

## ANÁLISE DAS CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS FÍSICAS N'AS ILHAS (23° 47,3'S 45° 42,5'W) - AGOSTO DE 1990

**Joseph Harari, Paulo Leão Cacciari**

*Instituto Oceanográfico da USP*

---

### **RESUMO**

*Foi realizada uma amostragem das condições oceanográficas na região d'As Ilhas, a 23° 47,3' S 45° 42,5' W, no litoral Norte do Estado de São Paulo, em Agosto de 1990. A finalidade deste levantamento foi de fornecer informações básicas para um projeto de construção de uma marina nesta área.*

*No campo da Oceanografia Física, foram realizadas medições de perfis verticais de correntes, temperatura e salinidade, em quatro pontos ao redor d'As Ilhas, as quais foram acompanhadas de observações de vento e pressão atmosférica na superfície. Adicionalmente, medidas de maré e ondas foram realizadas na parte abrigada da ilha, bem como observações de temperatura, pressão e umidade, na superfície da própria ilha. As medições efetuadas foram submetidas a análises estatística, espectral e de maré, assim como ao cálculo de suas médias verticais.*

*Nesta área, ocorre acentuada homogeneidade dos campos de temperatura e salinidade, caracterizando a massa de água costeira. Os espectros de vento e pressão apresentam a periodicidade de 5,3 dias, associada à passagem de frentes frias nesta região.*

*O movimento de maré é basicamente no sentido NW-SE, com a máxima amplitude na componente  $M_2$ , com  $3,37 \text{ cm s}^{-1}$ . Por outro lado, correntes médias no tempo são tipicamente para E-SE - associadas às incursões de frentes frias, embora sejam também significativas as correntes para W e SW - devidas aos ventos alísios. A maré na região é semi-diurna, com as componentes  $M_2$  e  $S_2$  tendo amplitudes de 33,78 e 22,23 cm, respectivamente; o desvio-padrão do nível do mar atingiu 37,50 cm.*

*Ao examinar as variáveis medidas, a melhor correlação observada (0,34) foi entre a maré e as correntes médias verticais na parte abrigada d'As Ilhas, seguida pela correlação*

*entre o vento e as correntes médias verticais na parte oceânica (0,29).*

### **INTRODUÇÃO**

Foi realizado um levantamento das condições oceanográficas na região d'As Ilhas, a 23° 47,3' S 45° 42,5' W, no litoral Norte do Estado de São Paulo, em agosto de 1990 (Figuras 1 e 2).

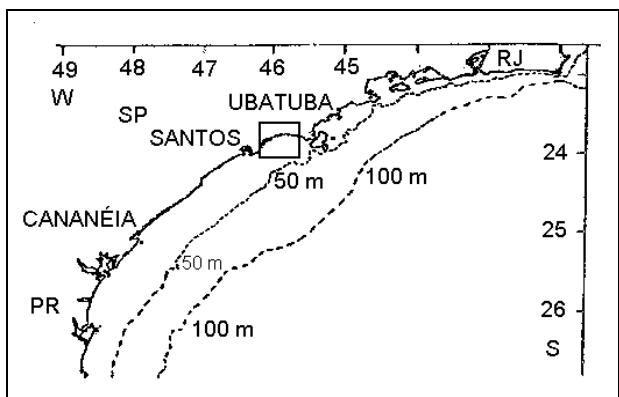
A finalidade deste levantamento foi de fornecer informações básicas para um projeto de engenharia nesta área, visando a construção de uma marina, bem como obter subsídios para os correspondentes estudos de impacto ambiental.

O estudo realizado envolveu as áreas de Oceanografia Geológica, Física e Biológica. No campo da Oceanografia Geológica, foi realizado o perfilamento batimétrico da área de estudo, testemunhagens e coletas de sedimentos de fundo. Na parte da Oceanografia Física, foram efetuadas medições de correntes, temperatura e salinidade (na superfície, a meia-água e no fundo), vento, pressão atmosférica e umidade (na superfície), ondas e marés. No campo da Oceanografia Biológica, foram realizadas coletas de plancton, determinações de clorofila, medidas de transparência da água e amostragens bentônicas.

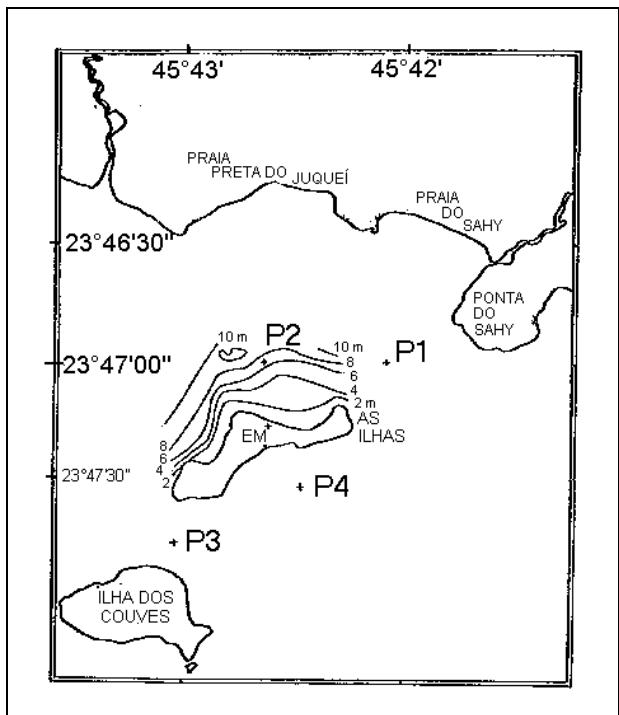
Todas as observações e coletas n'As Ilhas foram processadas e analisadas no Instituto Oceanográfico da USP. Os resultados obtidos foram de grande utilidade, permitindo um adequado levantamento das condições oceanográficas e ambientais da área.

O presente trabalho tem o objetivo de apresentar as medições oceanográficas físicas realizadas n'As Ilhas, em agosto de 1990, e suas análises; com essas observações, foi possível obter um grande número de informações da hidrodinâmica desta área,

indispensáveis tanto para as obras de engenharia como para as análises geológicas e biológicas efetuadas.



**Figura 1.** Mapa geográfico da região costeira do estado de São Paulo, com destaque para a região d'As Ilhas.



**Figura 2.** Mapa geográfico d'As Ilhas: linhas batimétricas, pontos de medição P1, P2, P3 e P4 e local das observações meteorológicas n'As Ilhas (EM).

