

ÍNDICE

II.5.1 -	Meio Físico.....	1/35
II.5.1.1 -	Meteorologia.....	1/35
II.5.1.1.1 -	Temperatura do Ar	4/35
II.5.1.1.2 -	Precipitação.....	6/35
II.5.1.1.3 -	Evaporação	9/35
II.5.1.1.4 -	Umidade Relativa do Ar	10/35
II.5.1.1.5 -	Pressão Atmosférica	13/35
II.5.1.1.6 -	Insolação	15/35
II.5.1.1.7 -	Regime de Ventos	16/35
II.5.1.1.8 -	Considerações Finais.....	35/35

II.5.1 - Meio Físico

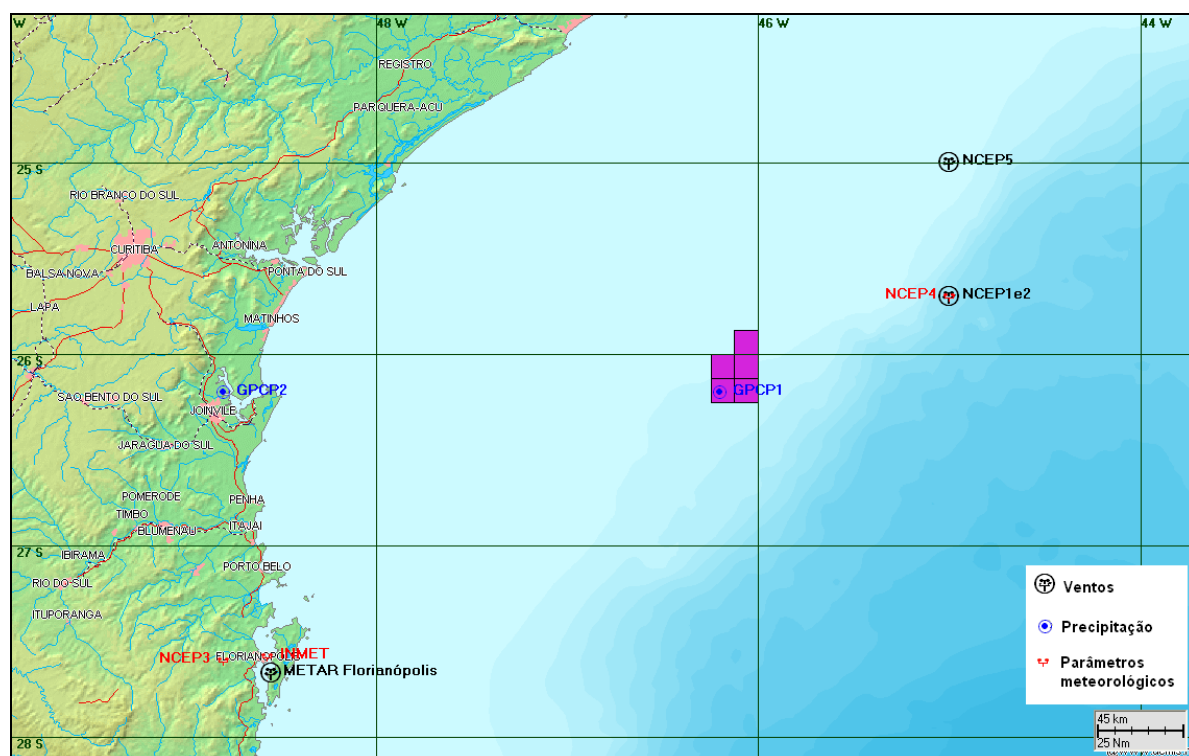
II.5.1.1 - Meteorologia

Este relatório apresenta o Diagnóstico Ambiental do Meio Físico para o item de Meteorologia do Termo de Referência CGPEG/DILIC/IBAMA nº 03/2009 para a atividade de perfuração marítima nos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, localizados na Bacia de Santos.

As características meteorológicas (temperatura do ar, precipitação, evaporação, umidade relativa, pressão atmosférica, insolação e regime de ventos) da região de estudo, representada pelas proximidades dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, são apresentadas e discutidas a partir de informações provenientes de referências bibliográficas e análise de dados disponíveis.

A Bacia de Santos é uma bacia sedimentar localizada na plataforma continental brasileira. Limita-se a norte com a Bacia de Campos, através do Alto de Cabo Frio e, a sul com a Bacia de Pelotas através do alto de Florianópolis.

O presente item apresenta os resultados de uma análise detalhada de diversos parâmetros meteorológicos obtidos a partir de levantamentos de informações pretéritas e de análise de dados disponíveis nas proximidades dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 (**Figura II.5.1.1-1**), operados pela Karoon Petróleo e Gás Ltda. na Bacia de Santos, visando à caracterização meteorológica da região em estudo com base nos seguintes parâmetros analisados: temperatura do ar, precipitação, evaporação, umidade relativa, pressão atmosférica, insolação e regime de ventos.



Fonte: ASA

Figura II.5.1.1-1 - Localização das estações de medição de ventos e parâmetros meteorológicos

Os Blocos BM-S-61, 62, 68, 69 e 70 estão situados na parte sul da Bacia de Santos, localizada na margem continental leste brasileira. Seus limites latitudinais encontram-se entre 25,88 °S e 26,25 °S e longitudinais entre 46,25 °W e 46,00 °W e sua área corresponde a aproximadamente 865 km².

Vale ressaltar que a região considerada neste estudo inclui não apenas a área de perfuração dos blocos propriamente dita, mas também as áreas próximas passíveis de sofrerem impactos devido às atividades de perfuração nos Blocos BM-S-61, 62, 68, 69 e 70.

O presente diagnóstico foi realizado de acordo com as diretrizes estabelecidas no Termo de Referência CGPEG/DILIC/IBAMA nº 03/2009 e os dados utilizados neste estudo foram os seguintes:

- INMET¹ (estação de Florianópolis): temperatura do ar, precipitação, evaporação, umidade relativa, pressão atmosférica e insolação;
- METAR² (estação Florianópolis): vento;
- GPCP³: precipitação;
- Reanálises do NCEP⁴: temperatura do ar, umidade relativa, pressão ao nível do mar e vento.

O **Quadro II.5.1.1-1**, apresentada a seguir, indica a localização e o período de amostragem dos dados ilustrados na **Figura II.5.1.1-1**. A descrição e análise destes dados são apresentadas nos itens seguintes. Os dados observados em superfície na estação de Florianópolis (METAR e INMET) foram utilizados nessa caracterização meteorológica por serem os dados disponíveis publicamente mais próximos da região em estudo. Para comparação com os dados de Florianópolis foram utilizados os pontos de reanálise de NCEP e precipitação do GPCP mais próximos (NCEP3 e GPCP3).

Quadro II.5.1.1-1 - Informações para as estações de medição de vento e parâmetros meteorológicos

Parâmetros	Dado	Coordenadas		Período
		Latitude (S)	Longitude (W)	
Vento	METAR/Florianópolis	27°40,00'	48°33,00'	1-jan-2006 a 31-dez-2006
	NCEP1 (Vento 10 m)	25°42,00'	45°00,00'	1-jan-1979 a 31-dez-2008
	NCEP2 (Vento 10 m)	25°42,00'	45°00,00'	1-jan-2006 a 31-dez-2006
	NCEP5 (Vento 925 hPa)	25,00°	45,00°	1987 a 2007
Parâmetros Meteorológicos	INMET	27,58°	48,57°	1961 a 1990
	NCEP3	27,60°	48,80°	1948 a 2008
	NCEP4	25,70°	45,00°	1948 a 2008
	GPCP1 (Precipitação)	23,80°	46,30°	1979 a 2007
	GPCP2 (Precipitação)	26,20°	48,80°	1979 a 2007

¹ Instituto Nacional de Meteorologia

² Meteorological Aerodrome Report

³ Global Precipitation Climatology Project, do Goddard Space Flight Center – NASA (http://precip.gsfc.nasa.gov:80/gpcp_v2_comb_new.html).

⁴ National Center for Environmental Prediction, do National Center for Atmospheric Research (NCAR)

II.5.1.1.1 - Temperatura do Ar

O **Gráfico II.5.1.1-1** apresenta a climatologia das temperaturas do ar média, máxima e mínima na porção sul da Bacia de Santos, de acordo com dados medidos na estação do INMET em Florianópolis no período de 1961 a 1990. Observa-se que janeiro, fevereiro e março são os meses mais quentes (com médias em torno de 24 °C), enquanto que junho, julho e agosto são os meses mais frios (com médias em torno de 17 °C). Este padrão segue a sazonalidade da radiação solar, de acordo com as estações do ano, e não apresenta uma variação muito pronunciada ao longo do ano, característica de regiões subtropicais.

O **Gráfico II.5.1.1-2** e o **Gráfico II.5.1.1-3** apresentam as climatologias para o período de 1948 a 2008 das temperaturas do ar média, máxima e mínima, de acordo com resultados de reanálise dos dados do NCEP, para a região sul da Bacia de Santos (NCEP3) e para a região central da Bacia de Santos (NCEP4). O ciclo sazonal de ambas as regiões apresenta variabilidade semelhante à observada em Florianópolis.

A região mais ao norte apresenta temperaturas ligeiramente superiores: com médias em torno de 26 °C nos meses mais quentes, e em torno de 21 °C nos meses mais frios. Para a posição mais ao sul, os valores médios de verão e inverno são, respectivamente, 22 °C e 15 °C. É importante ressaltar que os dados de reanálise do NCEP possuem baixa resolução espacial, portanto, representam uma média sobre uma grande área e não são capazes de reproduzir as características locais das regiões analisadas. Estes dados são úteis para determinação de climas regionais, mas é necessário ter cautela ao compará-los com dados medidos em superfície, que sofrem forte influência de características locais (brisa, relevo, tipo da superfície, etc.).

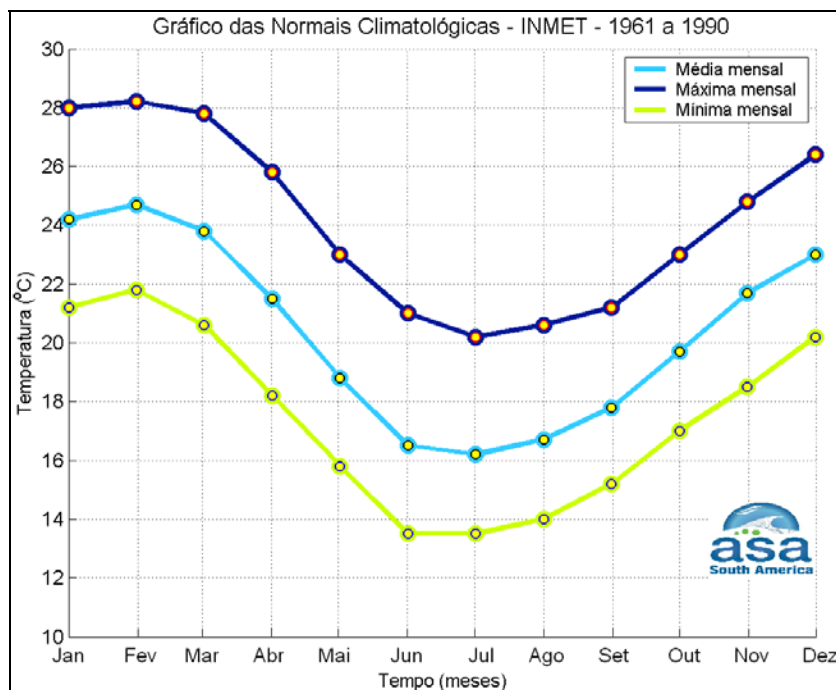


Gráfico II.5.1.1-1 - Climatologia da temperatura média, máxima e mínima mensal (1961 a 1990) para Florianópolis, de acordo com dados do INMET

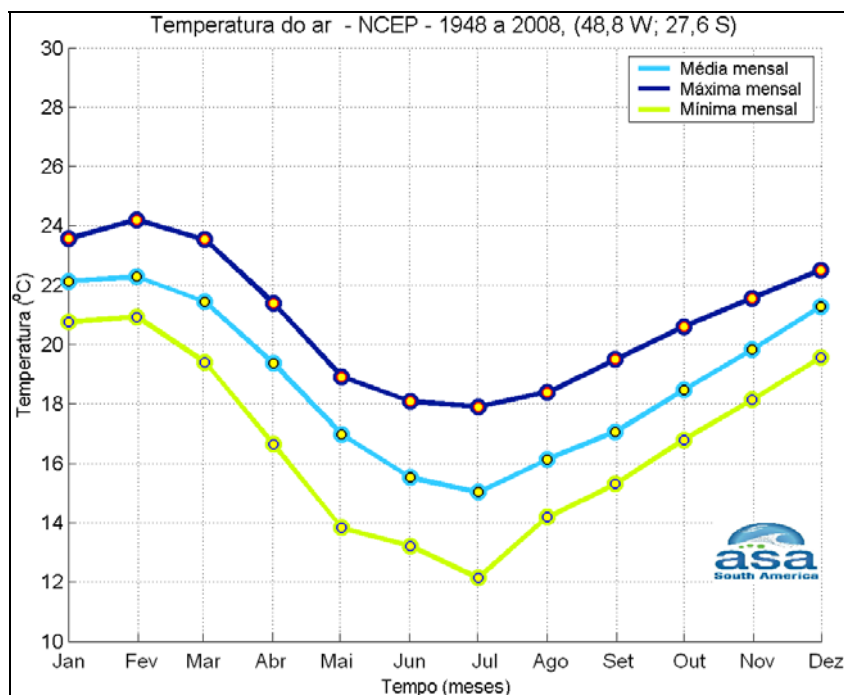
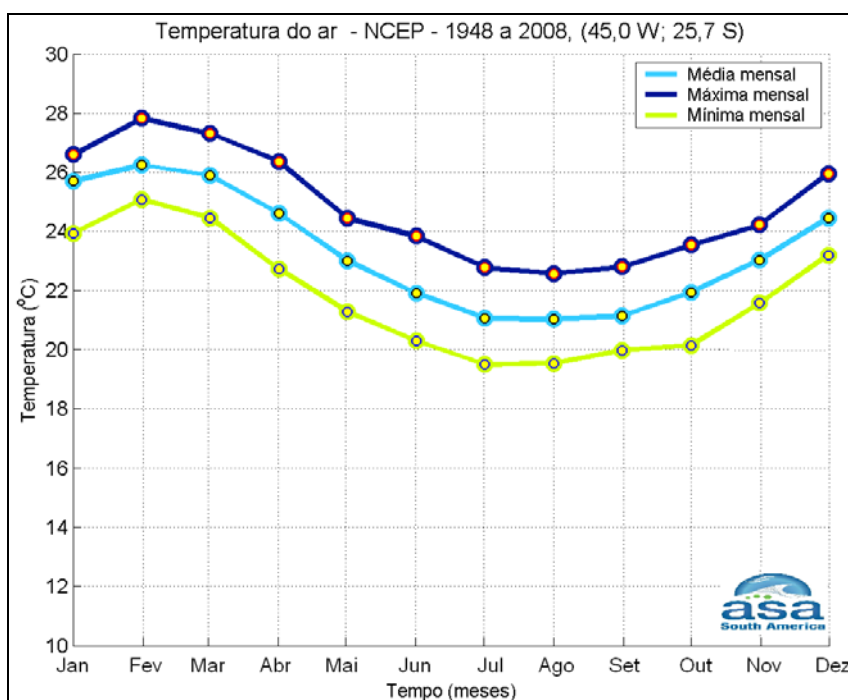


Gráfico II.5.1.1-2 - Climatologias das temperaturas média, mínima e máxima mensal (1948 a 2008) para o NCEP3



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.1-3- Climatologias das temperaturas média, mínima e máxima mensal (1948 a 2008) para o NCEP4

II.5.1.1.2 - Precipitação

O **Gráfico II.5.1.1-4** apresenta a climatologia da precipitação média na porção sul da Baía de Santos, de acordo com dados medidos na estação do INMET em Florianópolis no período de 1961 a 1990. Observa-se que janeiro, fevereiro e março são os meses mais chuvosos (com médias em torno de 180 mm), enquanto que o período de abril a agosto é o mais seco (com médias em torno de 85 mm).

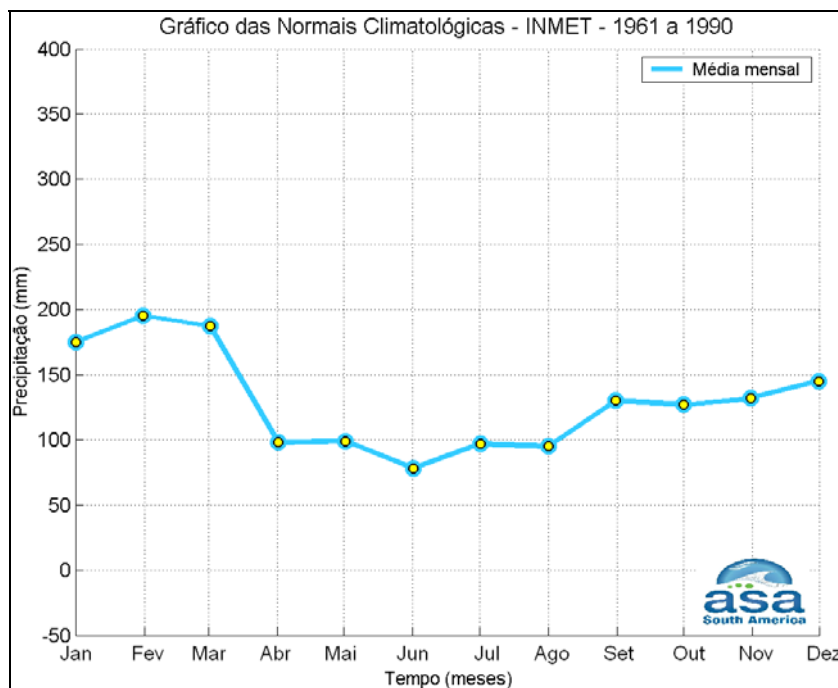
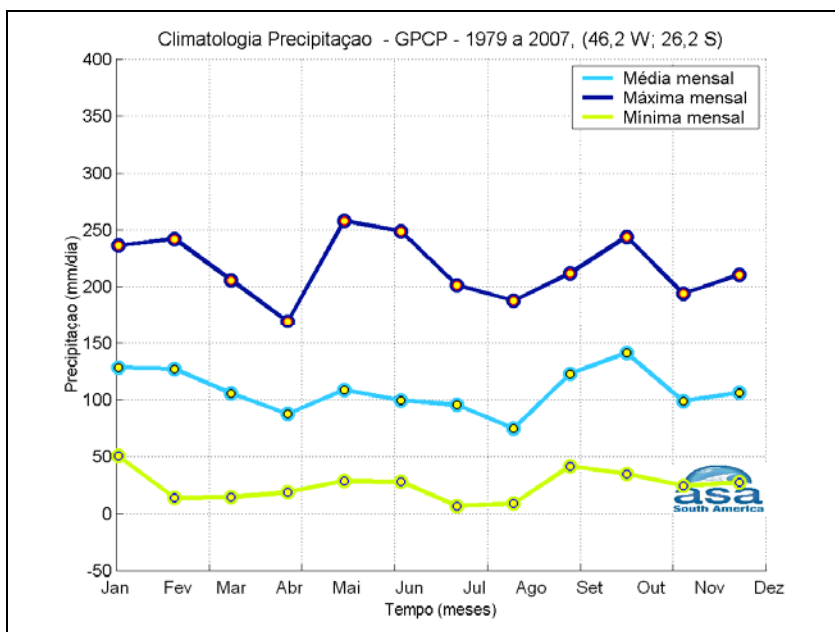


Gráfico II.5.1.1-4- Climatologia da precipitação média mensal (1961 a 1990) para Florianópolis, de acordo com dados do INMET

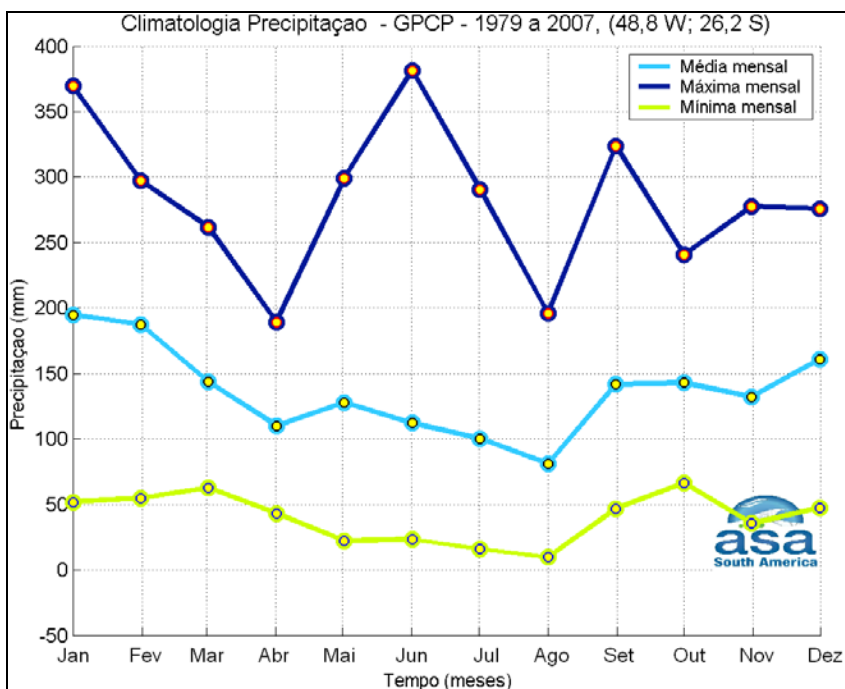
O **Gráfico II.5.1.1-5** e o **Gráfico II.5.1.1-6** apresentam as climatologias para o período de 1979 a 2007 da precipitação média, máxima e mínima para o ponto mais próximo dos Blocos (GPCP1) e para o litoral de Santa Catarina (GPCP2), de acordo com dados do GPCP.

Em ambos os gráficos observa-se que, em média, o trimestre mais seco é junho-julho-agosto e o mais chuvoso é dezembro-janeiro-fevereiro. Estes períodos estão ligeiramente deslocados com relação aos dados de Florianópolis. Esse deslocamento pode ser justificado pela baixa resolução espacial dos dados de precipitação do GPCP (2,5°), pois uma região representada por estes dados pode conter diversos regimes de precipitação.



Fonte: ASA.

**Gráfico II.5.1.1-5 - Climatologia da precipitação
média, mínima e máxima mensal (1979 a 2007) para o GPCP1**



Fonte: ASA.

**Gráfico II.5.1.1-6 - Climatologia da precipitação
média, mínima e máxima mensal (1979 a 2007) para o GPCP2**

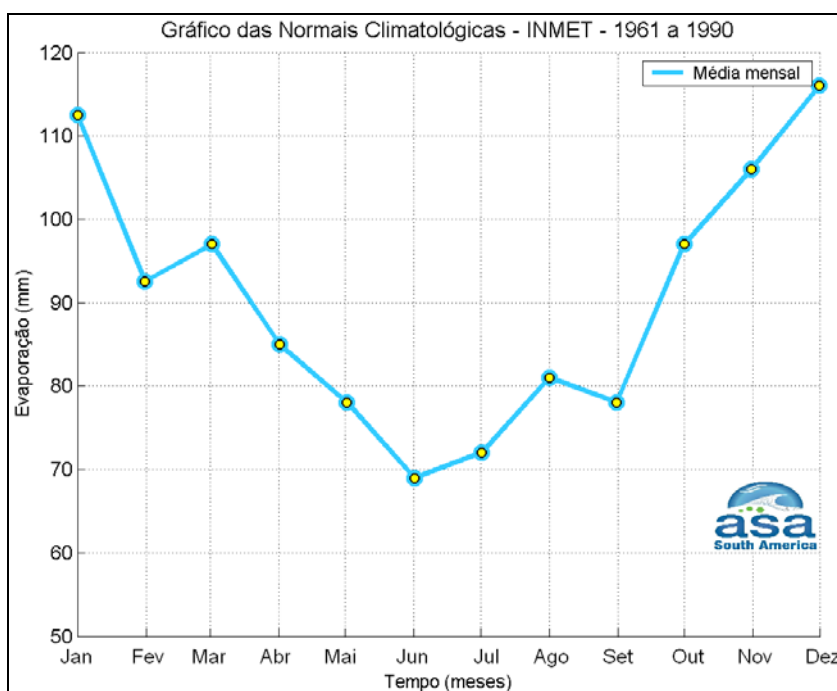
A análise destes conjuntos de dados mostra que o padrão de precipitação na região em estudo na Bacia de Santos está inserido na transição dos regimes de precipitação das regiões Sul e Sudeste. No verão, ambas as regiões possuem altas taxas de precipitação, associadas à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e ao aumento do transporte de umidade neste período (Kodama, 1982a; Kodama, 1982b; Quadro & Abreu, 1994). Entretanto, no inverno, a região sul apresenta um volume de precipitação acumulada bastante significativo devido ao elevado número de sistemas frontais que atingem esta região.

Na região Sudeste a estação seca é melhor definida com menores volumes de precipitação acumulada do que a região Sul.

II.5.1.1.3 - Evaporação

O **Gráfico II.5.1.1-7** apresenta a climatologia da evaporação média mensal, na porção sul da Bacia de Santos, de acordo com dados medidos na estação do INMET em Florianópolis no período de 1961 a 1990.

Observa-se que novembro, dezembro e janeiro são os meses em que ocorre maior evaporação (com médias em torno de 110 mm), enquanto que maio, junho e julho são os meses em que ocorre menor evaporação (com médias em torno de 75 mm). Este padrão é similar ao da temperatura do ar, que também responde diretamente à variação da radiação solar incidente. Os dados do NCEP não apresentam uma boa representação desta variável, portanto, não foram apresentados.



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.1-7 - Climatologia da evaporação média mensal (1961 a 1990) para Florianópolis, de acordo com dados do INMET

II.5.1.1.4 - Umidade Relativa do Ar

O **Gráfico II.5.1.1-8** apresenta a climatologia da umidade relativa média mensal, na porção sul da Baía de Santos, de acordo com dados medidos na estação do INMET em Florianópolis no período de 1961 a 1990.

Observa-se que, neste local, os valores de umidade relativa variam pouco, entre 80 e 84%, atingindo o máximo no inverno (julho). Este máximo em julho pode ser justificado pelo fato da precipitação durante o inverno ser mais estratiforme e frontal (podendo persistir por alguns dias), o que mantém os valores de umidade ligeiramente mais elevados do que no verão, quando as chuvas são mais convectivas e ocorrem principalmente no período da tarde.

Apesar dos sistemas frontais serem fenômenos de escala sinótica, as condições de umidade durante sua passagem são bastante influenciadas por características locais, como no caso de Florianópolis. Portanto, este padrão obtido pode não ser o típico quando for considerada uma região maior.

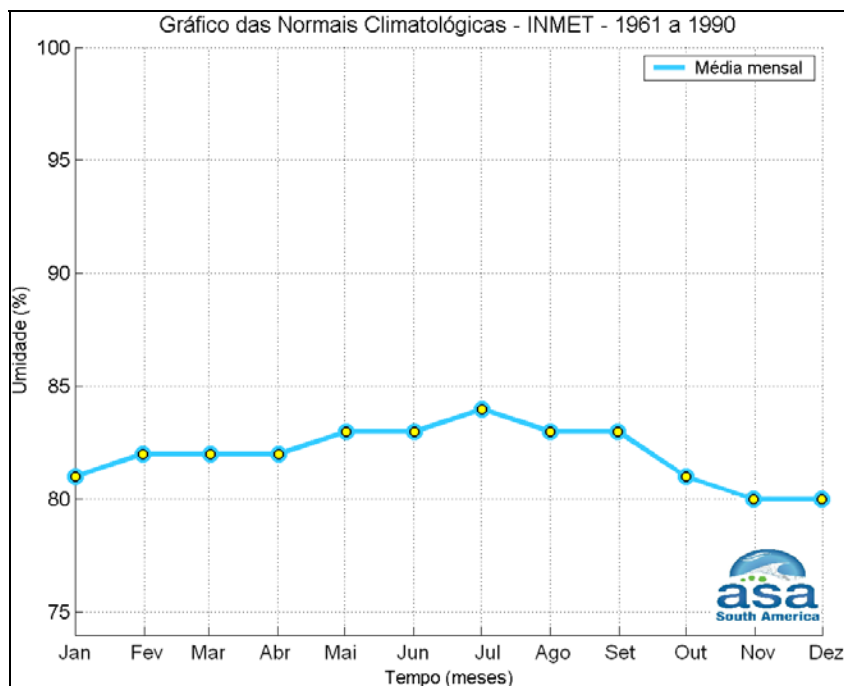
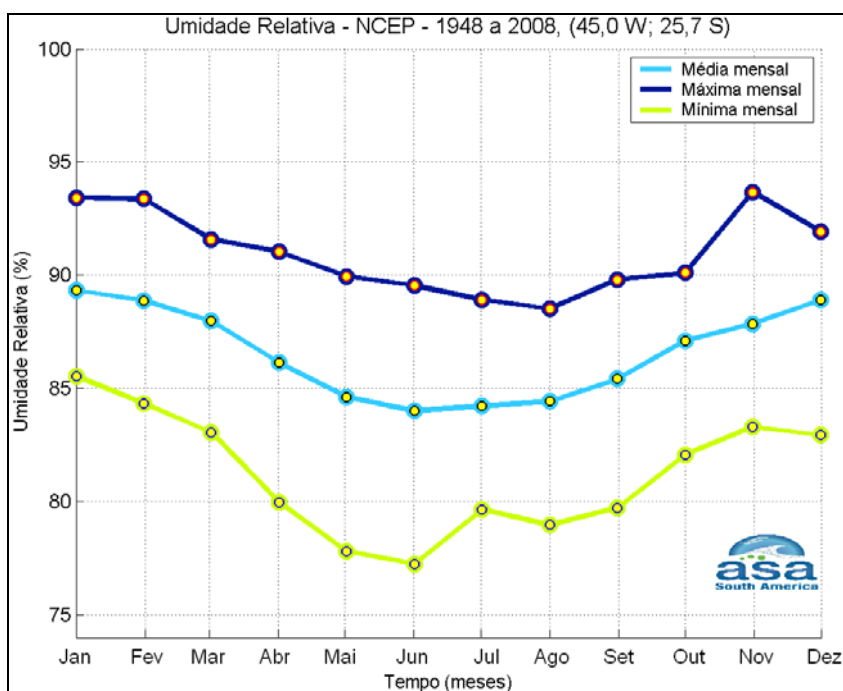


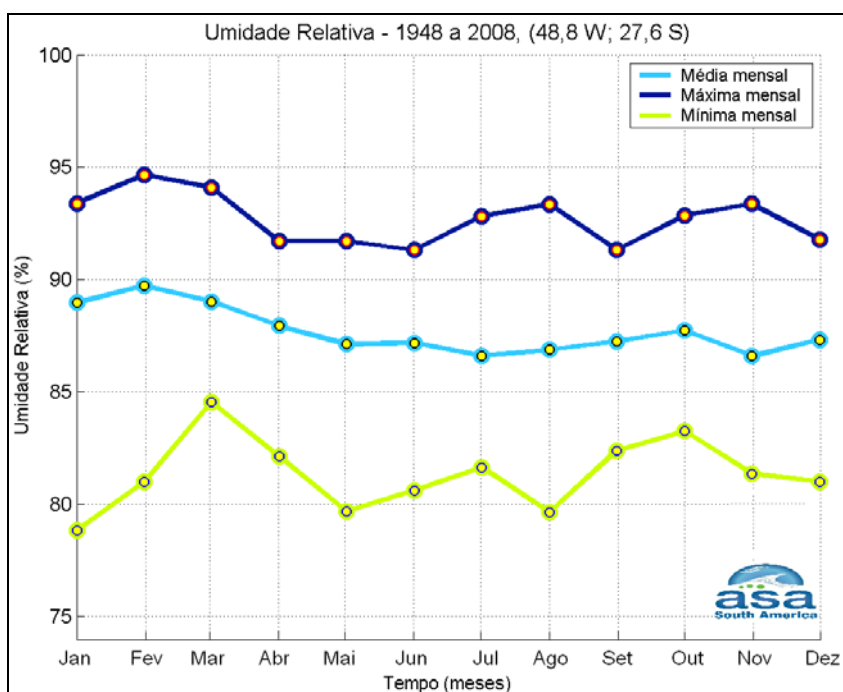
Gráfico II.5.1.1-8 - Climatologia da média mensal para umidade relativa do ar (1961 a 1990) em Florianópolis, de acordo com dados do INMET.

