

### II.5.1.2 - Oceanografia

São descritos a seguir os principais aspectos oceanográficos da bacia de Campos, com ênfase na área prevista para as atividades de produção de óleo e gás da P-53, englobando as massas d'água, parâmetros físicos e químicos da água (especialmente temperatura e salinidade), correntes, batimetria, marés e ondas.

São apresentados, também, dados oceanográficos referentes a programas de monitoramento, programas de caracterização ambiental e pesquisas científicas obtidos na bacia de Campos, incluindo a área do Campo de Marlim Leste.

O Quadro II.5.1.2-1 mostra a fonte e o método de amostragem dos dados obtidos para os principais parâmetros oceanográficos analisados no relatório. Na Figura II.5.1.2-1, aparecem georeferenciadas as estações de coleta dos principais dados oceanográficos com suas respectivas fontes, com exceção de Levitus (1994) que trabalhou com a média de inúmeras estações e diferentes equipamentos de coleta dentro de um quadrado de Mardsen (QMD376/SQMD20).

**Quadro II.5.1.2-1 - Métodos de amostragem dos parâmetros oceanográficos analisados.**

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	PARÂMETRO	AMOSTRAGEM
Levitus, 1994	Temperatura e Salinidade	CTD, XBT e DBT
Souza, 1988	Ondas	-
Seixas, 1997	Ondas	Bóia direcional do tipo "pitch and roll"
Lima, 1997	Correntes	Correntômetro Aanderaa RCM-7
Lima, 1997	Temperatura e Salinidade	CTD SBE-25
Salles, 2000	Maré	Marégrafo

#### Caracterização Geral

##### a) Massas d'água

O oceano Atlântico Sul recebe águas do Atlântico Norte, do Pacífico, do Mar de Weddell e, em menor volume, águas do Índico (através da extensão da Corrente das Agulhas). Estas massas d'água apresentam diferentes densidades, características de temperatura e salinidade, padrões e níveis de circulação, cada

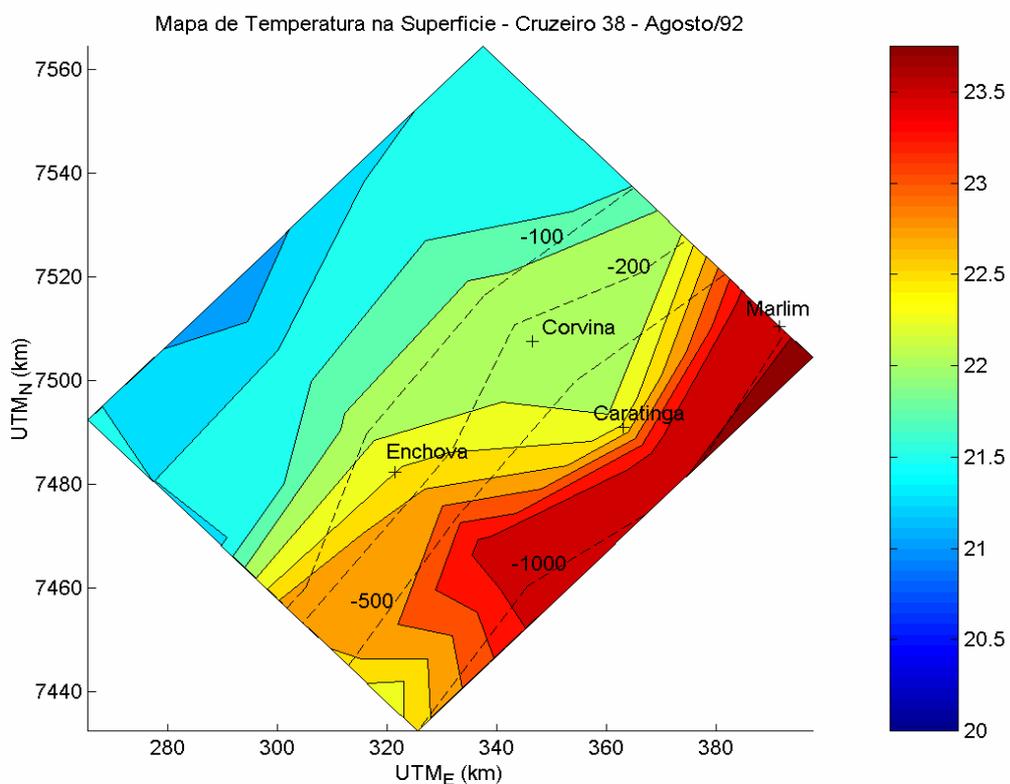
uma delas contribuindo distintamente na formação da circulação termohalina do Atlântico Sul. A análise do comportamento das estruturas térmica e salina vertical das águas oceânicas adjacentes à plataforma continental é uma ferramenta de grande valia no estudo da circulação oceânica.

As descrições das massas d'água contidas nesta seção foram obtidas através da análise conjunta das seções de temperatura (°C) e salinidade, baseando-se nas características já conhecidas das massas na região (FUNDESPA, 1994). A análise das seções realizadas em cruzeiros oceanográficos do Programa de Monitoramento Oceânico da Bacia de Campos mostra a ocorrência de estruturas termohalinas típicas identificadas basicamente pela estratificação vertical em camadas de massas de água com diferentes origens.

**Figura II.5.1.2-1 - Mapa de estações de coleta de dados georeferenciadas (A3)**

**Figura II.5.1.2-1 - Mapa de estações de coleta de dados georeferenciadas. (A3)**

A Figura II.5.1.2-2 ilustra a distribuição horizontal da temperatura na superfície do oceano, medidas através do equipamento denominado CTD, a partir de um cruzeiro oceanográfico realizado em agosto de 1992 na bacia de Campos. As linhas pontilhadas indicam as isóbatas (linhas de profundidade idêntica) de -100, -200, -500 e -1000 metros. A quebra da plataforma continental encontra-se em torno da isóbata de -200 metros. Pode-se observar claramente a variação da temperatura superficial de valores em torno de 20°C na plataforma continental para valores superiores a 23°C na região do talude continental.



**Figura II.5.1.2-2 - Distribuição horizontal do campo de temperatura em região da bacia de Campos.** Fonte: PETROBRAS/CENPES, 2001.

Diversos autores estudaram a distribuição das massas d'água no oceano Atlântico Sul em região que engloba a costa sudeste brasileira, tais como Reid (1989), FUNDESPA (1994), Schmid *et al.* (1995), Siedler *et al.* (1996) e Lima (1997), e seus trabalhos colaboram para descrever as características das massas d'água da bacia de Campos. Segundo a bibliografia oceanográfica atual, as águas presentes no talude e na região oceânica da bacia de Campos são caracterizadas

principalmente pela distribuição horizontal e vertical de quatro tipos de água: Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN). Segundo seus índices termohalinos elas podem ser classificadas de forma a representar esquematicamente suas distribuições espaciais, sendo elas:

★ **Água Tropical (AT)** – Formada em baixas latitudes, onde a taxa de evaporação é maior que a taxa de precipitação, caracterizada principalmente pelos altos valores de salinidade e temperatura, essa massa é transportada para sul pela corrente do Brasil. A AT penetra na plataforma continental externa, onde forma uma frente na superfície com a Água Costeira (água de plataforma com salinidade inferior à AT devido à contribuição do Rio Paraíba do Sul). A AT situa-se acima da Água Central do Atlântico Sul e por ter como limite superior a superfície do oceano, apresenta relação entre as variações de seus parâmetros termohalinos e as condições climáticas da região onde se encontra. A AT pode ser caracterizada pelos seguintes valores:

- ↪ Posicionamento (média): 0 a 170 m de profundidade
- ↪ Salinidade: > 36,0
- ↪ Temperatura: > 18°C

★ **Água Central do Atlântico Sul (ACAS)** – Esta massa se forma por afundamento das águas na região de Convergência Subtropical e normalmente ocupa a termoclina principal da região oceânica adjacente à plataforma continental sendo caracterizada por uma reta no diagrama TS. O fluxo principal da ACAS é na direção Norte, no entanto a ACAS circula com as correntes do Atlântico Sul e Benguela e atinge a costa da América do Sul transportada pela corrente Sul Equatorial, onde se bifurca, parte flui rumo ao Equador enquanto a outra porção toma o rumo Sul. Este padrão de circulação é confirmado por autores como Tsuchya (1986), Reid (1989) e Stramma & England (1999) que mostram o movimento da ACAS na

direção Sul em latitudes abaixo de 20°S ao largo da costa do sudeste brasileiro (Silveira *et al.*, 2000).

↪ Limite Superior: Posicionamento (média): 170 m de profundidade

Salinidade: 36,0

Temperatura: 18°C

↪ Limite Inferior: Posicionamento (média): 580 m de profundidade

Salinidade: 34,6

Temperatura: 8°C

- ★ **Água Intermediária Antártica (AIA)** – Formada por misturas sub-superficiais na região da Convergência Antártica, flui em direção ao norte na região de estudo e é caracterizada por apresentar um núcleo de mínima salinidade no diagrama TS. Seu valor de salinidade máxima corresponde às profundidades limite da AIA entre a ACAS (superior) e a APAN (inferior).

Salinidade Máxima (média): 34,6

Salinidade Mínima (média): 34,35

↪ Limite Superior: Posicionamento (média): 580 m

Temperatura: 8°C

↪ Limite Inferior: Posicionamento (média): 1100 m

Temperatura: 3,5°C

- ★ **Água Profunda do Atlântico Norte (APAN)** – Massa d'água hipersalina e rica em oxigênio, embora pobre em nutrientes, é originária da região entre o Mar de Labrador, a Noruega e o Mar da Groenlândia, sendo este último considerado como sua principal fonte e responsável por mais de 80% do seu volume total. Esta massa é formada a partir do resfriamento das águas de superfície, com conseqüente afundamento, e flui em direção ao sul através do Equador (Reid, 1989). Foram assumidas como APAN águas com as seguintes características:

- ↪ Posicionamento (média): profundidades maiores que 1100 m
- ↪ Salinidade: > 34,6
- ↪ Temperatura: < 3,7°C

De acordo com o cruzeiro BIO II realizado na Bacia de Campos no outono do ano de 2003 as interfaces entre as massas d'água encontram-se nas seguintes profundidades: 144 dbar para a interface AT-ACAS; 440 dbar para a interface ACAS-AIA e 961 dbar para a interface AIA-APAN (PETROBRAS/CENPES, 2003).

Dentre os eventos locais de maior importância observados, pode-se citar o afloramento da ACAS em direção à plataforma continental, fenômeno bastante freqüente e característico na região, chegando a atingir profundidades de até 95m na região do talude médio (em lâmina d'água de 1000 m) e 70 m na região de quebra da plataforma (em lâmina d'água de 200 m), durante o verão.

#### *b) Temperatura e Salinidade da Água do Mar*

Os campos de temperatura e salinidade da água do mar na Bacia de Campos são típicos da região de quebra de plataforma continental na costa sudeste brasileira. Estes campos apresentam perfis característicos da mistura de águas de plataforma continental (homogeneizadas por ação de ventos e de marés) e de águas oceânicas.

- *Temperatura*

O parâmetro temperatura comprovou a disposição das massas d'água na área, que também poderá ser verificada através da salinidade. Os primeiros 40 metros apresentam uma grande instabilidade possivelmente em função de condições meteorológicas. Entre 150 e 600 metros, o perfil de temperatura mostra-se mais estável, evidenciando as duas profundidades que definem os pontos de interação entre três das massas d'água (AT, ACAS e AIA) existentes na região (Levitus, 1994). Levitus (1994) apresenta perfis de dados até 1000 metros de profundidade não contemplando então a profundidade limite entre AIA e APAN.

Conforme evidenciam as Figuras II.5.1.2-3 a II.5.1.2-6, apresentadas a seguir, os valores variam anualmente de 26,89°C a 22,82°C na superfície; de 8,34°C a 6,69°C, a 600 metros; e de 4,02°C a 3,35°C, a 1000 m.

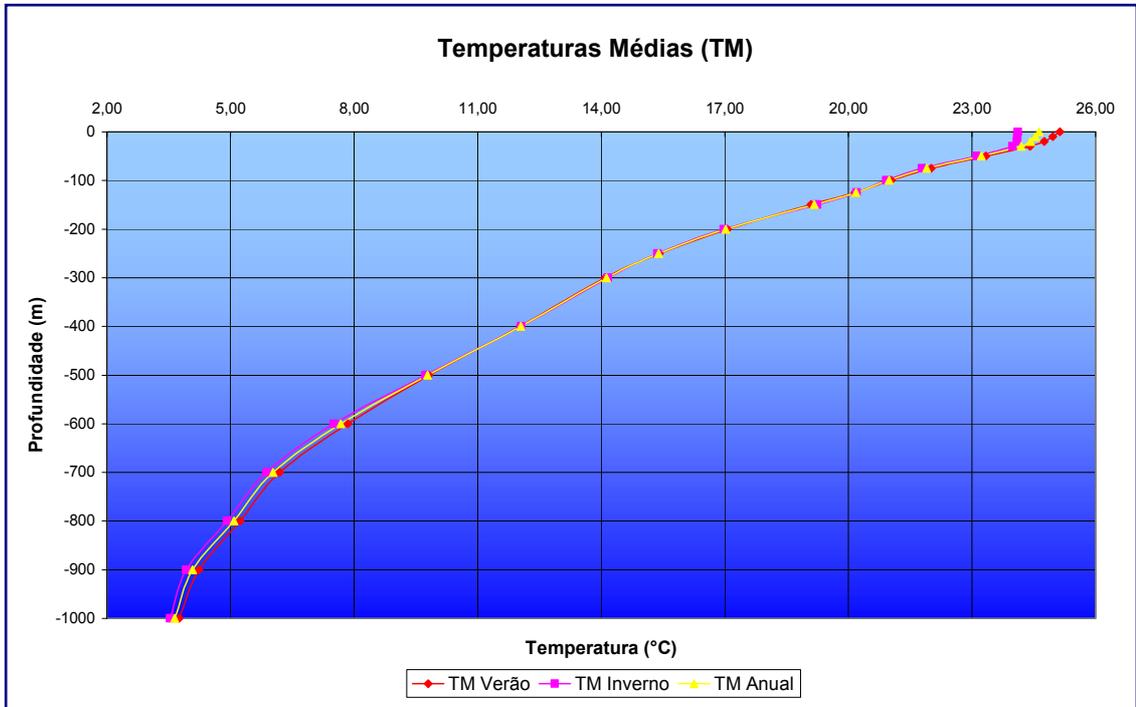


Figura II.5.1.2-3 - Temperaturas médias anuais, de inverno e de verão. Fonte: Levitus, 1994.

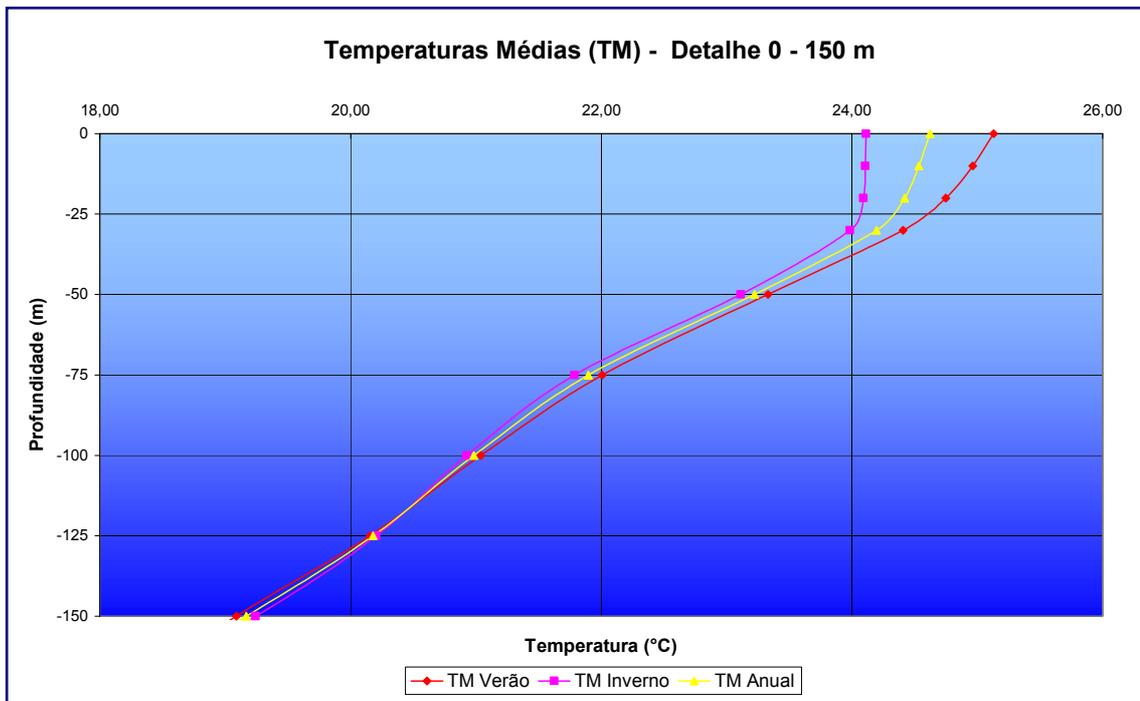


Figura II.5.1.2-4 - Detalhe de 0 a 150 m. Fonte: Levitus, 1994.