As informações oceanográficas físicas obtidas na região foram comparadas com os resultados de diversos estudos e modelos, relativos a áreas próximas ou englobando a plataforma continental sudeste do Brasil, na

qual a região d'As Ilhas se encontra inserida. Dentre os trabalhos considerados, podem ser destacados os de Castro Filho et al (1987), relativo às condições hidrográficas ao largo de Ubatuba (SP); Mesquita et al (1979), referente às correntes na plataforma entre Cabo Frio (RJ) e Cananéia (SP); Mesquita & Harari (1983), concernente às marés de Cananéia (SP) e Ubatuba (SP); além dos trabalhos de modelagem numérica da plataforma, desenvolvidos por Castro Filho (1985), Stech & Lorenzetti (1992) e Camargo & Harari (1994).

## MATERIAL E MÉTODOS

As medições oceanográficas físicas foram realizadas nos pontos P1, P2, P3 e P4, e numa estação meteorológica (EM) instalada na própria Ilha (Figura 2). A exata localização desses pontos se encontra na Tabela 1, juntamente com os respectivos períodos de amostragem.

Em P1, P2 e P4, onde a profundidade média é de 10 m, foram realizadas medições através de fundeios consecutivos do Barco Veliger II, com a leitura direta dos seguintes instrumentos: 2 correntômetros CONSAD, 2 termosalinômetros BECKMAN, 1 anemômetro R. FUESS, além do barômetro e da bússola do barco. Dessa forma, nesses pontos foi possível medir as correntes, temperatura e salinidade, na superfície (2 m), em profundidade intermediária (5 m) e próximo ao fundo (a 1 m do fundo), e também o vento e a pressão atmosférica, na superfície. Adicionalmente, no ponto P2, foram realizadas medidas visuais de alturas de maré e de ondas, juntamente com a direção destas, a partir de uma régua de maré devidamente fixada ao fundo desde o início da campanha, e com o uso da bússola do barco; as elevações de maré foram determinadas como as alturas intermediárias entre os máximos e mínimos observados nas oscilações de alta freqüência do nível do mar, num período de aproximadamente 3 minutos; por outro lado, as maiores diferenças entre os níveis máximos observados e os níveis de maré corresponderam às medidas das amplitudes

**Tabela 1.** Localização dos pontos de medição na região d'As Ilhas e respectivos períodos de amostragem.

	Latitude	Longitude	Período de amostragem (horas)
P1	23° 47.00' S	45° 42.09' W	222.00 h a 401.00 h 439.00 h a 606.00 h
P2	23° 47.00' S	45° 42.65' W	223.50 h a 403.50 h 439.50 h a 606.50 h
P3	23° 47.79' S	45° 43.05' W	178.75 h a 610.50 h
P4	23° 47.55' S	45° 42.47' W	222.50 h a 404.50 h 440.50 h a 604.50 h
EM	23° 47.27' S	45° 42.60' W	227.00 h a 558.00 h

Origem do tempo a 0 h local de 1 de agosto de 1990

das ondas de superfície. As observações nos pontos P2 e P4 foram realizadas a cada 2 horas, enquanto que as medições no ponto P1 foram em taxa horária, todas continuamente, durante o período total de amostragem (Tabela 1).

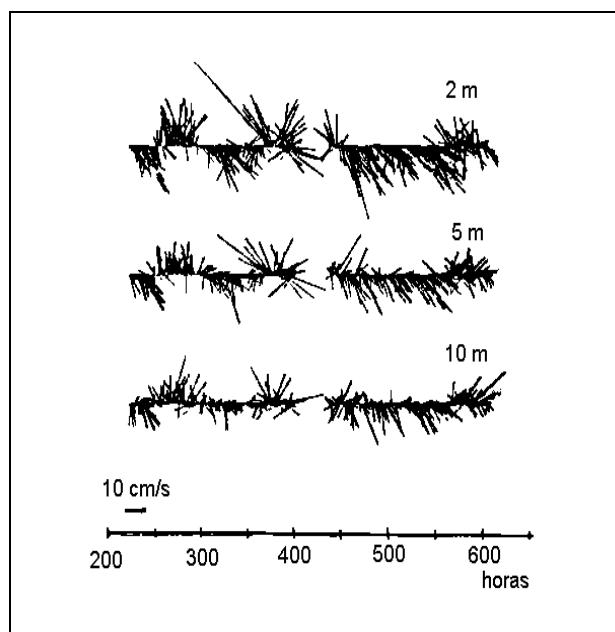
Já no ponto P3, localizado no canal entre As Ilhas e a Ilha das Couves, cuja profundidade média é de 12 m, devido a dificuldades de navegação, foi fundeado um correntômetro AANDERAA, de registro interno (fita magnética), o qual possui também sensores de pressão, temperatura e salinidade; suas medições foram realizadas a 5 m de profundidade, em intervalos de 15 minutos.

Finalmente, n'As Ilhas, foi instalado um hidrotermobarógrafo modelo WILK LAMBRECHT, para registro contínuo de umidade, temperatura e pressão, na superfície, no ponto EM; esse registro foi posteriormente digitalizado, considerando uma taxa horária para a leitura dos dados.

Como exemplos das observações realizadas, na Figura 3 se encontram as correntes amostradas no ponto P1, em função do tempo e das profundidades de medição (próximo à superfície, em profundidade intermediária e próximo ao fundo); e as medições de pressão atmosférica na estação meteorológica d'As Ilhas são fornecidas na Figura 4.

As séries de observações físicas foram submetidas a filtros de previsão de erros do tipo auto regressivo (Burg, 1968). Esses filtros foram usados, tanto na correção de erros de

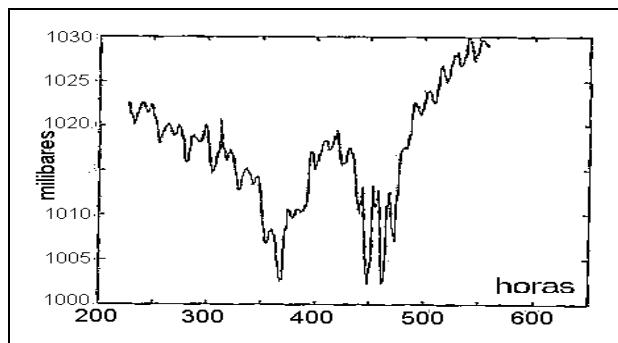
amostragem como nas interpolações quando da ausência de observações.



