EFETUADAS AO LARGO DO CORDÃO DE RECIFES, EM REGIME DE INVERNO, DURANTE O ESTUDO DA MOVIMENTAÇÃO DE SEDIMENTOS DE FUNDO, COM A UTILIZAÇÃO DE TRAÇADORES RADIOATIVOS

Jefferson V. Bandeira

EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S.A. - NUCLEBRÁS
INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS
C.P. 1941 - Belo Horizonte - MG

MAIO DE 1975

RESUMO

O presente relatório apresenta os resultados obtidos com a análise e interpretação das medições hidráulicas de ondas e correntes efetuadas ao largo do cordão de recifes em Suape-PE, de julho a setembro de 1974.

Tais medições hidráulicas foram realizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias do Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis, durante o estudo da movimentação de sedimentos de fundo com a utilização de traçadores radioativos, executado pelo Laboratório de Radioisótopos do Instituto de Pesquisas Radioativas, como parte do trabalho contratado com a Transcon S.A. e a Companhia de Distritos Industriais de Pernambuco (DIPER).

I. INTRODUÇÃO

Em novembro de 1973, a Transcon S.A. Consultoria Técnica (Transcon) estabeleceu um contrato de consultoria com a Companhia de Desenvolvidmentos Industrial de Pernambuco (DIPER), objetivando a elaboração do Plano Diretor do Complexo Industrial de Suape, os projetos específicos e a superviõa da execução das obras que constituirão o Complexo Industrial de Suape.

O Laboratório de Radioisótopos do Instituto de Pesquisas Radioativas, Belo Horizonte, foi encarregado da execução dos trabalhos com traçadores radioativos, bem como da análise e interpretação dos dados hidráulicos referidos no item d.

A coleta de dados hidráulicos foi contratada, pela CBTN, com o Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH) do Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis.

Deve ser ressaltado aqui, o apoio oferecido pela Transcon, através do pessoal de seu escritório em Recife, à equipe do Laboratório de Radioisótopos e aos técnicos

2.

do INPH encarregados das medidas hidráulicas, durante a campanha de inverno em Suape.