Os dados de reanálise do NCEP na região central da Bacia de Santos (NCEP4, **Gráfico II.5.1.1-9**) indicam valores médios entre 85 e 90%, com valores máximos nos meses de verão, quando a evaporação e o transporte de umidade são maiores. Na região sul da Bacia de Santos (NCEP3), os dados de reanálise do NCEP (**Gráfico II.5.1.1-10**) também apresentam valores bastante elevados durante todo ano, porém com menor variação sazonal, devido à maior passagem de sistemas frontais nessa região.



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.1-9 - Climatologia da média mensal para umidade relativa do ar (1948 a 2008) na região central da Bacia de Santos para o NCEP4

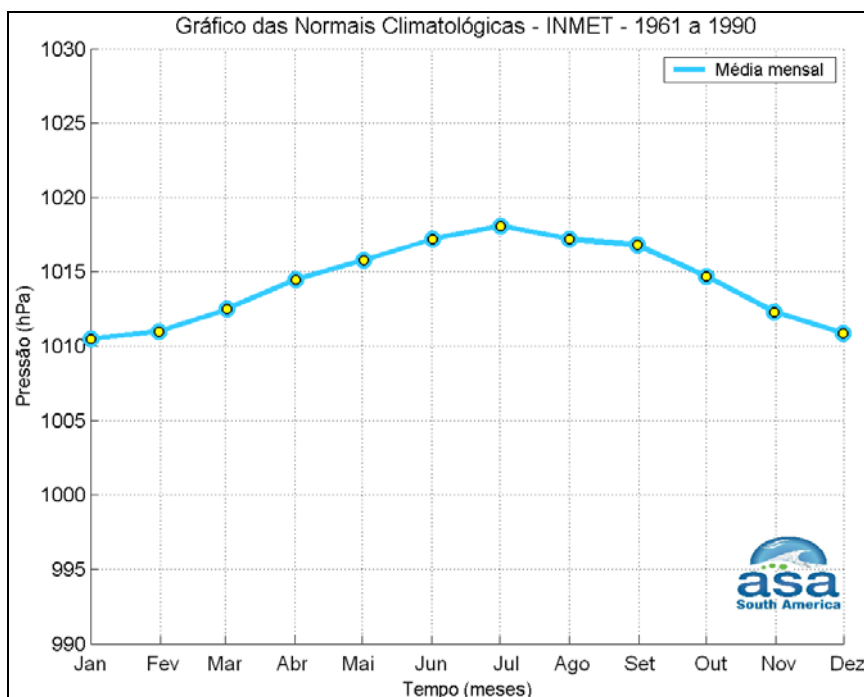


Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.1-10 - Climatologia da média mensal para umidade relativa do ar (1948 a 2008) na região sul da Bacia de Santos para o NCEP3

II.5.1.1.5 - Pressão Atmosférica

A **Gráfico II.5.1.1-11** apresenta a climatologia da pressão atmosférica média mensal, na porção sul da Bacia de Santos, de acordo com dados medidos na estação do INMET em Florianópolis no período de 1961 a 1990. Observa-se que neste local, os valores variam de 1010,5 a 1018 hPa, atingindo o máximo no inverno (julho).



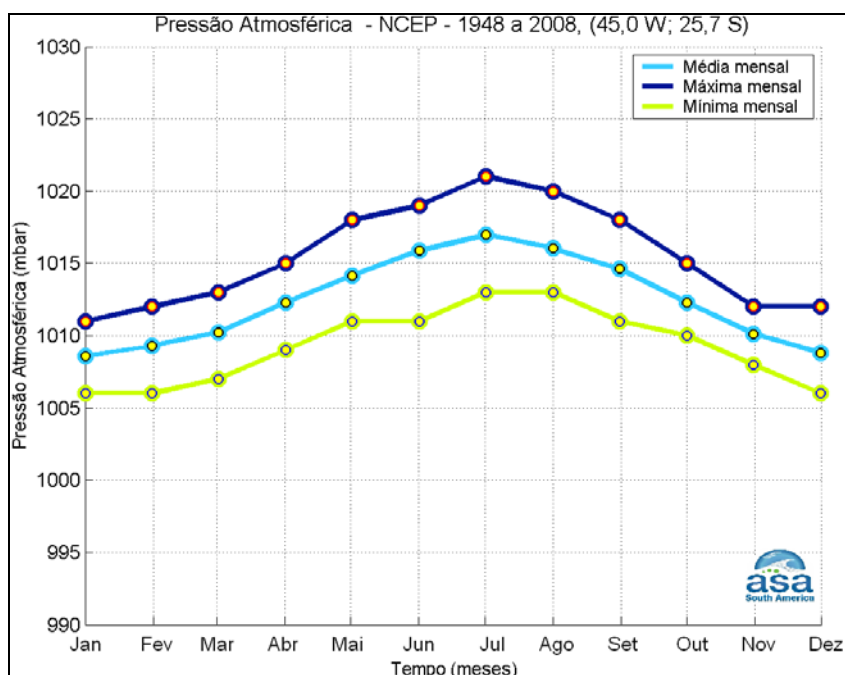
Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.1-11 - Climatologia da média mensal para pressão atmosférica (1961 a 1990) em Florianópolis, de acordo com dados do INMET

A climatologia para o período de 1948 a 2008 da pressão atmosférica ao nível do mar para os dados de reanálise do NCEP tanto para a porção sul (NCEP3), quanto para a porção central (NCEP4) da área de estudo (**Gráfico II.5.1.1-12** e **Gráfico II.5.1.1-13**) também apresentam valores máximos durante o inverno e mínimos durante o verão. Esse padrão é coerente com a variação da temperatura, uma vez que seu aumento implica em uma redução da densidade e consequente redução da pressão durante o verão (com situação oposta ocorrendo durante o inverno).

A análise comparativa destas figuras indica que a porção central da área de estudo apresenta valores de pressão mais elevados do que a porção sul, o que justifica-se pelo fato da região ao norte sofrer maior influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). A ASAS é um sistema

semi-permanente de alta pressão atmosférica, induzido pela circulação global (célula de Hadley). Este sistema atmosférico apresenta uma migração sazonal, sendo mais intensa e com centro localizado mais ao norte durante o inverno (e com padrão contrário sendo observado durante o período de verão). Este sistema é o padrão dominante no Oceano Atlântico subtropical, com influência também sobre a circulação oceânica na região.



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.1-12 - Climatologia da média mensal para pressão atmosférica (1948 a 2008) na região central da Bacia de Santos para o NCEP4

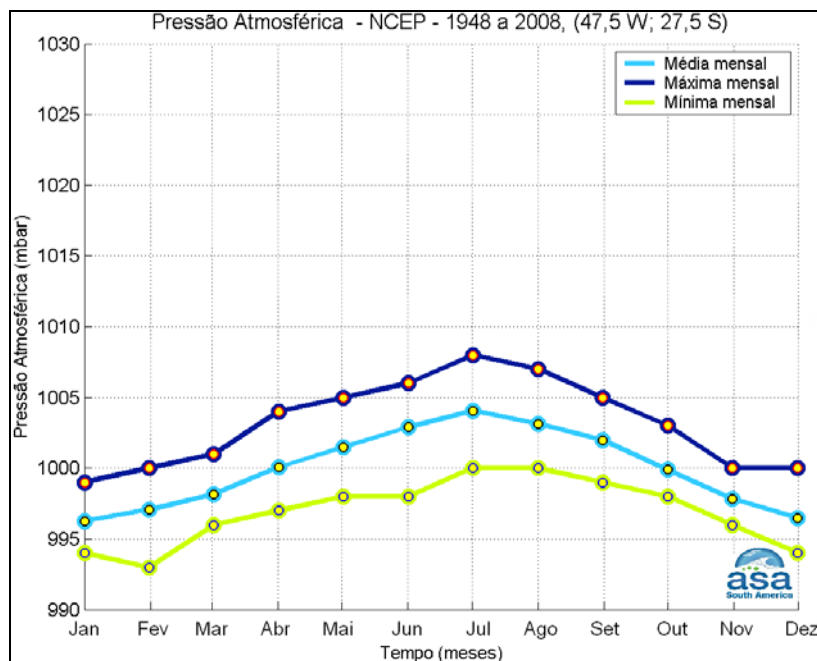
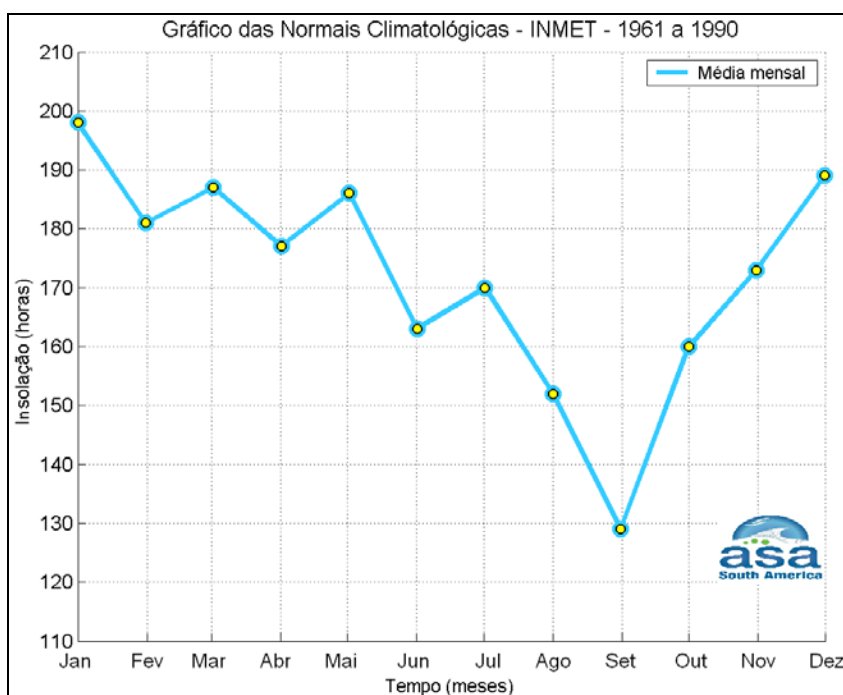


Gráfico II.5.1.1-13 - Climatologia da média mensal para pressão atmosférica (1948 a 2008) na região sul da Bacia de Santos para o NCEP3.

II.5.1.1.6 - Insolação

O **Gráfico II.5.1.1-14** apresenta a climatologia da insolação média mensal, na área sul da Bacia de Santos, de acordo com dados medidos na estação do INMET em Florianópolis no período de 1961 a 1990. Observa-se que, neste local, a quantidade média de horas de incidência direta do sol por mês é maior nos meses de verão, com máximo em janeiro e mínimo em setembro.

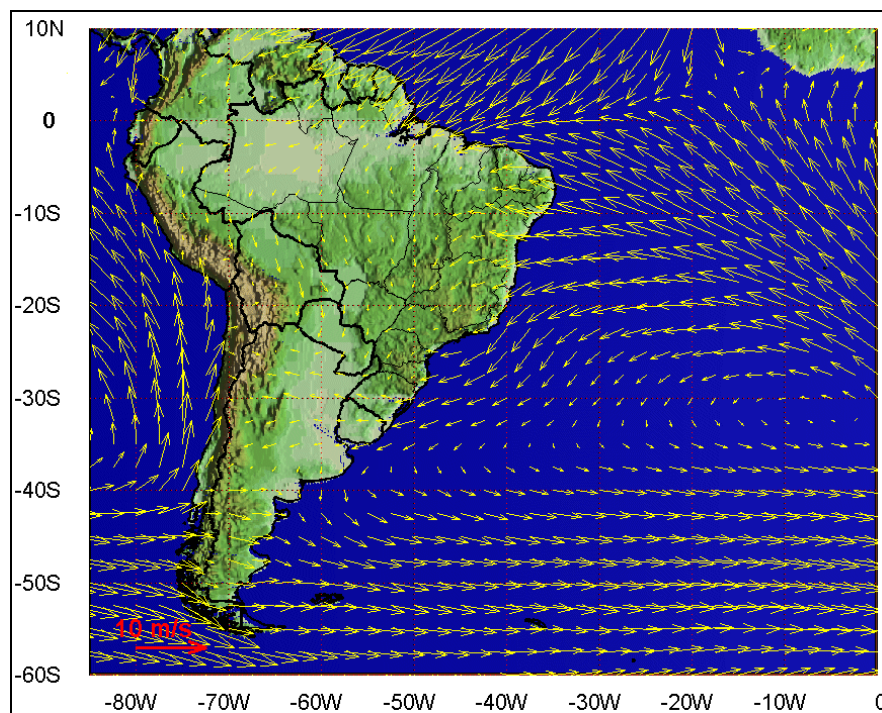


Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.1-14 - Climatologia da média mensal para insolação (1961 a 1990) em Florianópolis, de acordo com dados do INMET

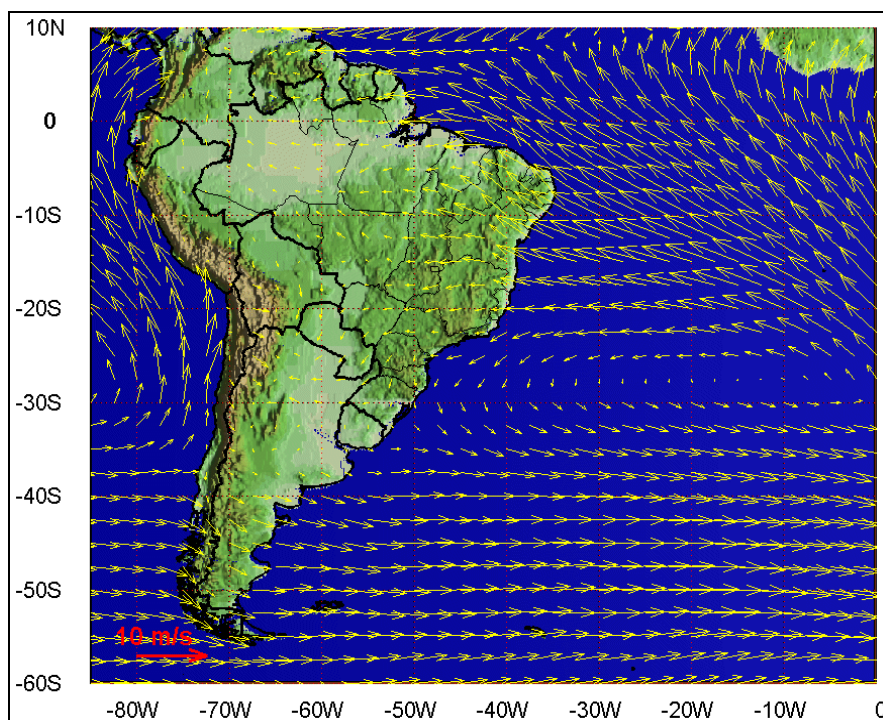
II.5.1.1.7 - Regime de Ventos

A circulação atmosférica da região em estudo é dominada pela ação da ASAS, pela passagem de sistemas frontais e por circulações locais. Nesta região, a variabilidade sazonal no padrão do vento, associada ao deslocamento da ASAS, é caracterizada pelo predomínio de ventos de NE no verão e ventos de ENE no inverno. Este padrão é ilustrado no **Gráfico II.5.1.1-15** e no **Gráfico II.5.1.1-16**, que apresentam o comportamento sazonal da circulação atmosférica obtida através da média de 12 anos (1990 - 2001) de dados de reanálise do modelo de circulação geral do NCEP. Nessa análise foram utilizados dados de vento na altura de 10 m. Observa-se a mudança do posicionamento sazonal da ASAS e conseqüentemente no padrão de ventos gerados por esse sistema.



Fonte: ASA.

**Gráfico II.5.1.1-15 - Médias de 12 anos
(1990 - 2001) do vento a 10 m da Renálise do NCEP no período de verão**

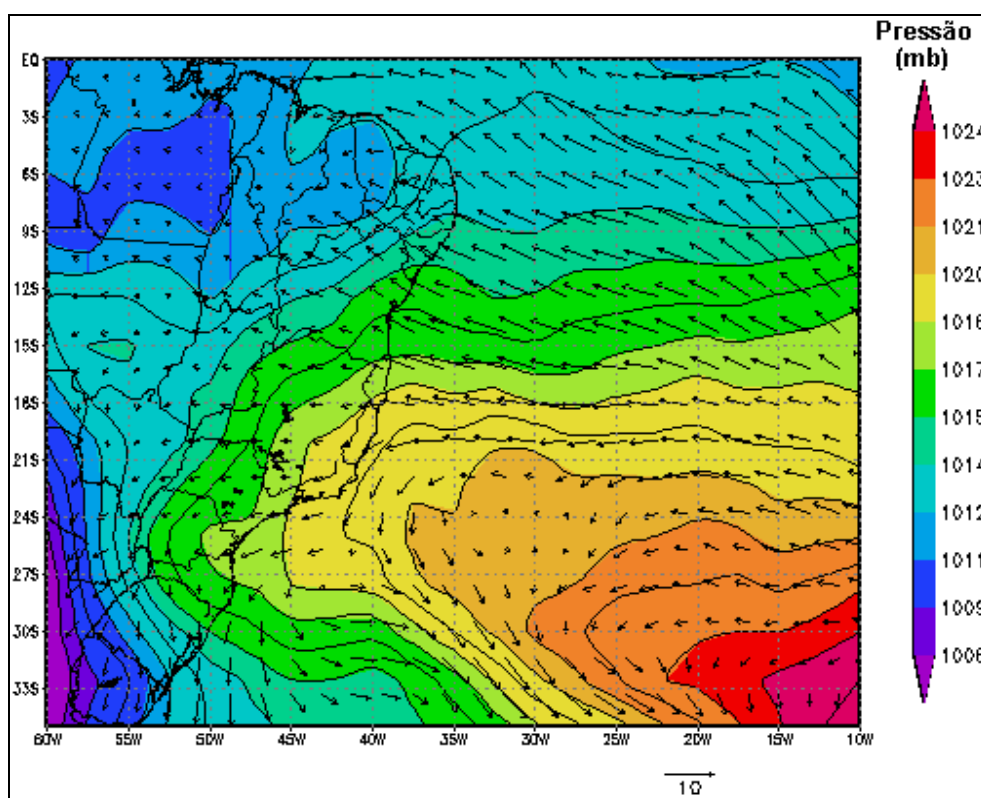


Fonte: ASA.

**Gráfico II.5.1.1-16 - Médias de 12 anos
(1990 - 2001) do vento a 10 m da Renálise no período de inverno**

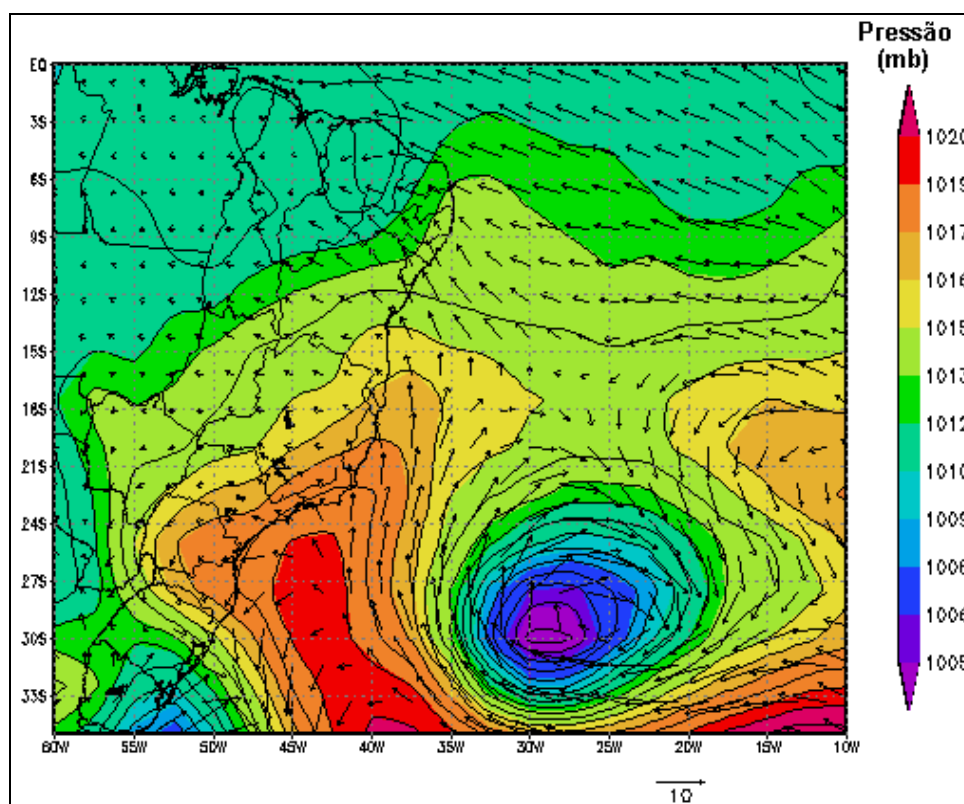
A influência da ASAS na região de interesse está associada a condições de tempo estáveis, devido à subsidência induzida na região de alta pressão. Entretanto, essa estabilidade é frequentemente perturbada pelo deslocamento de sistemas frontais que geralmente se formam sobre o Oceano Pacífico Sul, dirigem-se para leste até encontrarem os Andes, e entre 40° e 20°S seguem no sentido sudoeste-nordeste ao longo da costa leste sul americana.

Como exemplo, o **Gráfico II.5.1.1-17** e o **Gráfico II.5.1.1-18** ilustram instantes do vento NCEP a 10 m de altura para a América do Sul em situação de tempo estável (bom tempo), sob a atuação da ASAS, e de deslocamento de um sistema frontal, respectivamente (Garreaud & Wallace, 1998; Seluchi & Marengo, 2000).



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.1-17 - Campos de vento e pressão atmosférica obtidos a partir de dados de reanálise do NCEP para o dia 1º de junho de 2003 (representação de situação de bom tempo)



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.1-18 - Campos de vento e pressão atmosférica obtidos a partir de dados de reanálise do NCEP para o dia 15 de junho de 2003, às 18GMT (representação do deslocamento de um sistema frontal)

Os sistemas frontais atuam durante o ano todo sobre todo o Atlântico Sul, com frequências maiores nas latitudes mais altas e menores nas latitudes mais baixas. As perturbações geradas por estes sistemas são essenciais para a determinação das variabilidades intra-anuais na superfície oceânica.

Em meso e micro escalas, a variabilidade meteorológica induzida pelas brisas marinhas e terrestres também é significativa, principalmente nos padrões dinâmicos da circulação observada sobre a plataforma continental.

A seguir, são apresentadas análises estatísticas de ventos em região próxima à área em estudo (**Quadro II.5.1.1-2**). Para a análise da série histórica foram utilizados 30 anos de dados do vento da reanálise do NCEP obtidos a 10 m de altura para o ponto mais próximo da região de estudo (NCEP1).

Com relação aos dados medidos, foram utilizados dados de METAR (informações meteorológicas codificadas das condições do tempo na região dos aeroportos) da estação de Florianópolis para o ano de 2006, estação com disponibilidade de dados mais próxima da região dos Blocos. Para realizar uma comparação com estes dados, foram utilizados dados de vento a 10 m da reanálise do NCEP para o ponto mais próximo de Florianópolis (NCEP2). Os dados utilizados na caracterização do vento são apresentados na **Figura II.5.1.1-2**.

Quadro II.5.1.1-2 - Dados de vento utilizados nas proximidades dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, na Baía de Santos

Fonte	Latitude (S)	Longitude (W)	Período
NCEP1	25°42,00'	45°00,00'	1-jan-1979 a 31-dez-2008
NCEP2	25°42,00'	45°00,00'	1-jan-2006 a 31-dez-2006
METAR/Florianópolis	27°40,00'	48°33,00'	1-jan-2006 a 31-dez-2006

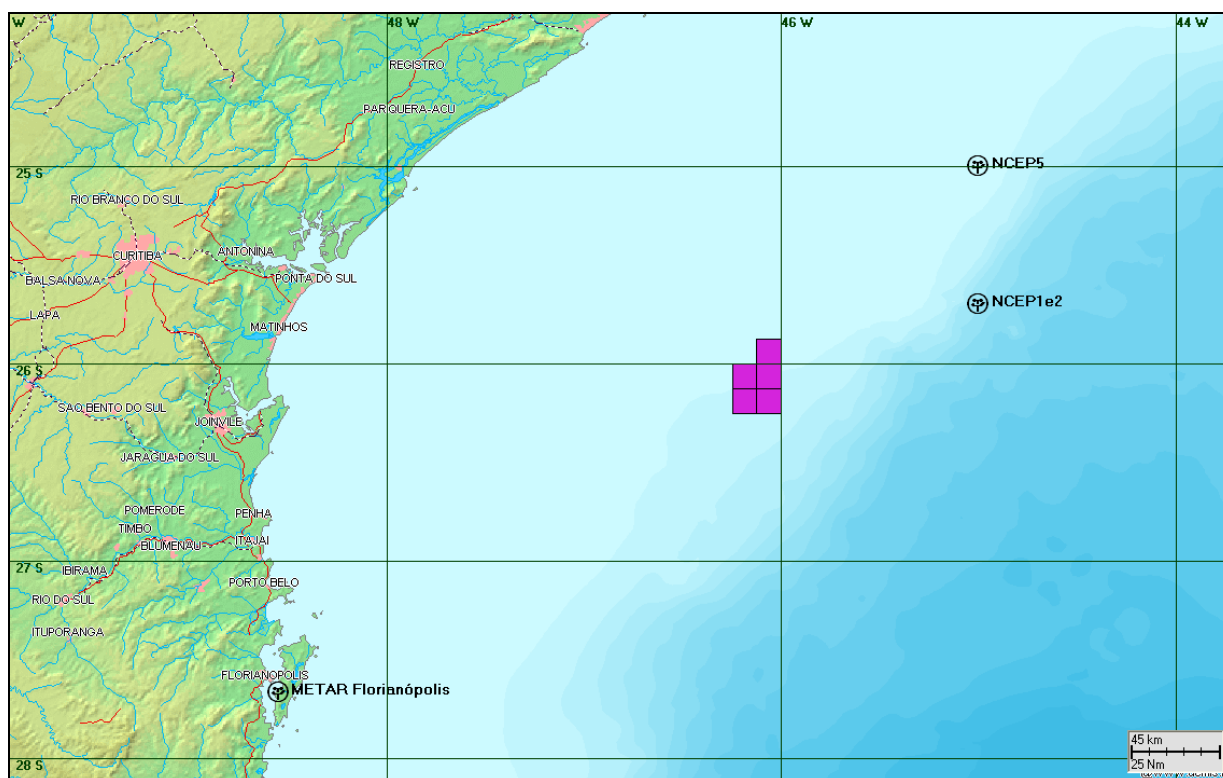


Figura II.5.1.1-2- Localização das estações de medição de vento

O **Gráfico II.5.1.1-19** e o **Gráfico II.5.1.1-20** apresentam os histogramas direcionais dos dados de vento do NCEP1, para os períodos de verão (janeiro a março) e inverno (junho a agosto) no período de 1979 a 2008. A direção apresentada refere-se ao norte geográfico e segue a

convenção meteorológica. A intensidade é apresentada em m/s e a escala de cores representa a porcentagem de observações (Perc. Obs.).

Observa-se que, durante o período de verão, os ventos mais frequentes são provenientes de nordeste, influenciados pela circulação da ASAS. No inverno os ventos predominantes também são provenientes de NE, mas existe uma maior dispersão nas demais direções, com aumento principalmente de ventos de sul, devido ao maior número de sistemas frontais que atuam sobre a região neste período.