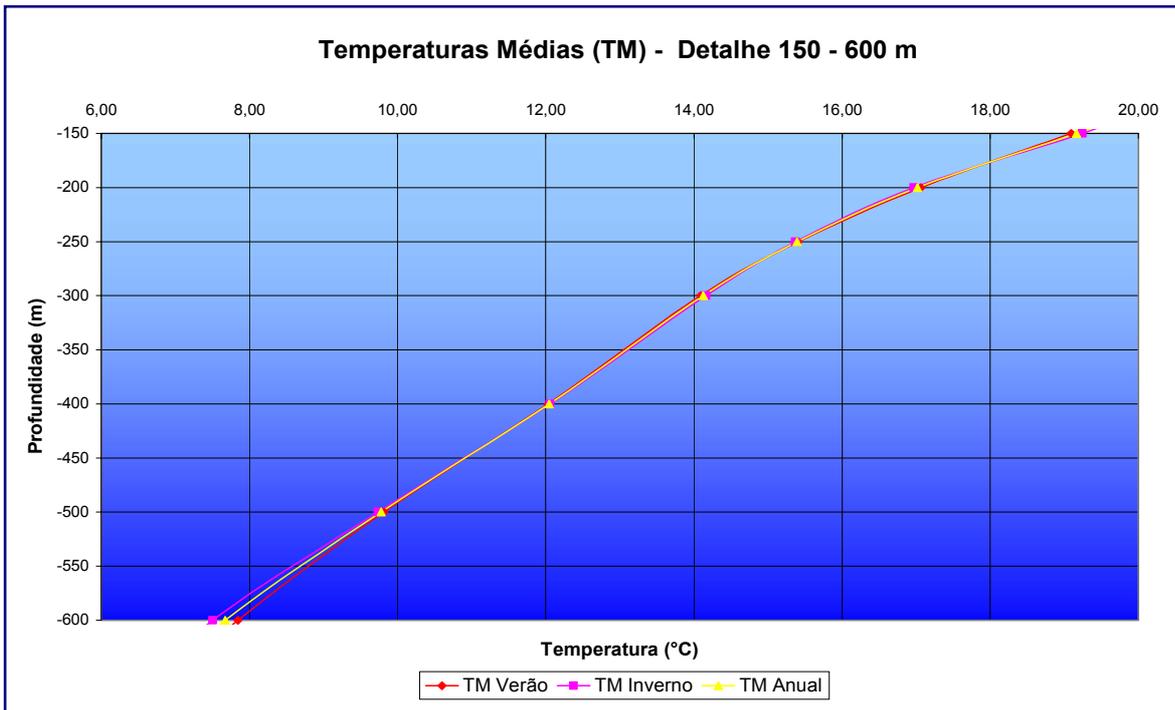


Figura II.5.1.2-5 - Detalhe de 150 a 600 m. Fonte: Levitus, 1994.

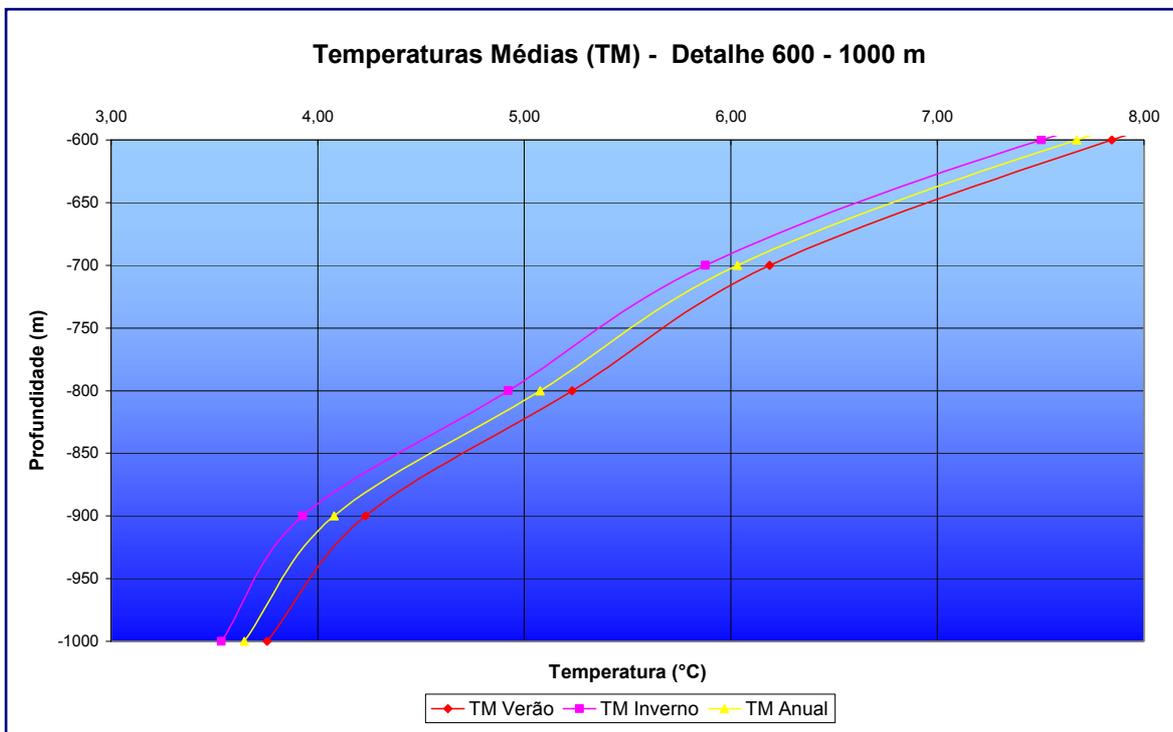


Figura II.5.1.2-6 - Detalhe de 600 a 1000 m. Fonte: Levitus, 1994.

No verão, a maior instabilidade é observada nos primeiros 40 metros, com o início da termoclina na faixa dos 50 metros de profundidade. O limite superior da AIA na coluna d'água pode ser localizado na faixa de profundidade entre 580 e 600 metros e o mês de Dezembro apresenta as maiores temperaturas superficiais durante o ano. No inverno, a instabilidade superficial atinge os 40 metros, com o início da termoclina na faixa dos 50 metros mostrando um comportamento parecido com o verão, porém com valores menores. O mês de Agosto apresenta as menores temperaturas superficiais durante o ano. Registros do início da AIA são verificados na faixa de profundidade entre 560 e 580 metros.

De forma conclusiva, a faixa de maior variação de valores situa-se nos primeiros 50 metros, com a interface entre a AT e a ACAS ocorrendo de 150 a 200 metros, e a interface desta última com a AIA, na faixa de 550 a 650 metros.

**Quadro II.5.1.2-2 - Valores médios, desvios e amplitudes de temperatura para o QMD 376/SQMD 20.**

PROF (m)	TEMPERATURA (°C)								
	MÍNIMA	MÉDIA	DESV PAD	VERÃO	DESV PAD	INVERNO	DESV PAD	MÁXIMA	AMPLITUDE
0	22,82	24,62	1,50	25,13	1,52	24,11	1,42	26,89	4,07
-10	22,76	24,53	1,46	24,96	1,48	24,11	1,43	26,80	4,04
-20	22,73	24,42	1,38	24,75	1,41	24,09	1,40	26,59	3,86
-30	22,60	24,20	1,27	24,41	1,26	23,98	1,36	26,16	3,56
-50	21,99	23,22	0,94	23,33	0,91	23,11	1,04	24,75	2,77
-75	21,22	21,90	0,58	22,01	0,41	21,79	0,74	22,98	1,76
-100	20,46	20,98	0,35	21,04	0,30	20,93	0,41	21,59	1,14
-125	19,24	20,18	0,51	20,16	0,37	20,20	0,66	21,14	1,91
-150	18,16	19,17	0,54	19,09	0,30	19,24	0,74	20,27	2,11
-200	16,34	17,02	0,36	17,06	0,27	16,97	0,46	17,37	1,03
-250	14,94	15,39	0,28	15,41	0,27	15,37	0,31	15,85	0,91
-300	13,72	14,12	0,21	14,09	0,15	14,16	0,27	14,42	0,70
-400	11,64	12,04	0,19	12,03	0,15	12,06	0,23	12,28	0,64
-500	8,80	9,78	0,40	9,82	0,32	9,74	0,50	10,37	1,57
-600	6,69	7,67	0,47	7,85	0,19	7,50	0,62	8,34	1,65
-700	5,42	6,03	0,34	6,19	0,22	5,88	0,38	6,48	1,06
-800	4,52	5,08	0,41	5,23	0,51	4,92	0,22	6,24	1,71
-900	3,78	4,08	0,28	4,23	0,32	3,93	0,10	4,87	1,09
-1000	3,35	3,64	0,16	3,76	0,14	3,53	0,10	4,02	0,66

Fonte: Levitus, 1994.

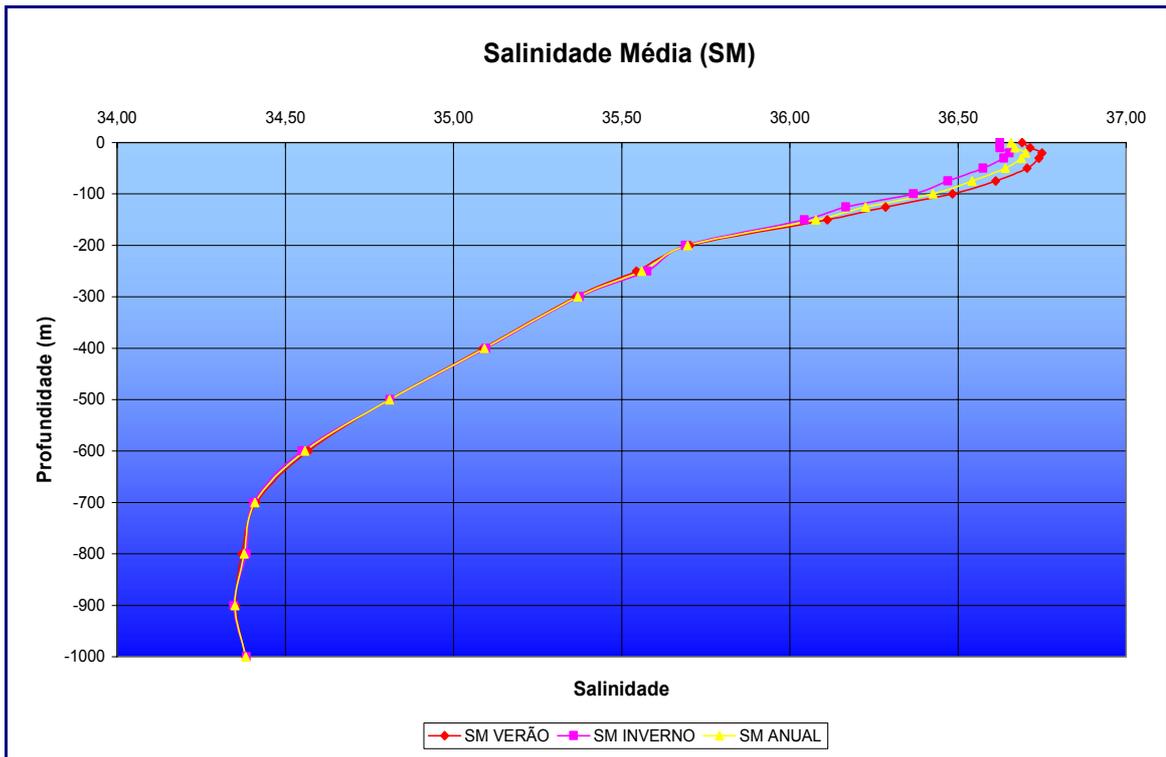
As Figuras II.5.1.2-3 a II.5.1.2-6 demonstram que as maiores diferenças de valores de verão para os de inverno estão na faixa da superfície até 125 metros, seguidas de pequenas variações nos valores do parâmetro na faixa de 600 a 1000 m. A camada intermediária de 150 a 600 metros apresenta-se bem homogênea, sendo um registro da posição e da largura da ACAS.

No verão, as maiores variações encontram-se junto à superfície (em função de chuvas), com o resto do perfil apresentando grande estabilidade. Isto já não é característico no inverno, onde a tendência de manutenção das condições de verão é enfraquecida pelas passagens de frentes frias, que interrompem os processos de ressurgência da ACAS, principalmente sobre a plataforma. Esta instabilidade explica a alternância de temperaturas na faixa de 100 a 150 m. Nesta última profundidade, também é observada a maior amplitude térmica anual dos dados abaixo da camada de mistura.

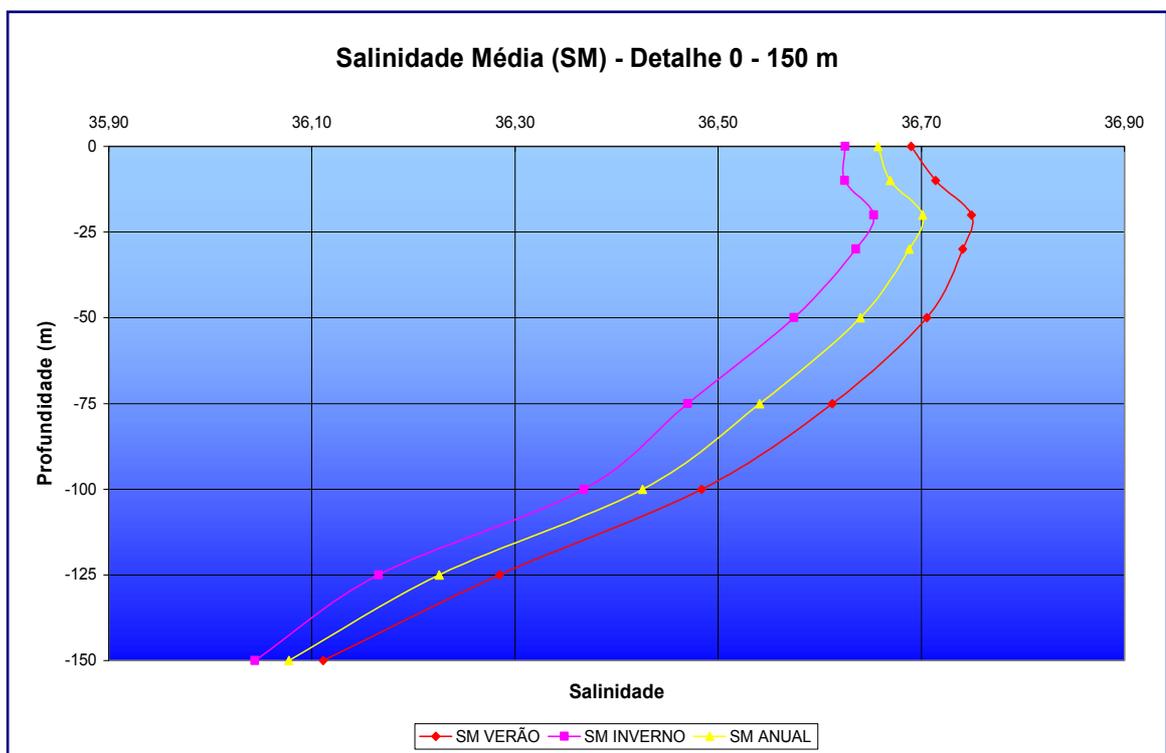
- *Salinidade*

Os dados referentes à salinidade comprovam os valores limites esperados segundo a distribuição de massas de água nesta região (Levitus, 1994). O perfil apresenta valores superficiais de quase 37 característicos da AT, encontrados na Corrente do Brasil.