**Figura 3.** Medições de correntes na estação P1 (origem do tempo a 0 h local de 1 de agosto de 1990).

As séries temporais editadas foram submetidas a análises estatística (Priestley, 1981), espectral (Jenkins & Watts, 1968) e de maré (Franco, 1988). Para tanto, foram utilizados os pacotes de programas PC-MATLAB (1987) e de análise de maré de Franco & Harari (1987). Os espectros das séries foram calculados através do método direto, com as transformadas de Fourier das séries temporais; as análises de maré foram realizadas através do método harmônico de análise de maré, o qual também é baseado na

transformada de Fourier das séries. Finalmente, correlações entre as médias verticais das variáveis amostradas e as medições meteorológicas foram realizadas, com o programa PC-MATLAB (1987), de modo a verificar suas correspondentes correlações lineares.



**Figura 4. Medições de pressão atmosférica n'As Ilhas (origem do tempo a 0 h local de 1 de agosto de 1990).**

## RESULTADOS

### Análise estatística

A estatística básica das séries temporais amostradas n'As Ilhas é apresentada nas Tabelas 2 a 6, envolvendo os cálculos dos valores médios, desvios padrão da média, máximos e mínimos observados.

Os valores médios das correntes nos pontos P1, P2 e P4 apresentam o típico decaimento em profundidade, sendo esta feição mais nítida no ponto P1, onde se tem 12,4, 8,4 e 6,8 cm.s<sup>-1</sup> para a média das correntes, próximo à superfície, à profundidade intermediária e ao fundo, respectivamente (Tabela 2); os desvios padrão dos valores médios das correntes também são maiores na superfície, atingindo 6,0 e 6,1 cm.s<sup>-1</sup>, em P1 e P2; os menores valores do desvio padrão ocorrem próximo ao fundo, sendo de apenas 2,3 cm.s<sup>-1</sup>, na profundidade intermediária e abaixo dela, no ponto P4. No ponto P3, com a amostragem de correntes apenas na profundidade intermediária, se tem uma corrente média bem mais intensa que nos outros pontos, com 21,9 cm.s<sup>-1</sup>, mas o desvio padrão é similar ao dos demais pontos de medição.

O caráter nitidamente homogêneo nos pontos de amostragem P1 a P4 é ressaltado na estatística básica dos valores de temperatura e salinidade (Tabela 3). Esta homogeneidade se verifica tanto no tempo como no espaço, e neste tanto horizontalmente como na vertical. Com efeito, os maiores valores do desvio padrão encontrados foram de 0,460°C e 0,520 g.kg<sup>-1</sup>. As demais características observadas nessas propriedades são relativamente esperadas, como valores médios de temperatura decrescentes com a profundidade e valores médios de salinidade crescentes com a mesma (Tabela 3). Medições de temperatura e salinidade no ponto P3 não foram analisadas, devido à impossibilidade de recalibração dos respectivos sensores, no aparelho de medição automática.

A estatística dos dados de pressão apresenta valores muito próximos entre si nos pontos amostrados, visto que a pressão possui variabilidade espacial pequena (Tabela 4); por exemplo, os desvios padrão da média foram de 5,83 mb (em P1), 5,87 mb (em P4) e 5,90 mb (em P2). Já para os ventos, a variabilidade espacial dos parâmetros estatísticos é um pouco maior, como era de se esperar. Na estação mais ao largo (P4), o valor máximo do vento chegou a atingir 14,0 m.s<sup>-1</sup>, enquanto que, na estação mais abrigada (P2), o valor máximo observado foi de apenas 9,0 m.s<sup>-1</sup>. Não foram realizadas medições meteorológicas no ponto P3.

A estatística das marés e ondas se encontra na Tabela 5. As marés apresentaram máxima elevação de 310 cm e mínima de 135 cm. Por outro lado, as ondas de superfície observadas tiveram uma amplitude média de 28,71 cm e desvio padrão da média de 13,79 cm; no período de amostragem, a máxima amplitude de onda foi de 60 cm.

A análise estatística das medições do hidrotermobarógrafo instalado n'As Ilhas (Tabela 6) confirma o valor médio e o desvio padrão da pressão atmosférica das demais medições na área ( $1017,2 \pm 6,4$  mb); adicionalmente se tem informações da temperatura e umidade relativa do ar, cujos valores médios observados no período de amostragem foram de  $15,98 \pm 2,59^\circ\text{C}$  e  $84,12 \pm 14,25\%$ .

**Tabela 2. Estatística básica das medições de correntes nos pontos P1 a P4 (u é a componente para Leste, v para Norte e U corresponde ao módulo da velocidade).**

PRF (m)	Média (cm s <sup>-1</sup> )			Desvio padrão (cm s <sup>-1</sup> )			Máxima (cm s <sup>-1</sup> )			Mínima (cm s <sup>-1</sup> )		
	u	v	U	u	v	U	u	v	U	u	v	U
<b>P1</b>												
0	4,3	-3,0	12,4	8,3	9,6	6,0	24,9	36,8	55,0	-40,9	-31,6	0,8
5	3,1	-1,6	8,4	5,8	6,7	4,5	20,0	17,6	34,0	-29,1	-21,5	0,6
10	1,7	-0,9	6,8	4,9	5,7	3,7	22,7	20,7	23,0	-18,0	-18,3	0,0
<b>P2</b>												
0	5,1	-2,9	11,1	8,8	7,0	6,1	24,9	22,7	33,0	-22,0	-21,6	3,0
5	5,0	-1,3	8,3	6,8	4,5	4,9	19,2	13,2	22,1	-19,1	-17,3	1,0
10	3,7	-0,9	7,1	6,2	3,8	4,1	19,7	11,3	21,0	-15,7	-15,1	0,0
<b>P3</b>												
5	20,0	-4,7	21,9	5,6	8,1	6,5	38,6	19,5	38,8	7,2	-30,1	9,5
<b>P4</b>												
0	-0,4	-0,9	10,0	8,2	6,3	3,1	17,1	14,0	20,0	-18,1	-12,9	2,4
5	-1,2	0,8	6,9	5,7	4,3	2,3	11,6	10,2	13,0	-11,3	-9,2	0,0
10	-1,6	0,8	6,7	4,9	4,8	2,3	18,1	12,4	19,0	-10,8	-10,8	1,0

**Tabela 3. Estatística básica das medições de temperatura (T) e salinidade (S) nos pontos P1 a P4.**

PRF (m)	Média (°C) T	Média (g kg <sup>-1</sup> ) S	DP (°C) T	DP (g kg <sup>-1</sup> ) S	Máx (°C) T	Máx (g kg <sup>-1</sup> ) S	Mín (°C) T	Mín (g kg <sup>-1</sup> ) S
	u	v	U	u	v	U	u	v
<b>P1</b>								
0	19,65	31,52	0,419	0,361	21,07	32,68	18,68	29,73
5	19,43	31,67	0,348	0,429	20,63	32,85	18,54	30,29
10	19,13	31,84	0,412	0,501	20,06	33,26	18,16	30,33
<b>P2</b>								
0	19,65	31,52	0,359	0,359	20,75	32,28	18,80	29,61
5	19,42	31,70	0,351	0,402	20,41	32,98	18,67	30,17
10	19,05	31,89	0,460	0,502	19,95	33,78	17,96	30,81
<b>P3</b>								
-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>P4</b>								
0	19,56	31,65	0,395	0,393	20,90	32,78	18,65	30,17
5	19,34	31,75	0,381	0,443	20,92	33,06	18,52	30,25
10	19,02	31,98	0,432	0,520	20,46	33,18	18,07	30,53