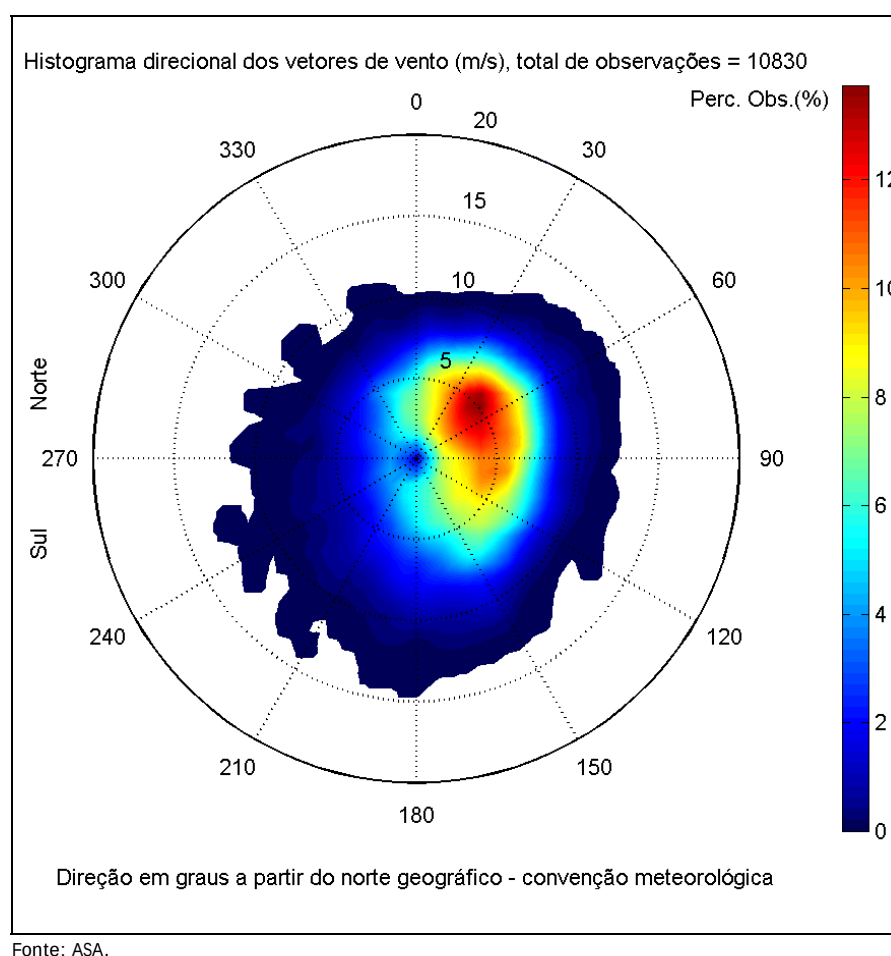
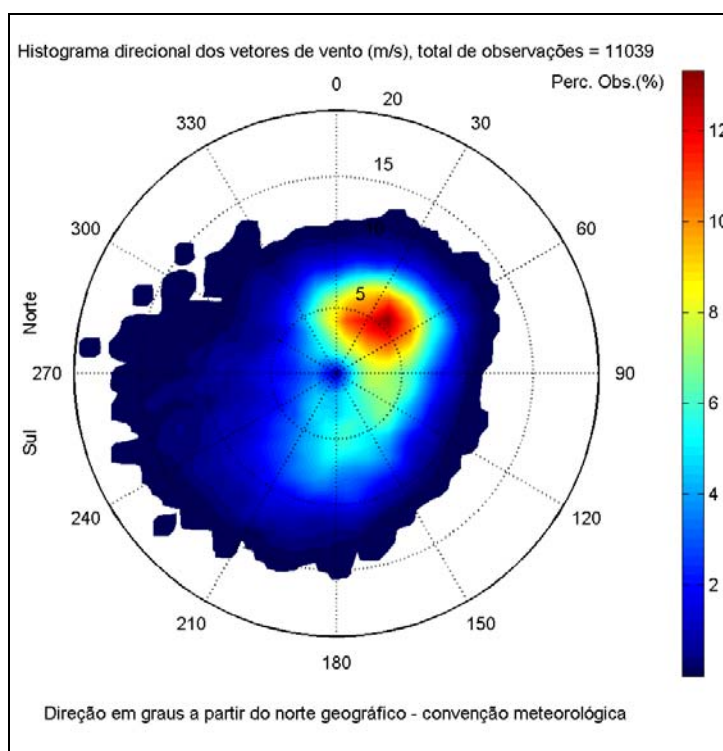


Gráfico II.5.1.1-19 - Histograma direcional dos vetores do vento NCEP1 para os meses de janeiro a março (verão) no período de 1979 a 2008



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.1-20 - Histograma direcional dos vetores do vento NCEP1 para os meses de junho a agosto (inverno) no período de 1979 a 2008

O **Quadro II.5.1.1-3** apresenta a distribuição de ocorrência conjunta de intensidades e direções do vento do NCEP1 para o período de verão. Observa-se que os ventos mais frequentes são provenientes das direções NE (13,7%) e ENE (13,6%). Os ventos com velocidades médias máximas vieram de NE (5,7 m/s) e SE (5,7 m/s); e os ventos mais fortes registrados foram provenientes de S (13,6 m/s) e SSW (13,4 m/s). Do total de registros, 90% têm intensidades iguais ou inferiores a 9,0 m/s, como indicam os percentuais apresentados no **Quadro II.5.1.1-3**.

Quadro II.5.1.1-3 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade e direção do vento NCEP1 para os meses de janeiro a março (verão) no período de 1979 a 2008

Veloc. (m/s)	D I R E Ç Ã O																Tot.	Perc.	Dir. Méd.
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW			
0,0- 1,0	8	13	12	18	12	13	14	18	7	16	8	12	17	12	12	9	201	1,9	144
1,0- 2,0	35	48	54	47	48	50	39	35	34	28	33	26	28	20	28	33	586	5,4	77
2,0- 3,0	72	99	87	101	95	83	82	75	64	50	28	27	30	43	36	68	1040	9,6	75
3,0- 4,0	101	114	158	189	146	123	117	86	78	57	31	37	23	26	44	68	1398	12,9	77
4,0- 5,0	113	166	243	214	190	168	148	117	75	38	23	23	23	28	45	72	1686	15,6	74
5,0- 6,0	114	232	281	246	239	191	154	112	75	53	21	15	11	21	32	64	1861	17,2	74
6,0- 7,0	86	175	237	254	224	202	169	138	69	34	14	8	7	9	13	34	1673	15,4	83
7,0- 8,0	39	99	214	205	140	134	132	92	63	24	17	15	8	6	6	14	1208	11,2	86
8,0- 9,0	16	45	113	114	66	61	72	59	50	24	10	2	5	2	1	6	646	6,0	93
9,0-10,0	2	14	60	47	32	25	20	50	29	10	7	3	1	0	0	2	302	2,8	102
10,0-11,0	0	2	17	25	15	7	9	32	16	6	3	0	2	1	2	2	139	1,3	118
11,0-12,0	0	0	9	10	6	3	2	12	10	4	2	3	0	0	0	0	61	0,6	129
12,0-13,0	0	0	2	5	1	2	1	5	4	0	3	1	0	0	0	0	24	0,2	139
13,0-14,0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	4	0,0	193
Total	586	1007	1487	1475	1214	1062	959	831	576	346	200	172	155	168	219	372	10829		
Porc.	5,4	9,3	13,7	13,6	11,2	9,8	8,9	7,7	5,3	3,2	1,8	1,6	1,4	1,6	2,0	3,4			
Vel. méd.	4,6	5,1	5,7	5,6	5,4	5,4	5,4	5,7	5,5	4,8	4,5	3,9	3,5	3,6	3,7	4,1			
Vel. máx.	9,6	10,5	12,6	12,6	12,1	12,6	12,3	12,7	13,6	13,4	12,8	12,2	10,8	10,9	10,2	10,5			
Perct, (0,9)	6,0	7,0	8,0	8,0	7,0	7,0	8,0	9,0	9,0	8,0	8,0	7,0	7,0	6,0	5,6	6,0			

Fonte: ASA.

Obs.: a direção é medida em graus a partir do Norte geográfico, convenção meteorológica.

O **Quadro II.5.1.1-4** apresenta a distribuição de ocorrência conjunta de intensidades e direções do vento NCEP1 para o período de inverno. Observa-se que os ventos mais frequentes são provenientes das direções NE (13,3%) e NNE (11,1%). Os ventos com velocidades médias máximas vieram de WSW (7,1 m/s), SW e SSW (7,0 m/s); e os ventos mais fortes registrados (17,8 e 17,4 m/s) foram provenientes de WSW e SW. Do total de registros dos ventos, 90% têm intensidades iguais ou inferiores a 12,0 m/s, como indicam os percentuais apresentados no **Quadro II.5.1.1-4**.

Quadro II.5.1.1-4 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade e direção do vento NCEP1 para os meses de junho a agosto (inverno) no período de 1979 a 2008

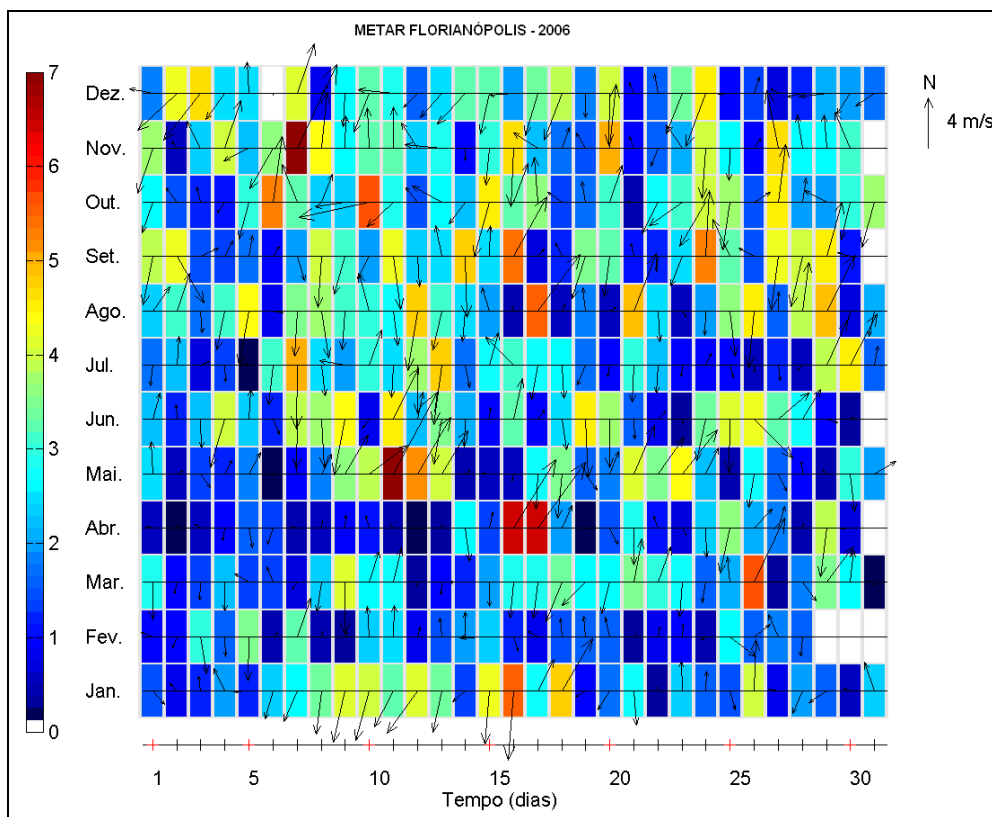
Veloc. (m/s)	D I R E Ç Ã O																Tot.	Perc.	Dir. Méd.
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW			
0,0- 1,0	7	14	6	14	8	12	9	6	5	12	13	5	5	9	6	14	145	1,3	52
1,0- 2,0	37	47	31	36	30	27	30	31	27	28	26	22	23	20	25	24	464	4,2	60
2,0- 3,0	62	65	81	82	74	65	42	54	42	40	33	26	21	30	35	62	814	7,4	64
3,0- 4,0	113	135	129	115	97	97	72	68	53	65	47	37	29	31	40	72	1200	10,9	61
4,0- 5,0	154	188	184	144	109	114	116	78	100	68	48	28	25	34	39	85	1514	13,7	64
5,0- 6,0	155	185	257	173	146	101	115	108	109	87	54	27	36	17	31	88	1689	15,3	68
6,0- 7,0	138	226	255	204	107	92	83	109	112	93	53	26	27	13	34	81	1653	15,0	64
7,0- 8,0	97	184	248	164	69	46	56	98	112	79	57	26	15	17	15	41	1324	12,0	68
8,0- 9,0	44	111	142	143	59	25	41	77	104	103	57	27	19	5	17	26	1000	9,1	94
9,0-10,0	23	41	88	77	26	7	14	34	74	60	43	21	19	7	11	15	560	5,1	110
10,0-11,0	3	17	38	31	6	0	6	22	49	59	45	24	11	1	2	2	316	2,9	185
11,0-12,0	0	7	7	14	0	2	2	4	22	39	19	13	13	4	3	0	149	1,3	209
12,0-13,0	0	1	4	0	0	0	0	1	13	33	26	23	6	1	2	1	111	1,0	221
13,0-14,0	0	0	0	1	0	0	0	1	7	9	14	10	8	3	0	0	53	0,5	227
14,0-15,0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	6	9	4	1	1	0	25	0,2	241
15,0-16,0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	6	0	0	0	14	0,1	247
16,0-17,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	5	0,0	276
17,0-18,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0,0	240
Total	833	1221	1470	1198	731	588	586	691	831	779	544	329	270	195	261	511	11038		
Porc.	7,5	11,1	13,3	10,9	6,6	5,3	5,3	6,3	7,5	7,1	4,9	3,0	2,4	1,8	2,4	4,6			
Vel. méd.	5,2	5,7	6,1	6,0	5,3	4,8	5,2	5,9	6,7	7,0	7,0	7,1	6,5	4,8	4,9	5,0			
Vel. máx.	10,4	12,8	12,9	13,1	10,9	11,6	11,3	13,1	15,1	15,5	17,4	17,8	16,9	16,2	14,9	12,8			
Perct. (0,9)	7,0	8,0	8,0	9,0	8,0	7,0	8,0	8,0	10,0	11,0	11,0	12,0	11,5	8,0	8,0	7,0			

Fonte: ASA.

Obs.: a direção é medida em graus a partir do Norte geográfico, convenção meteorológica

O **Gráfico II.5.1.1-21** apresenta o diagrama de vetores do vento para os valores médios diários dos dados de vento METAR medidos em Florianópolis no período de janeiro a dezembro de 2006.

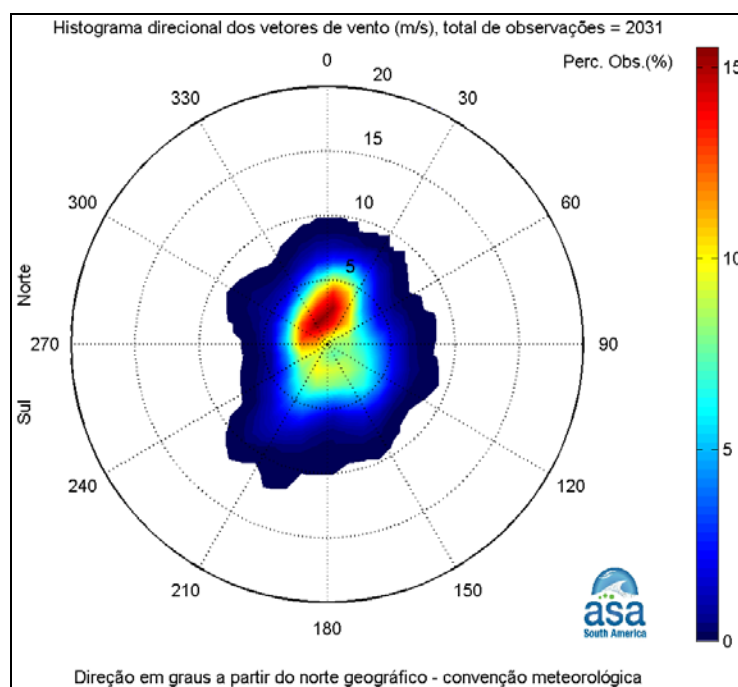
Com base neste gráfico, observa-se na região uma dominância de ventos meridionais, com ventos de N mais frequentes.



Fonte: ASA.

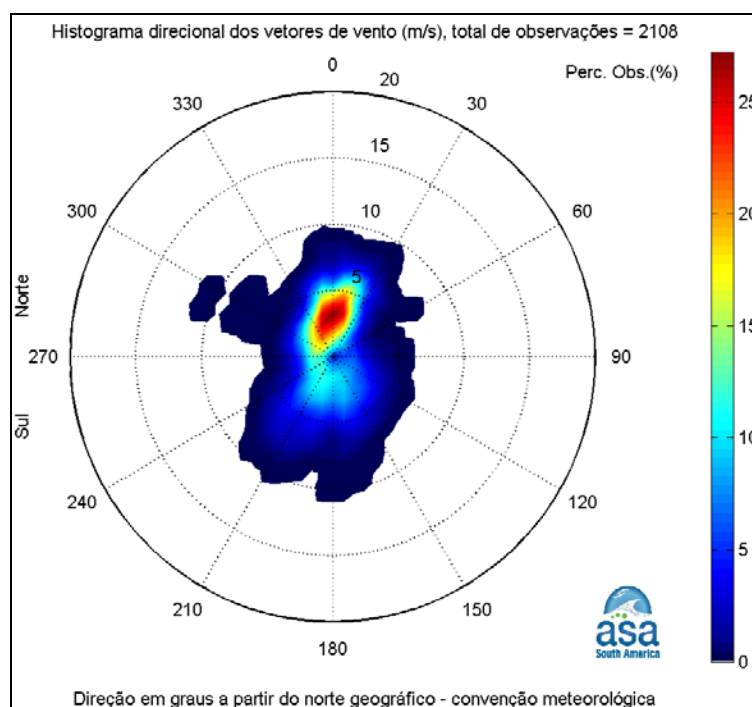
Gráfico II.5.1.1-21 - Diagrama de vetores do vento para os valores médios diários de dados de vento em Florianópolis (METAR) durante o período de janeiro a dezembro de 2006 (convenção vetorial).

A **Gráfico II.5.1.1-22** e a **Gráfico II.5.1.1-23** apresentam os histogramas direcionais do vento elaborados com base nos dados do METAR da estação de Florianópolis, para os períodos de verão (janeiro a março) e inverno de 2006 (junho a agosto). A direção apresentada refere-se ao norte geográfico e segue a convenção meteorológica. A intensidade é apresentada em m/s e a escala de cores representa a porcentagem de observações (Perc. Obs.). Observa-se que, durante o período de verão, os ventos mais frequentes são provenientes de N; e no inverno os ventos são mais meridionais, com ventos de N novamente mais frequentes.



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.1-22 - Histograma direcional dos vetores do vento em Florianópolis/METAR para o período de janeiro a março de 2006



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.1-23 - Histograma direcional dos vetores do vento em Florianópolis/METAR para o período de junho a agosto de 2006

O **Quadro II.5.1.1-5** apresenta a distribuição de ocorrência conjunta de intensidades e direções do vento METAR Florianópolis para o período de verão. Observa-se que os ventos mais frequentes são provenientes das direções N (15,5%) e NNE (10,3%). Os ventos com velocidades médias máximas vieram de N (3,8 m/s) e SSW (3,8 m/s); e os ventos mais fortes registrados foram provenientes de SW (9,8 m/s). Do total de registros dos ventos, 90% têm intensidades iguais ou inferiores a 6,0 m/s, como indicam os percentuais apresentados no **Quadro II.5.1.1-5**.

Quadro II.5.1.1-5 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade e direção do vento Florianópolis/METAR para o verão de 2006, na Baía de Santos

Veloc. (m/s)	DIREÇÃO																Tot.	Perc.	Dir. Méd.
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW			
0,0- 1,0	1	0	0	0	0	1	0	2	5	2	1	3	3	2	1	1	22	1,0	229
1,0- 2,0	36	16	10	11	17	11	17	18	25	18	15	24	35	32	26	39	350	15,9	299
2,0- 3,0	100	28	9	1	11	20	13	26	32	32	28	14	26	22	44	68	474	21,5	323
3,0- 4,0	159	40	5	0	6	12	14	21	41	34	24	9	7	13	25	45	455	20,6	346
4,0- 5,0	140	49	2	2	2	11	18	26	33	29	23	5	1	2	3	26	372	16,9	10
5,0- 6,0	90	47	3	0	1	3	5	17	21	18	15	4	0	1	2	11	238	10,8	7
6,0- 7,0	36	27	4	1	0	0	1	3	12	19	22	1	0	2	1	1	130	5,9	331
7,0- 8,0	8	8	0	0	0	0	0	1	5	11	5	0	0	1	1	0	40	1,8	241
8,0- 9,0	4	3	0	0	0	0	0	1	0	6	2	0	0	2	0	0	18	0,8	266
9,0-10,0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	6	0,3	202
Total	574	218	33	15	37	58	68	115	176	171	137	60	72	77	103	191	2105		
Porc.	27,3	10,4	1,6	0,7	1,8	2,8	3,2	5,5	8,4	8,1	6,5	2,9	3,4	3,7	4,9	9,1			
vel. méd.	3,8	4,3	3,0	2,3	2,1	2,8	3,0	3,4	3,6	4,1	4,1	2,4	1,8	2,4	2,5	2,8			
vel. máx.	8,7	8,7	6,2	6,7	5,1	5,7	6,2	8,2	9,8	9,3	9,3	6,2	4,1	8,2	7,7	6,2			
perct. (0,9)	5,0	6,0	6,0	4,0	3,0	4,0	4,0	5,0	6,0	7,0	6,0	4,0	3,0	3,8	3,0	4,0			

Fonte: ASA.

Obs.: a direção é medida em graus a partir do Norte geográfico, convenção meteorológica.

O **Quadro II.5.1.1-6** apresenta a distribuição de ocorrência conjunta de intensidades e direções do vento METAR Florianópolis para o inverno. Observa-se que os ventos mais frequentes são provenientes das direções N (27,3%) e NNE (10,4%). Os ventos com velocidades médias máximas vieram de NNE (4,3 m/s), SSW e SW (4,1 m/s); e os ventos mais fortes registrados (9,3 m/s) foram provenientes de SSW e SW. Do total de registros, 90% têm intensidades iguais ou inferiores a 7,0 m/s, como indicam os percentuais apresentados no **Quadro II.5.1.1-6**.

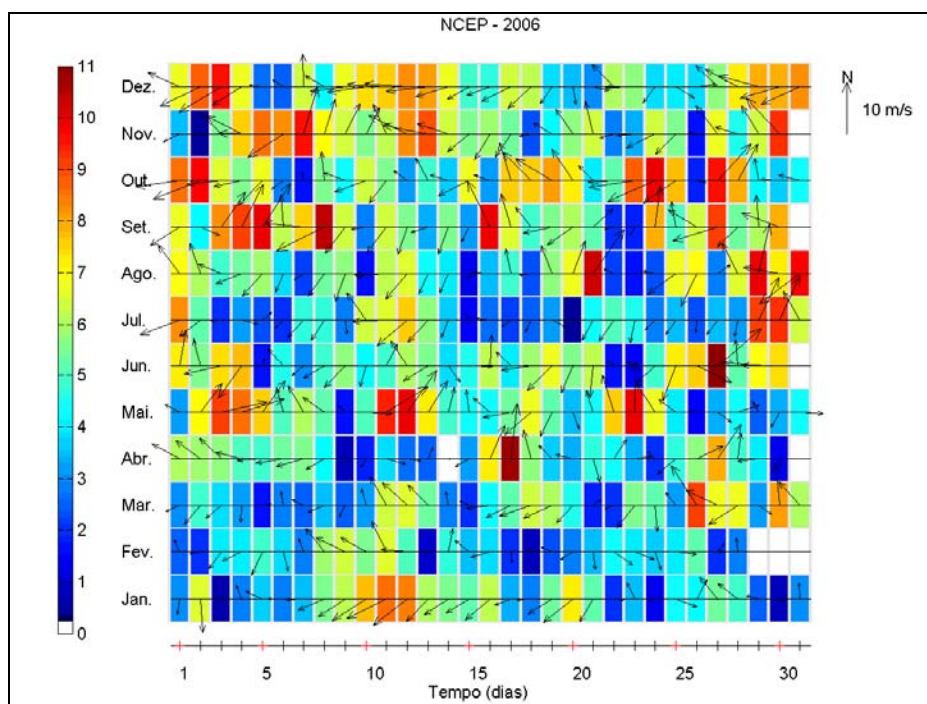
Quadro II.5.1.1-6 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade e direção do vento Florianópolis/METAR para o inverno de 2006, na Baía de Santos

Veloc. (m/s)	DIREÇÃO																Tot.	Perc.	Dir. Méd.
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW			
0,0- 1,0	1	0	0	0	0	1	0	2	5	2	1	3	3	2	1	1	22	1,0	229
1,0- 2,0	36	16	10	11	17	11	17	18	25	18	15	24	35	32	26	39	350	15,9	299
2,0- 3,0	100	28	9	1	11	20	13	26	32	32	28	14	26	22	44	68	474	21,5	323
3,0- 4,0	159	40	5	0	6	12	14	21	41	34	24	9	7	13	25	45	455	20,6	346
4,0- 5,0	140	49	2	2	2	11	18	26	33	29	23	5	1	2	3	26	372	16,9	10
5,0- 6,0	90	47	3	0	1	3	5	17	21	18	15	4	0	1	2	11	238	10,8	7
6,0- 7,0	36	27	4	1	0	0	1	3	12	19	22	1	0	2	1	1	130	5,9	331
7,0- 8,0	8	8	0	0	0	0	0	1	5	11	5	0	0	1	1	0	40	1,8	241
8,0- 9,0	4	3	0	0	0	0	0	1	0	6	2	0	0	2	0	0	18	0,8	266
9,0-10,0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	6	0,3	202
Total	574	218	33	15	37	58	68	115	176	171	137	60	72	77	103	191	2105		
Porc.	27,3	10,4	1,6	0,7	1,8	2,8	3,2	5,5	8,4	8,1	6,5	2,9	3,4	3,7	4,9	9,1			
vel. méd.	3,8	4,3	3,0	2,3	2,1	2,8	3,0	3,4	3,6	4,1	4,1	2,4	1,8	2,4	2,5	2,8			
vel. máx.	8,7	8,7	6,2	6,7	5,1	5,7	6,2	8,2	9,8	9,3	9,3	6,2	4,1	8,2	7,7	6,2			
Perct. (0,9)	5,0	6,0	6,0	4,0	3,0	4,0	4,0	5,0	6,0	7,0	6,0	4,0	3,0	3,8	3,0	4,0			

Fonte: ASA.

Obs.: a direção é medida em graus a partir do Norte geográfico, convenção meteorológica

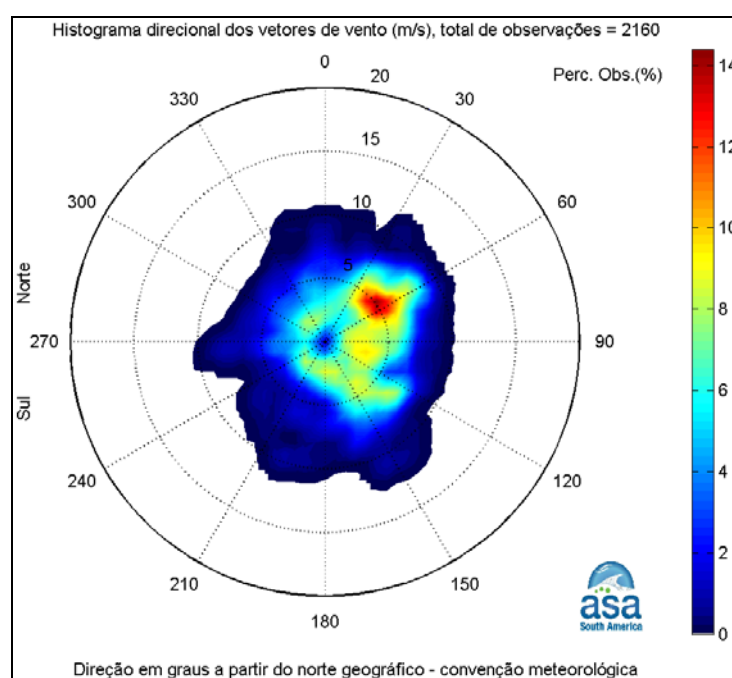
O **Gráfico II.5.1.1-24** apresenta o diagrama de vetores do vento para os valores médios diários dos dados de vento NCEP2.



Fonte: ASA.

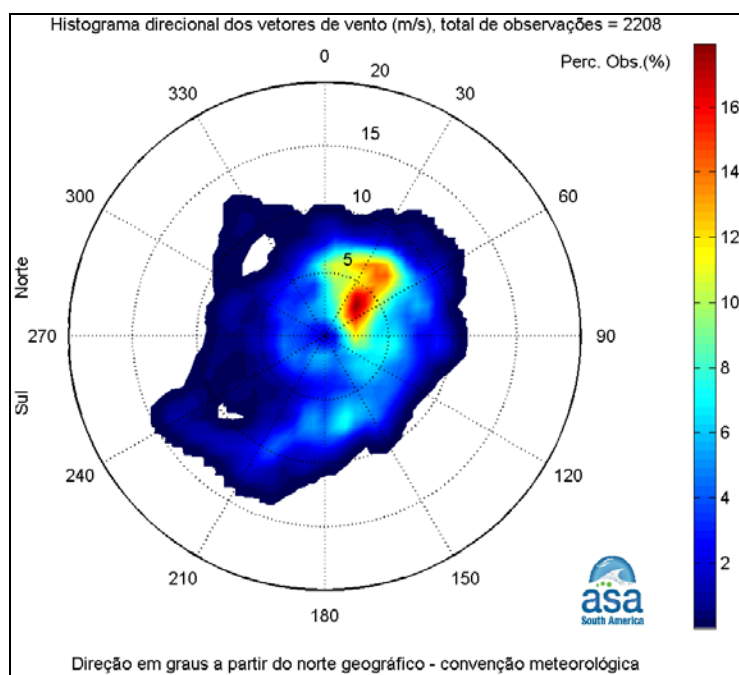
Gráfico II.5.1.1-24 - Diagrama de vetores do vento para os valores médios diários de dados de vento NCEP2 durante o período de janeiro a dezembro de 2006 (convenção vetorial), na posição 25,70 °S e 45 °W

O **Gráfico II.5.1.1-25** e o **Gráfico II.5.1.1-26** apresentam os histogramas direcionais dos dados de vento do NCEP2, para os períodos de verão (janeiro a março) e inverno (junho a agosto) de 2006. A direção apresentada refere-se ao norte geográfico e segue a convenção meteorológica. A intensidade é apresentada em m/s e a escala de cores representa o número de observações (N.Obs.). Observa-se que durante o período de verão os ventos mais frequentes são provenientes de nordeste, apesar de haver porcentagens significativas de ventos provenientes de leste e sudeste. No inverno, embora a dominância ainda seja de ventos de nordeste, existe uma maior dispersão de ventos provenientes do quadrante sul.