A maior instabilidade ao longo da coluna d'água é observada até a profundidade de 200 m, podendo este limite ser atribuído à profundidade de interação da AT com a ACAS. O registro da ACAS estende-se até cerca de 600 metros. Abaixo desta profundidade observa-se grande estabilidade entre os perfis de salinidade média anual, de verão e de inverno, encontrados na faixa de 600 a 1000 m. Nesta região fica sob o domínio da AIA que apresentou seu núcleo localizado na profundidade de 900 metros. As Figuras II.5.1.2-7 a II.5.1.2-10, a seguir, apresentam o comportamento deste parâmetro, enfocando a grande estabilidade, com pequena variação anual, da faixa intermediária que vai dos 150 aos 600 metros.



**Figura II.5.1.2-7 - Salinidades médias anuais, de inverno e de verão.** Fonte: Levitus, 1994.



**Figura II.5.1.2-8 - Detalhe de 0 a 150 m.** Fonte: Levitus, 1994.

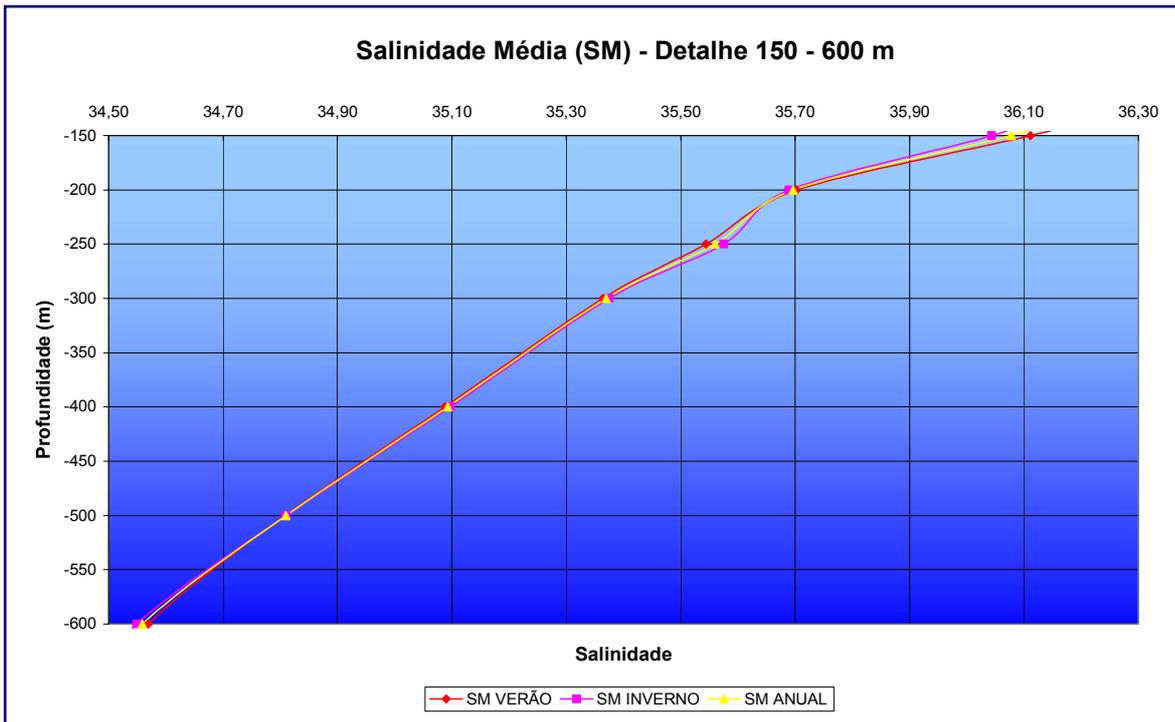


Figura II.5.1.2-9 - Detalhe de 150 a 600 m. Fonte: Levitus ,1994.

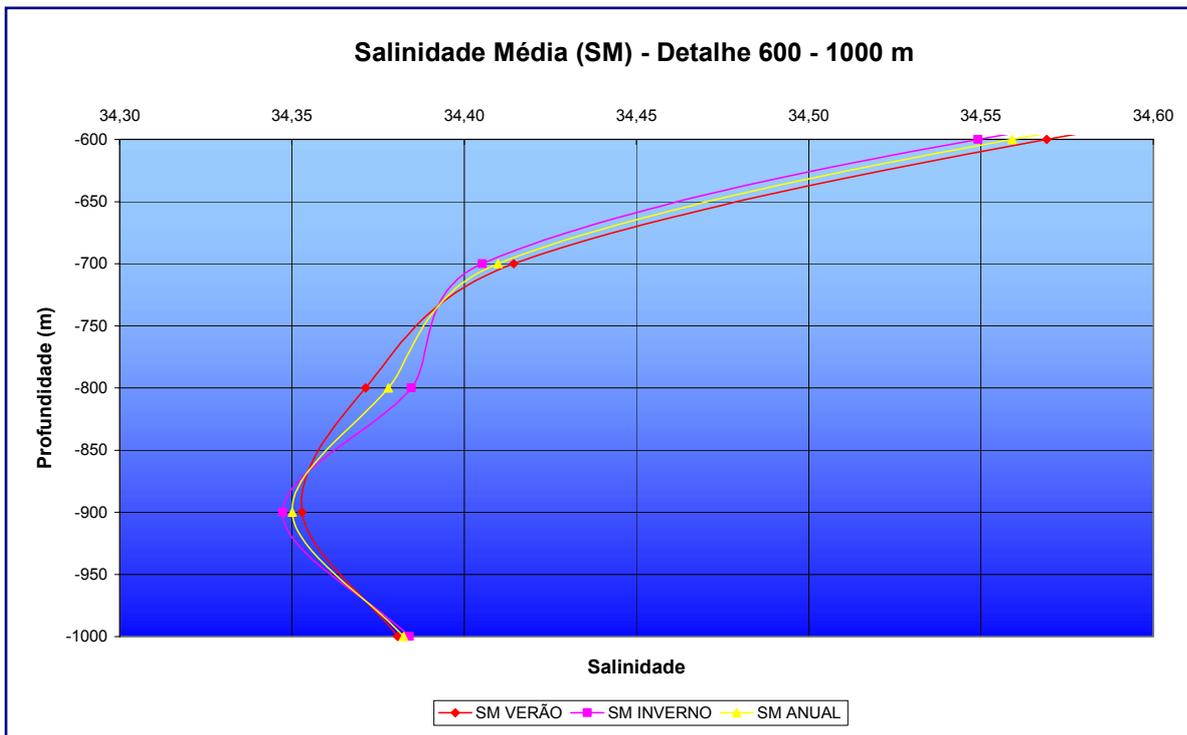


Figura II.5.1.2-10 - Detalhe de 600 a 1000 m. Fonte: Levitus ,1994.

Os dados médios de salinidade são apresentados a seguir no Quadro II.5.1.2-3.

**Quadro II.5.1.2-3 - Valores médios, desvios e amplitudes de salinidade para o QMD 376/SQMD 20.**

PROF (m)	SALINIDADE								
	MÍNIMA	MÉDIA	DESV PAD	VERÃO	DESV PAD	INVERNO	DESV PAD	MÁXIMA	AMPLITUDE
0	36,50	36,66	0,10	36,69	0,11	36,62	0,10	36,85	0,35
-10	36,49	36,67	0,10	36,71	0,08	36,62	0,10	36,83	0,35
-20	36,52	36,70	0,10	36,75	0,08	36,65	0,10	36,87	0,35
-30	36,51	36,69	0,09	36,74	0,07	36,64	0,08	36,84	0,33
-50	36,43	36,64	0,11	36,71	0,09	36,57	0,09	36,79	0,35
-75	36,33	36,54	0,11	36,61	0,06	36,47	0,10	36,70	0,38
-100	36,16	36,43	0,14	36,48	0,05	36,37	0,17	36,57	0,42
-125	35,96	36,23	0,14	36,28	0,07	36,17	0,18	36,38	0,43
-150	35,81	36,08	0,16	36,11	0,09	36,04	0,21	36,33	0,52
-200	35,55	35,70	0,10	35,70	0,07	35,69	0,12	35,85	0,30
-250	35,42	35,56	0,08	35,54	0,06	35,58	0,11	35,67	0,25
-300	35,26	35,37	0,06	35,36	0,04	35,37	0,08	35,45	0,20
-400	35,01	35,09	0,06	35,09	0,06	35,10	0,06	35,17	0,16
-500	34,68	34,81	0,07	34,81	0,06	34,81	0,08	34,92	0,24
-600	34,45	34,56	0,06	34,57	0,05	34,55	0,08	34,67	0,22
-700	34,34	34,41	0,03	34,41	0,03	34,41	0,04	34,46	0,12
-800	34,31	34,38	0,03	34,37	0,03	34,38	0,04	34,42	0,11
-900	34,31	34,35	0,03	34,35	0,02	34,35	0,04	34,40	0,09
-1000	34,33	34,38	0,03	34,38	0,02	34,38	0,04	34,42	0,09

Fonte: Levitus, 1994.

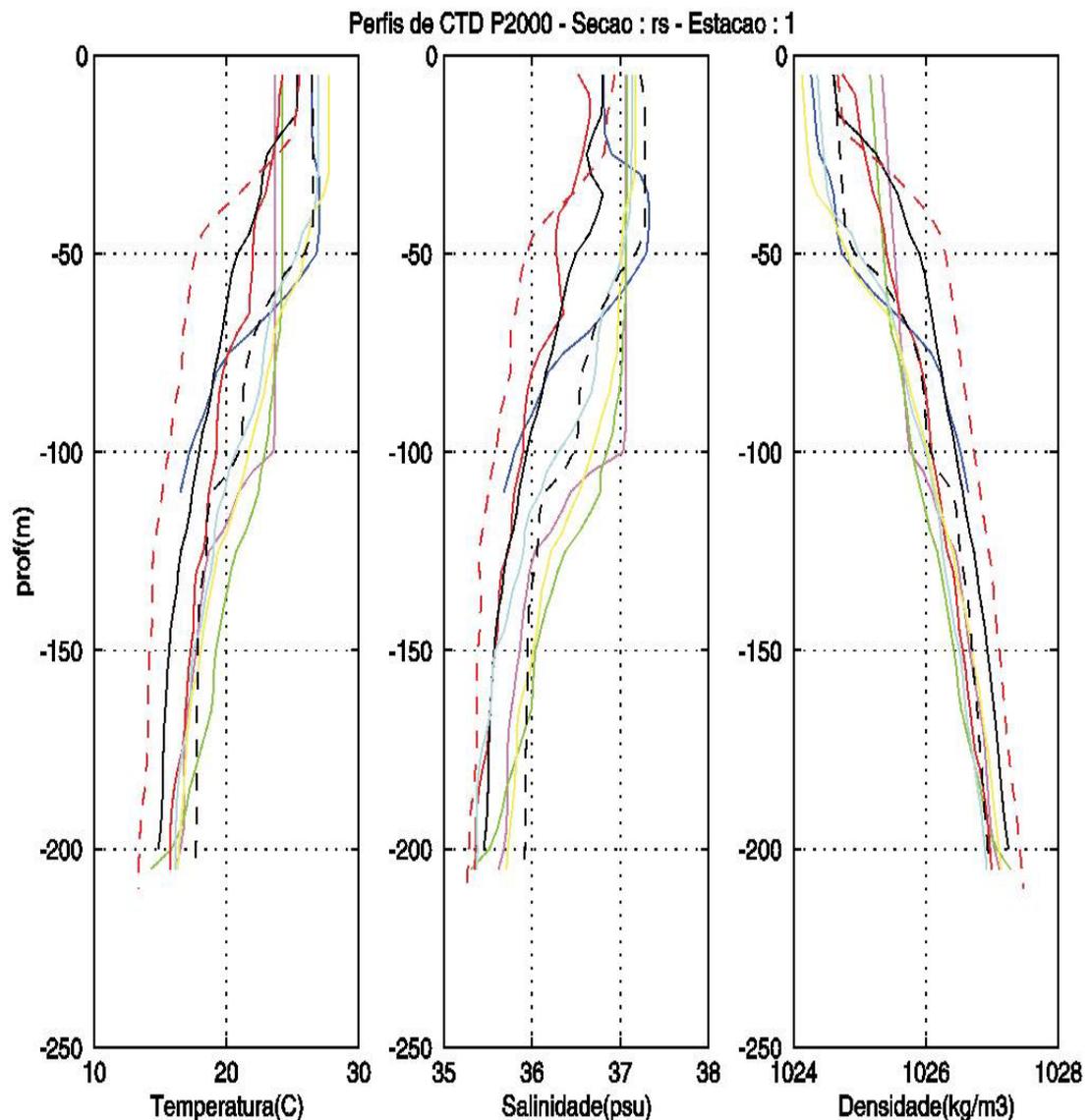
A Petrobras realizou algumas coletas de perfis de temperatura e salinidade especificamente na região do Campo de Barracuda, como apoio as suas operações “offshore”. Foram utilizados equipamentos oceanográficos, denominados Perfiladores de Condutividade-Temperatura-Pressão (CTD - *Conductivity-Temperature-Depth profilers*), que são capazes de medir os campos destes parâmetros ao longo de um perfil vertical a partir de um navio na superfície do oceano (Lima & Nunes, 2002).

A Figura II.5.1.2-11 ilustra perfis de temperatura (em graus Centígrados), de salinidade e de densidade (em kg/m<sup>3</sup>), medidos em cruzeiros oceanográficos realizados em intervalos regulares de dois meses entre Maio de 1994 e Maio de 1995 em um local com lâmina d’água de 206 metros e coordenadas UTM de 7.464.276 N e 317.008 E.

Como observado nos perfis de temperatura, existe uma camada homogênea próxima à superfície denominada “Camada de Mistura”, que se estende até aproximadamente 50 metros de profundidade e que possui temperaturas típicas em torno de 22°C até 27°C. Abaixo desta camada, surge uma camada com gradiente praticamente linear de decréscimo de temperatura com o aumento da profundidade, denominada termoclina. As temperaturas na profundidade de 200 metros estão na faixa de 12°C até 18°C, variação térmica que evidencia períodos de ressurgência da ACAS.

Os perfis de salinidade apresentam valores na superfície na faixa de 36,5 até 37,2. Pode-se observar claramente a camada de mistura até aproximadamente 50 metros, e logo abaixo o decréscimo linear de salinidade com o aumento da profundidade. Os perfis de densidade apresentam comportamento similar, pois a densidade da água do mar é calculada em função de suas propriedades de temperatura, salinidade e pressão.

Em dois cruzeiros realizados na Bacia de Campos, BIO I (2002) e BIO II (2003) a camada de mistura ficou definida na média das estações de coleta na profundidade de 39 metros no cruzeiro BIO I (final de primavera) e 83 metros no cruzeiro BIO II (final de outono) mostrando um comportamento sazonal para a camada de mistura na região (PETROBRAS/CENPES, 2003).



**Figura II.5.1.2-11** - Perfis medidos de temperatura, salinidade e densidade da água do mar em uma lâmina d'água de 206 metros na Bacia de Campos no Campo de Barracuda.

Os valores demonstram uma maior variação dos parâmetros do que os valores observados nos perfis médios de Levitus para a região oceânica (profundidades de até 1000 m), em função das alternâncias das massas d'água sobre a plataforma, mais diretamente ligada às ocorrências de penetrações da ACAS sobre esta região costeira.

Outra característica da dinâmica oceanográfica pode ser evidenciada nos perfis de temperatura e salinidade a partir da variação sazonal. No inverno, aparece uma camada superficial mais homogênea, com tendência a perfis

isotérmicos e isohalinos até o início da termoclina permanente (que nesta área ocorre de 70 a 120 metros), como representado no perfil de cor verde da Figura II.5.1.2-11.

Na primavera, o aumento da insolação e a constância dos ventos de NE/E causam um aquecimento na camada superficial, originando um gradiente positivo de temperatura mais próximo à superfície. Em zonas temperadas, esta feição é chamada de termoclina sazonal, e apresenta uma definição muito clara de sua ocorrência. No entanto, em regiões tropicais, é uma feição transitória, não sendo constante ao longo do período.