### Análise espectral

Os espectros das correntes demonstram que na superfície se tem forte influência de efeitos de longo período, associados a frentes meteorológicas; eles chegaram a alcançar 4,94 cm.s<sup>-1</sup> na componente NS, com período de 95 horas, em P1, e 5,02 cm.s<sup>-1</sup> na componente EW, com período de 192 horas, em P2; surpreendentemente, em P4, componentes de longo período na superfície não são tão intensas, sendo comparáveis a várias

componentes com períodos diurnos, semi-diurnos, ter e quarter diurnos.

Nos espectros de temperatura, o traço mais marcante é a presença das componentes diurnas, na superfície, em todas as estações, as quais são associadas à radiação solar; elas tem valores típicos em torno de 0,10°C.

Os espectros de salinidade também demonstram que, na superfície, componentes de longo período só são observadas em P1 e P2, e não em P4; com efeito, se tem uma componente com 0,20 g.Kg<sup>-1</sup> e período de 127,45 horas, em P1, e uma com 0,23 g.Kg<sup>-1</sup> e

período de 192,15 horas, em P2, sendo ambas na superfície; e nenhuma componente de longo período aparece na superfície de P4. O caráter homogêneo das colunas é ressaltado na estação P1, com o período de 127,45 horas se repetindo nas três profundidades amostradas, sendo de 0,25 e 0,34 g.Kg<sup>-1</sup> no nível intermediário e no fundo; na estação P4, componentes de longo período na salinidade são observadas no fundo.

**Tabela 4. Estatística básica das medições meteorológicas nos pontos P1 a P4.**

		Média	DP	Máximo	Mínimo
P1	PA(mb)	1017,00	5,83	1027,0	1003,5
	u(m s <sup>-1</sup> )	0,01	2,58	7,5	-10,0
	v(m s <sup>-1</sup> )	-0,30	1,79	9,8	-5,4
	VV(m s <sup>-1</sup> )	2,34	1,94	10,0	0,0
P2	PA(mb)	1016,90	5,90	1026,7	1003,9
	u(m s <sup>-1</sup> )	-0,10	2,61	6,6	-7,9
	v(m s <sup>-1</sup> )	-0,19	1,63	4,9	-6,9
	VV(m s <sup>-1</sup> )	2,18	1,96	9,0	0,0
P3	-	-	-	-	-
P4	PA(mb)	1016,80	5,87	1026,9	1003,1
	u(m s <sup>-1</sup> )	0,03	3,18	12,1	-10,0
	v(m s <sup>-1</sup> )	-0,27	2,04	7,0	-5,8
	VV(m s <sup>-1</sup> )	2,74	1,41	14,0	0,0

PA é a pressão atmosférica, u é a componente do vento para leste, v é a componente do vento para norte e VV é a intensidade do vento.

Nos espectros das observações de vento em P1, P2 e P4, a periodicidade em torno de 127 horas se encontra presente na componente EW, com amplitudes de 1,43, 1,43 e 1,55 m.s<sup>-1</sup>, sendo provavelmente a variável mais representativa do efeito das frentes frias na área, no período de amostragem. Já na componente NS, o traço mais marcante nos espectros de vento é a presença da brisa marítima; representando esse efeito, se tem 0,88 m.s<sup>-1</sup> e período de 23,87 horas em P1, 0,66 m.s<sup>-1</sup> e período de 24 horas em P2 e 0,65 m.s<sup>-1</sup> e período de 24 horas em P4.

Os espectros da pressão atmosférica na superfície são os que apresentam menor ruído dentre todas as variáveis físicas amostradas. Períodos em torno de 127 horas estão presentes (2,31, 2,31 e 2,72 mb em P1,

P2 e P4, respectivamente), representando as frentes frias; e o período de 12 horas é observado (1,16, 1,06 e 1,22 mb, em P1, P2 e P4, respectivamente), sendo associado à brisa marítima.

**Tabela 5. Estatística básica das medições de maré e ondas, próximo ao ponto P2.**

	Média (cm)	DP (cm)	Máxima (cm)	Mínima (cm)
Maré	222,55	37,50	310,00	135,00
Ondas	28,71	13,79	60,00	0,00

**Tabela 6. Estatística básica das medições meteorológicas n'As Ilhas (PA é a pressão atmosférica, TA é a temperatura do ar e URA é a umidade relativa do ar).**

	Média	DP	Máximo	Mínimo
PA(mb)	1017,20	6,44	1030,0	1002,3
TA(°C)	15,98	2,59	22,8	11,2
URA(%)	84,12	14,25	99,0	28,0

O espectro do nível da superfície do mar demonstra o caráter nitidamente semi-diurno desta oscilação, a qual é associada às marés; efetivamente, se tem uma componente predominante com 32,26 cm e período de 12,39 horas, representando esse efeito. Note-se que oscilações de longo período (12,05 cm e período de 127,97 horas, 12,87 cm e período de 76,81 horas) estão neste registro, bem como componentes diurnas (11,23 cm, 25,60 horas) e altas freqüências (4,86 cm, 6,10 horas).

Apesar das medições visuais de ondas terem sido apenas de caráter estimativo, seu espectro apresenta resultados coerentes com os demais; dentre os parâmetros das ondas, não foram medidos os períodos, mas apenas as amplitudes e direções de propagação; a análise espectral da série temporal de amplitudes das ondas de superfície observadas apresenta o período predominante de 128 horas (com amplitude de 6,8 cm), associado à atuação das frentes. Seguem, em ordem de importância, os períodos de 29,5 h (4,2 cm), o diurno com 25,6 h (3,4 cm) e o semi-diurno com 12,4 h (3,2 cm), enquanto que os demais picos possuem amplitudes que

não ultrapassam 3,0 cm. Esses períodos diurno e semi-diurno para as ondas de superfície são devidos a efeitos meteorológicos, principalmente a brisa marítima.