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.1-25 - Histograma direcional dos vetores do vento NCEP2 para o período de janeiro a março de 2006



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.1-26 - Histograma direcional dos vetores do vento NCEP2 para o período de junho a agosto de 2006

O **Quadro II.5.1.1-7** apresenta a distribuição de ocorrência conjunta de intensidades e direções do vento NCEP1 para o período de verão. Observa-se que os ventos mais frequentes são provenientes das direções ENE (14,4%) e NE (12,5%). Os ventos com velocidades médias máximas vieram de NE (6,8 m/s) e ENE (6,6 m/s); e os ventos mais fortes registrados foram provenientes de SSE (11,0 m/s) e NE (10,4 m/s). Do total de registros, 90% têm intensidades iguais ou inferiores a 8,0 m/s, como indicam os percentuais apresentados no **Quadro II.5.1.1-7**.

Quadro II.5.1.1-7 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade e direção do vento NCEP2 para o verão de 2006, na Bacia de Santos

Veloc. (m/s)	D I R E Ç Ã O																Tot.	Perc.	Dir. Méd.
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW			
0,0- 1,0	0	4	2	2	3	1	3	1	2	0	0	5	3	0	1	3	30	1,4	56
1,0- 2,0	4	19	10	11	15	2	5	7	7	7	11	1	3	3	1	4	110	5,0	75
2,0- 3,0	12	14	29	26	27	11	12	7	8	14	7	9	4	8	14	10	212	9,6	65
3,0- 4,0	18	23	62	33	22	17	18	6	6	14	10	12	16	8	8	8	281	12,7	53
4,0- 5,0	28	37	57	21	17	22	30	11	12	1	6	2	6	10	11	14	285	12,9	53
5,0- 6,0	42	36	57	42	35	25	15	24	16	11	1	5	4	0	8	13	334	15,1	63
6,0- 7,0	33	76	73	12	23	23	25	39	28	9	2	1	0	5	0	6	355	16,1	68
7,0- 8,0	14	20	71	43	10	16	18	29	36	9	4	3	5	6	0	0	284	12,9	87
8,0- 9,0	9	9	24	28	19	3	2	8	24	23	1	1	1	1	0	0	153	6,9	102
9,0-10,0	0	3	3	21	12	0	0	0	7	19	2	1	0	0	1	2	71	3,2	116
10,0-11,0	0	0	8	4	0	0	0	0	1	18	5	1	0	0	1	1	39	1,8	199
11,0-12,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	10	3	0	0	1	1	28	1,3	221
12,0-13,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	10	3	0	0	1	0	21	1,0	227
Total	160	241	396	243	183	120	128	132	147	145	69	47	42	41	47	62	2203		
Porc.	7,3	10,9	18,0	11,0	8,3	5,4	5,8	6,0	6,7	6,6	3,1	2,1	1,9	1,9	2,1	2,8			
vel. méd.	5,3	5,2	5,5	5,7	5,1	5,1	5,0	5,8	6,3	7,4	6,6	5,1	4,0	4,5	4,2	4,4			
vel. máx.	8,8	9,8	10,8	10,9	9,5	8,1	8,2	8,4	10,6	12,7	13,0	12,9	8,4	8,7	12,1	11,3			
Perct. (0,9)	7,0	7,0	7,0	9,0	8,0	7,0	7,0	7,0	8,0	11,0	12,0	11,0	7,0	7,0	5,0	6,0			

Fonte: ASA.

Obs.: a direção é medida em graus a partir do Norte geográfico, convenção meteorológica.

O **Quadro II.5.1.1-8** apresenta a distribuição de ocorrência conjunta de intensidades e direções do vento do NCEP2 para o período de inverno. Observa-se que os ventos mais frequentes são provenientes das direções NE (18%) e ENE (11%). Os ventos com velocidades médias máximas vieram de SSW (7,4 m/s) e SW (6,6 m/s); e os ventos mais fortes registrados (13,0 e 12,9 m/s) foram provenientes de SW (13 m/s) e WSW (12,9 m/s). Do total de registros dos ventos, 90% têm intensidades iguais ou inferiores a 12,0 m/s, como indicam os percentuais apresentados no **Quadro II.5.1.1-8**.

Quadro II.5.1.1-8 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade e direção do vento NCEP2 para o inverno de 2006, na Bacia de Santos

Veloc. (m/s)	D I R E Ç Ã O																Tot.	Perc.	Dir. Méd.
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW			
0,0- 1,0	0	4	2	2	3	1	3	1	2	0	0	5	3	0	1	3	30	1,4	56
1,0- 2,0	4	19	10	11	15	2	5	7	7	7	11	1	3	3	1	4	110	5,0	75
2,0- 3,0	12	14	29	26	27	11	12	7	8	14	7	9	4	8	14	10	212	9,6	65
3,0- 4,0	18	23	62	33	22	17	18	6	6	14	10	12	16	8	8	8	281	12,7	53
4,0- 5,0	28	37	57	21	17	22	30	11	12	1	6	2	6	10	11	14	285	12,9	53
5,0- 6,0	42	36	57	42	35	25	15	24	16	11	1	5	4	0	8	13	334	15,1	63
6,0- 7,0	33	76	73	12	23	23	25	39	28	9	2	1	0	5	0	6	355	16,1	68
7,0- 8,0	14	20	71	43	10	16	18	29	36	9	4	3	5	6	0	0	284	12,9	87
8,0- 9,0	9	9	24	28	19	3	2	8	24	23	1	1	1	1	0	0	153	6,9	102
9,0-10,0	0	3	3	21	12	0	0	0	7	19	2	1	0	0	1	2	71	3,2	116
10,0-11,0	0	0	8	4	0	0	0	0	1	18	5	1	0	0	1	1	39	1,8	199
11,0-12,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	10	3	0	0	1	1	28	1,3	221
12,0-13,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	10	3	0	0	1	0	21	1,0	227
Total	160	241	396	243	183	120	128	132	147	145	69	47	42	41	47	62	2203		
Porc.	7,3	10,9	18,0	11,0	8,3	5,4	5,8	6,0	6,7	6,6	3,1	2,1	1,9	1,9	2,1	2,8			
Vel. méd.	5,3	5,2	5,5	5,7	5,1	5,1	5,0	5,8	6,3	7,4	6,6	5,1	4,0	4,5	4,2	4,4			
Vel. máx.	8,8	9,8	10,8	10,9	9,5	8,1	8,2	8,4	10,6	12,7	13,0	12,9	8,4	8,7	12,1	11,3			
Perct. (0,9)	7,0	7,0	7,0	9,0	8,0	7,0	7,0	7,0	8,0	11,0	12,0	11,0	7,0	7,0	5,0	6,0			

Fonte: ASA.

Obs.: a direção é medida em graus a partir do Norte geográfico, convenção meteorológica.

A análise estatística dos sistemas frontais que atingem a região da Bacia de Santos, realizada a partir de dados de vento de reanálise do NCEP no nível de 925 hPa (nível mais adequado para esta análise), disponíveis com resolução temporal de 6 horas e espacial de 2,5°, para o período de 1987 a 2007, na posição de 25 °S e 45 °W (NCEP5) é apresentada na **Quadro II.5.1.1-9**.

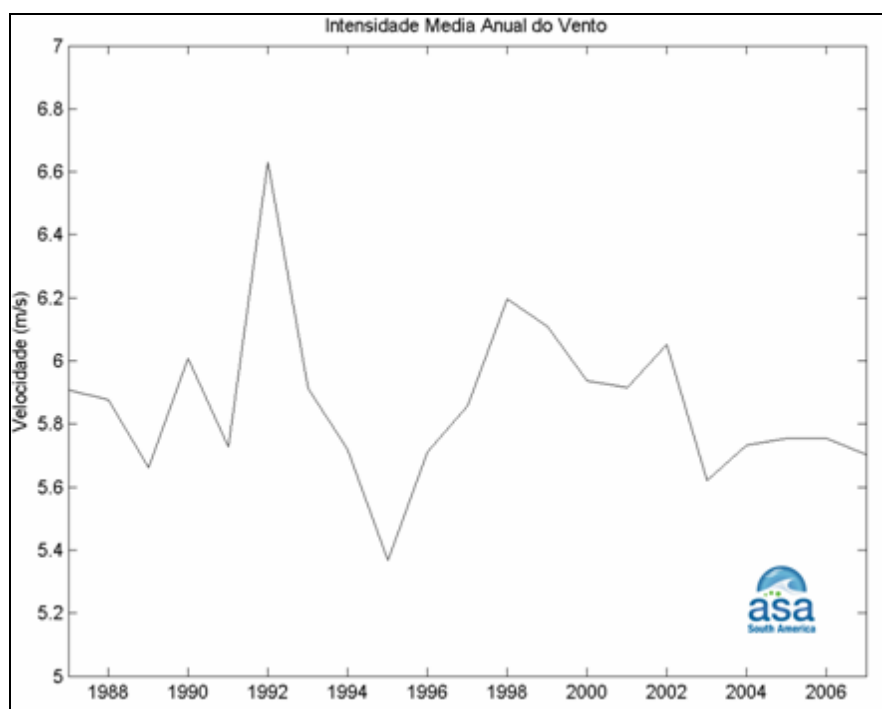
Esta análise indica que a média mensal desses sistemas atuando na região é de 3,2 sistemas nos meses de verão; 4,4 sistemas no outono; 4,4 no inverno, e 4,8 sistemas nos meses de primavera. Este resultado é coerente com os trabalhos de Oliveira (1986) e Andrade (2005).

Quadro II.5.1.1-9 - Ocorrência e duração de sistemas frontais representativas da Bacia de Santos para as quatro estações do ano obtidas a partir de dados do NCEP (25 °S e 45 °W) em 925 hPa no período de 1987 a 2007

1987 - 2007	Nº de Frentes	Frentes/Mês	Duração Média das Frentes (H)	Período Médio entre Frentes (dia)
Jan-Fev-Mar				
Valores Médios	9,5	3,2	52,5	7,4
Desvios Padrão	2,4	0,8	13,4	2,1
Abr-Mai-Jun				
Valores Médios	13,2	4,4	53,8	5,0
Desvios Padrão	2,7	0,9	9,5	1,6
Jul-Ago-Set				
Valores Médios	13,3	4,4	51,9	5,1
Desvios Padrão	2,6	0,9	8,1	1,4
Out-Nov-Dez				
Valores Médios	14,3	4,8	51,9	4,2
Desvios Padrão	2,4	0,8	9,6	1,0

Fonte: ASA

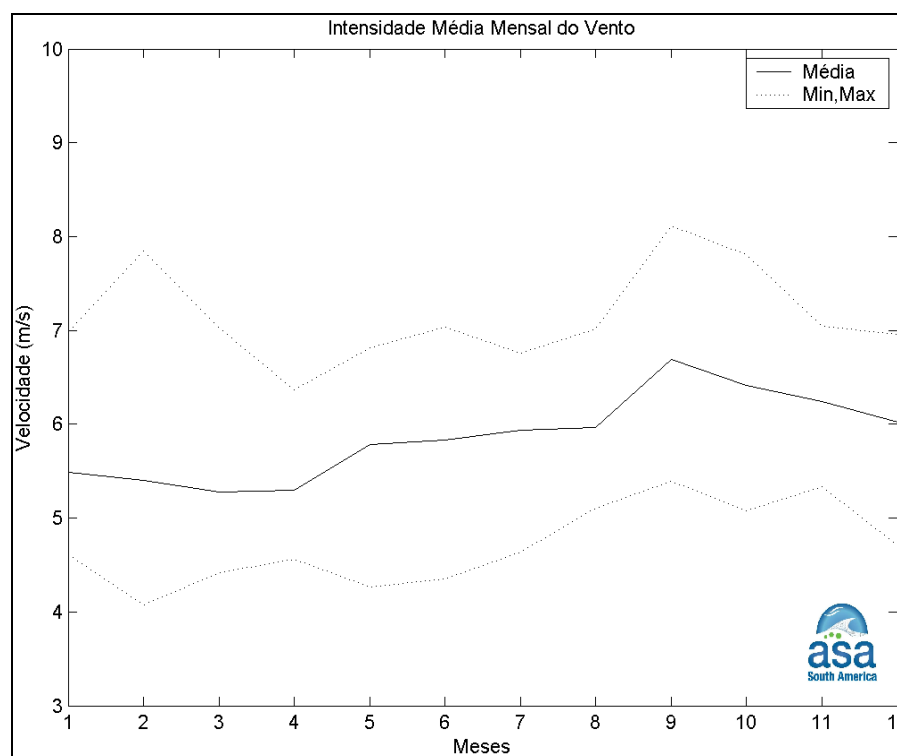
Com relação à intensidade do vento, o **Gráfico II.5.1.1-27** apresenta a média anual para o período 1987-2007, com base no mesmo conjunto de dados do NCEP utilizado na análise apresentada na **Quadro II.5.1.1-9**. Observa-se que a média anual do vento ao longo de todo o período (1987 a 2007) indicou uma intensidade média do vento de 5,9 m/s e a média anual mais intensa para todo o período analisado ocorreu em 1992 (6,6 m/s).



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.1-27 - Intensidade média anual do vento para dados do NCEP (25 °S e 45 °W) em 925 hPa no período de 1987 a 2007.

O **Gráfico II.5.1.1-28** apresenta o comportamento médio mensal da intensidade do vento ao longo deste período de dados. Verifica-se que a média mensal menos intensa ocorre no verão e a mais intensa na primavera, quando são observadas as velocidades mensais mínimas e máximas, respectivamente.



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.1-28 - Intensidade média mensal do vento para dados do NCEP (25 °S e 45 °W) em 925 hPa no período de 1987 a 2007

II.5.1.1.8 - Considerações Finais

A análise dos parâmetros analisados neste estudo indica que durante o verão, o aquecimento provocado pelo aumento de radiação solar incidente provoca uma redução da pressão e um aumento do transporte de umidade para esta região, favorecendo a convecção e a definição da estação chuvosa. A estação seca ocorre no período do inverno, mas é menos pronunciada na porção sul da bacia, pois esta região é mais influenciada pela passagem de sistemas frontais.

O escoamento de baixos níveis dominante é proveniente de NE, devido à atuação da ASAS, e mais intenso durante o inverno, quando a alta encontra-se fortalecida. Este padrão é frequentemente perturbado pela passagem de sistemas frontais, que proporcionam intensos ventos de sul na região de interesse. Os sistemas frontais ocorrem durante todo ano, mas são menos intensos e frequentes durante o verão.

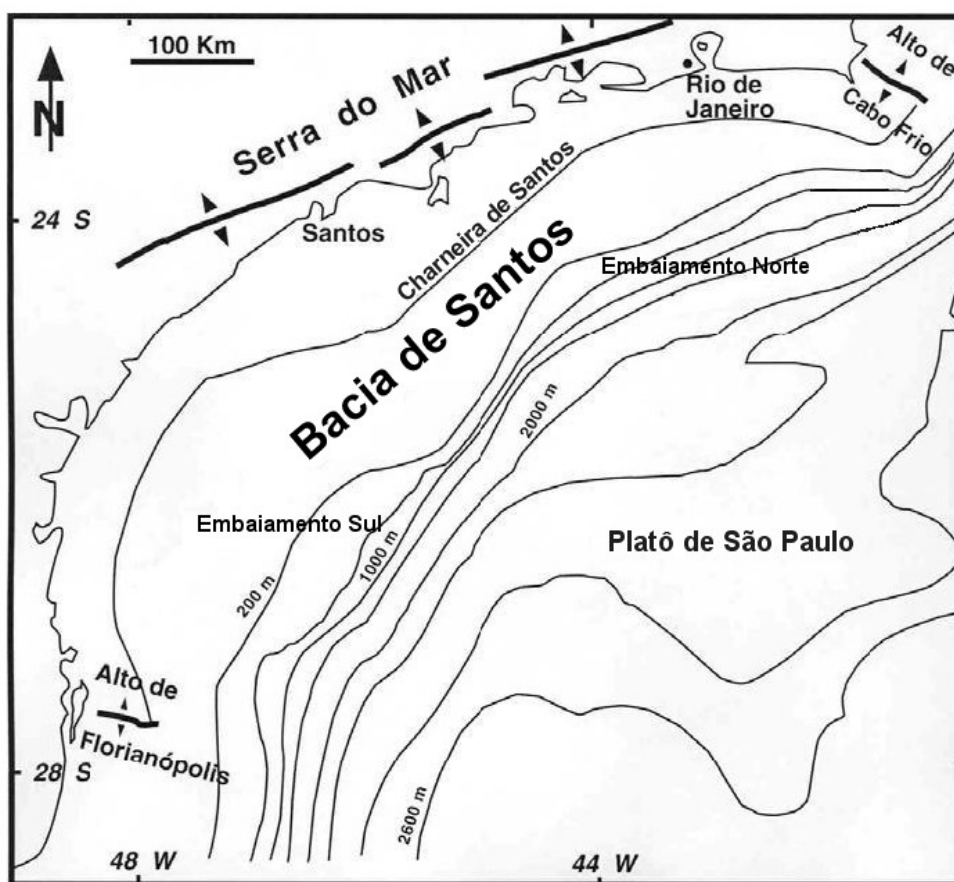
ÍNDICE

II.5.1.2 -	Geologia e Geomorfologia	1/82
II.5.1.2.1 -	Introdução	1/82
II.5.1.2.2 -	Arcabouço Estrutural	4/82
II.5.1.2.2.1 -	Características Regionais.....	4/82
II.5.1.2.2.2 -	Características Locais.....	22/82
II.5.1.2.3 -	Estratigrafia	29/82
II.5.1.2.3.1 -	Características Regionais.....	29/82
II.5.1.2.3.2 -	Características Locais.....	36/82
II.5.1.2.3.2.1 -	Localização “Pico do Jaraguá Oeste”	36/82
II.5.1.2.3.2.2 -	Localização “Pico do Jaraguá Leste”	41/82
II.5.1.2.3.3 -	Localização “Monte Roraima Sul”	46/82
II.5.1.2.3.3.1 -	Localização “Morro da Igreja Oeste”	52/82
II.5.1.2.3.3.2 -	Localização “Morro da Igreja Leste”	57/82
II.5.1.2.3.3.3 -	Características dos Hidrocarbonetos a serem encontrados na Área dos Blocos	63/82
II.5.1.2.4 -	Fisiografia	65/82
II.5.1.2.4.1 -	Características Regionais.....	65/82
II.5.1.2.4.2 -	Características Locais.....	73/82
II.5.1.2.5 -	Características Faciológicas	74/82
II.5.1.2.5.1 -	Características Regionais.....	74/82
II.5.1.2.5.2 -	Características Locais.....	79/82
II.5.1.2.6 -	Condições Geotécnicas do Piso Oceânico.....	82/82

II.5.1.2 - Geologia e Geomorfologia

II.5.1.2.1 - Introdução

A Bacia de Santos situa-se na porção sul-sudeste da costa brasileira, se estendendo entre Cabo Frio e a ilha de Florianópolis, e abrangendo os estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina. É limitada ao norte pela Bacia de Campos, através do alto de Cabo Frio, e ao sul com a Bacia de Pelotas, através do alto de Florianópolis, a oeste pelo platô de São Paulo, e a leste pelo embasamento do Complexo Costeiro da Província da Mantiqueira (Serra do Mar), abrangendo uma área de cerca de 350.000 km² até a isóbata de 2.000 m (Pereira & Macedo, 1990; Moraes Junior & Toledo, 1993; Pereira & Feijó, 1994; Pereira *et al.*, 1986, Moreira & Carminatti, 2004). Esta bacia constitui uma das maiores depressões entre as bacias sedimentares da costa brasileira (**Figura II.5.1.2-1**).



Fonte: Modificado de CARMINATTI *et al.* 2004

Figura II.5.1.2-1 - Mapa de localização da Bacia de Santos, com destaque para o embaçamento sul

A Bacia de Santos apresenta características geológicas que a distingue das demais bacias vizinhas, como, por exemplo, o grande volume de rochas evaporíticas, a presença de espessa sequência clástica fluvial do Cretáceo Superior, que indica uma expressiva elevação da sua parte continental adjacente, feições estruturais de grande porte como a Falha de Cabo Frio e toda a sua província de domos e muralhas de sal no Platô de São Paulo (**Figura II.5.1.2-2**).

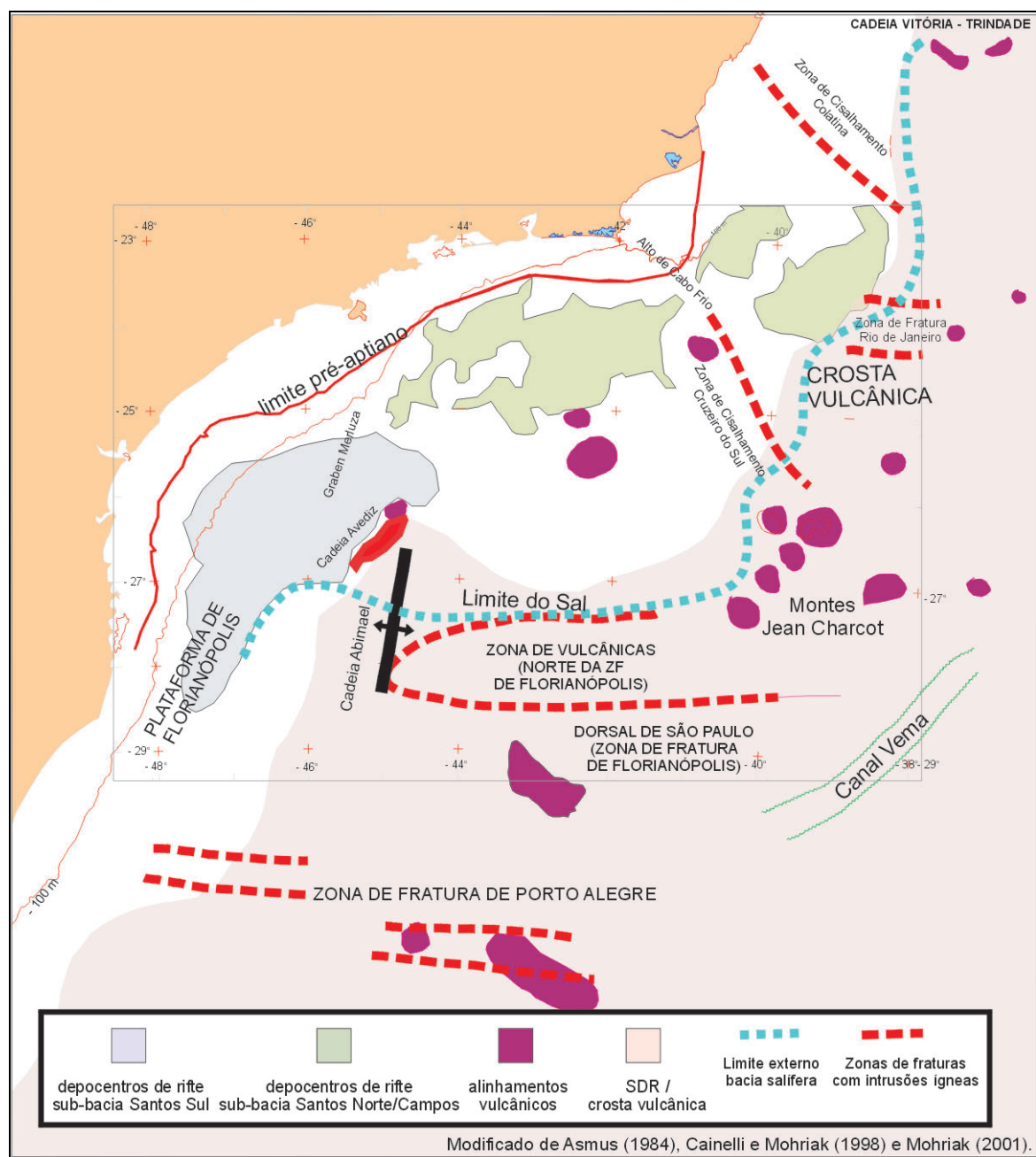
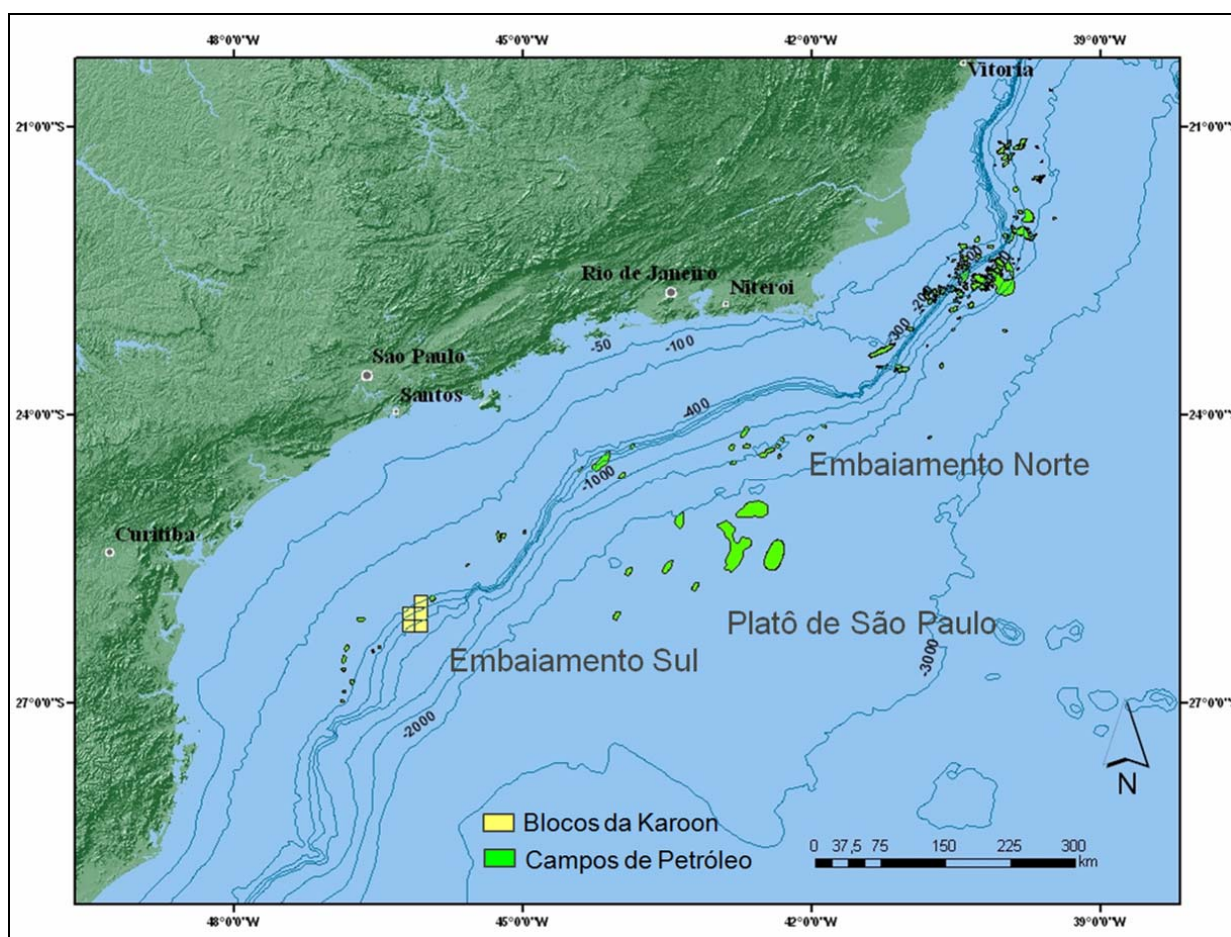


Figura II.5.1.2-2 - Arcabouço tectônico simplificado da Bacia de Santos.

Recentemente, essa bacia tem se destacado das demais pelo grande volume de hidrocarbonetos encontrados na sua seção sedimentar pré-sal, fazendo parte da chamada “Grande Bacia de Campos”, da qual fazem parte também as Bacias de Campos e do Espírito Santo. Em conjunto, tais bacias apresentam aspectos estruturais e estratigráficos muito semelhantes desde sua formação até o início da fase marinha franca (Mello & Macedo, 2002).

A área dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 localiza-se na região centro-sul desta bacia, com distância mínima de cerca de 182 km do município de Iguape (SP). A visualização georeferenciada dos blocos e sua localização na Bacia de Santos encontram-se na **Figura II.5.1.2-3**.



Fonte: KAROON (2009).

Figura II.5.1.2-3 - Localização dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, na Bacia de Santos, sob concessão da KAROON Petróleo e Gás.

II.5.1.2.2 - Arcabouço Estrutural

II.5.1.2.2.1 - Características Regionais

Origem e Evolução

Os sedimentos da margem continental do sudeste do Brasil se encontram sobrejacentes a rochas granito-gnaissicas de embasamento pré-rifte com uma longa historia geológica (Almeida, 1967; Almeida *et al.*, 1981; Asmus & Baisch, 1983; Macedo, 1990; Pereira e Macedo, 1990). O Supercontinente Gondwana, formado no Neo-Proterozóico, era constituído por um mosaico de cinturões dobrados que margeavam crátons Arqueanos e Neo-Proterozóicos durante a Orogenia Brasileira (Pan-Africana; Almeida & Hasui, 1984; Unrug, 1996). Rochas metamórficas e estruturas da Orogenia Brasileira (750-480 Ma) são amplamente expostas no sudeste Brasileiro (Almeida, 1967; Hasui *et al.*, 1975; Campanha, 1981; Machado *et al.*, 1996).