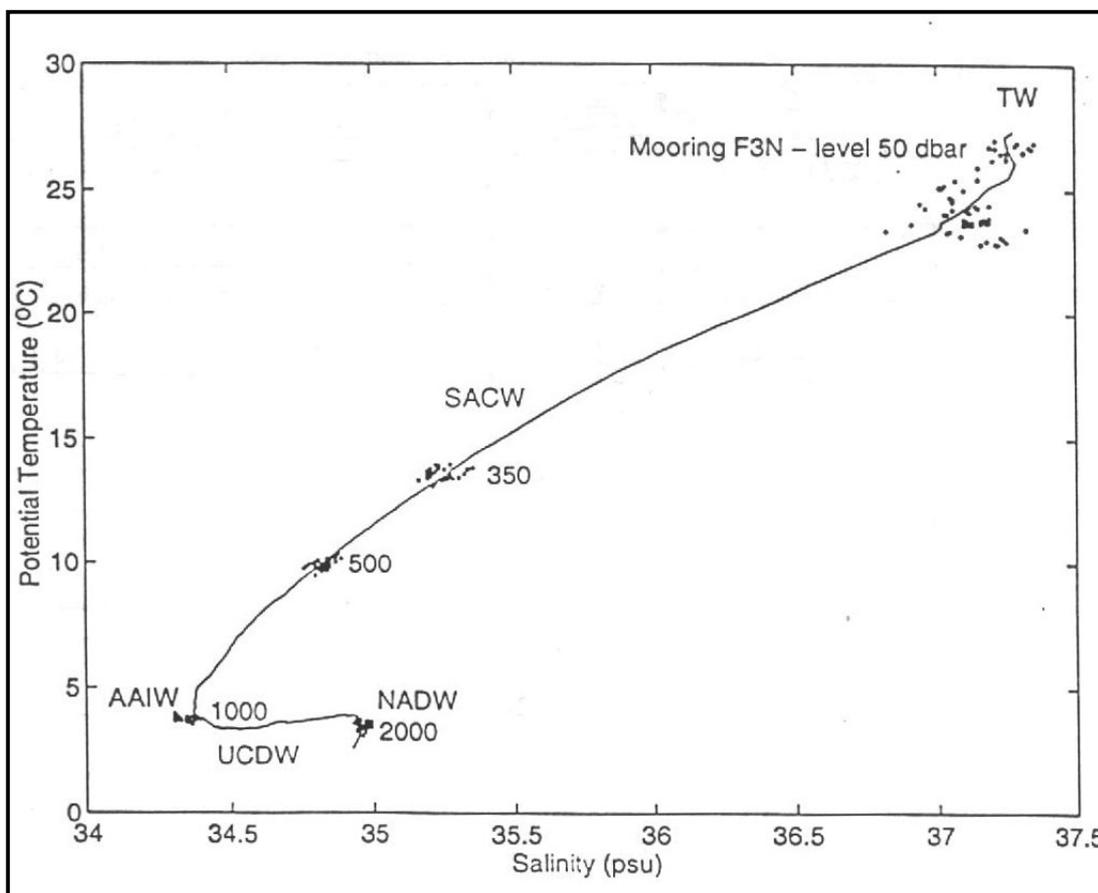
No verão, com a maior insolação e ocorrência de chuvas, a temperatura superficial aumenta mais ainda, associada a um decréscimo de salinidade, originando um acentuado gradiente que tende a crescer durante a seqüência da estação, principalmente no perfil de temperatura. A diferença acentuada entre a camada superficial mais aquecida e as camadas inferiores é claramente expressa na redução da espessura (profundidade) da primeira e o aumento da espessura da zona de maior gradiente (perfil representado pela linha vermelha pontilhada da Figura II.5.1.2-11).

Com o advento do outono, a alteração nas características das condições meteorológicas, com as passagens mais freqüentes de frentes frias, causa turbulência nesta camada superficial. Associada à redução do aquecimento da insolação, a diferença de temperatura entre a camada mais superficial e as adjacentes diminui, originando um perfil mais homogêneo até uma profundidade maior que aquela onde se encontrava a feição transitória de verão (perfil representado pela linha azul contínua da Figura II.5.1.2-11). A partir daí, a estabilização das condições dinâmicas retornam ao perfil característico mais constante de inverno.

- *Diagrama T-S*

O diagrama TS é uma ferramenta que possibilita uma melhor compreensão dos processos de formação, propagação e mistura das diferentes massas d'água, mostrando a variação da combinação dos parâmetros, salinidade e temperatura, na coluna d'água.

A seguir é apresentada a Figura II.5.1.2-12, que mostra o diagrama T-S para os dados coletados por Lima (1997) em perfisagens de CTD em pontos ao norte e ao sul da bacia de Campos, sobre as isóbatas de 200 m, 1000 m e 2000 m. Na Figura são relacionadas as massas d'água descritas anteriormente neste relatório (TW – Água Tropical [AT], SACW – Água Central do Atlântico Sul [ACAS], AAIW – Água Intermediária Antártica [AIA] e NADW – Água Profunda do Atlântico Norte [APAN]).



**Figura II.5.1.2-12 - Diagrama T e S nas mesmas profundidades dos equipamentos utilizados no fundeio F3N.** Fonte: Lima, 1997.

### c) Correntes

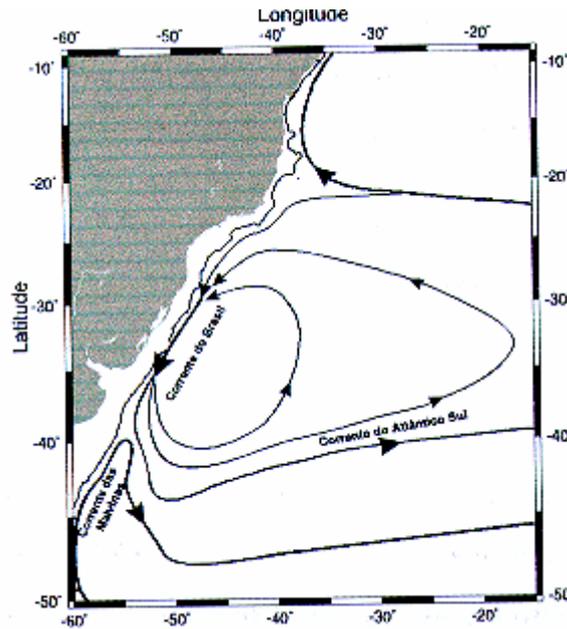
A dinâmica da circulação ao largo da costa SE brasileira é determinada pelo fluxo das massas d'água (AT, ACAS, AIA e APAN) encontradas na região e também influenciada pela batimetria local. A Corrente do Brasil (CB) é a principal

corrente que caracteriza a circulação superficial e sub-superficial da costa SE brasileira e o seu comportamento tem grande influência na dinâmica da região.

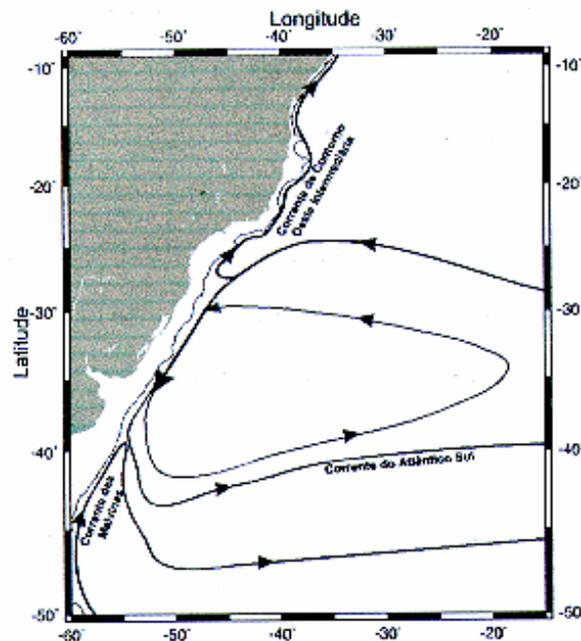
Antes de chegar à bacia de Campos, parte significativa do fluxo da Corrente do Brasil (CB) passa através dos canais dos bancos de Abrolhos e divide-se em dois ramos. Um deles flui afastado da costa, além da isóbata de 3000 m (Stramma *et al.*, 1990 *apud* Lima, 1997), enquanto o outro flui seguindo a linha de quebra da plataforma, onde se estende até o fundo, com uma significativa parte fluindo sobre a plataforma externa, que algumas vezes localiza-se aquém da isóbata de 100 m (Signorini, 1978), apresentando um estreitamento no seu lado oriental (devido a um cisalhamento ciclônico) durante a maioria dos meses (Signorini, 1976).

O núcleo da CB possui grande variabilidade sazonal, afastando-se para o largo durante o inverno (Paviglione & Miranda, 1985) e estando mais junto à costa durante o verão (Moreira, 1997), embora acompanhe o formato da costa durante praticamente o ano todo (Lima, 1997). A CB possui espessura de 400-700 m ao largo do Sudeste-Sul brasileiro (Calado, 2001) e sua largura média é de aproximadamente 90 km (Moreira, 1997).

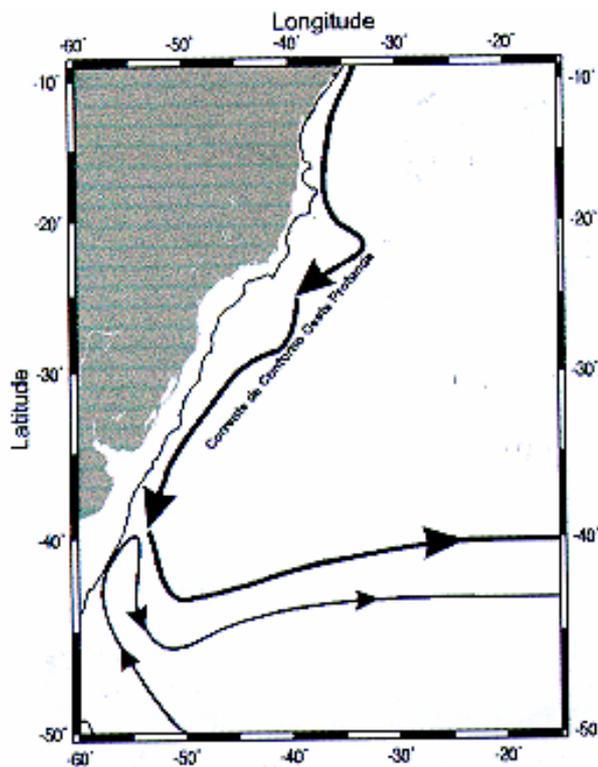
Em larga escala a direção e a intensidade das correntes na bacia de Campos é explicada pelo padrão de circulação no oceano Atlântico Sudoeste em diferentes profundidades na coluna d'água, conforme mostram as Figuras II.5.1.2-13, II.5.1.2-14 e II.5.1.2-15 a seguir.



**Figura II.5.1.2-13** - Representação esquemática da circulação no Oceano Atlântico Sudoeste ao nível de 250 metros. Fonte: Silveira et al., 2000.



**Figura II.5.1.2-14** - Representação esquemática da circulação no Oceano Atlântico Sudoeste ao nível de 800 metros. Fonte: Silveira et al., 2000.



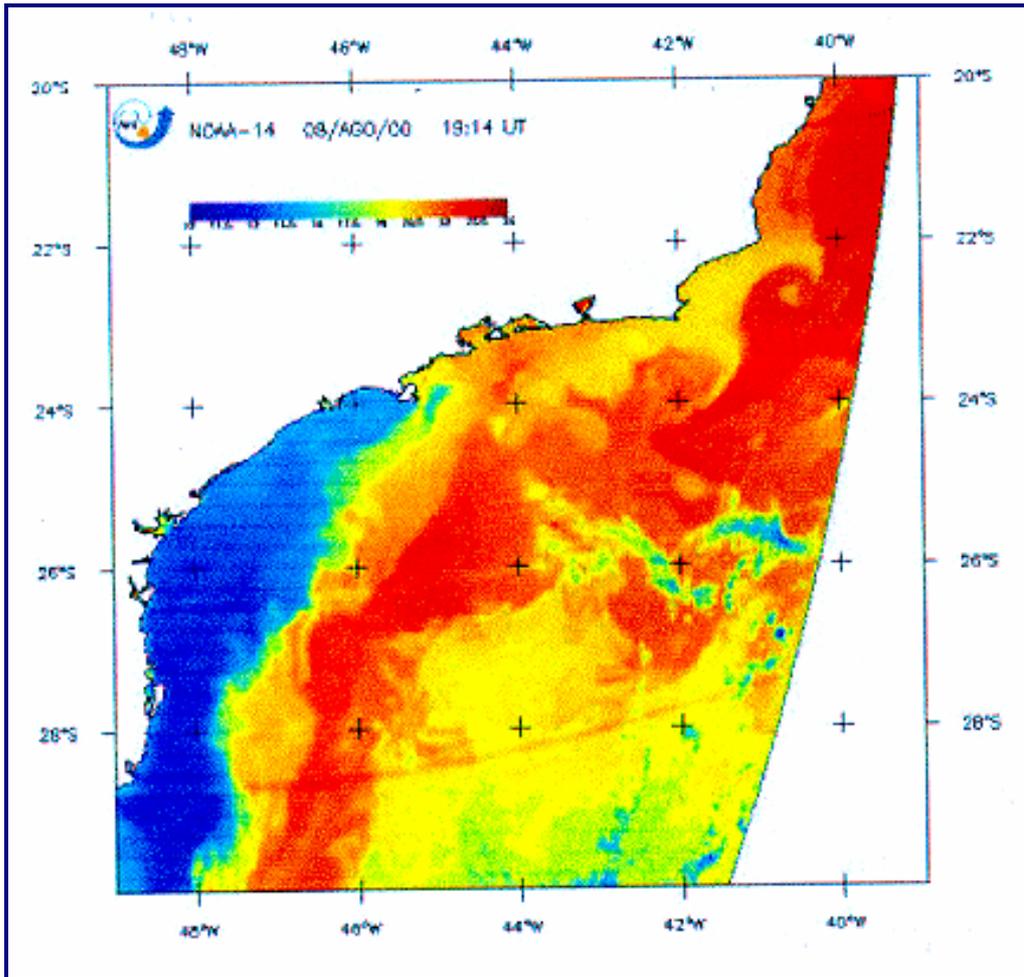
**Figura II.5.1.2-15 - Representação esquemática da circulação no Oceano Atlântico Sudoeste ao nível de 2000 metros.** Fonte: Silveira et al., 2000.

Nos primeiros 100 metros da coluna d'água, a CB flui para Sul na bacia de Campos, isto após ter tido origem na bifurcação da Corrente Sul Equatorial (CSE) em torno de 12°S. Na Figura II.5.1.2-13 nota-se que a partir do Cabo de São Tomé (22°S) a ACAS flui para sul ao largo da costa brasileira, considerando-se então a CB sendo formada por AT e ACAS na costa sudeste brasileira (Calado, 2001).

Na Figura II.5.1.2-14, na profundidade de 800 metros, observa-se uma bifurcação no fluxo da AIA na altura de 25°S, que a partir daí flui para Norte acompanhando a quebra da plataforma continental chegando à bacia de Campos como uma Corrente de Contorno Oeste Intermediária (CCI) (Calado, 2001). Na Figura II.5.1.2-15 nota-se uma Corrente de Contorno Oeste Profunda na profundidade de 2000 metros, definida na APAN que se apresenta como um fluxo organizado fluindo para Sul.

A circulação na camada superficial sobre a quebra da plataforma e no talude é caracterizada pelo fluxo da Corrente do Brasil para sul. Esta corrente representa o limite ocidental do giro subtropical do Atlântico Sul. As primeiras medições diretas da CB foram feitas por Evans e Signorini em 1985, nas latitudes de 20° 30' S e 23° S, as quais apresentaram um fluxo confinado aos primeiros 400 m de profundidade, com uma contracorrente no sentido norte abaixo destes 400 m iniciais. Na parte norte da área, acima do Cabo de São Tomé, a direção da corrente é para 180°, variando para 220° na região de Cabo Frio.