Nos espectros das medições meteorológicas n'As Ilhas se tem as seguintes características principais. Para a pressão atmosférica (Figura 5), similarmente às medições nos demais pontos, se encontram os períodos de 110,7 horas (com amplitude de 4,0 mb) e 11,9 horas (1,0 mb). É extremamente interessante notar que o período de 110,7 h também se encontra no espectro da temperatura (com amplitude de 1,4°C), mas nesta variável se tem uma importante contribuição diurna, com 23,7 h (1,7°C), enquanto que a semi-diurna inexiste. Finalmente, o espectro da série temporal de umidade relativa do ar apresenta o período de 110,7 h (com amplitude de 7,8%), o diurno com 23,7 h (7,7%) e alguns outros períodos de interesse, dentre os quais o semi-diurno com 12,3 h (e amplitude de 3,8%).

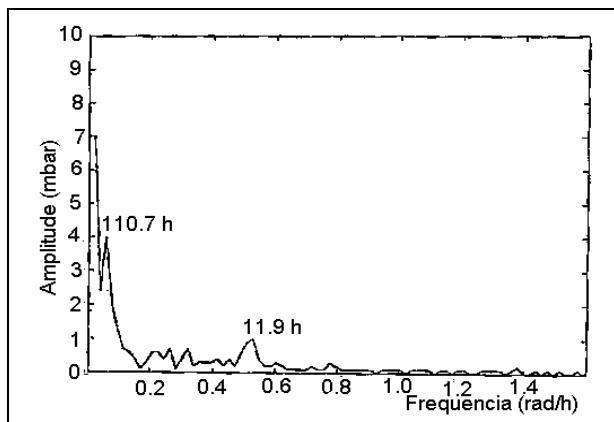


Figura 5. Espectro das medições de pressão atmosférica n'As Ilhas.

### Análise de maré

A análise de maré visa o cálculo das amplitudes e fases das ondas de maré, com seus intervalos de confiança. Este último cálculo não é efetuado para componentes cuja amplitude não possui significado estatístico, sendo então assinalados asteriscos (\*). O grau

de confiança nos testes estatísticos realizados e nos cálculos dos intervalos de confiança das amplitudes e fases foi de 95%.

A característica mais notória no processamento das séries de correntes é a pequena amplitude das correntes de maré na área (Tabela 7); com efeito, a maior parte das componentes analisadas não possui significado estatístico.

Dentre as poucas componentes que passam no teste de significância, a componente de maior amplitude é a  $M_2$ , representando o principal efeito da Lua nas correntes de maré; ela é seguida pela  $N_2$ , representando a maior elíptica lunar, sendo que em alguns pontos esta supera a primeira. Na estação P1, estas duas componentes estão presentes nos três níveis de amostragem de correntes, o que demonstra ser esta posição mais influenciada pelas correntes de maré; efetivamente, as componentes EW e NS da componente  $M_2$  nesse ponto chegam a atingir 2,06 e 2,67  $\text{cm.s}^{-1}$ , que correspondem à amplitude de 3,37  $\text{cm.s}^{-1}$ , a maior amplitude de corrente de maré observada na área (Tabela 7). No ponto P2, as correntes de maré são mais fracas, principalmente no fundo, onde apenas a componente  $MN_4$  possui significado estatístico. No ponto P3, amostrado apenas na profundidade intermediária, embora as correntes médias sejam muito intensas, as correntes de maré são relativamente fracas, com  $K_1$  e  $M_2$  tendo amplitudes de 1,65 e 1,62  $\text{cm.s}^{-1}$ , seguidas por  $MO_3$  e  $MN_4$  e depois por  $MS_4$  e  $M_6$ . Já no ponto P4, as correntes de maré são mais fracas que no ponto P1, mas diversas componentes estão presentes, principalmente no fundo, onde além das semi-diurnas  $N_2$  e  $M_2$ , se tem componentes ter-diurnas ( $MO_3$  e  $M_3$ ) e quarter-diurnas ( $MN_4$ ,  $M_4$  e  $MS_4$ ), além de uma sexta-diurna ( $2MS_6$ ).

A análise de maré que apresenta maior interesse dentre as efetuadas é a relativa à série temporal de altura de maré (Tabela 8). Nesse caso, foram detectadas duas componentes semi-diurnas, representando os efeitos principais da Lua e do Sol, as quais possuem as maiores amplitudes, com 33,78 e 22,23 cm, respectivamente; além dessas, se tem duas diurnas ( $O_1$  e  $K_1$ ), uma ter-diurna

**Tabela 7. Análise de maré das medições de corrente na superfície, na estação P1.**

COMP		H (cm s <sup>-1</sup> )	+ -	G (graus)	+ -	P (cm s <sup>-1</sup> )	Q (cm s <sup>-1</sup> )	Alfa (graus)
* Q1	* EW	1,59	*****	255,50	*****			
	* NS	0,77	*****	111,53	*****	1,72	0,42	157,34
* O1	* EW	1,22	*****	145,25	*****			
	* NS	0,67	*****	351,78	*****	1,37	0,27	152,85
* K1	* EW	0,95	*****	304,06	*****			
	* NS	1,94	*****	58,48	*****	1,99	0,85	104,12
N2	* EW	2,98	*****	296,72	*****			
	NS	2,07	1,86	67,22	63,89	3,35	1,40	149,88
M2	* EW	2,06	*****	111,94	*****			
	NS	2,67	1,86	260,91	44,27	3,26	0,87	126,58
* S2	* EW	0,83	*****	213,84	*****	1,38	0,66	115,00
	* NS	1,28	*****	335,52	*****			
* 2SM2	* EW	1,14	*****	155,53	*****			
	* NS	1,01	*****	268,29	*****	1,27	0,83	143,21
* MO3	* EW	0,49	*****	123,87	*****			
	* NS	1,43	*****	200,17	*****	1,44	0,47	84,79
M3	* EW	0,28	*****	142,20	*****			
	NS	1,81	1,60	52,48	62,14	1,81	0,28	89,96
* MN4	* EW	0,64	*****	171,01	*****			
	* NS	0,85	*****	312,16	*****	1,01	0,34	124,95
* M4	* EW	0,28	*****	158,91	*****			
	* NS	0,72	*****	12,14	*****	0,76	0,15	108,78
* MS4	* EW	0,66	*****	208,66	*****			
	* NS	0,05	*****	114,90	*****	0,66	0,05	179,70
* 2MO5	* EW	0,74	*****	169,46	*****			
	* NS	0,13	*****	110,84	*****	0,75	0,11	5,42
2MK5	EW	1,35	1,33	163,65	80,64			
	* NS	0,51	*****	41,12	*****	1,38	0,42	167,42
* 2MN6	* EW	1,08	*****	237,07	*****			
	* NS	0,55	*****	82,05	*****	1,19	0,21	154,46
* M6	* EW	0,51	*****	78,87	*****			
	* NS	0,31	*****	262,26	*****	0,60	0,02	148,50
* 2MS6	* EW	0,43	*****	171,76	*****			
	* NS	0,42	*****	74,05	*****	0,46	0,40	140,30