Esse mosaico de cinturões e crátons formava o arcabouço rochoso que constituía o cenário estrutural anterior à ruptura continental, que originou as bacias marginais da costa sudeste Brasileira e deu espaço à formação do Oceano Atlântico Sul. As estruturas da orogenia Brasileira, orientadas preferencialmente na direção SW-NE, controlaram em grande parte as principais estruturas hoje visíveis no embasamento da Bacia de Santos (**Figura II.5.1.2-2 e Figura II.5.1.2-4**).

A Bacia de Santos, localizada nesta margem continental passiva do Sudeste Brasileiro, é parte do sistema de riftes do Leste Brasileiro (Asmus & Ponte, 1973; Miljush, 1978; Chang *et al.*, 1988, 1990, 1992). Este sistema de riftes foi formado no Jurássico-EoCretáceo e culminou com a abertura do Oceano Atlântico (**Figura II.5.1.2-2, Figura II.5.1.2-4 e Figura II.5.1.2-5**). A estrutura e a estratigrafia do sistema de riftes do Leste Brasileiro têm sido estudadas e reconhecidas há várias décadas, principalmente como resultado de trabalhos de exploração de hidrocarbonetos (Almeida, 1967; Asmus & Ponte, 1973; Campos *et al.*, 1974; Ojeda, 1982; Figueiredo, 1985; Macedo, 1990).

As análises dos dados estruturais e estratigráficos disponíveis indicam que o processo de rifteamento se iniciou no extremo da África do Sul no Neo-Triássico/Eo-Jurássico (220-200 Ma.) e se propagou ao longo da margem Argentina pelo Meso-Jurássico (~170 Ma) expandindo-se pela margem sudeste Brasileira até a Zona de Fratura de Florianópolis em Neo-Jurássico-Eo Cretáceo (~140 Ma; Peate, 1997). De acordo com informações obtidas na Cadeia de Walvis, na costa da

Namíbia, o rifteamento não alcançou a importante feição conhecida como Zona de Fratura de Florianópolis até o Hauteriviano (Clemson *et al.*, 1997).

A princípio, os dados geológicos obtidos até o momento sugerem que a fase principal de rifteamento na Bacia de Santos se iniciou no Hauteriviano-Barremiano, seguindo uma fase vulcânica anterior (Meisling *et al.*, 2001).

Nesse contexto, a Bacia de Santos apresenta três estágios tectônicos (Mohriak & Magalhães, 1993), dentre os quatro estágios evolutivos (pré-rifte, rifte, proto-oceânico e oceânico) que interferem no processo de sedimentação da bacia (**Quadro II.5.1.2-1** e **Figura II.5.1.2-4**).

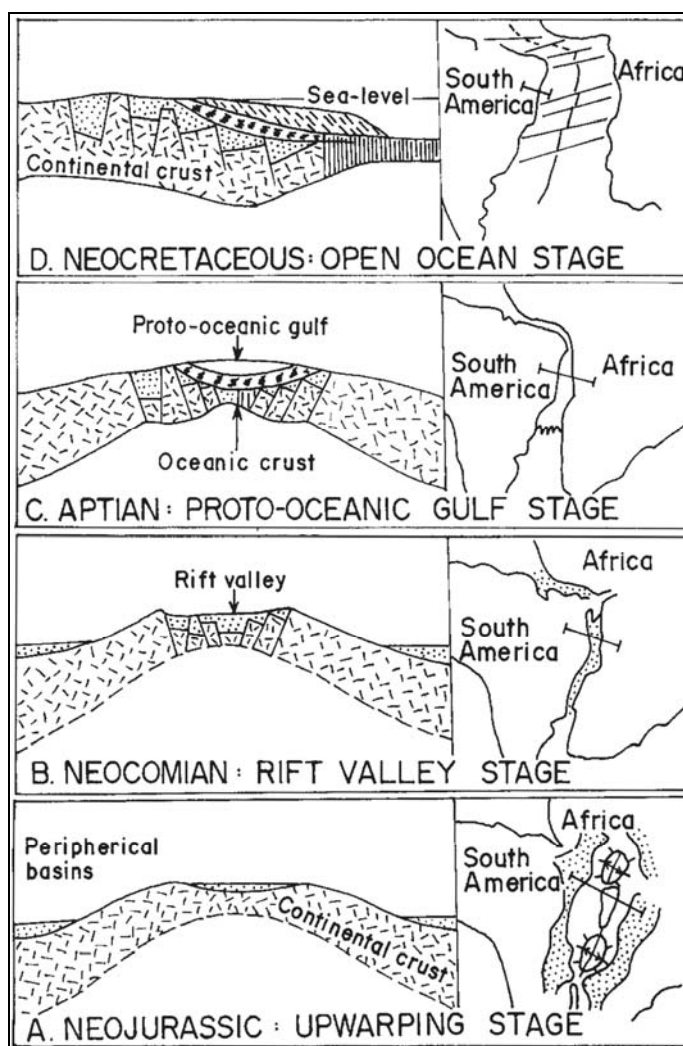
Quadro II.5.1.2-1 - Evolução tectono-sedimentar da margem continental brasileira

Estágio Evolutivo	Fase de Sedimentação	Sequência Sedimentar	Ambiente Depositional
Oceânico	Drifte	do Mar	Marinho regressivo/transgressivo
			Plataforma rasa
Proto-oceânico	Transicional	do Golfo	Marinho restrito
			Lagunar
Rifte	Rifte	dos Lagos	Deltaico-lacustre
Pré-Rifte	-	do Continente	Flúvio-lacustre-eólico

Fonte: PONTE *et al.* (1979) *apud* ASMUS (1984).

O estágio pré-rifte é caracterizado pela ausência de registros no interior da atual bacia, fato evidenciado pela ausência de seqüências sedimentares continentais e pela ocorrência de rochas vulcânicas eocretácicas (**Figura II.5.1.2-4-A**). Nesse estágio, a área atual da Bacia de Santos era soerguida em relação às áreas adjacentes (Bacias de Campos e Pelotas), servindo como área-fonte de sedimentos para as bacias interiores (continentais). Essa situação deveu-se às condições sub-crustais, tais como anomalias térmicas e anomalias/descontinuidades da espessura da crosta. O processo de soerguimento térmico foi acompanhado de uma atenuação na parte inferior da crosta e erosão na parte superior, ocasionando diferenças nas espessuras da crosta, desequilíbrios isostáticos, esforços e tectonismo Cenozóico (Asmus & Porto, 1980).

No estágio rifte, a Bacia de Santos era soerguida e submetida a intenso vulcanismo (**Figura II.5.1.2-4-B**). Falhamentos eocretácicos, sem importância, e a ausência de sedimentos da seqüência Lagos classificam este estágio como sendo do tipo arco vulcânico (Asmus & Porto, *op. cit.*), tendo ocorrido um estiramento da crosta, resultando na ruptura litosférica e na formação do Oceano Atlântico (Chang & Kowsmann, 1987 *apud* Mohriak & Magalhães, 1993).



Fonte: SUGUIO & MARTIN (1996).

Figura II.5.1.2-4 - Estágios evolutivos da Bacia de Santos e área continental adjacente associada à abertura do Oceano Atlântico Sul.

Nesse estágio ocorreu a primeira fase de subsidência sin-rifte, evidenciada pela presença de semi-grabens preenchidos por sedimentos depositados em ambientes lacustre e fluvial, com leques fluviais constituídos predominantemente por conglomerados de basalto (Mohriak & Magalhães, *op. cit.*).

O estágio proto-oceânico caracterizou-se pelo processo de formação de riftes associados ao estiramento e afinamento da crosta, resultando na formação de uma margem continental com característica alongada, estreita e abatida (**Figura II.5.1.2-4-C**). A presença de fraturas transversais nas áreas limites de soerguimento e subsidência ao sul da bacia propiciaram a formação de estruturas vulcânicas, que associadas às condições climáticas vigentes na época,

contribuíram para o aparecimento da bacia evaporítica. Essa unidade evaporítica é espessa e aparece entre as Bacias de Santos e Sergipe/Alagoas (Asmus & Porto, 1980), representando a tectônica halocinética, que atua como o principal fator na modelagem do pacote sedimentar pós-rifte da bacia (Pereira *et al.*, 1986).

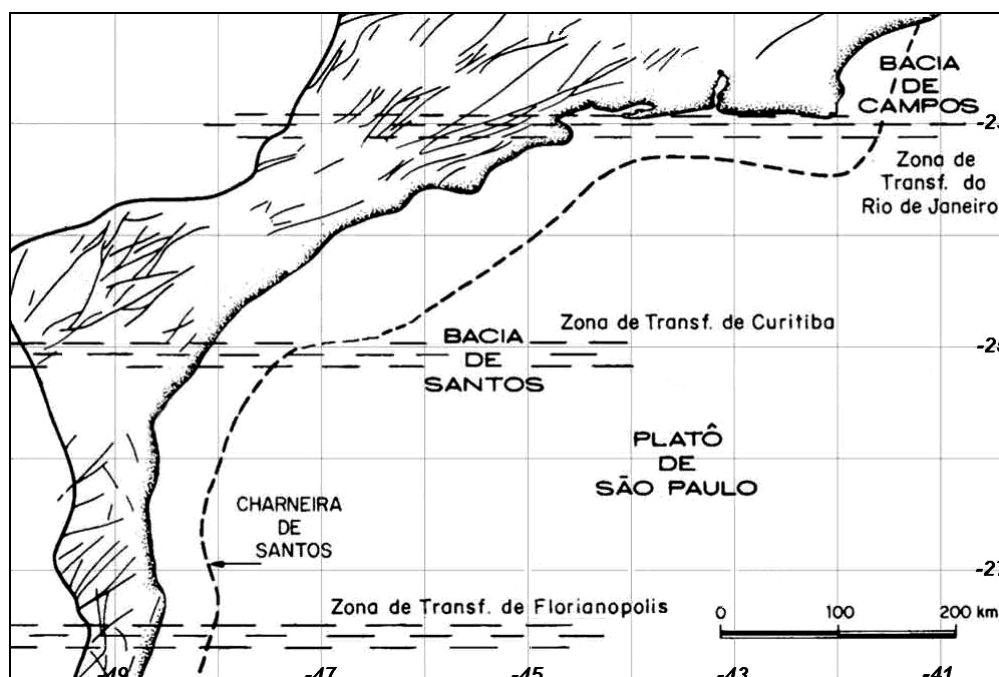
O estágio oceânico, que abrange até os dias atuais, representa a consolidação do Oceano Atlântico (**Figura II.5.1.2-4-D**). Esse período na Bacia de Santos teve início durante o Albiano-Cenomaniano, tendo como principal característica uma relativa estabilidade tectônica. Os movimentos crustais ocorridos se limitaram a "movimentos verticais opostos, subsidência da margem e soerguimento da região costeira" (Asmus & Porto, *op. cit.*), não promovendo rupturas no substrato. Essa subsidência foi controlada por mecanismos térmicos e, possivelmente, pela ação tectônica decorrente de movimentação de sal ou aparecimento/ativação de riftes locais por movimentação do embasamento (Asmus & Porto, *op. cit.*; Mohriak & Magalhães, 1993).

Tectonismo e Estrutura

Ao longo do processo de formação da Bacia de Santos foram desenvolvidas grandes feições estruturais, as Zonas de Transferência (ZT). Estão presentes na Bacia de Santos três Zonas de Transferência: (1) a ZT do Rio de Janeiro, (2) a ZT de Curitiba e (3) a ZT de Florianópolis. Segundo Meisling *et al.* (2001), estas Zonas de Transferência (ZTs) são falhas oblíquas com direção E-O que compartimentam a bacia. Essas ZTs apresentariam altos intra-riftes, estruturalmente complexos que atuariam na concentração e migração de hidrocarbonetos (**Figura II.5.1.2-5**).

A ZT de Curitiba divide a bacia em duas sub-bacias, o embaçamento norte e o embaçamento sul (Macedo, 1990) (**2399-00-EIA-DE-2001-00 - Mapa de Arcabouço Estrutural e Figura II.5.1.2-5**). Segundo Bacoccoli & Aranha (1984) *apud* Pereira *et al.* (1986), o rifte da Bacia de Santos foi aberto na direção NE, sendo que os lineamentos de direção E-O representariam as ZTs, nas quais o rifte teria sofrido deslocamentos horizontais em direção a leste.

O tectonismo Cenozóico repentino ocorrido na Bacia de Santos cessou a relativa "estabilidade" tectônica. Este tectonismo ocorrido na região situada entre as Zonas de Transferência (ZT) do Rio de Janeiro e de Florianópolis, foi responsável pela formação da serra do Mar e da serra da Mantiqueira (**Figura II.5.1.2-3**). Segundo Asmus & Ferrari (1978) *apud* Asmus & Porto (1980), o tectonismo nessa área seria uma resposta tardia ao processo térmico ocorrido durante os períodos Triássico e Jurássico.

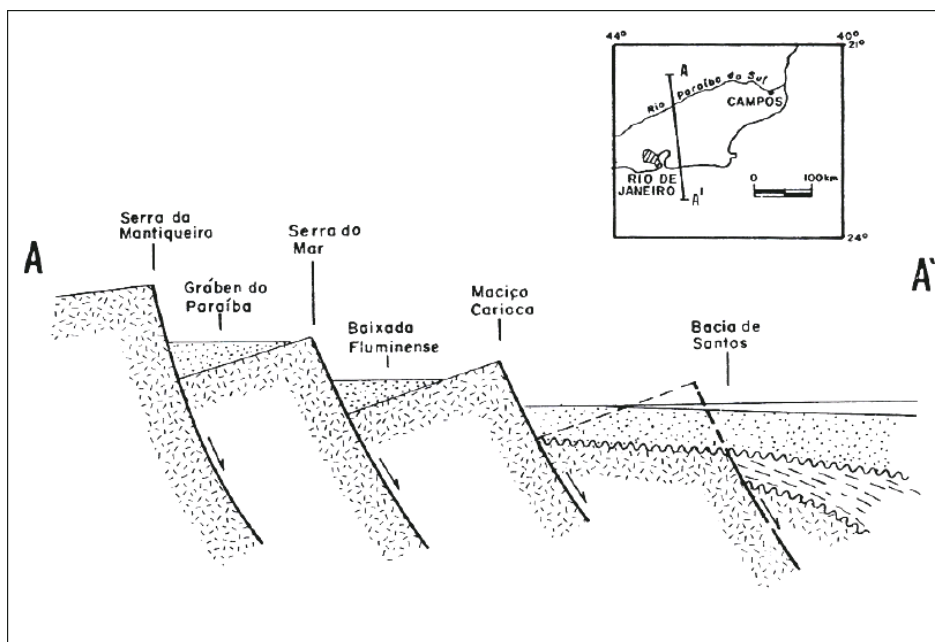


Fonte: Modificado de PEREIRA & MACEDO (1990).

Figura II.5.1.2-5 - Zonas de Transferência na Bacia de Santos.

A existência de feições estruturais transversais ao eixo da bacia mostra concordância com uma possível zona de transferência ou de acomodação, as quais poderiam estar associadas a deslocamentos horizontais ou inversão de polaridade das falhas extensionais. Os movimentos foram mais efetivos nas porções central e norte da bacia. Tal situação explicaria a presença dos embaixamentos norte e sul na bacia, associados aos dois principais deslocamentos da charneira de Santos. Tais embaixamentos resultariam de um maior estiramento da crosta e subsidência nas áreas de cruzamento entre o rifte e as zonas de fraqueza leste-oeste (Pereira *et al.*, *op. cit.*) (**Figura II.5.1.2-1**).

Segundo Bacoccoli & Saito (1973), o escalonamento de falhas e basculamento dos blocos são resultantes desse tectonismo cenozóico, que afetou a região adjacente à Bacia de Santos, a qual era elevada e já erodida, criando a Serra do Mar, a Serra da Mantiqueira e o Maciço Carioca. É possível que a falha ou Charneira de Santos, localizada na plataforma continental, também seja produto desse tectonismo continental (**Figura II.5.1.2-1** e **Figura II.5.1.2-6**).



Fonte: Modificado de Bacoccoli & Saito *apud* Asmus & Ferrari (1978).

Figura II.5.1.2-6 - Perfil geológico transversal ao estado do Rio de Janeiro mostrando o efeito do tectonismo cenozóico, destacando a questão do escalonamento e o basculamento dos blocos na região sudeste brasileira.

Nesse contexto, o arcabouço tectônico e estrutural da Bacia de Santos compreende uma porção de embasamento raso e outra mais profunda. A parte rasa é coberta apenas por sedimentos Terciários limitada a oeste pela linha de costa e a leste pela feição estrutural denominada “Charneira de Santos” (Pereira *et al.*, 1986). A parte profunda, localizada a leste desta charneira, que apresenta origem flexural, ocorrem os maiores depósitos sedimentares desta bacia, com as megasequências Rife, Transicional e Drifte completas.

O arcabouço estrutural do estágio Rife é caracterizado por *horsts* e *grabens* controlados por falhas normais associadas ao embasamento. Já na sequência Drifte a intensa halocinese, provocada pela espessa camada de sedimentos evaporíticos da megasequência transicional e os movimentos continentais adjacentes, deram lugar a cinturões alongados destacados do embasamento, com a formação de feições do tipo “almofadas” e domos de sal.

Da mesma forma que no estágio Rife, o estágio Drifte ocorreu também de forma diácrona ao longo das bacias da margem Brasileira, sendo que no lado Africano esta fase se iniciou na Bacia do Cabo no Meso Hauteriviano - anomalia M9 há cerca de 130 Ma (Rabinowitz & LaBrecque, 1979; White & McKenzie, 1989; Nurnberg & Muller, 1991; Light *et al.*, 1992; Clemson *et al.*, 1997). A partir do Eo-Barremiano (anomalia M4; ~127-125 Ma) a deriva continental atingiu a Bacia de

Luderitz e na Bacia da Namíbia, conjugada à Bacia de Santos, este processo se iniciou no Neo-Aptiano (~113 Ma).

Semelhantemente, de acordo com os dados da margem Brasileira (Chang *et al.*, 1992), a ruptura e espalhamento não ocorreu ao norte da Zona de Fratura de Florianópolis até o Neo-Aptiano (~113 Ma). Este modelo cronológico é consistente com datações de rochas vulcânicas extrusivas relacionadas à *hot-spots*, evidenciadas por feições do tipo *sea-dipping reflectors* que ocorrem ao sul da Zona de Fratura de Florianópolis, assim como a ausência destas feições ao norte, o que evidencia uma relevante diferença temporal evolutiva entre a região ao sul e ao norte desta importante zona de fratura (Gladczenko *et al.*, 1997).

As feições geológicas mais importantes na Bacia de Santos são a charneira de Santos e o platô de São Paulo (**Figura II.5.1.2-1**). A primeira é representada por uma feição constituída de segmentos de direção NE e E-O, que se desenvolve paralelamente aos principais lineamentos pré-cambrianos e eo-paleozóicos adjacentes. Essa feição é responsável pela limitação da sedimentação cretácea a oeste e terciária na área rasa (0 a 1.500 m de profundidade) (Pereira *et al.*, 1986).

O platô de São Paulo, localizado a sudeste na Bacia de Santos, representa uma vasta área situada entre as profundidades de 2.000 e 2.800 m, sendo sua origem relacionada à formação da Bacia de Santos. O embasamento do platô é de origem continental, supostamente, constituído por rochas siálicas que se prolongam sob a plataforma continental e o talude continental, o qual apresenta uma redução contínua na sua profundidade entre o talude continental e a região oceânica.

Estudos tectonofísicos mostram que o platô de São Paulo é uma feição resultante de características específicas do processo de estiramento litosférico, que durante a fase rifte fez com que uma maior área de litosfera continental fosse envolvida na distensão (Macedo, 1990; Karner, 2000). O resultado deste estiramento diferenciado foi a formação de uma zona anormalmente larga constituída por crosta continental estirada (Macedo, 1990; Karner, 2000; **Figura II.5.1.2-2**). Estudo de modelagem gravimétrica, na porção sul do platô, sugeriu a existência de uma crosta transicional sob essa feição, com uma densidade média de 2,94 g/cm³. Tal modelo apontou, ainda, uma espessura de crosta com 29.000 m sob a plataforma continental, 6.000 a 7.000 m sob o platô, 10.000 m sob o talude e 5.000 m sob o sopé continental (Kowsmann *et al.*, 1982).

A existência de uma "sucessão estrutural" de O para E mostra, na porção interna do platô, a presença de baixos estruturais com mais de 7.000 m de profundidade e nas partes central e

externa altos a profundidades médias de 5.000 m. Essa sucessão estrutural sofre deslocamento E-O, originando arranjos estruturais de altos e baixos convergentes (Kowsmann *et al.*, *op.cit.*). Os depocentros presentes na área do platô são paralelos à quebra da plataforma continental e possuem profundidades superiores a 7.000 m na área entre os estados do Rio de Janeiro e São Paulo (Gorini & Carvalho, 1984).

Quatro setores são definidos ao longo de toda a feição do platô, com estilos estruturais diferentes, sendo estes balizados por fortes descontinuidades estruturais profundas, as quais mostram os contatos dos diferentes tipos de crostas. Dentre os setores, o setor pertinente à Bacia de Santos possui uma crosta com composição continental e direção estrutural predominante NE-SO (Kowsmann *et al.*, *op.cit.*).

A importância do platô na Bacia de Santos se associa à deposição de sedimentos que se dirigem em direção ao sopé continental, onde são observadas acumulações de até 4.000 m de profundidade, num depocentro situado entre o sopé e o platô de São Paulo.

O arcabouço estrutural da Bacia de Santos é, também, constituído por falhas normais de grande extensão, paralelas à costa e escalonadas do continente em direção ao oceano, numa sucessão de *grabens* e *horsts*, com espessuras variando de 3.000 a 5.000 metros. A disposição estrutural em forma de blocos escalonados para leste preservou grandes espessuras sedimentares. Algumas destas falhas, que formam os blocos soerguidos, atingem a seção do terciário superior, alcançando camadas além do Pleistoceno também no fundo oceânico. Segundo Cainelli & Mohriak (1999) são, na verdade, meio *grabens* formados por falhas sintéticas durante a fase sin-rifte que são preenchidos por sedimentos flúvio-deltáicos.

O arcabouço estrutural da bacia apresenta feições estruturais com orientações NE-SO, N-S e NO-SE. Essas feições são coincidentes com as direções estruturais regionais presentes na região costeira, na plataforma continental e no talude continental, sugerindo uma extensão da crosta sílica sob o platô (Kowsmann *et al.*, *op. cit.*). Os altos e baixos estruturais e as áreas de depocentros possuem alinhamento NE-SW, coincidindo com as grandes orientações estruturais existentes na plataforma continental adjacente ao platô (Ponte & Asmus, 1967; Asmus & Guazelli, 1981 *in* Kowsmann *et al.*, *op.cit.*).

Magmatismo

A Bacia de Santos é limitada estruturalmente por rochas ígneas intrusivas e extrusivas representadas na coluna estratigráfica. Na região de Cabo Frio existe um importante lineamento ONO-ESE que se estende da região da crosta oceânica em direção à plataforma continental. Na

parte terrestre e na plataforma, este lineamento é caracterizado por um intenso magmatismo do Terciário Inferior (Misusaki & Mohriak, 1990 *apud* Cainelli & Mohriak, 1998) (**Figura II.5.1.2-2 e 2399-00-EIA-DE-2001-00 - Mapa de Arcabouço Estrutural**).

De acordo com reconstruções de placas tectônicas para o Atlântico Sul, os basaltos extrusivos da Bacia do Paraná se encontravam adjacentes às lavas Etendeka da Namíbia no início do Cretáceo (White & McKenzie, *op.cit.*). Datações radiométricas e a geoquímica dos basaltos confirmam a hipótese de que os extensos derrames do Brasil e da Namíbia fazem parte do mesma província vulcânica (Erlank *et al.*, 1984; Renne *et al.*, 1992, 1996). O fundo das Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo são preenchidos com estes basaltos (Mizusaki *et al.*, 1988, 1992; Macedo, 1990; Chang *et al.*, 1992).

O vulcanismo extrusivo da Bacia do Paraná cessou por volta de 129 Ma (Hauteriviano) quando a atividade da Cadeia de Walvis se encontrou sobre a Zona de Falha Transformante de Florianópolis. No Jurássico tardio, esta falha transformante pode ter representado a terminação norte do fim do espalhamento do Atlântico Sul. A sul da Zona de Fratura de Florianópolis a ruptura (*rifte*) foi completada em torno de 133 Ma (Valangiano), sendo que cunhas de basaltos progradaram adentro de zonas marginais que subsidiam termicamente nos estágios terminais da fase de rifteamento e durante o início do espalhamento (Gladczenko *et al.*, 1997).

Dados sísmicos das margens do Brasil, Uruguai e Argentina, Namíbia e África do Sul indicam que os basaltos nestas margens preencheram *grabens* ou formaram espessas cunhas extrusivas denominadas *seaward dipping reflectors* (Gladczenko *et al.*, 1997; Hinz *et al.*, 1999).

O magmatismo na Bacia de Santos deu-se através de eventos magmáticos significativos, tendo sido estes mais expressivos e evidentes nas áreas adjacentes ao sul do Alto de Cabo Frio, influenciando, sobremaneira, a sedimentação na porção norte da Bacia de Santos (Moreira *et al.*, 2005).

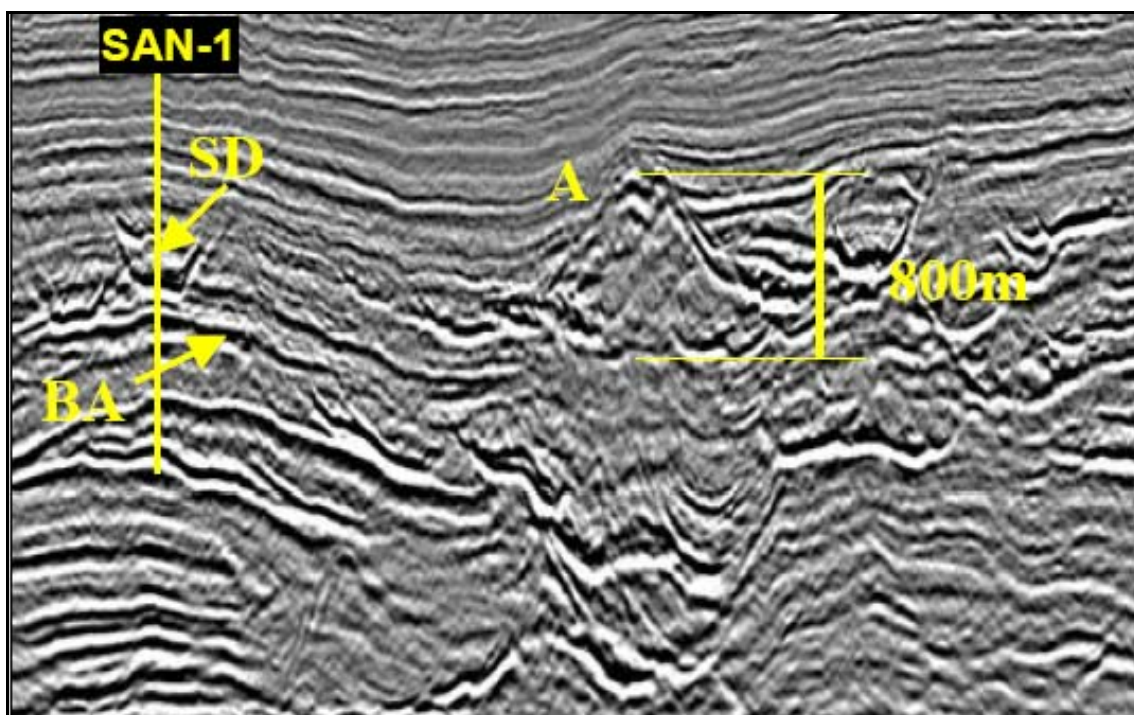
Um evento ocorreu ao longo do Santoniano-Campaniano (82 ±1 Ma), sendo de grande expressão no norte da Bacia de Santos, e gerou cones vulcânicos, rochas extrusivas e intrusivas. O outro evento se deu no Eoceno (48,9 Ma) (Moreira *et al.*, *op.cit.*).

No interior da bacia são evidenciadas, em perfis sísmicos, feições magmáticas tais como cones vulcânicos (CV) e derrames de lava (DL). Os cones vulcânicos apresentam, em média, áreas de 25 km² e 700 m de altura. Em alguns casos são presentes possíveis condutos desses cones, os quais parecem se conectar com algumas falhas existentes na seção pré-sal e ao embasamento. Os

derrames de lavas apresentam-se dispostos paralelamente à estratificação (Moreira *et al.*, *op.cit.*) (**Figura II.5.1.2-7, Figura II.5.1.2-8 e Figura II.5.1.2-9**).

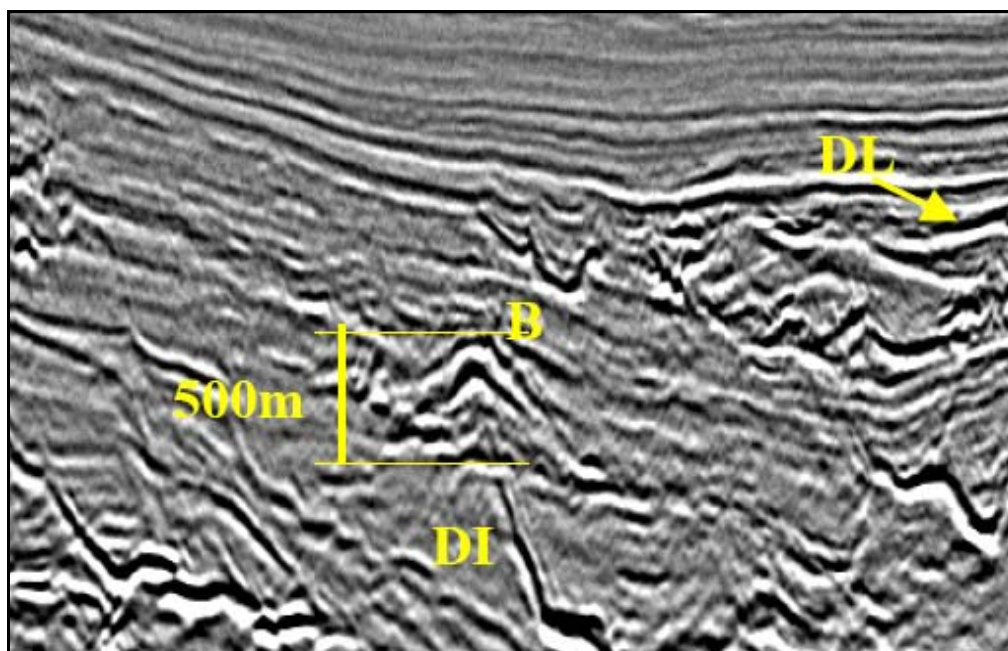
Esses eventos magmáticos na região podem ter influenciado os sistemas deposicionais existentes e contemporâneos àquele momento. O vulcanismo subaquoso teria influenciado principalmente os sistemas turbidíticos, enquanto o vulcanismo subaéreo teria afetado os sistemas arenosos marinhos rasos (sistemas deltáicos) (Moreira *et al.*, *op.cit.*).