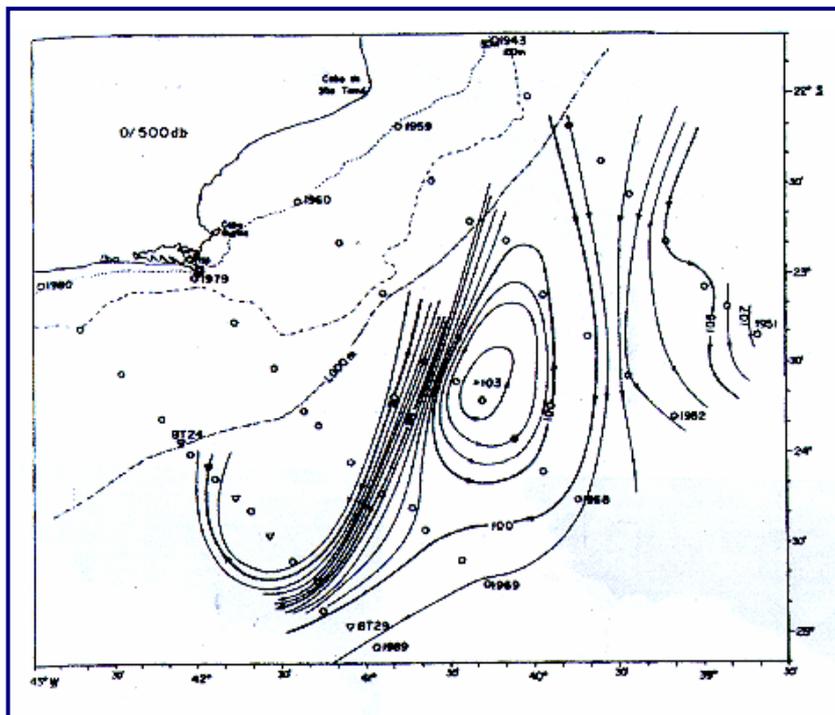
Isto está altamente coerente com a variação da linha de costa (e das isóbatas). Esta mudança de direção da linha de costa afeta significativamente a Corrente do Brasil, induzindo a formação de vórtices e meandros inclusive ao Norte de Cabo Frio dentro da Bacia de Campos (Silveira & Lima, 2001 *apud* Calado, 2001). Imagens AVHRR (Figura II.5.1.2-16), usadas por Garfield (1990), Silveira *et al.* (2000), Calado (2001) e por outros autores, parecem indicar um padrão de meandramento regular entre o Cabo de São Tomé e Cabo Frio, com a separação ocasional de vórtices ciclônicos (Lima, 1997). Signorini (1978) identificou um vórtice ciclônico entre Cabo Frio e Cabo de São Tomé, com 100 km de raio e extensão vertical de aproximadamente 500 metros (Figura II.5.1.2-17).



**Figura II.5.1.2-16** - Imagem AVHRR da região sudeste do Brasil englobando a bacia de Campos. As águas quentes, em vermelho, são características da Corrente do Brasil e as ondulações configuram meandros. Fonte: Silveira & Lima, 2001 apud Calado, 2001.

A componente que se desloca para sul cobre os primeiros 400 metros da coluna d'água, englobando a Água Tropical e grande parte da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Na porção inferior a 400 metros da coluna d'água, o restante da ACAS e a Água Intermediária Antártica (AIA) formam a chamada Contra-Corrente Intermediária Brasileira (CCIB), que tem fluxo constante para norte. O volume estimado transportado pela Corrente do Brasil na região da quebra da plataforma e do talude na latitude de 22° S é de  $5,5 \pm 2,6$  Sv. Já o volume da CIBB é estimado em  $5,1 \pm 2,8$  Sv, sendo a contribuição da AIA de  $2,6 \pm 1,2$  Sv (Lima, 1997). A seguir é apresentado o Quadro II.5.1.2-4, com a

estimativa de transporte de volume e velocidade máxima da CB feita por diversos autores.



**Figura II.5.1.2-17 - Vórtice ciclônico encontrado entre Cabo Frio e Cabo de São Tomé.** Fonte: Signorini, 1977 *apud* Calado, 2001.

**Quadro II.5.1.2-4 - Estimativa de transporte de volume e velocidade máxima da CB.**

Latitude (Sul)	Profundidade de Referência (m)	Transporte de Volume (Sv)	Velocidade Máxima (m.s <sup>-1</sup> )	Referência Bibliográfica
20° 28' S	500/1000	3,8/6,8	0,52	Evans et al. [1983]
22° S	500/1300	5,2	0,19	Signorini [1978]
22° S	Correntômetro	2,4/8,1	-	Lima [1997]
23° S	500/1300	4,4	0,52	Signorini [1978]
23° S	550	2,2/2,7	0,49	Miranda & Castro [1979]
23° S	Pegasus	11	0,50	Evans & Signorini [1985]
23° S	Pegasus	6	0,70	Garfield [1990]
23° S	600/1300	10,1/10,9	-	Stramma [1989]
24° 30' S	1300	7,5	0,25	Fisher [1963]
24° 30' S	500/1300	14,0	0,62	Signorini [1978]
24° 30' S	500/1000	4,1/7,8	0,31	Evans et al. [1983]
25° 30' S	750	7,3	0,60	Campos et al. [1985]

Fonte: Calado, 2001.

O fluxo nos níveis de 500 a 1000 metros é mais intenso na parte norte (acima do Cabo de São Tomé) do que na parte sul (Cabo Frio) da área central da bacia de Campos. Isto se deve ao fato deste fluxo para norte apresentar uma tendência de confinamento pela topografia, acelerado pela batimetria nesta área.

Próximo ao Cabo de São Tomé (22° S), a CB parece ocupar a maior parte da plataforma durante o verão. Medidas diretas de corrente feitas por Harari *et al.* em 1993 mostram que a circulação sobre a plataforma interna próxima ao Cabo de São Tomé se dá predominantemente em direção ao sul no verão, alternando entre sudoeste e nordeste durante o inverno, com a magnitude média de 0,3 a 0,5 m/s. Nos primeiros 100 metros da coluna d'água, a velocidade da corrente pode chegar a 1 m/s (Castro & Miranda, 1999).

Esta sazonalidade no comportamento da Corrente do Brasil gera diferentes campos de correntes, um para o inverno e outro para o verão quando da modelagem da dispersão de óleo, que são apresentados na forma de figura no item II.5.1.4 (Figura II.5.1.4-7).

A água que flui para sudoeste durante o verão é reforçada pelos ventos predominantes, que sopram principalmente de nordeste nesta estação, devido à influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul. No inverno, entretanto, a alta incidência de sistemas frontais induz a ocorrência de correntes com direção nordeste nas porções interna e média da plataforma (Castro & Miranda, 1999).

Outra consequência do predomínio dos ventos de NE é a ressurgência, fenômeno no qual a ACAS penetra sobre a plataforma, levando águas frias em direção à costa. Estes eventos são muito comuns na região de Cabo Frio. O movimento contrário, a subsidência, ocorre em situação de passagem de frentes frias, quando os sistemas pós-frontais (ventos fortes de sudoeste) provocam a aproximação, em direção à costa, do núcleo da corrente do Brasil, e o retorno das águas frias às maiores profundidades, com o deslocamento da massa ressurgida em direção das proximidades do Cabo de São Tomé, mais ao norte (Figura II.5.1.2-18).

A observação de importantes corpos de areia modernos e antigos no domínio superior do talude requer o entendimento da influência do padrão de circulação na borda da plataforma e no talude sobre o transporte dos sedimentos finos ao longo dela, embora existam poucas medições de longo prazo das correntes de fundo.

Desta forma, o papel desta camada no transporte de sedimento e nos complexos processos hidrodinâmicos do talude continental ainda não é inteiramente compreendido (Mc Grail & Carnes, 1983; Hill & Bowen, 1983 *apud* Lima, 1997). Mahiques *et al.* (2002) confirmam que a taxa de sedimentação na região da bacia de Campos é controlada pela morfologia da plataforma e do talude superior, pela movimentação da Água Costeira e pela dinâmica de meandramentos e conseqüente formação de vórtices na Corrente do Brasil.

Medições de corrente realizadas em três estações oceanográficas no mês de Agosto de 2002 por PETROBRAS/HABTEC, em uma campanha oceanográfica de monitoramento da plataforma P-40, no campo de Marlim Sul, mostraram a corrente superficial com velocidade variando de 0,40 a 0,99 m/s enquanto que a 200 metros de profundidade a velocidade variou de 0,21 a 0,36 m/s.

Nas três estações de coleta, não foi observada alteração significativa na direção da corrente. O fluxo da corrente foi definido entre as direções Sul e Sudeste em todas as estações desde a superfície até 200 metros de profundidade. Estes resultados evidenciam a presença da Corrente do Brasil na faixa da coluna d'água (superfície a 200 metros) em que se realizou a coleta. A Corrente do Brasil mostra-se fluindo acompanhando a linha de quebra de plataforma o que é confirmado por Signorini (1978) (PETROBRAS/HABTEC, 2002a).

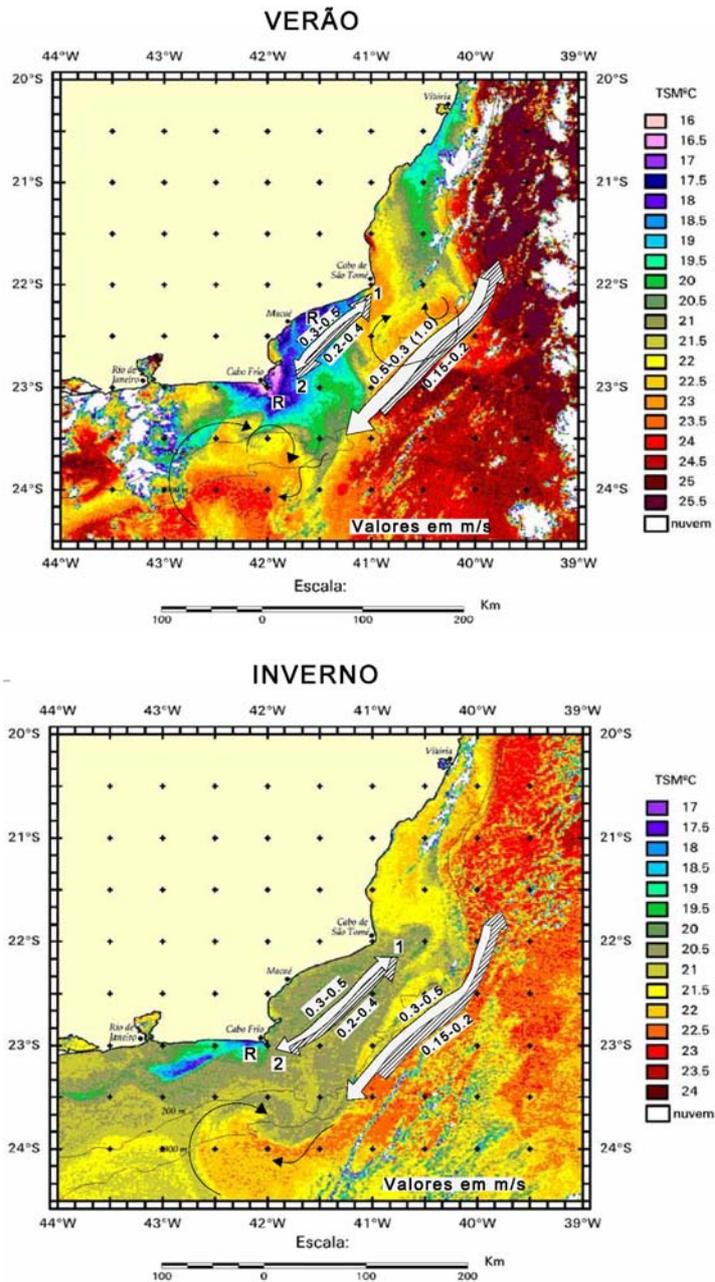
O estudo de Lima (1997) é um dos poucos existentes cobrindo um período de um ano, de julho de 1992 a agosto de 1993. Suas análises concluíram que a banda sub-inercial (de três a quinze dias) é a mais energética no espectro de frequência e um regime ativo de ressurgências e de subsidências existe na quebra da plataforma. O fluxo do declive é, na maioria das vezes, favorável à subsidência, induzido pelo fluxo geostrófico orientado para norte da contra corrente. Experiências com modelos indicaram que os ventos causam significativas respostas dos fluxos sobre a plataforma continental e a quebra da plataforma (Figura II.5.1.2-19).

O mesmo estudo também confirmou que a componente perpendicular à plataforma da corrente de fundo em águas rasas (120 m) responde ao vento local com uma defasagem de tempo de 12 a 18 horas, sendo este tempo o período necessário para que a tensão cisalhante do vento ao longo da costa crie uma

resposta de gradiente de pressão perpendicular à plataforma suficientemente forte para gerar correntes internas.

As velocidades encontradas junto ao fundo foram maiores que 0,20 m/s. Nas plataformas média e externa, e ainda na região de quebra, o valor chegou, em alguns casos, a 0,40 m/s, apresentando alternâncias nas direções de propagação (N – valor médio 0,20 m/s; S – valor médio 0,15-0,20 m/s). No talude, não houve mudança na direção (N), apresentando valor médio 0,20 m/s. Sucessivos eventos de ressurgência e subsidência também foram observados.

A velocidade da corrente relativa à contribuição da maré é baixa, de cerca de 0,05 m/s, e quase em sua totalidade, no eixo perpendicular à plataforma. Medições realizadas durante o Programa de Monitoramento Ambiental Oceânico da Bacia de Campos, realizada pela FUNDESPA/USP, comprovam que o campo de correntes marinhas na plataforma continental até a isóbata de 200 metros tem influência do regime de ventos local e de correntes de marés (FUNDESPA, 1994).



**Legenda:**

- Correntes de superfície
- Correntes de fundo
- Área de vórtices ( ciclônicos )
- Meandramento
- 1 - Associado a ventos de SW ( frentes frias )
- 2 - Associado a ventos de NE ( tempo bom )
- R - Pontos de ressurgência intensa com Ventos de NE

**Figura II.5.1.2-18** - Representação de forma esquemática do campo de correntes superficiais e de fundo na região da Bacia de Campos para as condições de inverno e verão. Fonte: Oceansat e HABTEC.

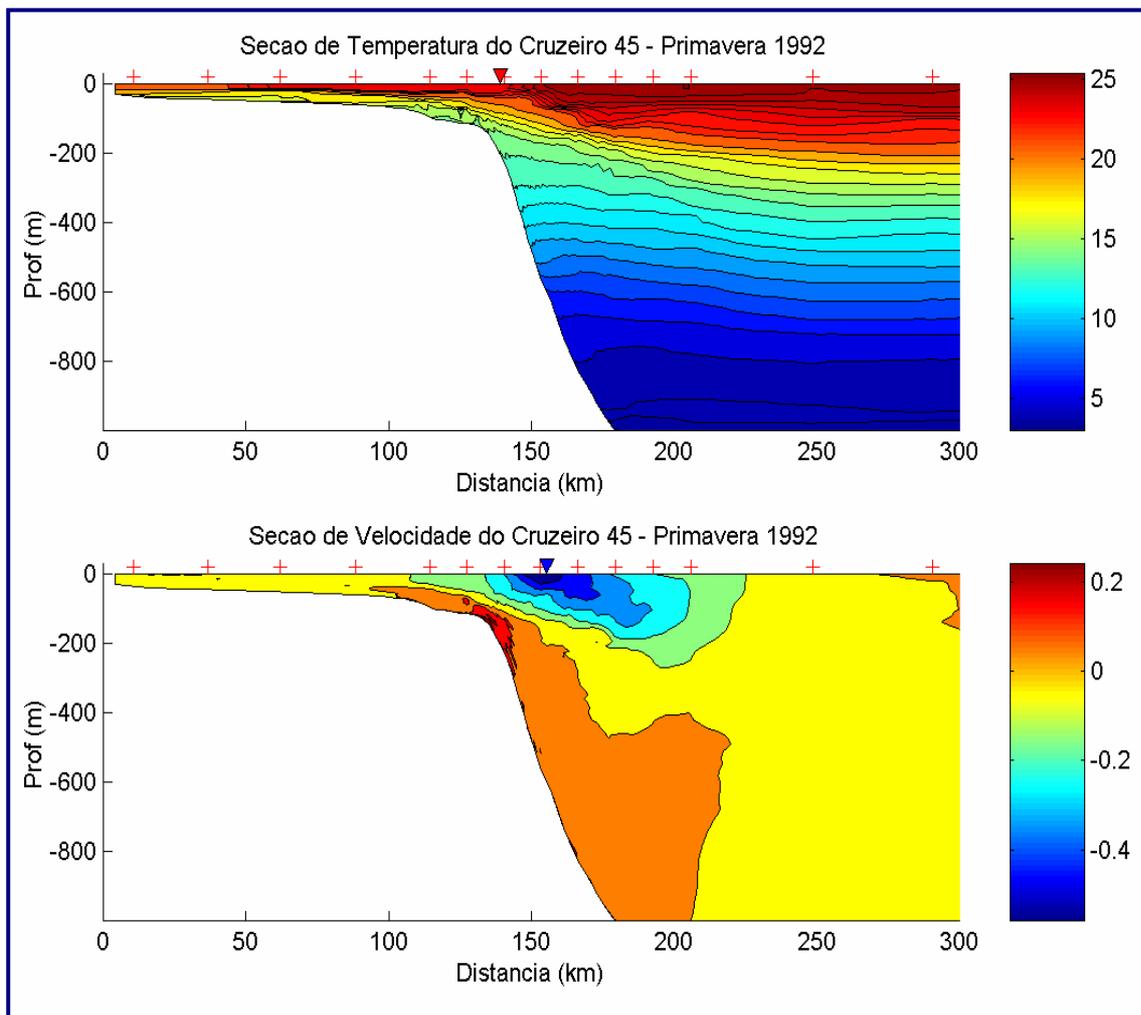


**Figura II.5.1.2-19** - Direção preferencial das correntes a 50m de profundidade nos limites sul e norte da bacia de Campos. Fonte: Lima, 1997 (A3)

**Figura II.5.1.2-19** - Direção preferencial das correntes a 50m de profundidade nos limites sul e norte da bacia de Campos. Fonte: Lima, 1997 (A3)

As Figuras II.5.1.2-20 e II.5.1.2-21 apresentam medições de propriedades oceanográficas físicas e correntes realizadas pela Petrobras na primavera de 1992 e no verão de 1993, respectivamente. Um navio oceanográfico partiu de Macaé fazendo um trajeto em direção ao oceano profundo e medindo perfis de dados em intervalos de aproximadamente 7 milhas náuticas (em torno de 14 km). Deste modo, estas figuras representam um corte vertical do oceano em uma região da bacia de Campos.