Correntes - P1 - 2 m

Corrente permanente leste 4.28 cm s<sup>-1</sup> corrente permanente norte -2.89 cm s<sup>-1</sup>Constantes harmônicas de amplitude H (cm s<sup>-1</sup>) e de fase G (graus)

Parâmetros das elipses: eixo maior P, eixo menor Q e inclinação do eixo maior em relação ao eixo EW alfa alfa positivo no sentido anti-horário

(M<sub>3</sub>) e uma quarter-diurna (MS<sub>4</sub>). Apesar da curta extensão do registro de maré e apesar do intervalo de amostragem não ser de uma hora, os resultados são de qualidade satisfatória, sendo comparáveis aos obtidos em estações maregráficas permanentes próximas, como São Sebastião e Ubatuba (Mesquita & Harari, 1983).

Note-se que, pela análise de maré dos dados de nível da superfície, se estima uma variação de 112,04 cm entre os níveis médios

das preamarés e baixamarés de sizígia; na quadratura, a variação correspondente é de apenas 23,10 cm.

### Médias verticais das propriedades e suas correlações

O passo seguinte no processamento dos dados consistiu na determinação da evolução temporal dos valores médios

**Tabela 8. Análise de maré das medições do nível do mar próximo ao ponto P2.**

COMP	graus/hora	H cm	Constantes Harmônicas		
			+ -	G graus	+ -
* Q1	13,3986609	4,34	*****	45,02	*****
O1	13,9430356	9,30	4,61	92,83	29,74
K1	15,0410686	6,88	4,61	136,67	42,15
* N2	28,4397295	3,43	*****	157,14	*****
M2	28,9841042	33,78	3,77	95,55	6,41
S2	30,0000000	22,23	3,77	95,77	9,76
* 2SM2	31,0158958	1,32	*****	72,68	*****
* MO3	42,9271398	3,10	*****	313,11	*****
M3	43,4761563	5,35	4,36	208,06	54,66
* MN4	57,4238337	3,68	*****	248,14	*****
* M4	57,9682084	2,36	*****	32,63	*****
MS4	58,9841042	3,75	3,72	127,69	82,55
* 2MO5	71,9112440	1,62	*****	247,17	*****
* 2MK5	73,0092770	1,76	*****	88,07	*****
* 2MN6	86,4079379	2,53	*****	287,14	*****
* M6	86,9523126	0,59	*****	94,33	*****
* 2MS6	87,9682084	0,63	*****	129,68	*****

Redução de Sondagem	
Nível médio	222,55 cm
Classificação da maré 0,29	(desigualdades diurnas)
Nível de redução	156,11 cm
Estabelecimento do porto	3 h 18 min
Nível médio das preamaras de sizígia	122,46 cm
Nível médio das preamaras de quadratura	77,99 cm
Nível médio das baixamaras de sizígia	10,42 cm
Nível médio das baixamaras de quadratura	54,89 cm
Níveis médio e de redução referidos ao zero do marégrafo	
Níveis médios de preamaras e baixamaras de sizígia e quadratura referidos ao nível de redução	

verticais de correntes, temperatura e salinidade. Essas séries médias na vertical, juntamente com os valores meteorológicos e as observações de maré, foram analisadas segundo uma correlação linear múltipla, a qual é apresentada na Tabela 9.

As correlações calculadas apresentaram valores relativamente baixos, com poucos casos tendo módulo maior que 0,2. Dentro desses, é interessante notar que, na estação mais abrigada (P2), o sistema de correntes é mais correlacionado com os campos de temperatura, salinidade, pressão e nível do mar, mostrando que o efeito direto do vento é mínimo neste local. Já na estação P4, estando na parte “desabrigada”, os efeitos

meteorológicos diretos são mais importantes, com maior correlação da pressão com os campos de temperatura e salinidade, assim como maior correlação dos ventos com os campos de salinidade e das correntes. Na estação P1 se tem uma situação intermediária, com os efeitos meteorológicos apresentando razoável influência; neste caso, são mais correlacionados os campos de pressão atmosférica e temperatura, bem como os campos de vento e salinidade.

Deve-se frisar que a maior correlação observada foi entre a maré e as correntes na estação P2 (0,34), seguida pela correlação entre o vento e as correntes da estação P4 (0,29).

**Tabela 9. Correlações lineares entre parâmetros oceanográficos médios (na coluna) e meteorológicos de superfície, nos pontos P1 a P4 (T: temperatura, S: salinidade, U: corrente, PA: pressão, VV: vento).**

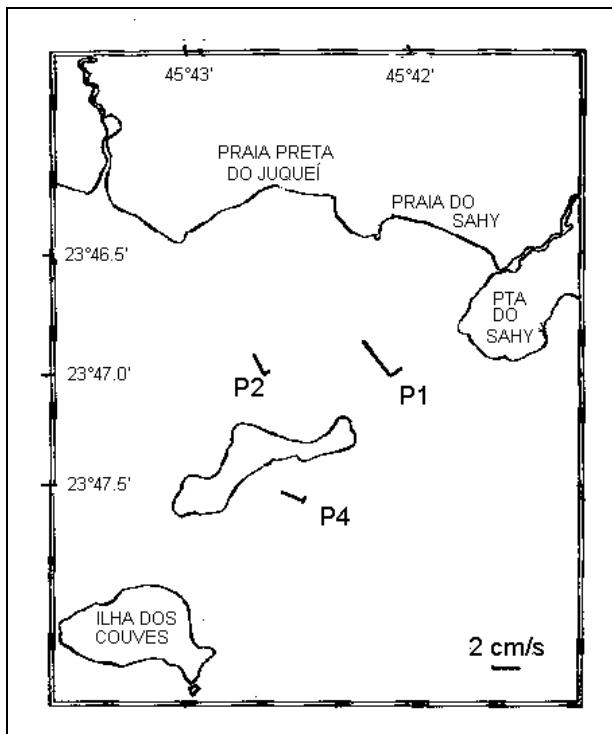
		T	S	U	PA	VV	Maré
P1	T	1,00	0,01	0,12	-0,27	-0,01	
	S	0,01	1,00	-0,16	-0,17	0,21	
	U	0,12	-0,16	1,00	0,11	0,11	
	PA	-0,27	-0,17	0,11	1,00	0,02	
	VV	-0,01	0,21	0,11	0,02	1,00	
P2	T	1,00	0,00	0,26	-0,01	0,03	0,06
	S	0,00	1,00	-0,23	-0,19	0,12	-0,01
	U	0,26	-0,23	1,00	0,24	0,05	0,34
	PA	-0,01	-0,19	0,24	1,00	0,03	-0,04
	VV	0,03	0,12	0,05	0,03	1,00	-0,04
	MARÉ	0,06	-0,01	0,34	-0,04	-0,04	1,00
P4	T	1,00	0,02	0,16	-0,21	0,04	
	S	0,02	1,00	0,00	-0,21	0,27	
	U	0,16	0,00	1,00	0,18	0,29	
	PA	-0,21	-0,21	0,18	1,00	0,07	
	VV	0,04	0,27	0,29	0,07	1,00	