Na área do Platô de São Paulo a presença de rochas magmáticas estaria relacionada a reativações verticais de idade jurássicas associadas à presença de antigos falhamentos de orientação E-W existentes no embasamento Pré-cambriano, coincidentes com a fase rifte ocorrida nas bacias marginais da costa leste brasileira, sendo estimada uma idade entorno de 110 Ma, para os focos magmáticos existentes no platô. A presença destes focos magmáticos na crosta continental do platô corroboraria sua condição transicional e a presença dos depósitos de sal nele existentes (Kowsmann *et al.*, 1982).



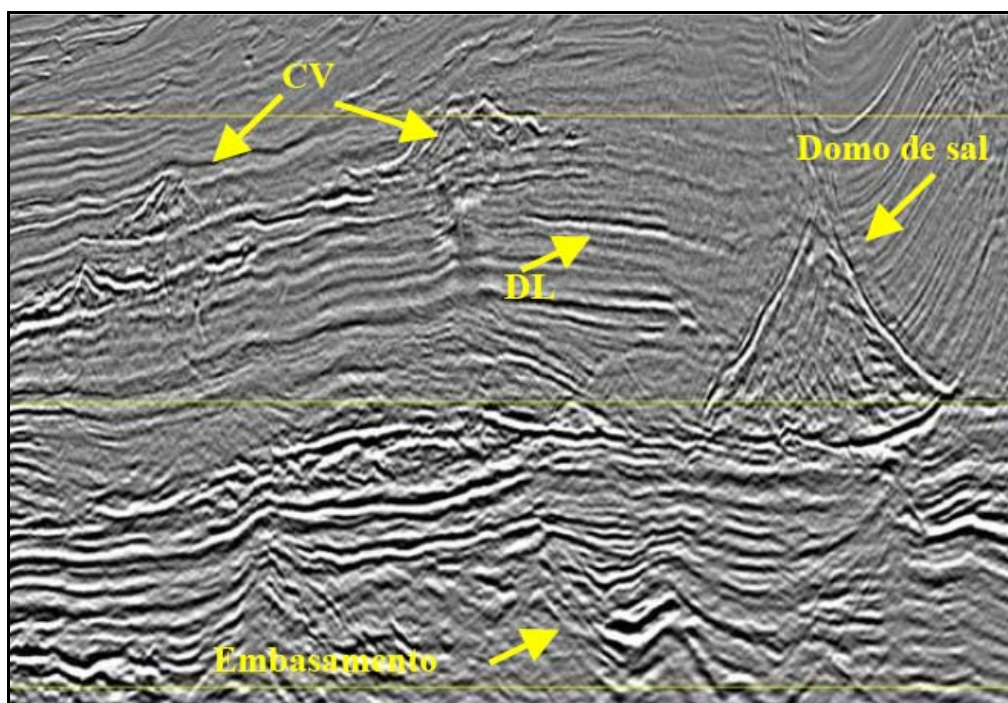
Fonte: MOREIRA *et al.* (2005).

Figura II.5.1.2-7 - A - Cone vulcânico; SD - soleira de diabásio com dique anelar; BA - basalto amigdaloida.



Fonte: MOREIRA *et al.* (2005).

Figura II.5.1.2-8 - B- Cone vulcânico; DL - derrame de lava; DI - dique



Fonte: MOREIRA *et al.* (2005).

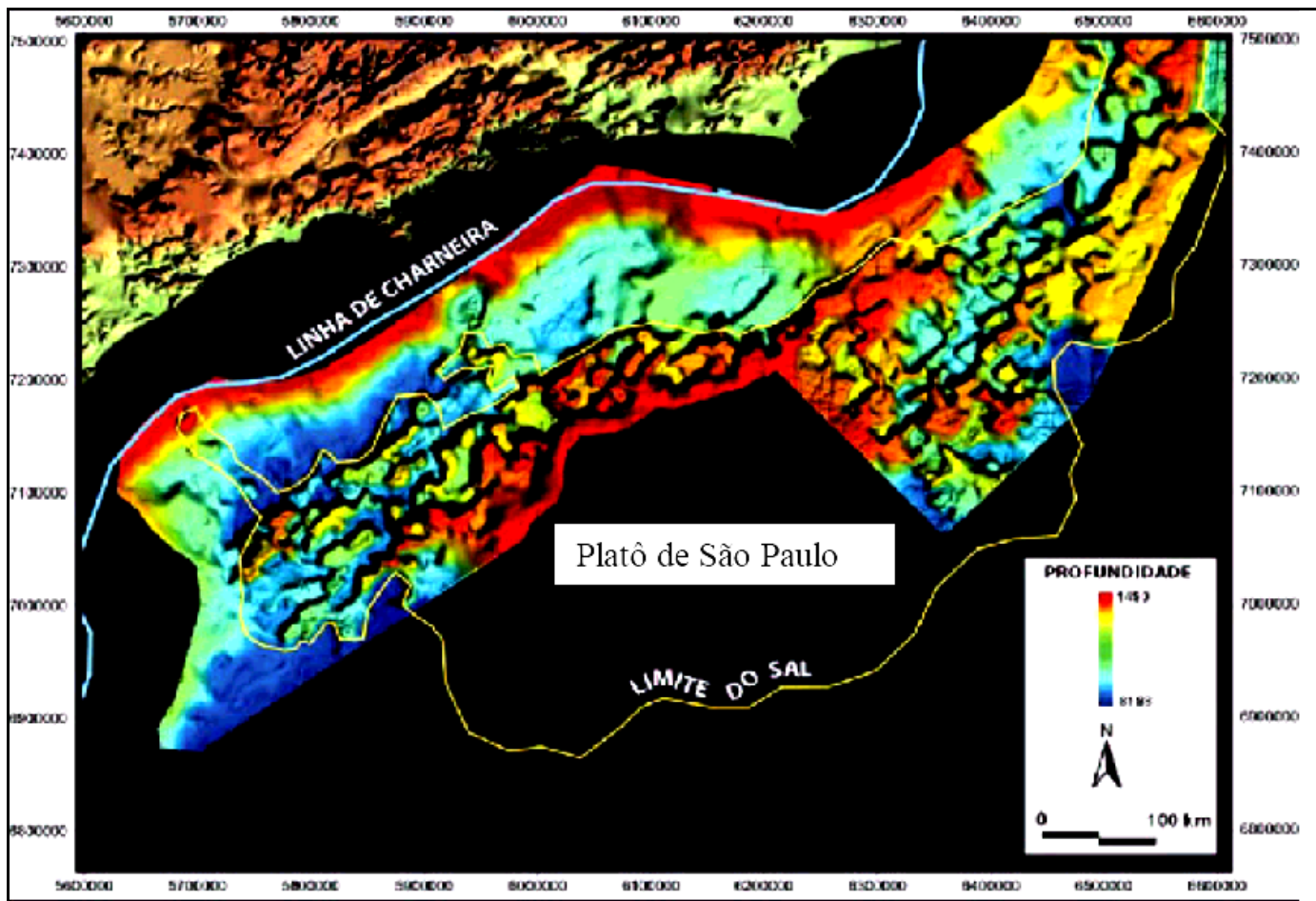
Figura II.5.1.2-9 - Cone vulcânico (CV) e provável conduto até o embasamento, e derrame de lava (DL)

Halocinese

Dentro do aspecto estrutural da Bacia de Santos destaca-se, também, o expressivo volume de evaporitos, principalmente halita, depositados na fase transicional. A Bacia de Santos apresenta as maiores espessuras de evaporitos de toda a margem continental brasileira. Segundo Fainstein (2004), nesta bacia as estruturas salíferas ocorrem associadas à *fairways* de camadas de sal profundas que atravessam a bacia. Dentre estas estruturas estão diápiros, domos, almofadas e cascos de tartaruga.

Em nível estrutural, a natureza instável desta espessa sequência afetou de modo marcante os padrões de deformação das rochas sobrepostas, assim como os ambientes deposicionais das mesmas, com a formação de bacias deprimidas localmente (*mini-basins*) e altos relativos a expressões de domos de sal no fundo marinho. A **Figura II.5.1.2-10** mostra um mapa estrutural do topo dos evaporitos e demonstra o grau de deformação imposto pelos movimentos desta expressiva camada de sal às sequências sedimentares subjacentes (**Figura II.5.1.2-9**, **Figura II.5.1.2-10** e **Figura II.5.1.2-12**).

Nesse contexto, na área dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, as estruturas em subsuperfície são constituídas, principalmente, por domos perfurantes, como demonstra o mapa regional de isópacas de sal (**Figura II.5.1.2-11**) e as demais linhas sísmicas apresentadas. A análise das linhas sísmicas mostra influência do sal na geometria atual das camadas sedimentares.

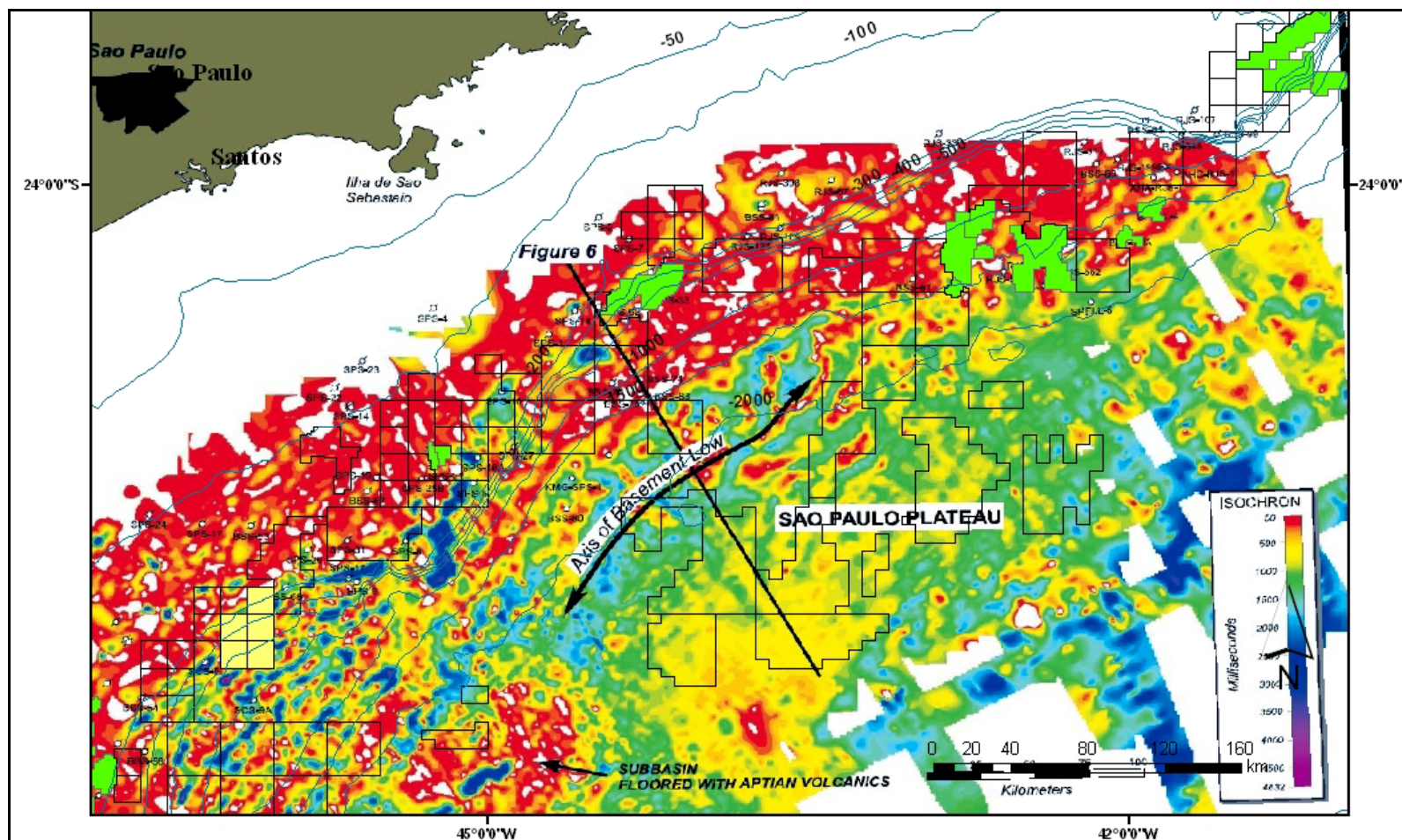


Fonte: Demercian *et al.* (1993).

Figura II.5.1.2-10 - Mapa de contorno estrutural sísmico do topo da seção evaporítica

Coordenador:

Técnico:

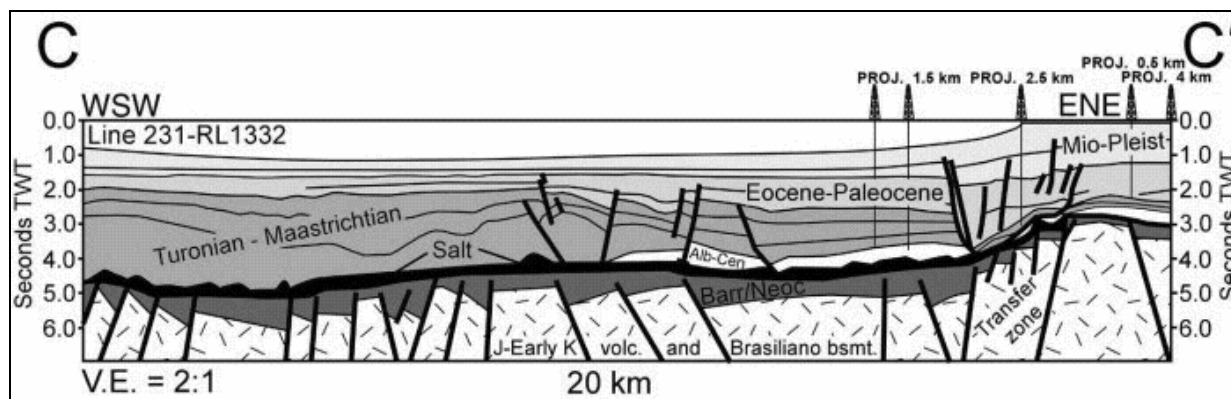


Fonte: Modica & Brush (2004).

Figura II.5.1.2-11 - Localização dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 no contexto da província de domos salinos perfurantes.

Coordenador:

Técnico:

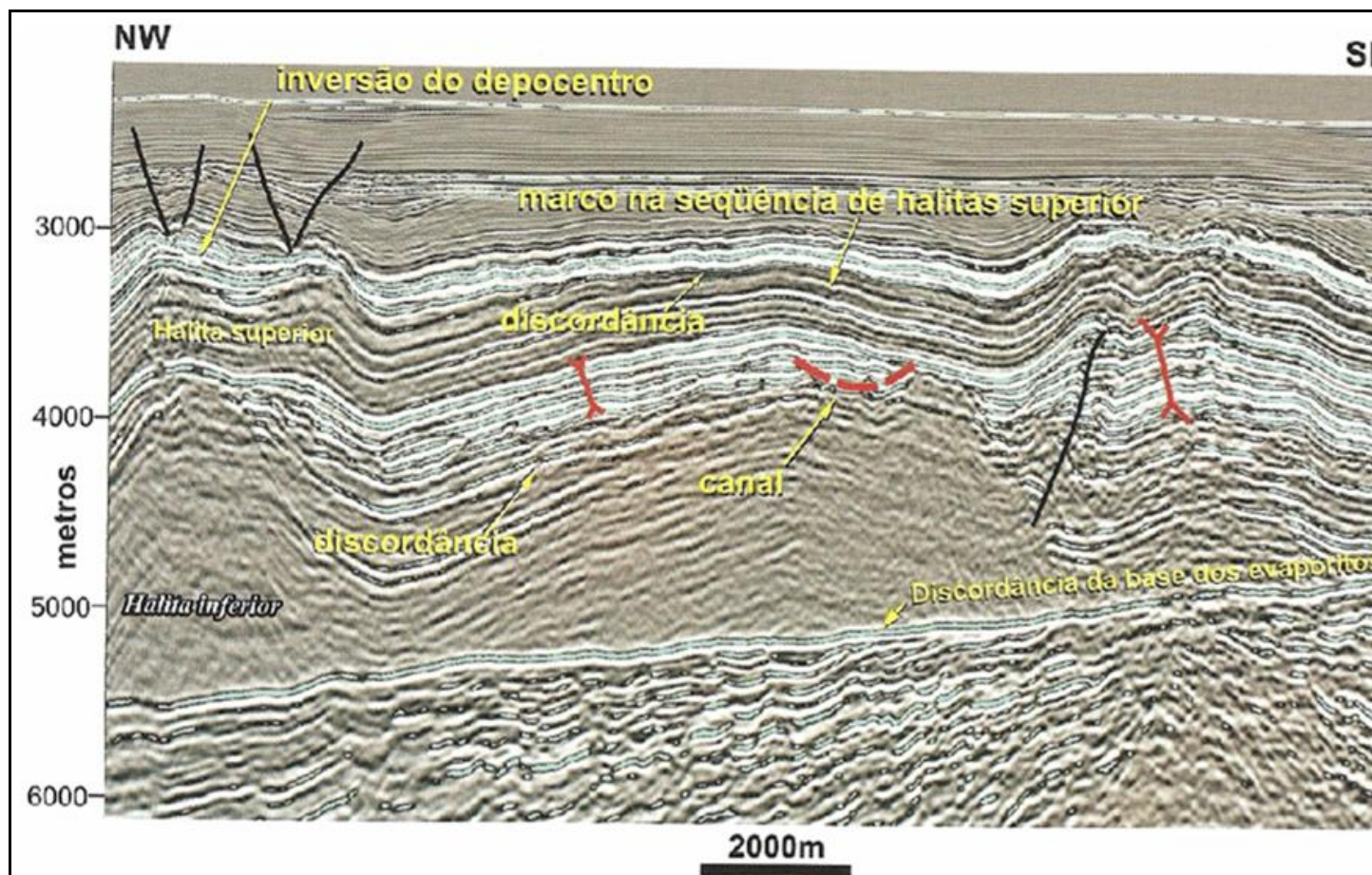


Fonte: MEISLING *et al.* (2001).

Figura II.5.1.2-12 - Perfil longitudinal à linha de costa na área da Bacia de Santos norte. O perfil é paralelo à isóbata de 1.000 m.

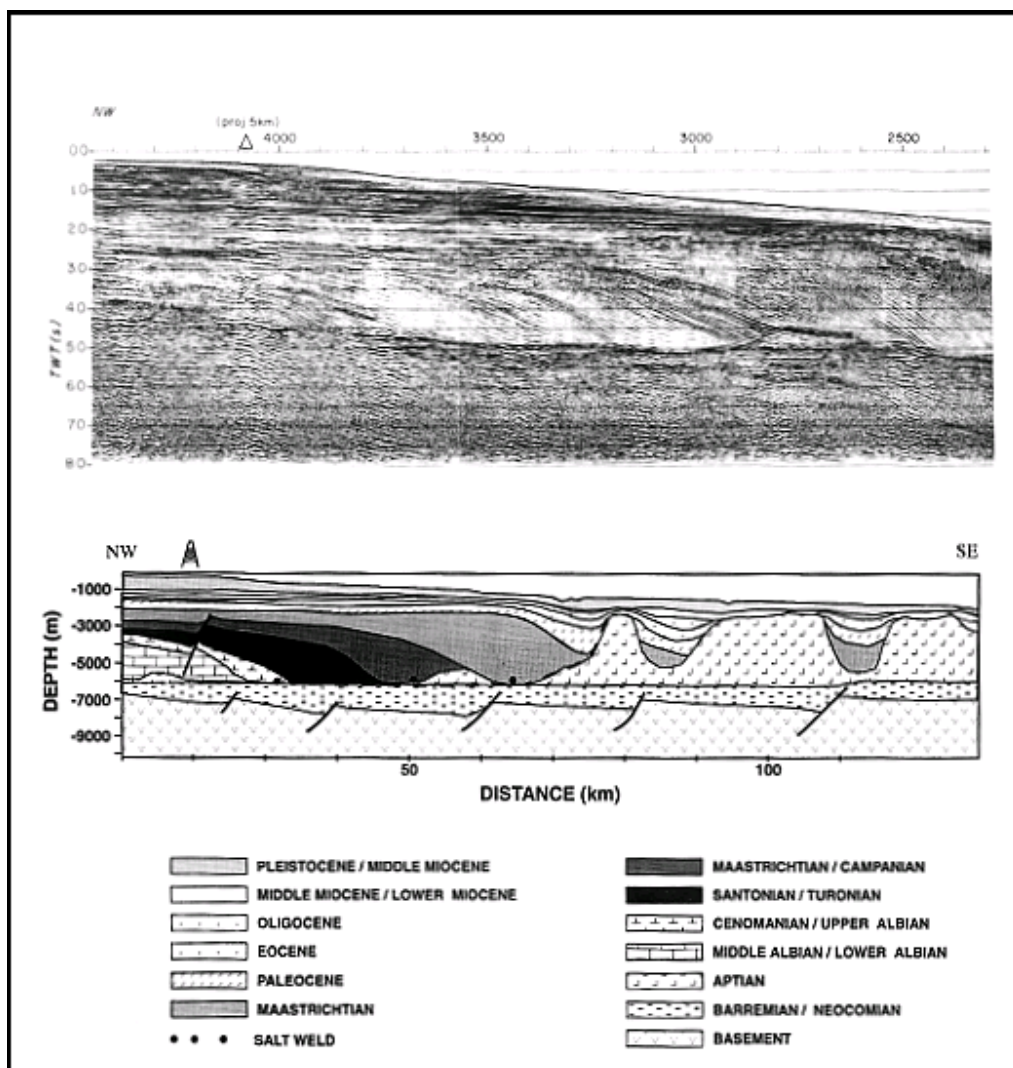
Em consequência, essa intensa deformação salina afetou de modo marcante a evolução dos sistemas petrolíferos desta bacia, seja no controle da deposição das rochas reservatórios, na formação de selos e trapas, na maturação térmica das rochas geradoras, assim como na migração e acumulação do petróleo gerado. A **Figura II.5.1.2-13** mostra uma seção sísmica nesta bacia ilustrando a intensa complexidade gerada pela presença desta espessa camada de evaporitos (Gamboa *et al.*, 2008).

Outra característica estrutural relevante na Bacia de Santos, provavelmente herdada das grandes estruturas antitéticas do embasamento citadas anteriormente, é a grande feição conhecida como Falha de Cabo Frio (**Figura II.5.1.2-14**). Trata-se de uma falha gravitacional antitética que apresenta um deslocamento horizontal, no mínimo, de 40 km. É postulada uma origem gravitacional para esta feição estrutural, que teria sido controlada em parte pela geometria da base do sal e induzida pela intensa sedimentação causada pelo soerguimento da região continental adjacente à Bacia de Santos (Macedo, 1990; Mohriak *et al.*, 1995). Obstante esta postulada origem, existem também evidências de que esta falha possa ter sido induzida, pelo menos, parcialmente, por reativações tectônicas de falhas do embasamento durante o soerguimento continental adjacente.



Fonte: Gamboa et al. (2008)

Figura II.5.1.2-13 - Seção sísmica mostrando a intensa deformação dos sedimentos causada pela movimentação constante da camada de sal



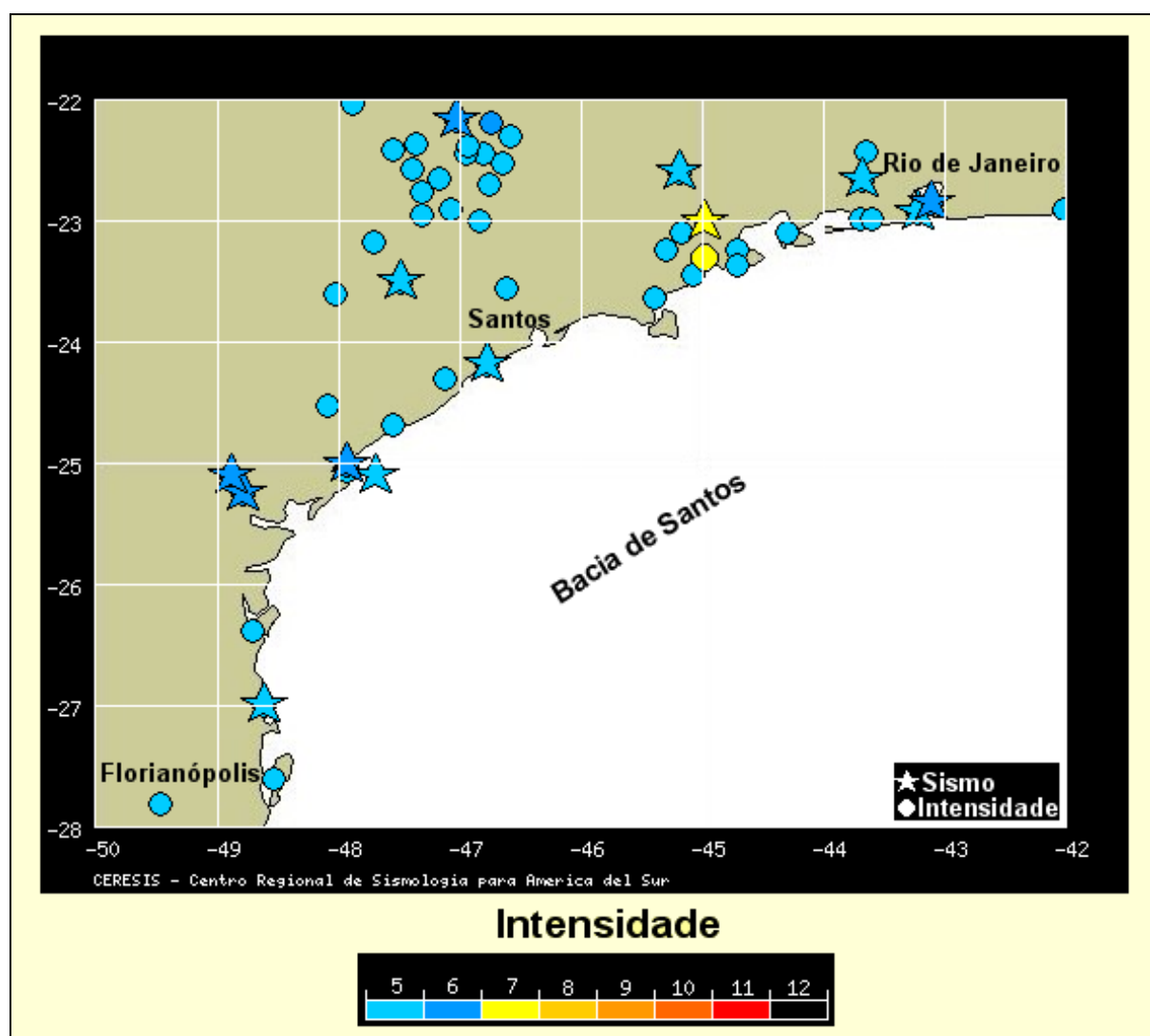
Fonte: Mohriak *et al.* (1995).