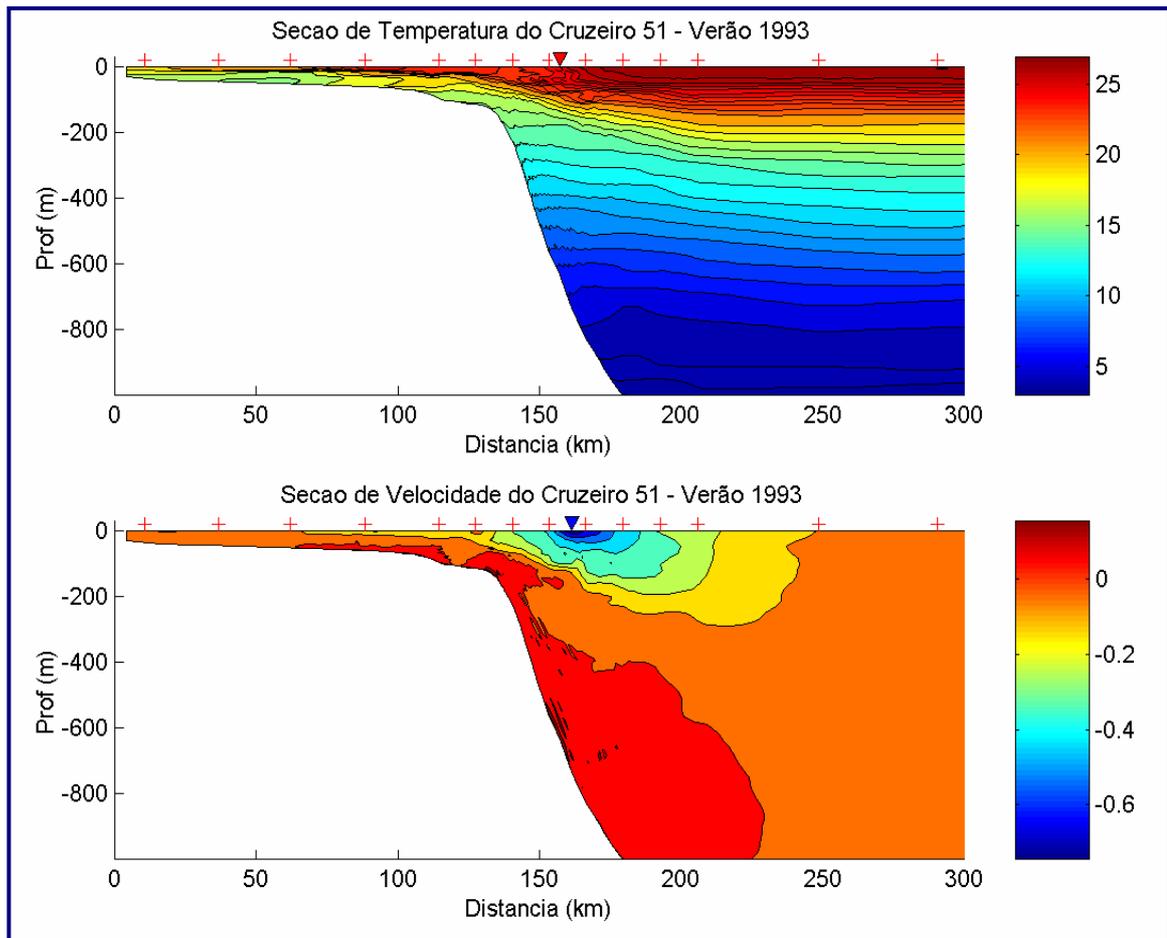
A Figura II.5.1.2-20 a seguir apresenta, no quadro de cima, a distribuição de temperatura vertical e, no quadro de baixo, o campo de correntes medidos na primavera de 1992. As cores azuis indicam velocidades negativas, ou seja, correntes fluindo no sentido sul-sudoeste. Esta corrente representa o jato da Corrente do Brasil. As cores abóbora-vermelho indicam correntes indo para norte-nordeste, representando a corrente associada a ACAS e AIA. As setas indicam o centro do jato e a frente de temperatura.



**Figura II.5.1.2-20** - Medições dos campos de temperatura e correntes marinhas em uma seção oceanográfica na bacia de Campos, saindo de Macaé e indo na direção do oceano profundo, na primavera de 1992.

Fonte: PETROBRAS/CENPES, 2001.

A Figura II.5.1.2-21 a seguir apresenta, no quadro de cima, a distribuição de temperatura vertical e, no quadro de baixo, o campo de correntes medidos no verão de 1993, com o mesmo diagrama de cores da figura anterior. Deste modo, o jato da Corrente do Brasil pode ser visualizado próximo à superfície em azul.



**Figura II.5.1.2-21** - Medições dos campos de temperatura e correntes marinhas em uma seção oceanográfica na bacia de Campos, saindo de Macaé e indo no sentido do oceano profundo, no verão de 1993.

Fonte: PETROBRAS/CENPES, 2001.

#### d) Batimetria

A plataforma continental no trecho da costa que vai do Cabo de São Tomé (22°S) até Cabo Frio (23°S) estende-se, em média, de 70 a 120 km, e o seu limite situa-se próximo à linha de profundidade de 120 metros, com o talude apresentando uma largura média de 45 km (Figura II.5.1.2-22).



**Figura II.5.1.2-22 - Mapa Batimétrico da Bacia de Campos (Fonte: Petrobras). (A3)**

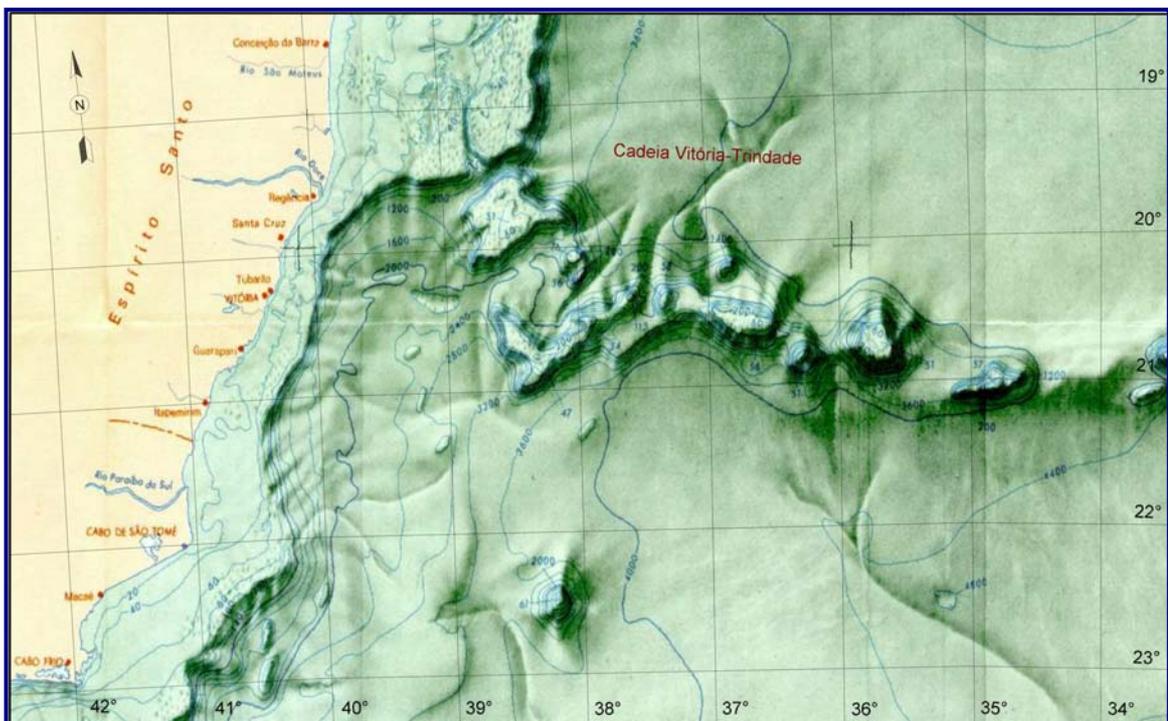
**Figura II.5.1.2-22 - Mapa Batimétrico da Bacia de Campos (Fonte: Petrobras). (A3)**

**Figura II.5.1.2-23 - Mapa de Gradiente da Bacia de Campos (PETROBRAS) .(A3)**

**Figura II.5.1.2-23 - Mapa de Gradiente da Bacia de Campos (PETROBRAS). (A3)**

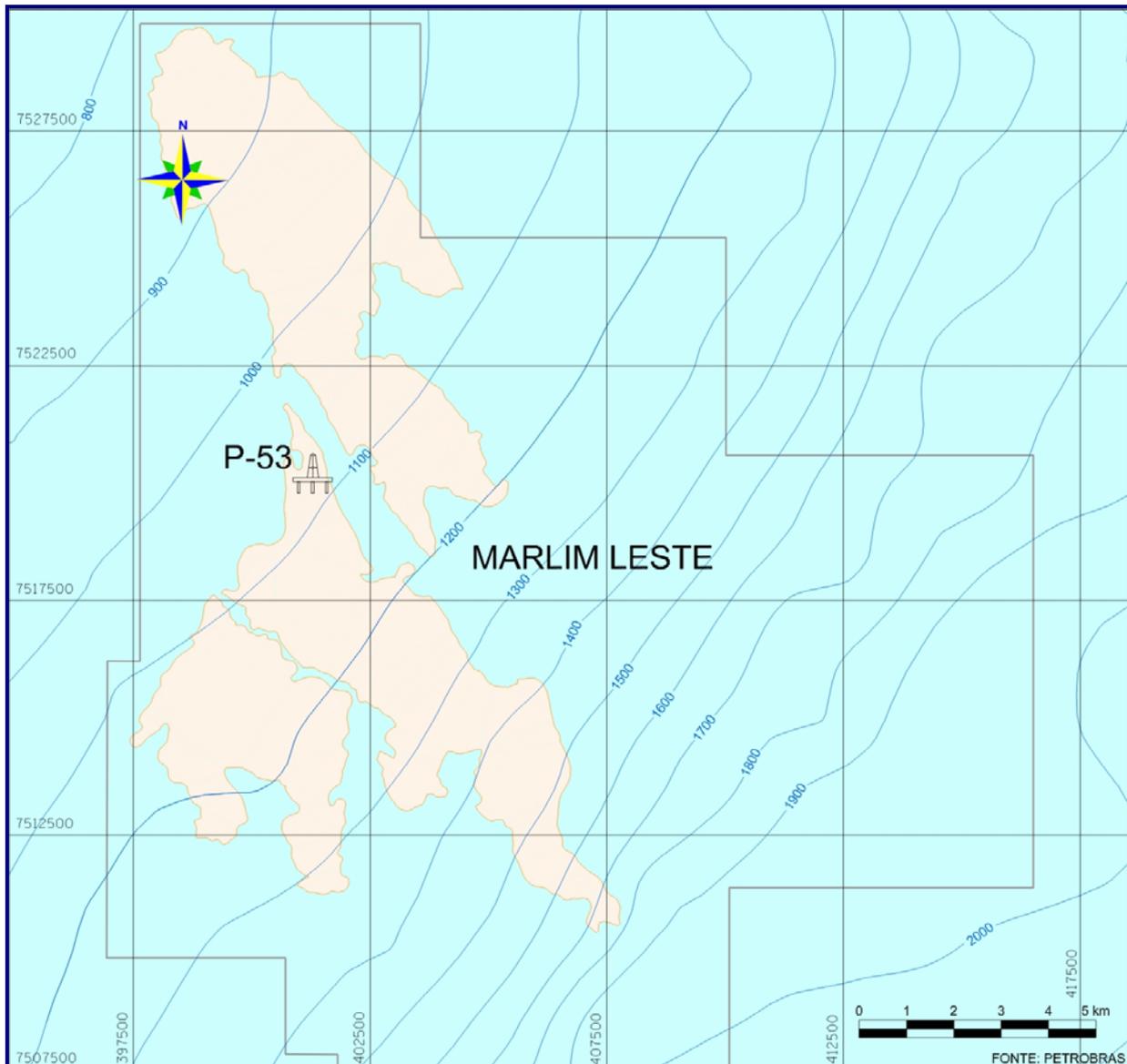
A topografia do fundo da plataforma é suave, e as isobatimétricas seguem a linha de costa. Seções topográficas entre Cabo Frio e Cabo de São Tomé apresentaram um gradiente de fundo médio de 1:460 (ângulo de  $0,15^\circ$ ) na plataforma continental e 1:31 (ângulo de  $1,18^\circ$ ) na parte superior do talude (Castro & Miranda, 1999). O banco próximo ao Cabo de São Tomé apresenta um gradiente mais suave no topo com valores abaixo de  $0,1^\circ$ ; enquanto em seu flanco são encontrados valores entre  $0,20^\circ$  e  $0,33^\circ$ . Na área de Marlim Leste, o talude mostra-se com valores de gradiente predominantemente entre  $1,0^\circ$  e  $5,0^\circ$ , como ilustra a Figura II.5.1.2-23.

Duas feições batimétricas, uma mais ao norte e outra local, induzem a ação de significativos efeitos de fundo sobre o fluxo das correntes, caracterizando a região pela ocorrência de freqüentes eventos de mesoescala como vórtices e meandros (Garfield, 1990; Schmid, 1995 *apud* Lima, 1997). A primeira é a Cadeia de Montes Submarinos Vitória – Trindade e a segunda, a abrupta mudança na orientação da linha de costa entre os pontos antes do Cabo de São Tomé (orientação Sul); entre ele e Cabo Frio (orientação NE - SW) e após este segundo (orientação E-W) (Figura II.5.1.2-24).



**Figura II.5.1.2-24** - Área do projeto, mostrando a Cadeia Vitória-Trindade e a mudança de orientação da linha de costa. Fonte: REMAC, 1979.

O Campo de Marlim Leste está situado na região do Talude Continental entre as linhas isobatimétricas de 800 e 1800 metros (Figura II.5.1.2-25).