## DISCUSSÃO - CONSIDERAÇÕES SOBRE A ÁREA

As medições de temperatura e salinidade demonstram a presença de águas costeiras na área (Emilson, 1961); as águas rasas desta região são caracterizadas pela homogeneidade dessas propriedades segundo a vertical, similarmente ao estudo de águas costeiras em Santos, de Mesquita (1974). A presença da massa d'água costeira em profundidades menores que 20 m foi também verificada na área vizinha ao largo de Ubatuba, em condições de inverno e verão, por Castro Filho et al (1987).

As Figuras 6 e 7 representam a principal componente  $M_2$  de corrente de maré e as correntes médias no tempo, sendo essas figuras relativas à superfície, no período de amostragem.

É interessante notar que o movimento da maré foi basicamente no sentido NW-SE, nos quatro pontos de medições, nos três níveis de profundidade observados. Por outro lado, as correntes médias (no tempo) nos pontos P1, P2 e P3 foram basicamente para E - SE; entretanto, as correntes médias em P3 foram significativamente mais intensas do que em P1 e P2. Já no ponto P4, as correntes médias foram muito reduzidas, sendo para SW



**Figura 6. Semi eixos das elipses da principal componente de corrente de maré ( $M_2$ ), na superfície.**

na superfície e para NW na profundidade intermediária e no fundo. As correntes médias para E - SE podem ser interpretadas como uma extensão das correntes costeiras típicas na área, para NE (Mesquita et al, 1979),

considerando a influência dos efeitos orográficos proporcionados pela orientação da linha da costa nesta região.

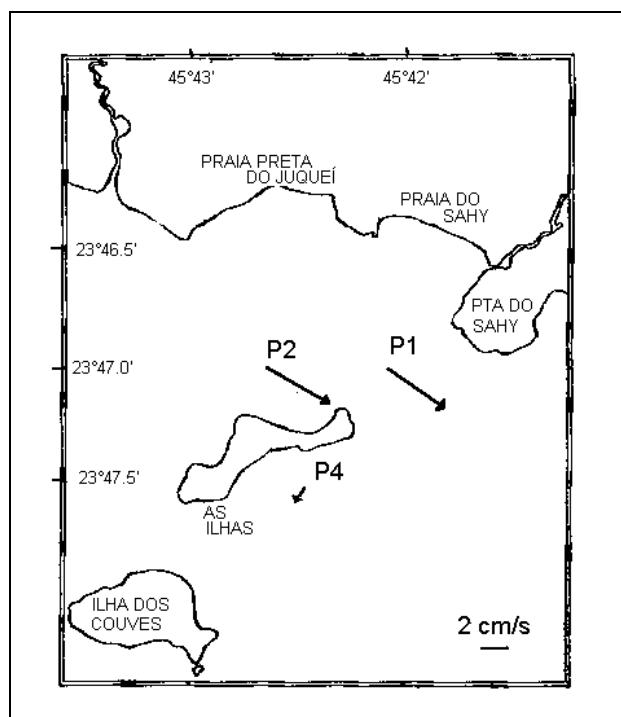


Figura 7. Correntes de superfície médias (no tempo) observadas na área.

Os dois sistemas meteorológicos predominantes na área são os associados aos ventos alíseos (basicamente de NE) e às progressões das frentes frias (basicamente de SW). Em termos gerais, o primeiro impulsiona correntes predominantemente para W e o segundo para E, dependendo obviamente da configuração da linha da costa na área. Enquanto o primeiro é mais persistente e mais fraco, o segundo é mais esporádico e mais intenso, sendo mais efetivo no inverno. De fato, no período de amostragem, as correntes médias e os ventos médios em P1, P2 e P3 foram para E - SE, com exceção do vento médio em P2, o qual foi para SW, por influência topográfica; com efeito, no ponto P2 se tem uma menor correlação vento-corrente média.

Em termos de efeitos geomorfológicos e biológicos, as correntes médias são mais importantes que as correntes de maré. E, sob esse aspecto, pode-se dizer que o sistema de correntes para E - SE, o qual é impulsionado

pelos ventos associados às frentes frias, é o predominante, notadamente em P1 e P2 e principalmente em P3.

Dessa forma, para o período de amostragem, se conclui que as correntes médias na parte abrigada foram para E - SE, sendo devidas basicamente à progressão de frentes frias, e tendo por consequência importantes efeitos geomorfológicos e biológicos.

Stech & Lorenzetti (1992) estudaram a resposta da plataforma sudeste brasileira a frentes frias, onde concluíram que a principal periodicidade nos registros de vento nessa área se encontra entre 5 e 6 dias; este período foi também detectado nos registros meteorológicos do presente trabalho, especialmente nas medidas de vento e pressão atmosférica; o padrão geral das correntes induzidas pelas frentes na área, obtido por Stech & Lorenzetti, é similar ao medido na campanha d' As Ilhas, desde que se considere a influência do contorno continental, nessas medições próximas à costa; esse mesmo padrão foi verificado em vários estudos, como os de Castro Filho (1985) e de Camargo & Harari (1994).