Figura II.5.1.2-14 - Seção sísmica orientada na direção NW-SE na parte norte da Bacia de Santos mostrando a geometria da gigantesca feição estrutural conhecida como Falha de Cabo Frio. Observar como o movimento da falha fez com que todo o pacote de sedimentos no bloco alto fosse “empurrado” para dentro na bacia, na direção do Platô de São Paulo

Sismicidade

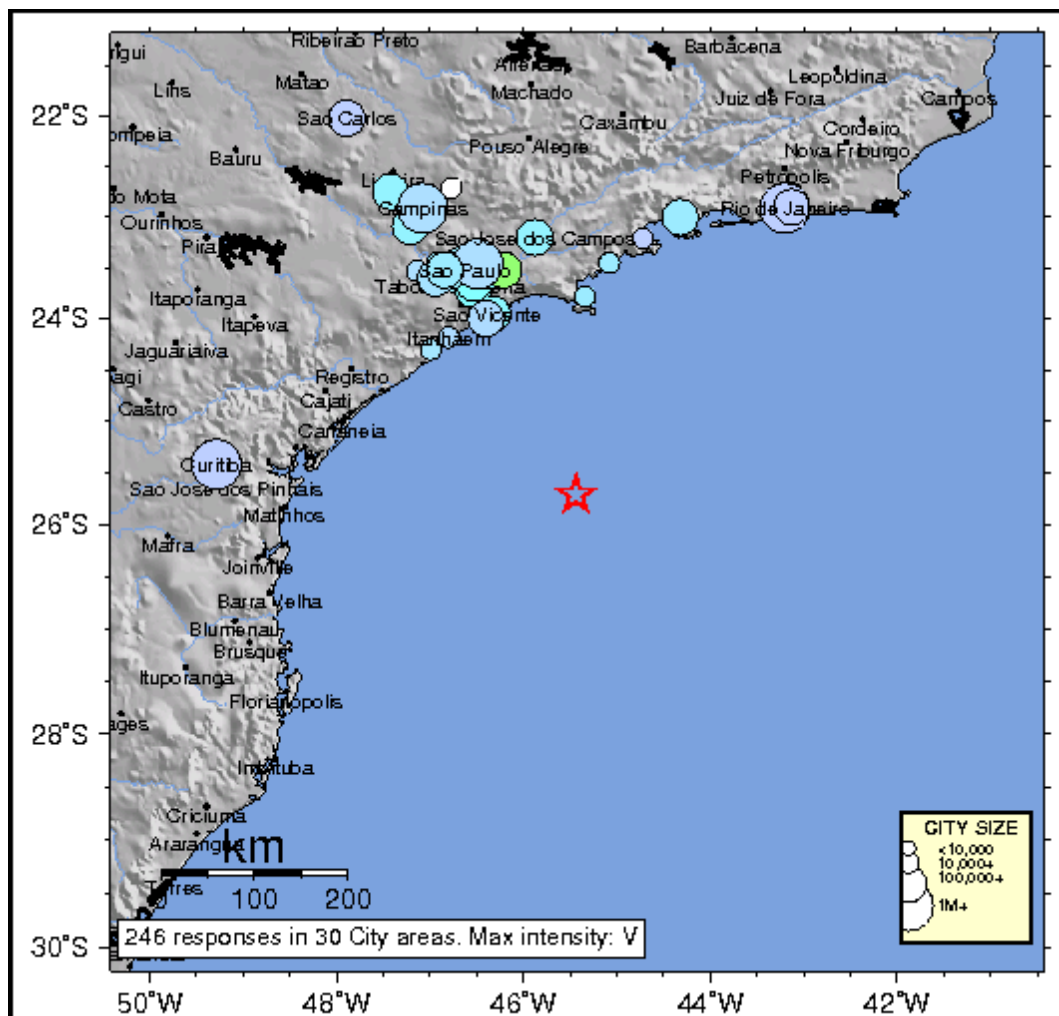
Quanto à sismicidade e neotectônica, a porção sudeste da plataforma continental brasileira mostra a ocorrência de sismos de magnitude moderada e de profundidade rasa, sendo geralmente resultantes da passagem de ondas sísmicas de tremores ocorridos na região andina (Bassini *et al.*, 1984). Contudo, a margem continental adjacente à Bacia de Santos constitui-se numa área com relativa frequência de sismos (Macedo *et al.*, 1991; Suguio & Martin, 1996), fato que mostra que a região está submetida a reajustes tectônicos nos dias atuais.

Os sismos, em sua maioria, apresentam intensidades próximas a 5 (Escala Modificada de Mercalli) e epicentros na área continental (**Figura II.5.1.2-15**). Embora não sejam visíveis os sismos na área marinha da **Figura II.5.1.2-15**, em função do banco de dados utilizado na geração desta figura, podem ocorrer sismos na plataforma continental e talude superior, tendo em vista as condições estruturais em direção ao oceano. Um dos últimos sismos significativos (25.713°S e 45.438°W) ocorreu em 23/04/2008, a uma profundidade de 10 km, tendo atingido magnitude de 5,2 M_b (**Figura II.5.1.2-16**).



Fonte: Adaptado de CERESIS (2009).

Figura II.5.1.2-15 - Sismos e suas intensidades na Bacia de Santos.
As intensidades variam entre 5 e 12 M_b (Escala de Mercalli Modificada).
As informações baseiam-se em relatos históricos e instrumentais até o ano de 2009.



Fonte: Modificado de USGS (2008) (disponível em: http://pasadena.wr.usgs.gov/shake/ous/STORE/X2008reab/ciim_display.html (acessado em 23/08/2009)).

Figura II.5.1.2-16 - Localização do sismo de 23/04/2008 na Baía de Santos. Após este evento, ocorreram outros sismos de menor intensidade.

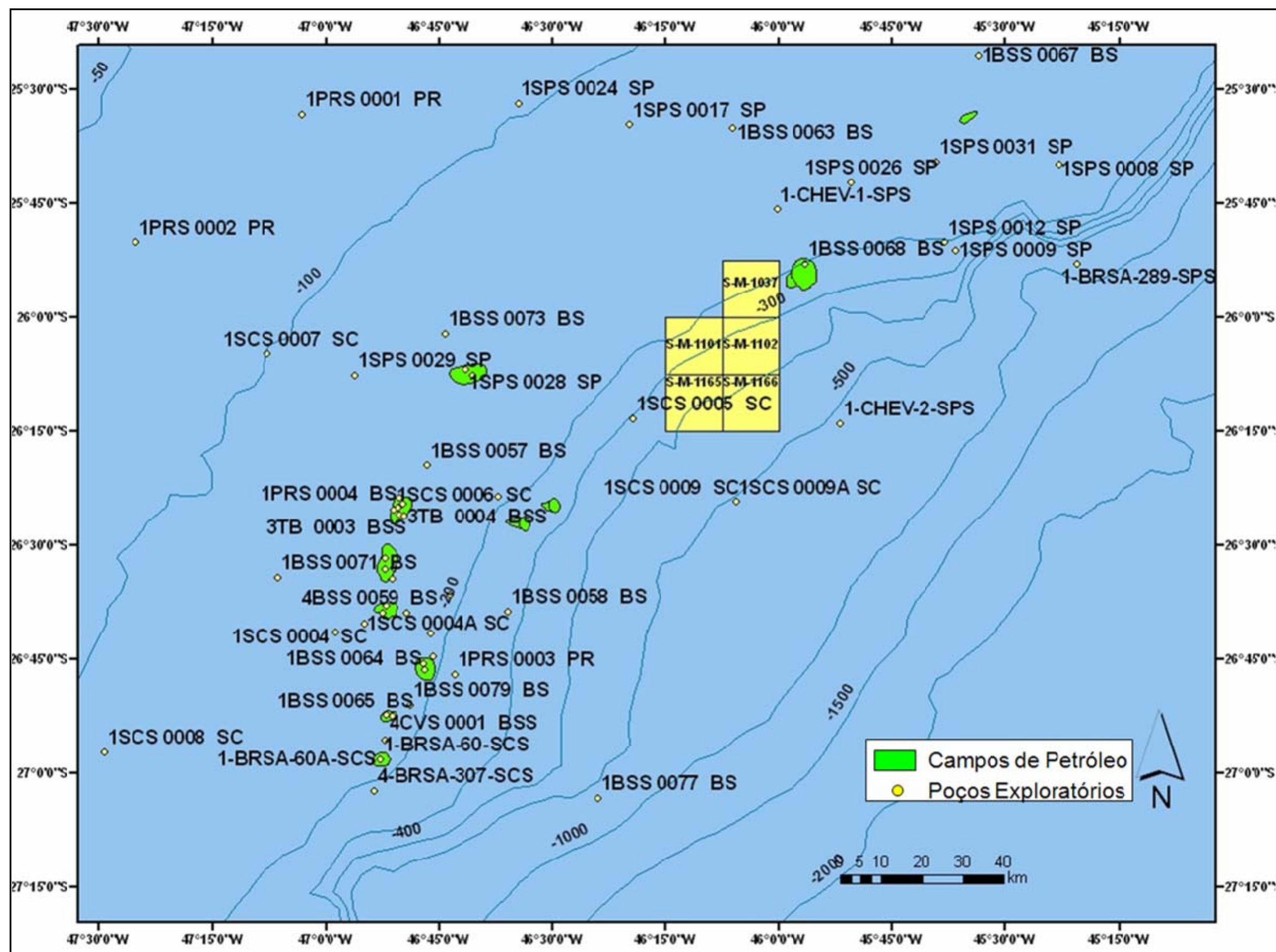
II.5.1.2.2.2 - Características Locais

O Embaiamento Sul da Baía de Santos tem sido objeto de intensa atividade exploratória nas últimas décadas com a realização de inúmeros levantamentos de dados geofísicos, tais como sísmica e métodos potenciais, geoquímicos, e poços exploratórios têm sido perfurados (**Figura II.5.1.2-17**). Incluem-se neste grupo de poços aqueles que também se localizam em flancos de domos, como, por exemplo, os poços 1-SCS-5-SC, 1SCS-9-SC (**Figura II.5.1.2-11**). Desta forma, os poços que deverão ser perfurados pela KAROON na área dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 deverão estar ligados a estas grandes feições em subsuperfície.

As principais características estruturais da área dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 se referem à presença de espessas camadas de sal em subsuperfície, como referido acima (**Figura II.5.1.2-10 e Figura II.5.1.2-11**).

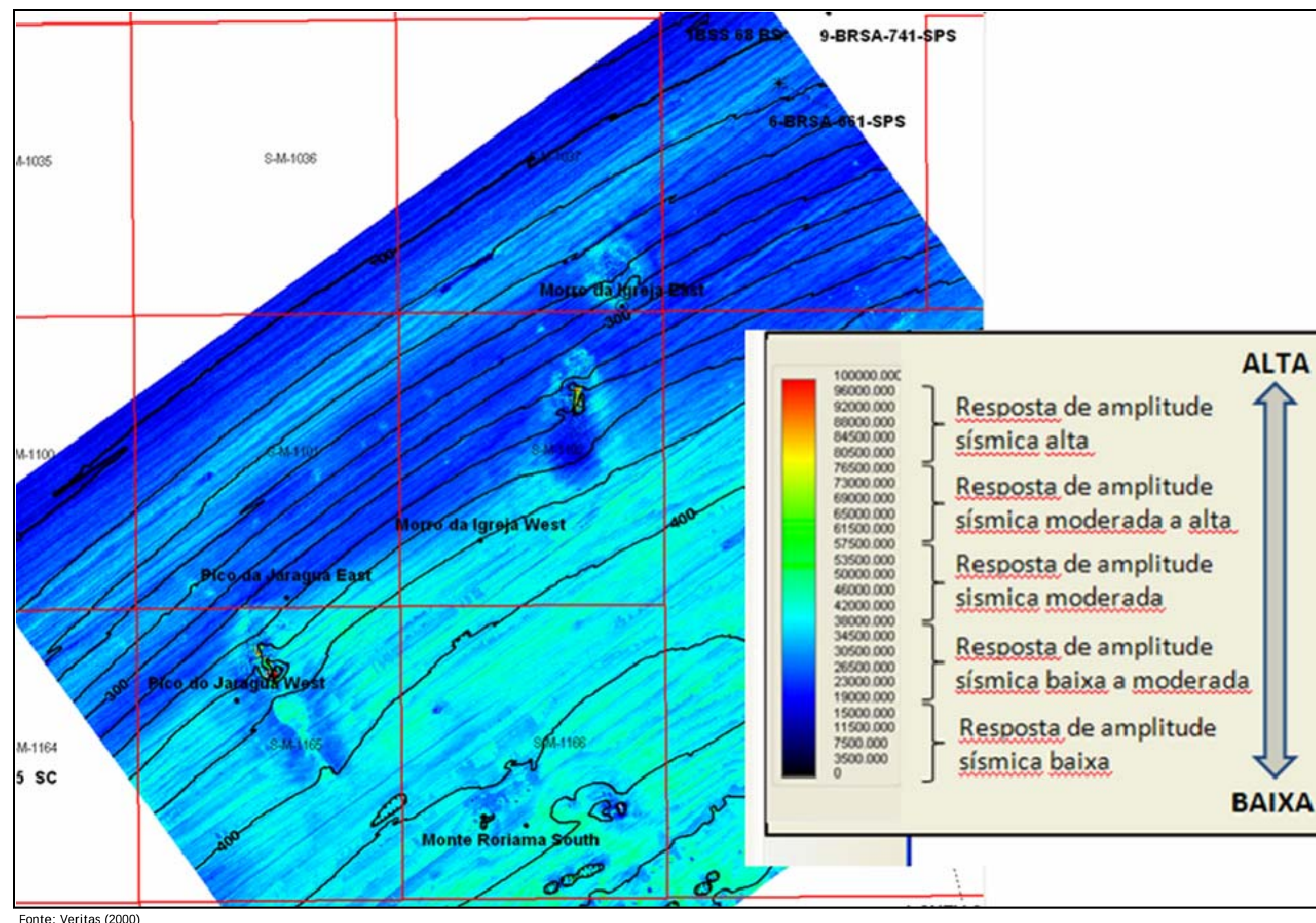
As anomalias estruturais identificadas pelo levantamento sísmico 3D da CGG-Veritas (Veritas, 2000), estão relacionadas a movimentos de domos de sal que atingem a superfície do fundo marinho (**Figura II.5.1.2-18**). Estas deformações ocorrem em dois locais nos Blocos BM-S-62 e BM-S-69 (ou S-M-1102 e SM-1165, de acordo com a nomenclatura antiga dos blocos). Dados sísmicos comprovam que tais anomalias morfológicas do fundo marinho estão relacionadas à presença de domos de sal em subsuperfície (**Figura II.5.1.2-11**).

Os dados disponíveis para a área dos blocos não apontam a presença de descontinuidades ou falhas no fundo marinho, conforme pode ser observado no mapa batimétrico (**2399-00-EIA-DE-2004-00 - Mapa Batimétrico Detalhado**) e de amplitude sísmica do fundo (**Figura II.5.1.2-18**). Da mesma forma, não foi observada a presença de zonas rasas com acumulação de gás (*shallow gas*) próximas ao fundo marinho (**Figura II.5.1.2-18**).



Fonte: KAROON (2009).

Figura II.5.1.2-17 - Distribuição de poços exploratórios na área do Embaiamento Sul da Bacia de Santos e nas proximidades dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70.



Fonte: Veritas (2000)

Figura II.5.1.2-18 - Mapa de amplitude sísmica do fundo do mar na região dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 mostrando anomalias de amplitude relacionadas à presença dos diápiros de sal próximos à superfície.

II.5.1.2.3 - Estratigrafia

II.5.1.2.3.1 - Características Regionais

Na Bacia de Santos são observadas rochas ígneas e sedimentares não aflorantes, com o pacote sedimentar podendo atingir até 12.000 m de profundidade. A descrição das unidades sedimentares teve por base os estudos de Pereira *et al.* (1986), Pereira & Macedo (1990), Moraes Junior & Toledo (1993), Mohriak & Magalhães (1993) e Pereira & Feijó (1994). Apesar de uma quantidade razoável de estudos sobre a estratigrafia da bacia, esses têm se limitado a efetuar pequenas correções na coluna estratigráfica (**Figura II.5.1.2-19 e Figura II.5.1.2-20**).

O embasamento cristalino é constituído por granitos e gnaisses de idade pré-cambriana pertencentes ao Complexo Costeiro e metassedimentos da Faixa Ribeira. Este foi definido a partir de afloramentos em regiões dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

As características litoestratigráficas indicam que a base da coluna estratigráfica da Bacia de Santos é constituída pela Formação Camboriú (antiga Formação Cananéia), que apresenta idade eo-cretácea. Essa Formação compreende os basaltos originados a partir de derrames de lavas, os quais se situam na base do preenchimento sedimentar da bacia. O paleoambiente suposto era o continental (**Figura II.5.1.2-19 e Figura II.5.1.2-20**).

Sobre a Formação Camboriú encontra-se a Formação Guaratiba, que tem idade entre o Barremiano e Aptiano (125-115 Ma.). Essa Formação apresenta rochas clásticas e carbonáticas, com paleoambiente deposicional continental, cuja sedimentação se efetuou através de leques aluviais progradantes sobre ambientes de lagos rasos, que mantinham deposição de carbonatos. Não é descartada a hipótese de ocorrência de fácies pelíticas nas porções mais distais da bacia.

A Formação Ariri (antiga São Vicente), de idade aptiana (± 115 Ma.), é constituída por uma suíte evaporítica, sendo caracterizada pela presença de pacotes espessos de halita associadas à anidrita, calcilito, folhelho e marga. O tipo de paleoambiente deposicional provável foi o marinho restrito, com a formação de planícies de sabka.

A Formação Florianópolis, com idade albiana, é composta por arenito meio a uma matriz argilosa, folhelho e siltito. O paleoambiente de sedimentação dessa unidade foi o de leques aluviais, depositados e dispostos de maneira organizada num cinturão ao longo da charneira de Santos.

A Formação Guarujá possui idade eo-albiana, sendo constituída por calcarenito oolítico e bioclástico, passando lateralmente para calcilutito e marga.

A Formação Itanhaém de idade neo-albiana, é composta por folhelho, siltito e marga, calcilutito e arenito. O paleoambiente ambiente provável de deposição dessa unidade foi o nerítico interno a externo e o batial superior.

A Formação Santos apresenta uma idade inferida que varia entre o Cenomaniano e o Maastrichtiano. Essa Formação é constituída por conglomerado e arenito lítico, intercalado por folhelho e argila. O paleoambiente deposicional foi o continental transicional em forma de leques, rios anastomosados e deltas.

A Formação Juréia, com idade entre o Santoniano e o Maastrichtiano, é composta por folhelho, siltito, arenito e calcilutito. O paleoambiente deposicional dessa unidade foi o de plataforma marinha.

Sobreposta à Formação Juréia ocorre a Formação Itajaí-Açú, de idade Cenomaniana a Maastrichtiana. Esta Formação é constituída por uma camada grossa de folhelho. Tal Formação subdivide-se no Membro Ilha Bela, que reúne os arenitos turbidíticos, sendo o paleoambiente deposicional do tipo talude e bacia.

A Formação Iguape, de idade terciária, compõe-se de calcarenito e calcirrudito bioclástico intercalados com argilito, siltito, marga e conglomerado variegado. O paleoambiente deposicional definido para essa unidade foi o de deposição em plataforma rasa, com a influência de leques aluviais.

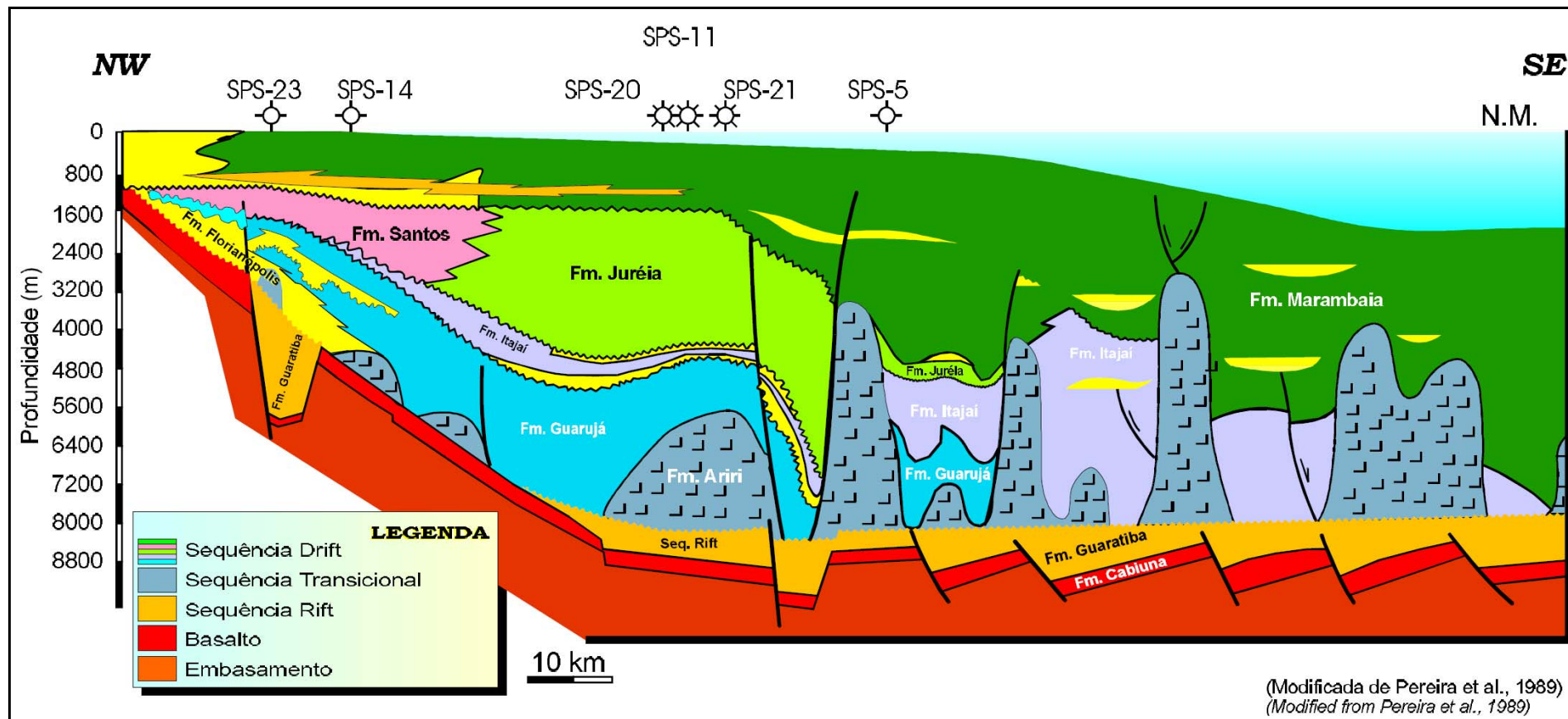
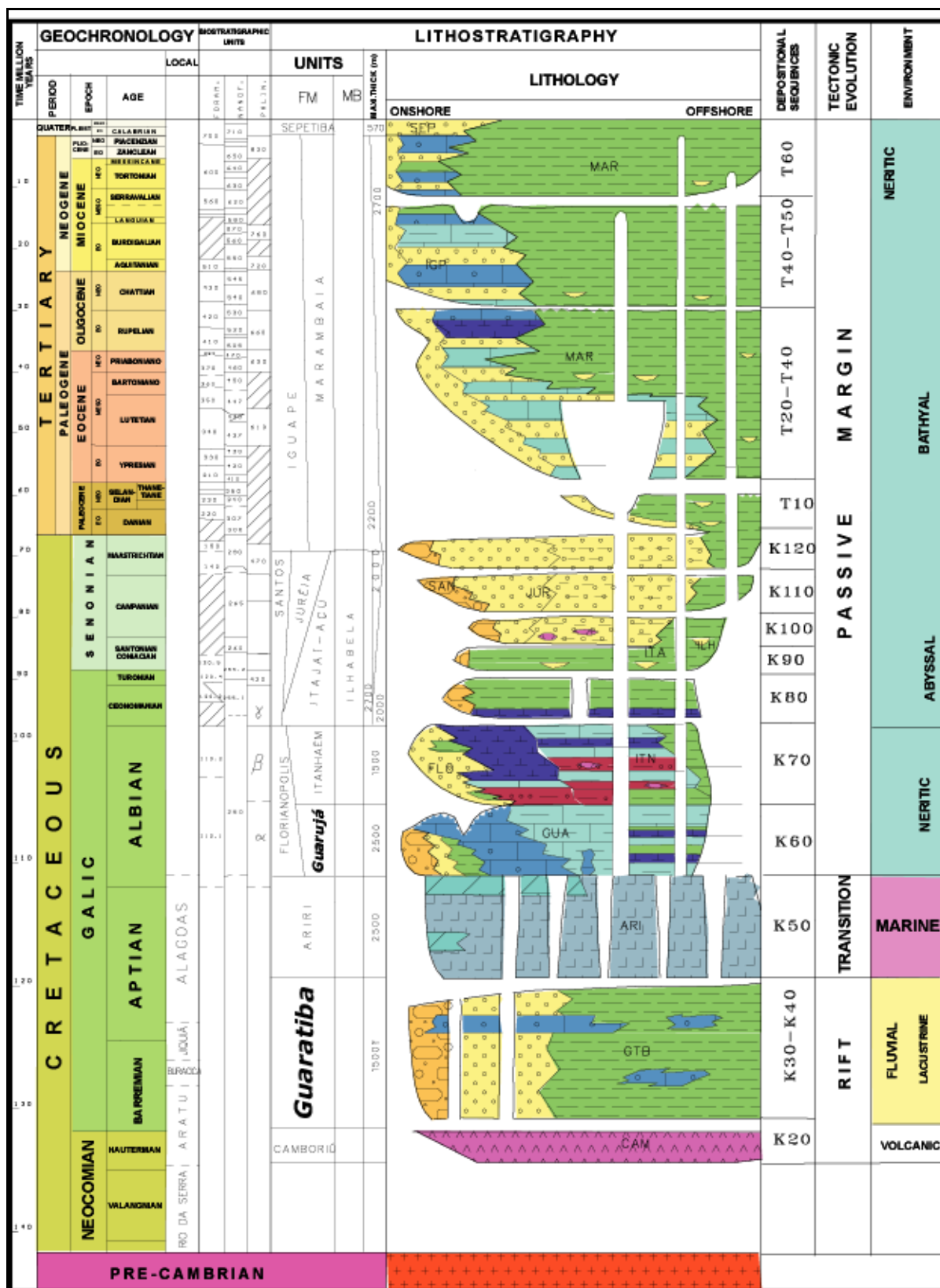


Figura II.5.1.2-19 - Seção Geológica da Bacia de Santos com as unidades e seqüências estratigráficas.

ATIVIDADE DE PERFURAÇÃO MARÍTIMA NOS BLOCOS BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 E BM-S-70

2399-00-EIA-RL-0001-00
Abril de 2010 - Rev. nº 00

Estudo de Impacto Ambiental - EIA



Fonte: Modificado de Pereira & Feijó (1994)

Figura II.5.1.2-20 - Carta estratigráfica esquemática da Bacia de Santos.

Coordenador:

Técnico:

A Formação Marambaia representa uma seqüência de idade terciária. Esta unidade é composta por espessa camada de folhelho e marga intercalados por arenitos turbidíticos. A unidade aflora no fundo oceânico, sendo o paleoambiente deposicional o de talude e bacia.

A Formação Sepetiba é de idade quaternária, sendo constituída por areia quartzosa, feldspática, glauconítica e coquina e molusco. O paleoambiente de deposição foi o de leques costeiros.

Sob o ponto de vista crono-estratigráfico, o pacote sedimentar mostra a existência de dez seqüências sedimentares (Pereira *et al.*, 1986):

- Sequência do Lago - corresponde à Formação Guaratiba, com idade Alagoas-Buracica, estando sobreposta à Formação Camboriú (pré-Alagoas). Corresponde à fase rifte da Bacia de Santos;
- Sequência Golfo - corresponde à Formação Ariri, de idade Alagoas, sendo eminentemente evaporítica;
- Sequência Eo/Meso-Albiano - corresponde às partes inferiores das Formações Guarujá e Florianópolis. Essa seqüência é bastante deformada, por efeito da halocinese;
- Sequência Neo-Albiano/Cenomaniano - corresponde às partes superiores das formações Guarujá e Florianópolis. Essa seqüência representa o início da primeira fase transgressiva ocorrida na bacia;
- Sequência Cenomaniano/Meso-Turoniano - corresponde à base da Formação Itajaí, representando o ponto culminante da fase transgressiva na bacia;
- Sequência Neo-Turoniano/Eo-Santoniano - corresponde à parte superior da Formação Itajaí, englobando uma parte da base da Formação Santos. Essa fase corresponde ao final do processo transgressivo, o qual foi seguido de um abaixamento do nível do mar expressivo;
- Sequência Santoniano/Eo-Campaniano - corresponde à metade superior da Formação Santos, de caráter progradacional em decorrência do abaixamento relativo do nível do mar;
- Sequência Campaniano/Eo-Eoceno - corresponde à parte superior das formações Santos e Itajaí, representando a fase de transgressão; e
- Sequência eo-Eoceno/meso-Mioceno - corresponde às formações Sepetiba e Marambaia. Esse pacote sedimentar representa uma ampla fase transgressiva.

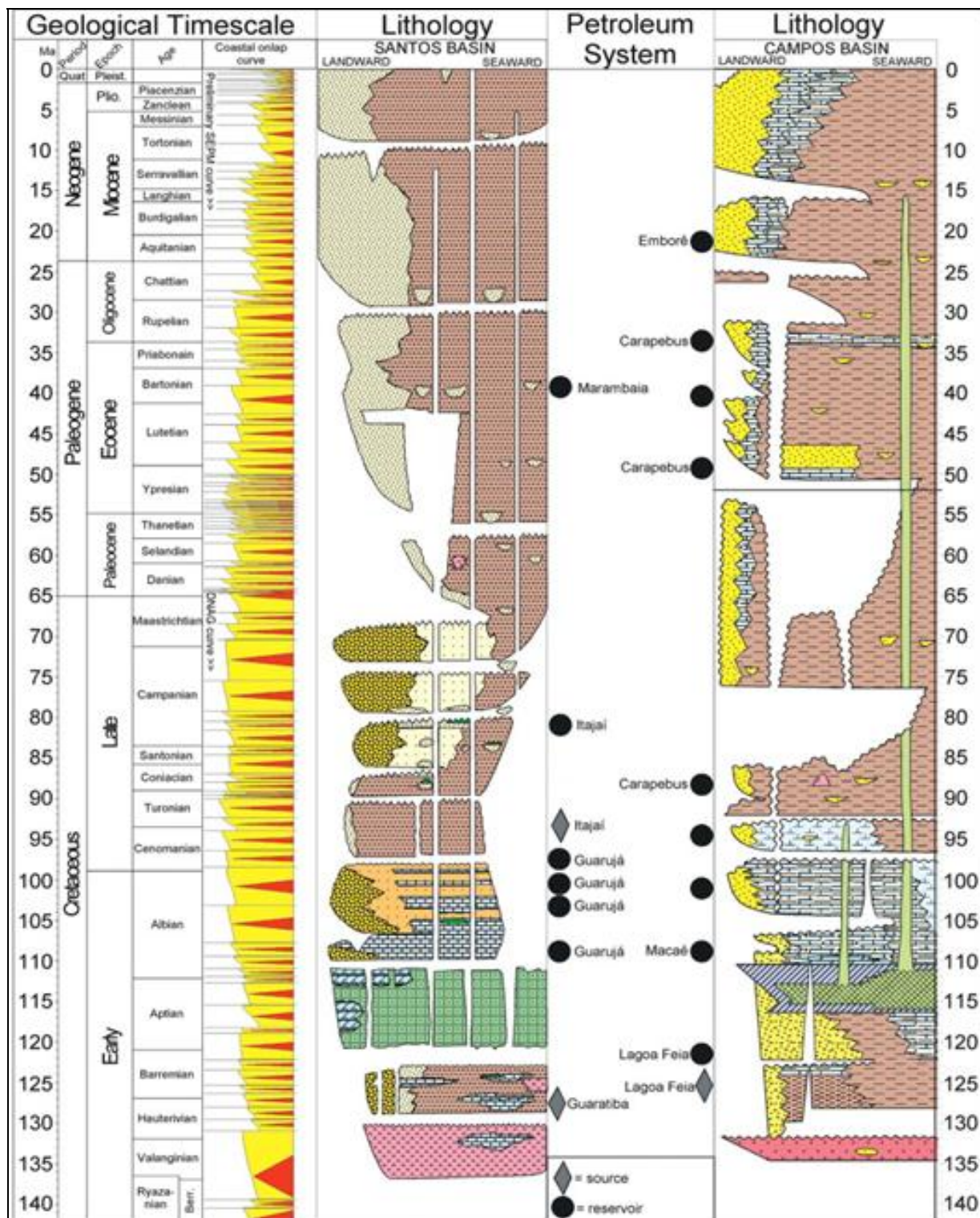
O preenchimento sedimentar na área do platô de São Paulo é condicionado pelo seu arcabouço estrutural. Nas áreas dos baixos estruturais, porção interna do platô, o preenchimento sedimentar atinge, em média, 6.000 m de espessura e nas áreas dos altos estruturais, nas porções central e externa, atingem espessuras entre 2.000 e 4.000 m. Os depocentros registram espessuras de sedimentos em torno de 7.000 m na área da margem continental entre os estados do Rio de Janeiro e São Paulo. São identificadas no platô duas camadas sedimentares que encontram-se sobrepostas às camadas crustais mais profundas. Uma camada superficial possui uma espessura entre 1.000 e 2.000 m e uma camada subjacente de espessura entre 2.000 e 3.000 m, possivelmente relacionada aos evaporitos (Kowsmann *et al.*, 1982).