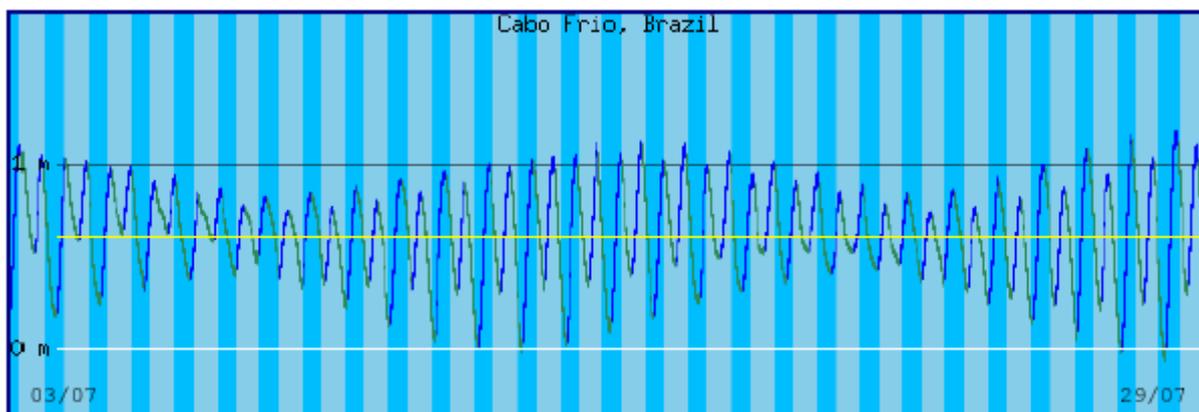


**Figura II.5.1.2-25 - Localização batimétrica do Campo de Marlim Leste.**

#### e) Marés

Conforme pode ser observado na Figura II.5.1.2-26, a maré na região é predominantemente semidiurna, com pequena contribuição diurna. É notado também o nítido comportamento das marés de quadratura (menores amplitudes)

e sizígia (maiores amplitudes). A maré apresenta os seguintes parâmetros de acordo com o mês de análise:



**Figura II.5.1.2-26 - Maregrama previsto para região de Cabo Frio no período de 03/07 até 29/07/2002.** Fonte: <http://tbone.biol.sc.edu/tide/tideshow.cgi>

* Nível Médio do Mar	0,61 m
* Média de Baixamar	0,30 m
* Média de Preamar	0,95 m
* Média de Baixamar de Sizígia	0,30 m
* Média de Preamar de Sizígia	1,02 m
* Variação Média da Maré	0,65 m
* Variação Média de Sizígia	0,72 m
* Maré Astronômica Mínima	-0,04 m
* Maré Astronômica Máxima	1,16 m
* Maré (Astronômica + Meteorológica) Mínima	-0,44 m
* Maré (Astronômica + Meteorológica) Máxima	1,56 m
* Variação Máxima	1,13 m

Os estudos de Lima (1997) avaliaram as contribuições das componentes das marés nas correntes de fundo na região da Bacia de Campos próximo ao Campo de Marlim Leste. Em todos os levantamentos, foi claramente detectado o pico espectral associado à maré semidiurna, sendo este de uma ordem de magnitude superior ao pico diurno para a área. As contribuições da maré nas correntes agem muito mais na componente perpendicular à costa, do que na componente longitudinal à costa. Para a elipse de maré da componente M2, os ângulos de

fase gradualmente aumentam de NW para SE, aumentando a contribuição nos dois sentidos da corrente.

Para referenciar a análise de marés em um local oceânico mais próximo da bacia de Campos é mais adequado utilizar os dados de marés coletados em um fundeio oceanográfico na isóbata de 200 m e analisados por Salles *et al.* (2000) no Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras. O Quadro II.5.1.2-5 apresenta os resultados da estação Fundeio 1 Sul Oceânica, medida em 22° 54' S e 40° 47' W.

Observando os resultados da tabela, verifica-se que as componentes mais significativas são as semidiurnas, com amplitude de 31,5 cm para M2 e 14,8 cm para S2, confirmando as avaliações anteriores.

**Quadro II.5.1.2-5 - Dados de maré medidos em 200 metros de lâmina d'água na bacia de Campos.**

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR <i>Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras</i>					
Nome da Estação :		FUNDEIO 1 SUL - OCEÂNICA			
Localização :		Bacia Petrolífera de Campos - RJ			
Organ. Responsável :		PETROBRÁS / CENPES			
Latitude :		22° 54,0' S	Longitude :		40° 47,0' W
Período Analisado :		—		N° de Componentes : 17	
Análise Harmônica :		Metodo do Almirante Santos Franco			
Classificação :		Maré de Desigualdades Diurnas			
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		- H - min	Nível Médio (Zo):		- cm acima do NR.
Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :		- cm acima do NR.	Média das Preamares de Quadratura (MHWN) :		- cm acima do NR.
Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :		- cm acima do NR.	Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) :		- cm acima do NR.
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) Graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	-	-	MU <sub>2</sub>	-	-
Ssa	-	-	N <sub>2</sub>	4,9	109
Mm	-	-	NU <sub>2</sub>	-	-
Mf	-	-	M <sub>2</sub>	31,5	090
MTM	-	-	L <sub>2</sub>	-	-
Msf	-	-	T <sub>2</sub>	0,9	090
Q <sub>1</sub>	2,7	077	S <sub>2</sub>	14,8	082
O <sub>1</sub>	8,7	103	K <sub>2</sub>	5,8	069
M <sub>1</sub>	1,5	150	MO <sub>3</sub>	0,4	022
P <sub>1</sub>	2,2	117	M <sub>3</sub>	-	-
K <sub>1</sub>	4,9	142	MK <sub>3</sub>	-	-
J <sub>1</sub>	-	-	MN <sub>4</sub>	0,6	019
OO <sub>1</sub>	-	-	M <sub>4</sub>	0,9	041
MNS <sub>2</sub>	-	-	SN <sub>4</sub>	-	-
2N <sub>2</sub>	-	-	MS <sub>4</sub>	-	-
Referências de Nível: Não foram colocadas					
Obs: Maré oceânica observada de plataforma de petróleo com sensor de pressão, em lâmina d'água de 200 m, no período de janeiro/94 a maio/95. Não disponíveis outras informações					
Código BNDO: NC					

Fonte: Salles *et al.* (2000)

### f) Regime de Ondas

A bacia de Campos encontra-se situada em uma região do Oceano Atlântico Sul com influência tanto de ventos locais, gerando vagas (ou *sea*), como de ventos em locais distantes, gerando marulhos (ou *swell*). Baseado em estudos de ondas na região, pode-se classificar o clima de ondas da bacia de Campos em 4 áreas homogêneas, conforme representado na Figura II.5.1.2-27.

Esta classificação é baseada na direção das ondas, parâmetro que pode ser relacionado diretamente com os “**forçantes meteorológicos**” ou **ventos** que provocam as ondas. A Figura II.5.1.2-28 permite visualizar as variações nas **alturas significativas de onda** (Hs) conforme a direção, aparecendo também as 4 regiões homogêneas propostas. Uma descrição das características de cada área também é feita a partir da menos energética (área 4) até a mais energética (área 1).

Pela análise da Figura II.5.1.2-28, verifica-se de imediato que a área 1 é a mais energética, com valores medidos de Hs da ordem de 6,5 metros. A energia diminui à medida que se gira, no sentido anti-horário, até a área 4. Para análise desta distribuição de energia, foram analisadas cartas sinóticas dos períodos onde aconteceram os maiores valores de Hs, tentando-se explicar os estados-de-mar (o mesmo que Hs) a partir da análise climatológica da área considerada. Detalhando-se para cada uma das áreas:

**ÁREA 4:** Esta região é a menos energética de todas. Ela abrange um setor que vai de 245° a 348°, tendo como característica básica a limitação de pista para geração de onda a partir do vento, em função da linha de costa. Os maiores valores medidos de Hs encontram-se em torno de 3 metros, nas direções pouco abaixo de 270°.

**ÁREA 3:** É a condição mais comum na bacia de Campos. Compreendida entre 348° e 110°, caracteriza-se pela presença de **ondas locais** (*sea*), geradas a partir do Anti-Ciclone do Atlântico Sul (A1 na Figura II.5.1.2-27). Este Anti-Ciclone (centro de alta pressão) gera ventos de Norte a Leste, dependendo da sua posição em relação à costa. O Anti-Ciclone é chamado de semi-estacionário devido à sua constância entre a América do Sul e a África, em latitudes variando de 20° a 40° sul formando uma elipse com semi-eixo maior de 2500 a 4000 km e

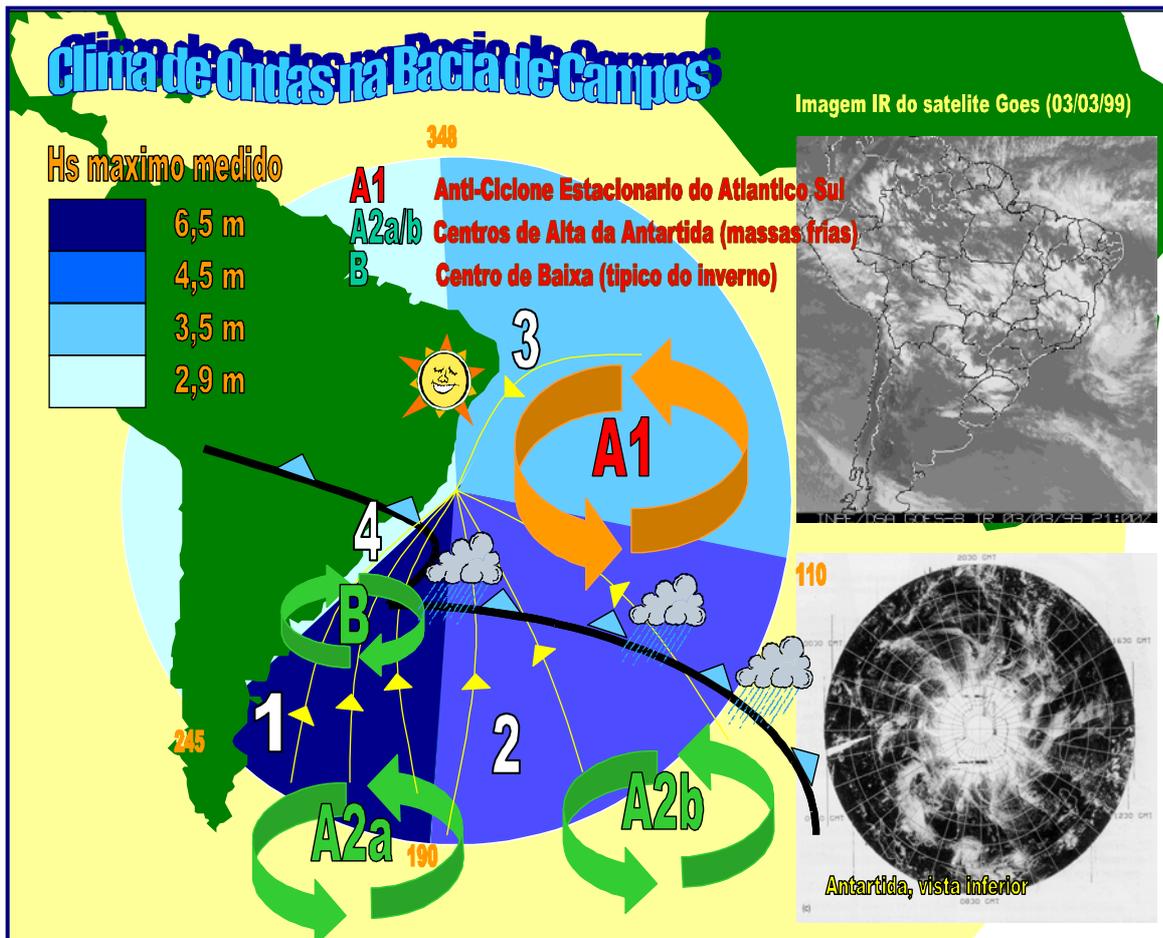
pressões de até 1032 mb. Em condições de permanência acentuada do Anti-Ciclone na mesma localização e/ou valores altos de pressão atmosférica, os ventos resultantes podem ser bem intensos (até 23 m/s) e gerar mares de até 3,5 metros, com períodos de pico, na grande maioria do tempo, de até 10 segundos.

**ÁREA 2:** É a segunda área mais energética. Caracteriza-se pela formação de ondas a partir de centros de alta pressão (A2b na Figura II.5.1.2-27) vindos da Antártida. Os ventos formados são em média mais intensos que aqueles da área 3, assim como as “pistas” para geração de ondas menos curvas, o que provoca ondas de maiores alturas. Estabelecemos, com base nos valores de onda medidos e nas Cartas Sinóticas correspondentes, as direções de onda entre 110 e 190 graus como limites da área 2. Os máximos valores de altura significativa de onda medidos situam-se em torno de 4,5 metros.

**ÁREA 1:** É a mais energética, ou seja, aquela que ocasiona maiores alturas de onda. Caracteriza-se por fortes ventos de sul/sudoeste associados a pistas longas, provocando alturas de onda significativas de até 6,5 metros. A presença ocasional de um centro de baixa entre a bacia de Campos e a Alta Antártida está associada aos maiores valores de Hs, devido à intensificação do gradiente de pressão entre a alta e a baixa, provocando ventos muito fortes e pista bastante retilínea.

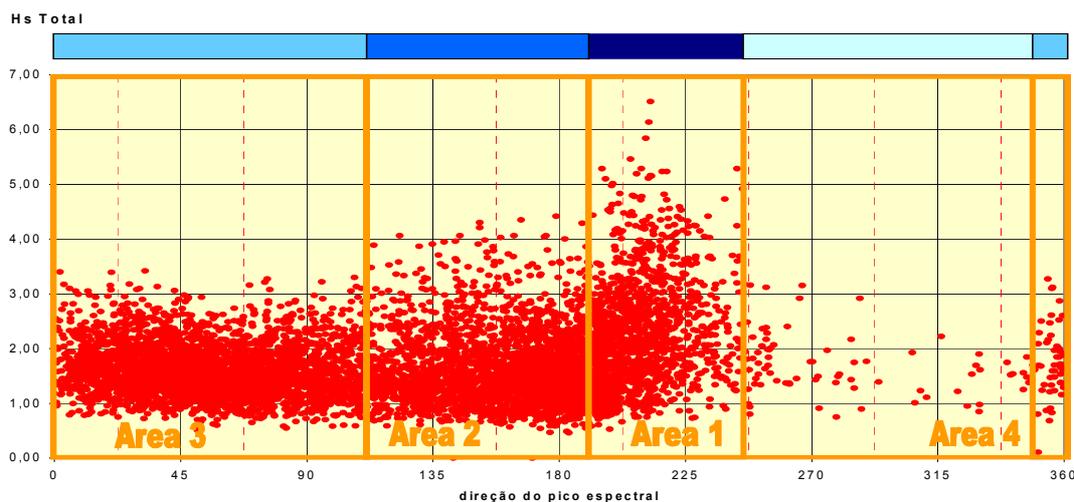
A baixa se situa próxima ao litoral, aparecendo principalmente no inverno, quando a temperatura no mar fica mais quente que em terra, deslocando a baixa do continente para o litoral. Os centros de alta pressão são gerados no pólo sul, desprendendo-se ao sul da América do Sul (na Figura II.5.1.2-27, vista inferior da Antártida) deslocando-se preferencialmente de oeste para leste. Quando a Alta Antártida (A2a e A2b) está muito acentuada, ela desloca o Anti-Ciclone do Atlântico Sul (A1) mais para norte e leste, avançando em direção à bacia de Campos, trazendo ventos de sul, chuva e nebulosidade, estando indicado na parte superior da Figura II.5.1.2-27 (imagem IR do satélite Goes de 03/03/99) uma linha de nebulosidade a partir do Rio Grande do Sul, característica do avanço da frente.

Esta descrição fornece uma visão precisa das diferentes condições de ondas existentes na bacia de Campos, associadas com suas diversas forçantes meteorológicas.



**Figura II.5.1.2-27** - Condições típicas de ondas na bacia de Campos, associadas com diferentes direções de propagação e sistemas meteorológicos.

Fonte: PETROBRAS, 2001.



**Figura II.5.1.2-28** - Valores de Altura Significativa de Onda (Hs) por direção de pico do espectro. Fonte: PETROBRAS, 2001.

Um outro tipo de movimento ondulatório que ocorre no oceano são as chamadas ondas internas, que ocorrem em função da estabilidade da estratificação oceânica (Hendershott, 1966 *apud* Melo Filho, 1994). A força restauradora nesse caso também é a gravidade, com o contraste de que a perturbação do estado de equilíbrio não acontece na superfície livre do mar, mas no interior, entre duas massas d'água. As ondas internas existem numa vasta gama de frequências, cobrindo períodos de alguns minutos a horas. Apesar da agitação provocada pelo movimento respectivo ser mínima, quando comparada às ondas superficiais de gravidade, seus efeitos sobre estruturas de exploração *offshore* de petróleo, principalmente nas áreas do talude continental, estão sendo considerados em estudos na área da bacia de Campos.

A concentração de energia associada à atividade de ondas internas origina um campo de velocidade médio, forte o suficiente para manter sedimentos em suspensão e disponíveis para serem carregados por correntes subinerciais. Este fato explica a presença de feições morfológicas no fundo mapeadas na parte superior do talude na área do projeto.

A seguir são apresentados dados dos trabalhos apresentados por Seixas (1997, dados obtidos através de bóias oceanográficas da Petrobras nas coordenadas 22° 31'S / 39° 58'W no período de 03/1991 a 03/1993 e nas coordenadas 22° 37'S / 40° 11'W de 01/1994 a 06/1995), PETROBRAS (1999, Relatório Interno ETBC-01) e Souza (1988, nas coordenadas 22° 22' 23.59"S / 040° 25' 06.46"W de 06/85 a 05/86).