## CONCLUSÕES

A análise de medições oceanográficas físicas n'As Ilhas (Figuras 1 e 2), realizadas em agosto de 1990 (Tabela 1), permitiu concluir que:

- a área apresenta acentuada homogeneidade em relação à temperatura e à salinidade, tanto no tempo como no espaço (Tabela 3); os valores medidos são representativos de massa d'água costeira, de forma similar ao estudo de Castro Filho et al (1987), na região rasa ao largo de Ubatuba;
- os espectros das séries de vento indicam a periodicidade de 127 horas (5,3 dias) na componente EW e de 24 horas na componente NS; essas periodicidades são representativas dos efeitos de frentes frias e da brisa

marítima, respectivamente. Stech & Lorenzzetti (1992) também obtiveram periodicidades entre 5 e 6 dias, no estudo das incursões de frentes frias na plataforma sudeste brasileira;

- os registros de pressão também possuem a periodicidade de 127 horas, juntamente com a de 12 horas, sendo os espectros de pressão os que apresentam menor nível de ruído, dentre todas as análises efetuadas (Figura 5);
- as correntes de maré são muito fracas nessa área, sendo o seu movimento basicamente no sentido SW - NE (Tabela 7 e Figura 6);
- as principais componentes das alturas de maré n' As Ilhas são a  $M_2$  e a  $S_2$ ; os valores das constantes harmônicas, fornecidos na Tabela 8, são similares aos de estações maregráficas próximas (Mesquita & Harari, 1983);
- ao correlacionar as variáveis medidas, a maior correlação observada foi entre a maré e as correntes médias verticais na parte abrigada d' As Ilhas, seguida pela correlação entre o vento e as correntes médias verticais na parte oceânica (Tabela 9);
- no período de amostragem, correntes e ventos médios (no tempo) foram para E - SE, com exceção do vento médio na parte abrigada da ilha, o qual foi para SW, por influência topográfica (Figura 7). Esse padrão de correntes médias é definido pela influência das frentes frias atuantes na área, sendo similar ao obtido por vários estudos e modelos que consideraram os efeitos de frentes na plataforma, como os de Castro Filho (1985), Stech & Lorenzzetti (1992) e Camargo & Harari (1994); as diferenças se encontram basicamente na influência do contorno continental, nas medições essencialmente costeiras do presente trabalho.

Um aspecto final a destacar se encontra na importância do levantamento das condições oceanográficas realizado n'As Ilhas,

antecedendo as obras de engenharia projetadas. Além dos subsídios à construção, o levantamento executado proporcionou importantes estudos sobre os possíveis impactos ambientais advindos da obra. Nesse contexto, as medições e análises realizadas no campo da Oceanografia Física, aqui apresentadas, foram de grande utilidade.

## REFERÊNCIAS

- BURG, J. P. - 1968 - "A new analysis technique for time series data" - NATO Advanced Study Institute on signal processing with emphasis on underwater acoustics, 7 p.
- CAMARGO, R. & HARARI, J. - 1994 - "Modelagem numérica de ressacas na plataforma sudeste do Brasil a partir de cartas sinóticas de pressão atmosférica na superfície" - Boletim do Instituto Oceanográfico da USP, n° 42 (1), p 19 - 34.
- CASTRO FILHO, B. M. de - 1985 - "Subtidal response to wind forcing in the South Brazil Bight during winter" - Ph D. dissertation. RSMAS, University of Miami, 211 p.
- CASTRO FILHO, B. M. de & MIRANDA, L. B. de & MIYAO, S. Y. - 1987 - "Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala" - Boletim do Instituto Oceanográfico da USP, n° 35 (2), p 135 - 151.
- EMILSON, I. - 1961 - "The shelf and coastal waters off Southern Brazil" - Boletim do Instituto Oceanográfico da USP, n° 11, p 101 - 112.
- FRANCO, A. S. - 1988 - "Tides - fundamentals, analysis and prediction" - 2a. Ed. - Public. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 249 p.
- FRANCO, A. S. & HARARI, J. - 1987 - "Computer programs for tidal data checking, correction, analysis and prediction by the harmonic method" - Relat. int. do Instituto Oceanográfico da USP, n° 16, p 1-65.
- JENKINS, G. M. & WATTS, D. G.- 1968 - "Spectral analysis and its applications" - Holden-Day, USA, 525 p.
- MESQUITA, A. R. de - 1974 - "Report on the seasonal variations of coastal waters: Brazil (lat. 24° S)" - Relat. int. do Instituto Oceanográfico da USP, n° 1, 36 p.
- MESQUITA, A. R. de & HARARI, J. - 1983 - "Tides and tide gauges of Cananéia and Ubatuba, Brazil (lat 24° S)" - Relatório Interno do Instituto Oceanográfico da USP, n° 11, 14 p.

- MESQUITA, A. R. de & LEITE, J. B. A. & RIZZO, R.  
 - 1979 - "Contribuição ao estudo das correntes marinhas na plataforma entre Cabo Frio e Cananéia" - Boletim do Instituto Oceanográfico da USP, vol 28 (2), p 95 - 100.
- PC-MATLAB - 1987 - The Mathworks, Inc. - USA.
- PRIESTLEY, M. B. - 1981 - "Spectral analysis and time series" - Academic Press Inc. LTD, London, 890 p.
- STECH, J. L. & LORENZZETTI, J. A. - 1992 - "The response of the South Brazil Bight to the passage of wintertime coldfronts" - Journal of Geophysical Research, n° 97 (C6), p 9507 - 9520.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Sr. Nelson Eduardo Maluf e à Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas, pelo apoio para a realização deste trabalho, e aos Srs. Emanuel Giarolla e Ricardo de Camargo, pela colaboração em sua edição final.

## ***Analysis of the Physical Oceanographic Conditions at As Ilhas (23° 47,3'S 45° 42,5'W) - August, 1990***

### **ABSTRACT**

*This paper reports a survey of the oceanographic conditions in the region of As Ilhas, 23° 47.3' S 45° 42.5' W, in the Northern coast of São Paulo State, in August 1990. Its aim was to provide basic data for building a marina.*

*Vertical profiles of currents, temperature and salinity were recorded at four points around As Ilhas, together with measurements of wind and atmospheric pressure at the surface. Measurements of tides and waves were also taken in the sheltered part of the island, together with observations of temperature, pressure and humidity at the surface of the island itself. The data were submitted to statistical, spectral and tidal analyses, as well as the computation of the vertical means.*

*In the area, very homogeneous fields of temperature and salinity characterize the mass of coastal waters. The spectra of winds and pressure present the periodicity of 5.3 days, associated to the passage of cold fronts in this region.*

*Tidal currents are mostly in the NW-SE direction, with maximum amplitude of the  $M_2$  component, reaching  $3.37 \text{ cm.s}^{-1}$ . On the other hand, time-averaged currents are typically to E-SE - associated with cold front incursions, although there are also significant currents to W and SW - due to predominant winds. In the region, the tide is semi-diurnal, with components  $M_2$  and  $S_2$  having amplitudes of 33.78 and 22.23 cm, respectively; the standard deviation of the sea level reached 37.50 cm.*

*When examining the observations, the highest correlation (0.34) was between the tide and the depth-averaged currents in the sheltered part of As Ilhas, followed by the correlation between the wind and the depth-averaged currents in the oceanic part (0.29).*