O mar mais comum na região foi aquele com ondas entre 20 e 10s de período oriundas do octante Sul, seguido por ondas entre 10s e 6,6s oriundas dos octantes Leste e Nordeste. Estes três mares juntos totalizaram mais da metade das ocorrências estudadas na região (Seixas, 1997). Individualmente o maior número de ocorrências esteve na faixa de 4-6s com alturas de 0,5 a 1m (PETROBRAS, ETBC-01, 1999).

Com relação puramente à direção, predomina o octante Sul seguido por Nordeste, em menor escala os octantes Leste, Sudeste e Sudoeste, com fraca ocorrência do Norte e pouquíssimos casos de Oeste e Noroeste (Figura II.5.1.2-29).

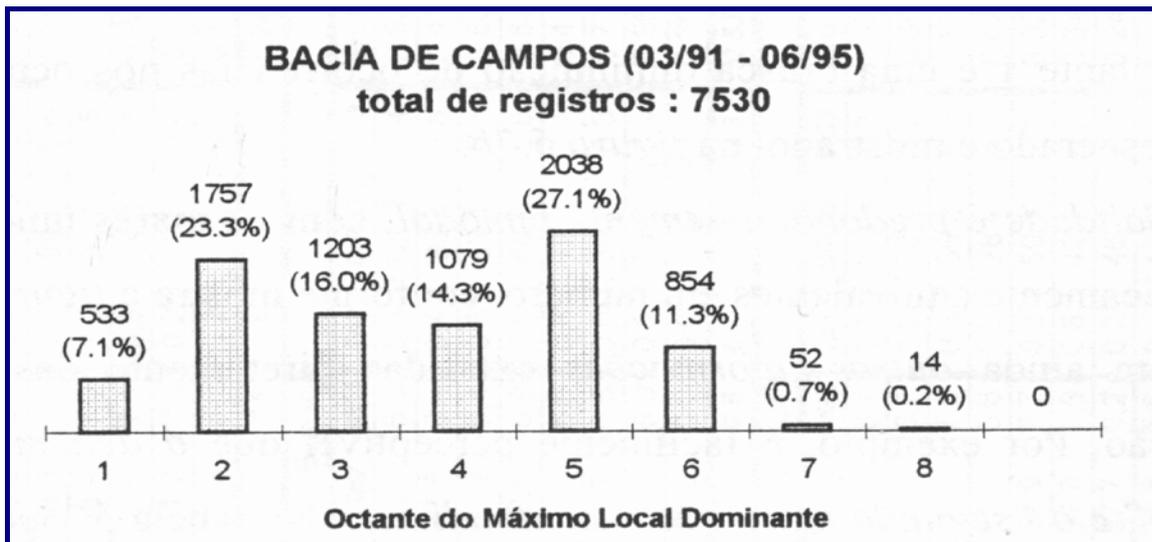


Figura II.5.1.2-29 - Distribuição de direção do máximo local por octantes. Fonte: Seixas, 1997.

Esta distribuição pode ser explicada pelas distribuições dos centros de alta e baixa pressão no Atlântico Sul. Com relação à altura, a ocorrência mais freqüente foi de 1,75 m estando a maioria dos registros entre 1,50 m e 2,00 m, conforme a Figura II.5.1.2-30.

Embora ventos de Nordeste predominem ao longo do ano todo, é durante o inverno que as ondas possuem maior energia (Seixas, 1997), pois se torna mais intensa a influência dos sistemas frontais, fazendo com que o mar de Sudoeste constitua a pior situação (Souza, 1988; PETROBRAS, ETBC-01, 1999).

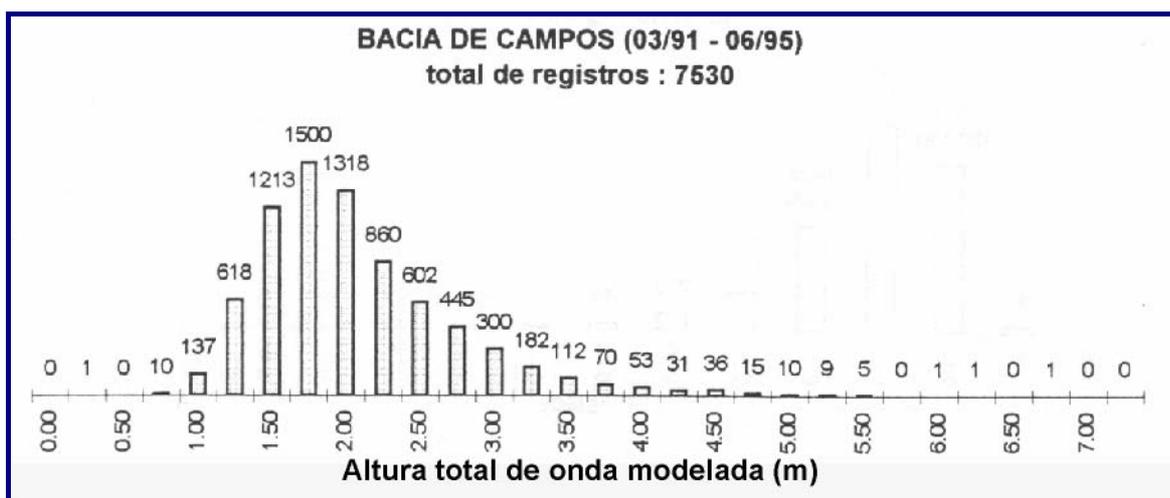


Figura II.5.1.2-30 - Distribuição de altura total de onda. Fonte: Seixas, 1997.

Ondas de Sudeste com grande período, geradas no meio do oceano, são mais freqüentes durante a primavera, enquanto que, principalmente durante o

verão, predomina o mar de Nordeste (Souza,1988). Afim de melhor visualizar o regime de ondas, são apresentados, a seguir, figuras com outras informações sobre a região.

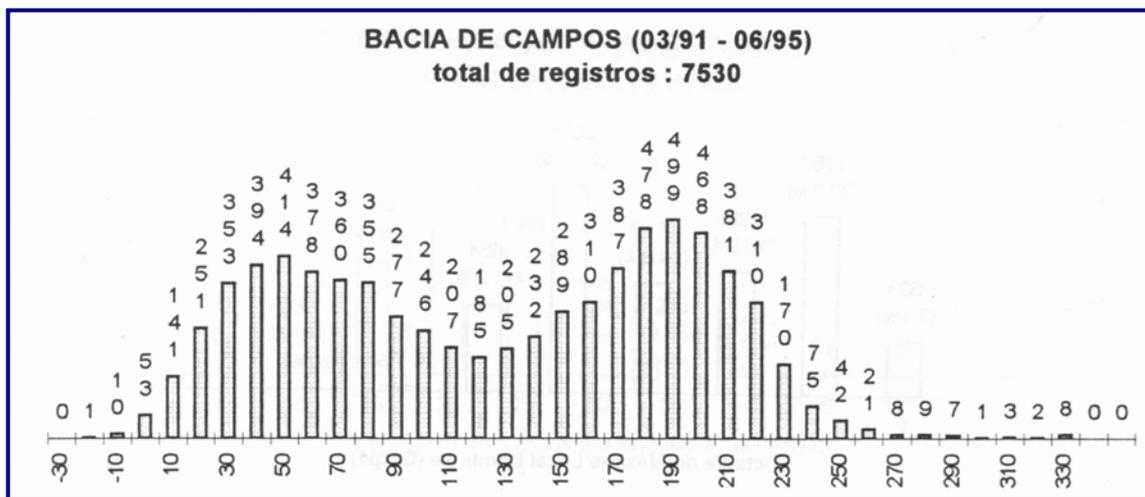


Figura II.5.1.2-31 - Distribuição de direção do máximo local (graus). Fonte: Seixas, 1997.

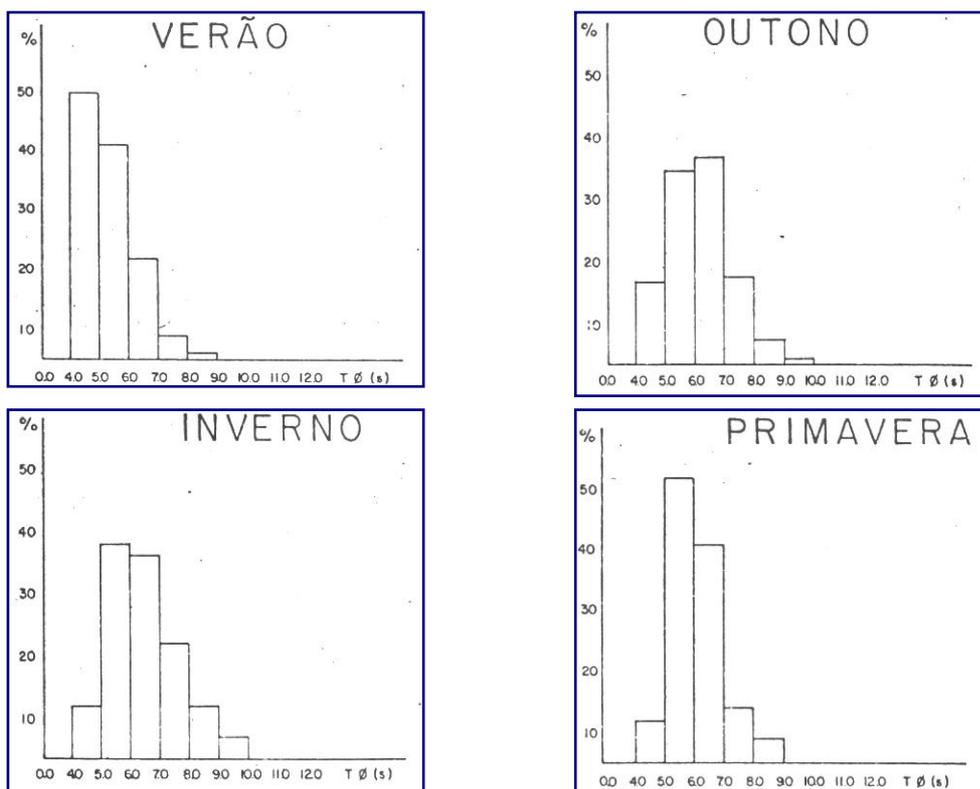


Figura II.5.1.2-32 - Distribuição sazonal de Período ascendente. Fonte: Souza, 1988.

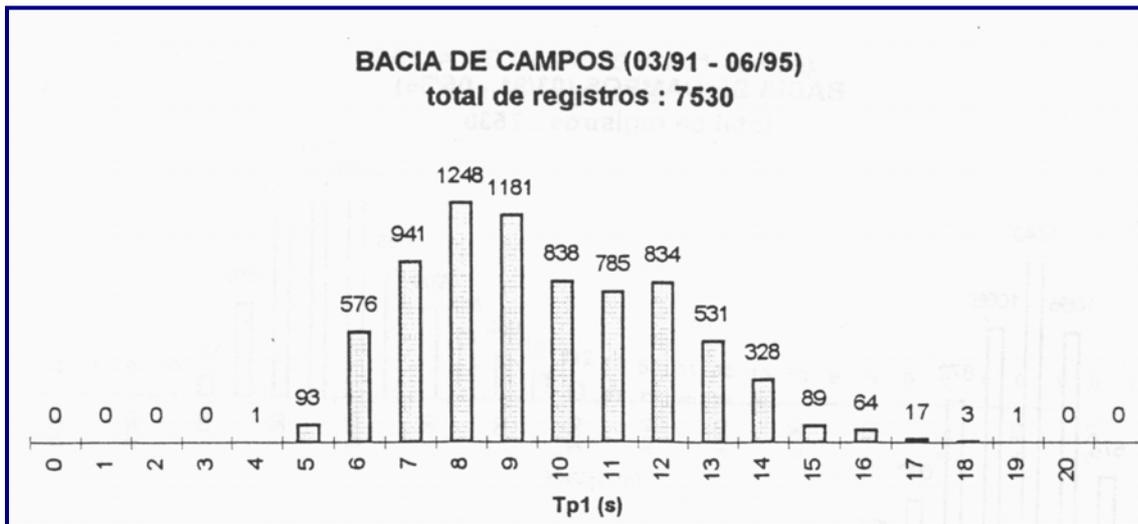


Figura II.5.1.2-33 - Distribuição de Período de pico do máximo local. Fonte: Seixas, 1997.

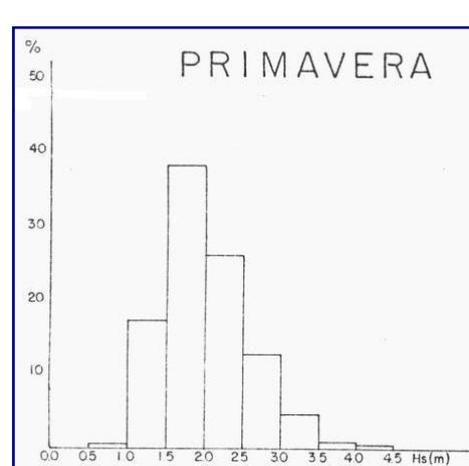
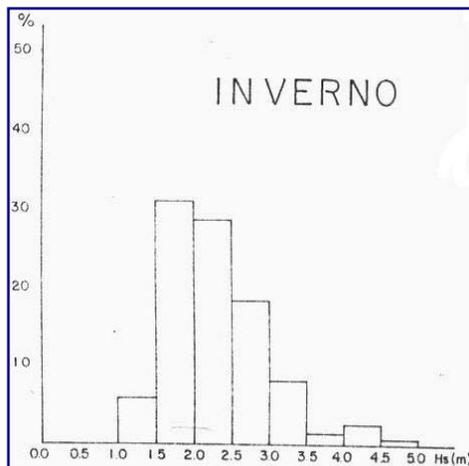
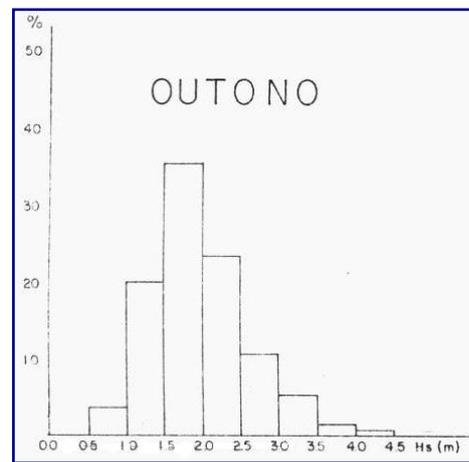
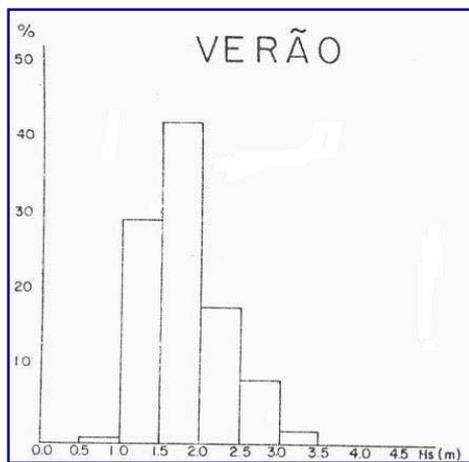


Figura II.5.1.2-34 - Distribuição de sazonal de Altura Significativa. Fonte: Souza, 1988.

### g) Condições Extremas do Regime Hidrodinâmico

As condições hidrodinâmicas extremas na plataforma continental estão associadas principalmente ao regime de ventos, que durante o inverno, devido à passagem de frentes frias com ventos de S e SW, intensificam as correntes para NE gerando as maiores alturas de ondas significativas, consequência de fortes ventos de sul/sudoeste associados a pistas longas. No verão, a persistência dos ventos de NE intensifica as correntes para SW o que pode aumentar a velocidade da Corrente do Brasil.

O Quadro II.5.1.2-6 apresenta as condições extremas dos parâmetros ondas, correntes, ventos e marés para a região, visando resumir as condições de tempestade do regime hidrodinâmico local.

**Quadro II.5.1.2-6 - Resumo das condições extremas dos parâmetros ondas, correntes e vento para a área de estudo.**

PARÂMETRO	CONDIÇÃO EXTREMA
Ondas	Altura Significativa (Hs) = 6,5 m (Direção Norte / Nordeste)
Correntes	Corrente do Brasil superficial = 1 m/s (Direção Sul)
Ventos	22,3 m/s (Direção Sul/Sudeste)
Marés	Maré astronômica máxima + maré meteorológica máxima: 1,56 m

Fonte: PETROBRAS (2001), Castro & Miranda (1999), ASA (2004), <http://tbone.biol.sc.edu/tide/tideshow.cgi>