O sistema petrolífero na Bacia de Santos apresenta trapas do tipo estruturais ou mistas. As rochas geradoras se encontram na Formação Guaratiba, tendo o pico de geração ocorrido do Turoniano ao Maastrichtiano (Chang, 2003) (**Figura II.5.1.2-21**).

Os principais *plays* estariam nos calcários Eo-mesoalbianos da Formação Guarujá, nos turbiditos do Membro Ilha Bela, nos turbiditos do Cretáceo Superior, nas areias situadas entre o Paleoceno/Eoceno. Destaca-se que os *plays* da Formação Guarujá e do Membro Ilha Bela são os mais importantes até o momento na bacia (Chang, *op. cit.*; Multimin, 2006).

Na Bacia de Santos os principais campos petrolíferos conhecidos seriam (Multimin, *op. cit.*):

- Reservatórios em Rochas Carbonáticas do Albiano Inferior da Formação Guarujá - Reservas globais de 79 Bbbl de óleo leve (entre 40 ° a 45° API) e 2, 160 BCF de gás;
- Campo de Tubarão (170 km offshore, em lâmina d'água de 145 m) - Óleo leve (48° API) e gás;
- Campo de Estrela do Mar (12 km ao sul de Tubarão) - Óleo leve (43° API) e gás;
- Campo de Coral (13 km ao sul de Coral) - Óleo leve (39,5° API) e gás;
- Campo de Caravela (17 km ao sul de Estrela do Mar) - Óleo leve (40,2° API) e gás;
- Campo de Caravela Sul (16 km ao sul de Caravela) - Óleo leve (43° API) e gás;
- Reservatórios em Turbiditos Arenosos Turonianos de Formação Itajaí.



Fonte: Modificado de Rangel et al. (1994) e Pereira & Feijó (1994); Meisling et al. (2001).

Figura II.5.1.2-21 - Eventos tectonoestratigráficos para as Bacias de Santos e Campos mostrando a cronologia dos pacotes litoestratigráficos regionais relativos aos eventos tectônicos de *Hot-spot*, rifteamento e outros eventos estruturais. Observar a associação dos sistemas petrolíferos com os eventos mencionados.

II.5.1.2.3.2 - Características Locais

A estratigrafia na região dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 é bem caracterizada pela coluna estratigráfica regional (**Figura II.5.1.2-20**). A seguir apresenta-se a descrição das unidades cronoestratigráficas a serem perfuradas em cada bloco.

Os estudos técnicos exploratórios preliminares realizados pela KAROON sugerem a realização da atividade de perfuração em 5 distintas localidades, cada uma localizada em um bloco (**Quadro II.5.1.2-2**).

Quadro II.5.1.2-2 - Locações dos Blocos de Concessão da KAROON e seus respectivos poços exploratórios.

Bloco de Concessão	Localização dos Poços
Bloco BM-S-69 (S-M-1165)	Pico do Jaraguá Oeste
Bloco BM-S-68 (S-M-1101)	Pico do Jaraguá Leste
Bloco BM-S-70 (S-M-1166)	Monte Roraima Sul
Bloco BM-S-62 (S-M-1102)	Morro da Igreja Oeste
Bloco BM-S-61 (S-M-1037)	Morro da Igreja Leste

Fonte: KAROON (2009).

A nomeação das localidades relaciona-se a feições de relevo conhecidos no território Brasileiro, ou seja, a um monte ou pico. Estas denominações foram devido a associações diretas entre feições do relevo Brasileiro e grandes estruturas salinas mapeadas nestes blocos.

A seguir é apresentada uma descrição estratigráfica detalhada de cada um destes prospectos.

II.5.1.2.3.2.1 - Localização “Pico do Jaraguá Oeste”

A localização denominada “Pico do Jaraguá Oeste” localiza-se no Bloco BM-S-69 (S-M-1165) sob lâmina d’água de 364 m (**Figura II.5.1.2-22**).

As rochas sedimentares a serem perfuradas nesta localização consistem de sedimentos depositados no Quaternário, Terciário e Cretáceo Superior, sempre em ambiente marinho raso. Atualmente, estas rochas se encontram na região adjacente ao flanco de um domo de sal. As linhas sísmicas mostradas na **Figura II.5.1.2-23** mostram o estilo estrutural e as deformações nas camadas sedimentares causadas pela movimentação do sal no local desta localização. Observa-se a geometria dos horizontes relativos ao Eoceno Médio em amarelo na porção superior das seções, em verde o topo do Cretáceo e em um amarelo mais claro o Campaniano na parte mais profunda das seções. O contorno do sal também foi interpretado e é visível na cor azul clara. Observa-se que o domo de sal apresenta uma parte que se desconecta da base, formando uma estrutura denominada

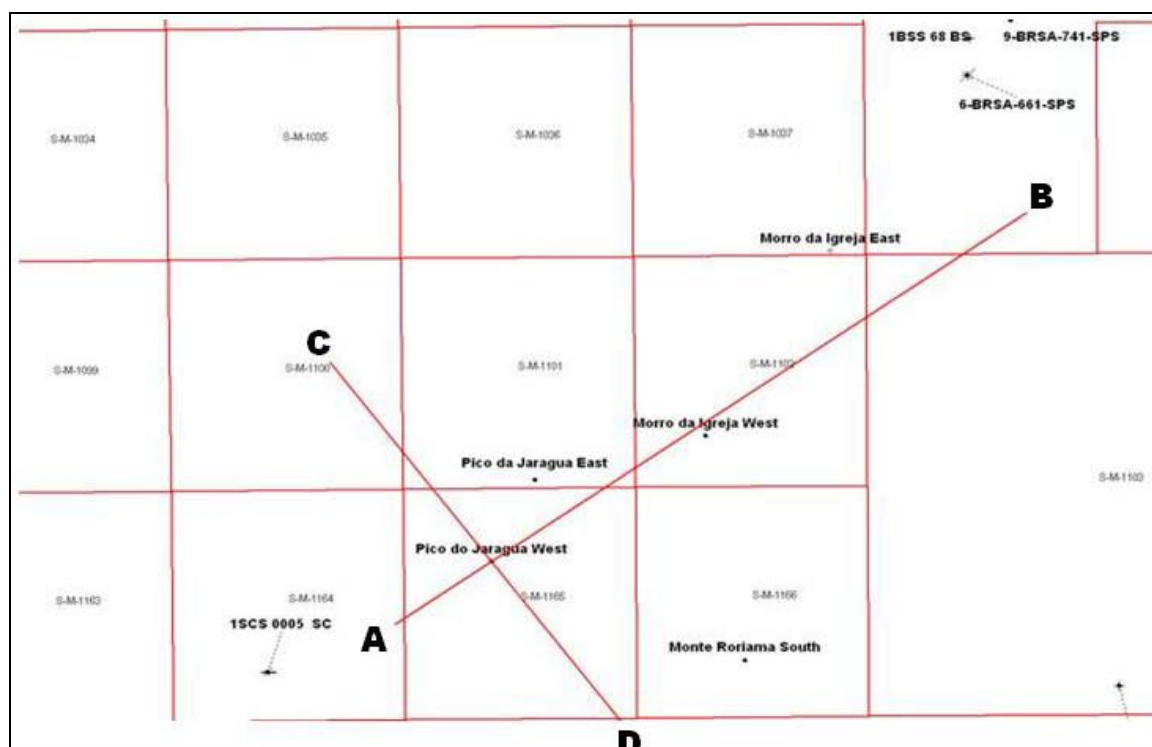
“alóctone”, ou seja, que não se encontra em seu local de origem. Esta locação pretende investigar o flanco oeste do domo, o que deu origem ao nome deste prospecto.

A profundidade final que o poço deverá atingir é de cerca de 3.500 m e sua coluna sedimentar esperada pode ser visualizada na Figura II.5.1.2-24.

A **Figura II.5.1.2-25** e a **Figura II.5.1.2-26** mostram os mapas batimétricos e de amplitude sísmica em detalhe na área da locação deste poço. Estes mapas exibem uma deformação de fundo causada pela presença de um domo de sal próximo ao fundo marinho. Nota-se, ainda, que o poço a ser perfurado fica a uma distância considerável dessa feição salífera. As coordenadas da locação proposta “Pico do Jaraguá Oeste” (Datum WGS 84) são apresentadas no **Quadro II.5.1.2-3**.

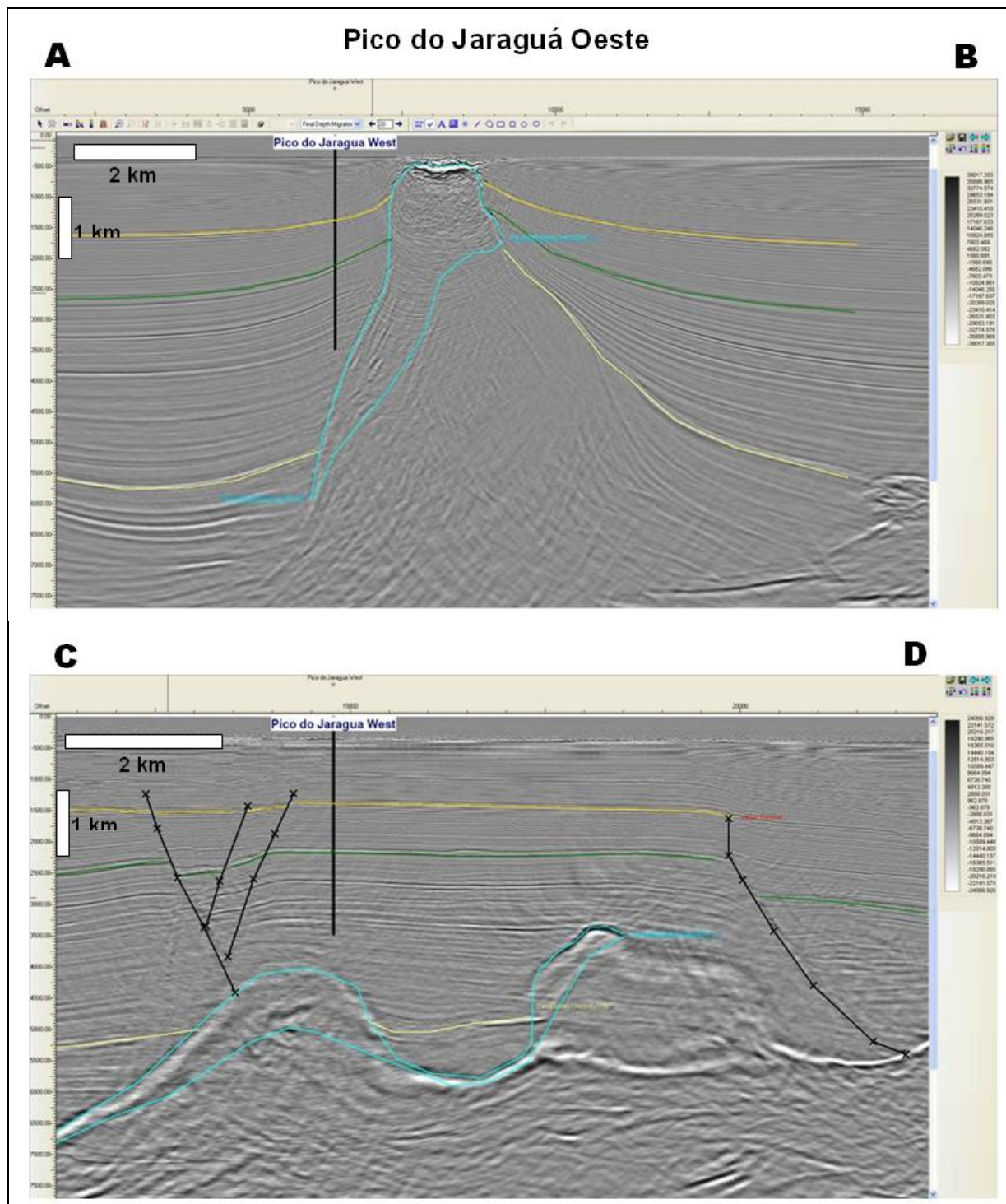
Quadro II.5.1.2-3 - Coordenadas da Locação Pico do Jaraguá Oeste

Geográfica	UTM (Zona 23 Sul)
26.16464532 S	X= 379.780 m
46.20289443 W	Y= 7.105.526 m



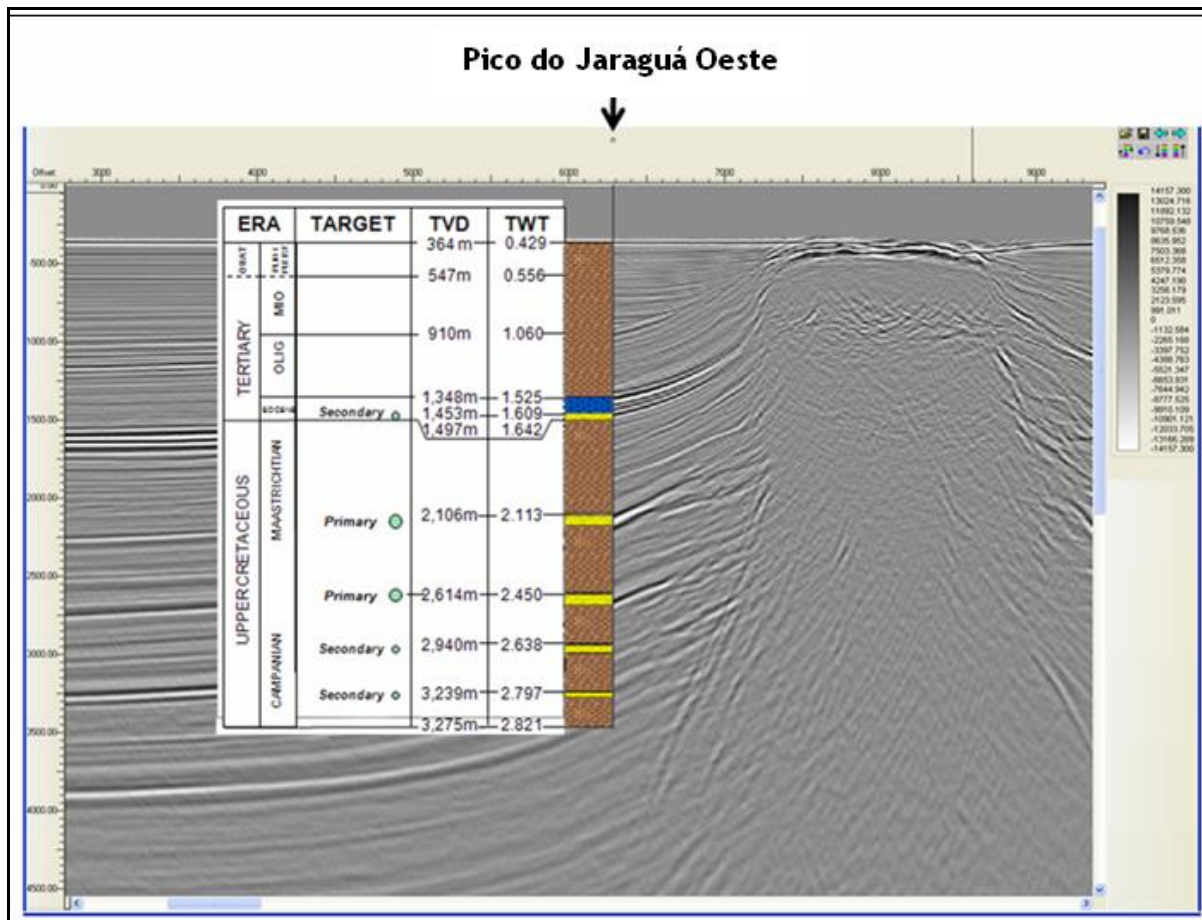
Fonte: KAROON (2009).

Figura II.5.1.2-22 - Mapa Base dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, mostrando a localização da locação “Pico do Jaraguá Oeste” e a posição de duas linhas sísmicas mostradas na Figura II.5.1.2-23.



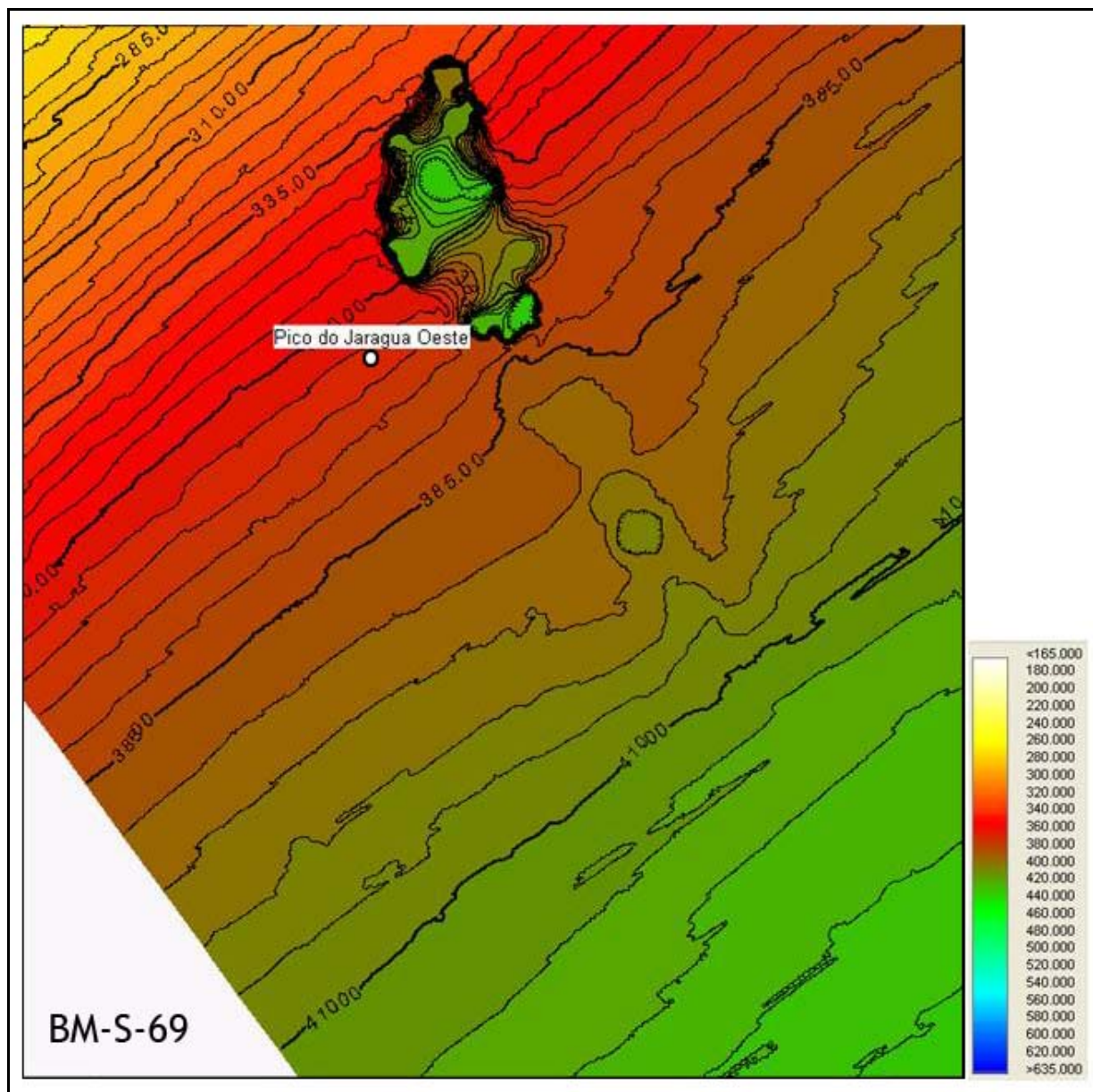
Fonte: KARON (2009).

**Figura II.5.1.2-23 - Duas linhas sísmicas em profundidade mostrando as principais feições estruturais e estratigráficas na área da Locação “Pico do Jaraguá Oeste”.
Ver posição das linhas no mapa da Figura II.5.1.2-22**



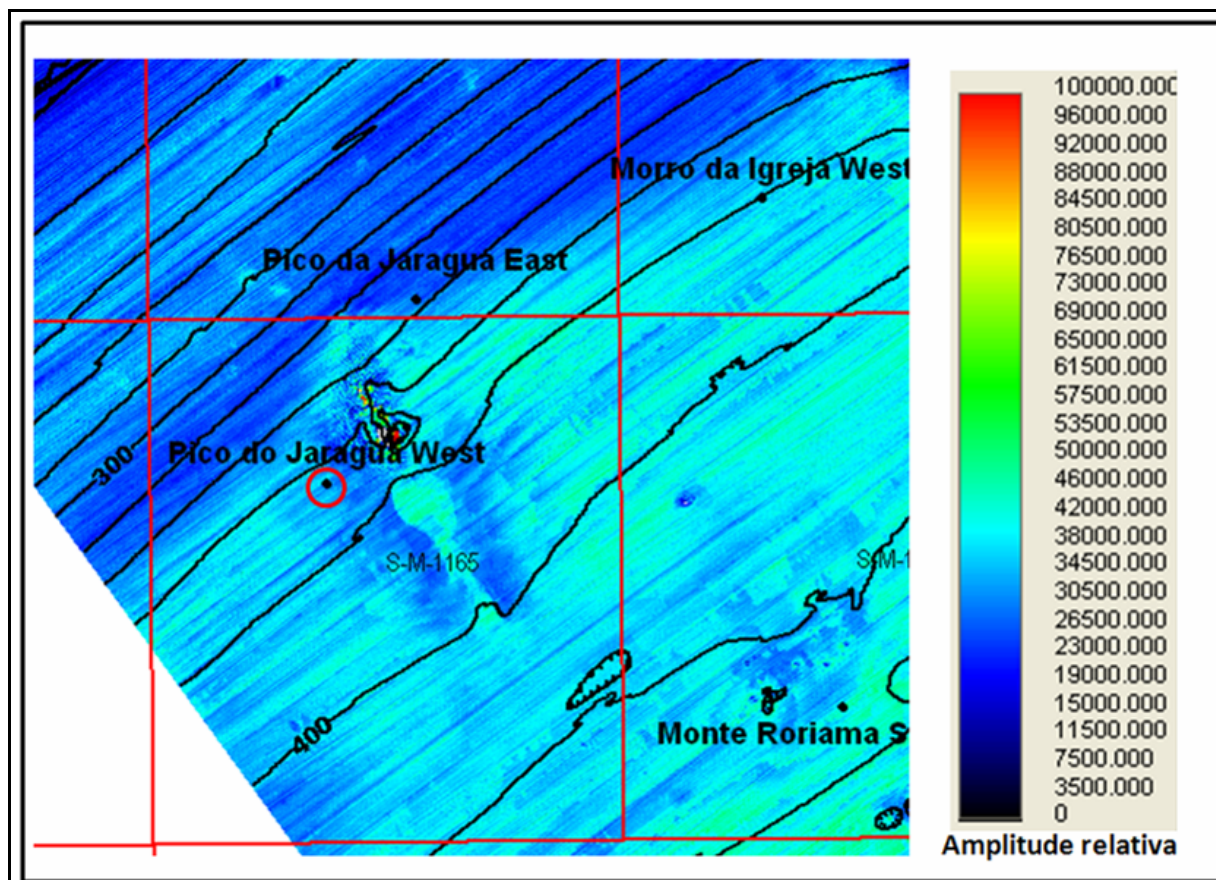
Fonte: KAROON (2009)

Figura II.5.1.2-24 - Coluna estratigráfica esperada mostrando as principais litologias que deverão ser atravessadas pela localização "Pico do Jaraguá Oeste".



Fonte: KAROON (2009).

Figura II.5.1.2-25 - Batimetria em detalhe na área da locação “Pico do Jaraguá Oeste”, no Bloco BM-S-69.



Fonte: KAROON (2009).

Figura II.5.1.2-26 - Mapa detalhado da amplitude sísmica do fundo do mar no Bloco BM-S-69 (S-M-1165) mostrando também o contorno batimétrico. Observar a morfologia relativamente constante do fundo do mar, mostrando apenas a feição de deformação salina a norte da locação “Pico do Jaraguá Oeste”

II.5.1.2.3.2.2 - Locação “Pico do Jaraguá Leste”

A locação denominada “Pico do Jaraguá Leste” situa-se no Bloco BM-S-68 (S-M-1101) sob lâmina d’água de 338 m (**Figura II.5.1.2-27**).

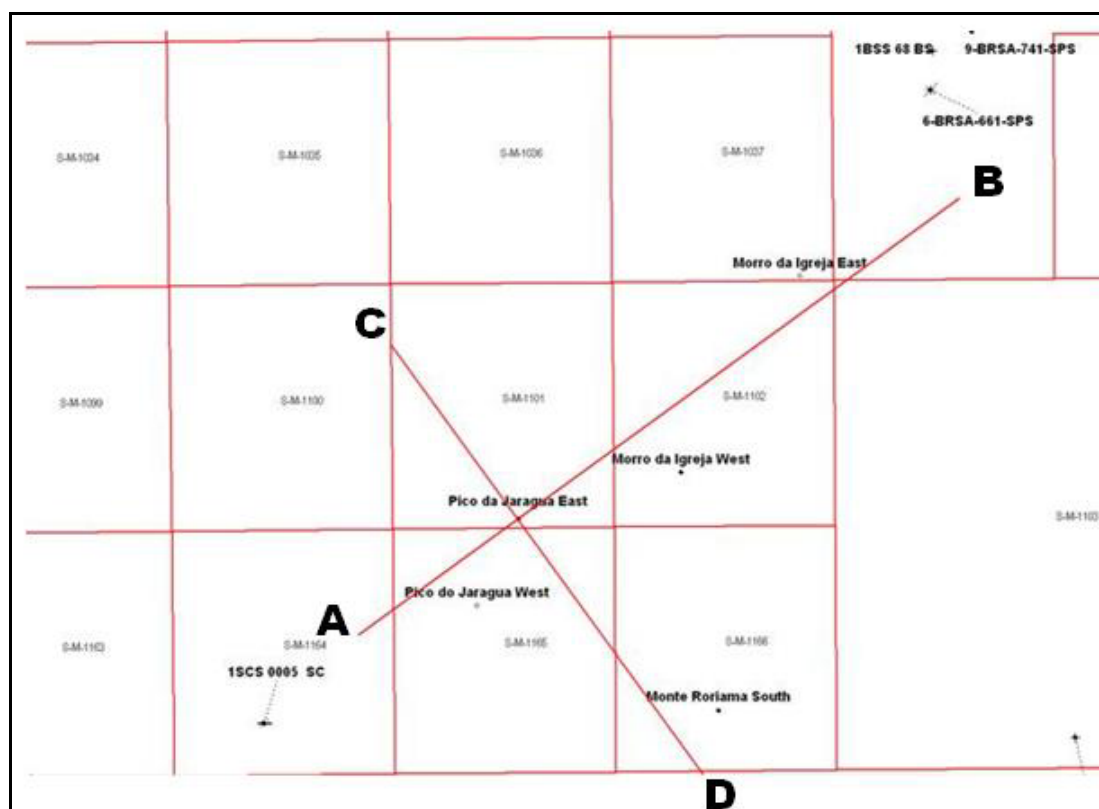
Esta locação deverá perfurar rochas sedimentares depositadas no Quaternário, Terciário e Cretáceo Superior, sempre em ambiente marinho raso. De modo semelhante à locação anterior, estas rochas se encontram na região adjacente ao flanco de um domo de sal, porém em seu lado leste, dando origem ao nome da locação. As linhas sísmicas mostradas na **Figura II.5.1.2-28** exibem o estilo estrutural e as deformações nas camadas sedimentares causadas pela movimentação do sal. De modo semelhante à anterior, observa-se a geometria dos horizontes relativos ao Eoceno Médio em amarelo na porção superior das seções, em verde o topo do Cretáceo e o Campaniano em um horizonte amarelo mais claro na parte mais profunda das seções. O contorno do sal é visível na cor azul clara.

A profundidade final que o poço deverá atingir é de cerca de 3.200 m e sua coluna sedimentar esperada pode ser visualizada na **Figura II.5.1.2-30**.

A **Figura II.5.1.2-31** e a **Figura II.5.1.2-32** mostram os mapas batimétricos e de amplitude sísmica em detalhe na área da locação “Pico do Jaraguá Leste”. Estes mapas exibem uma deformação de fundo causada pela presença de um domo de sal próximo à superfície a nordeste da locação. Nota-se, ainda, que o poço a ser perfurado fica a uma distância considerável desta feição. As coordenadas da locação proposta “Pico do Jaraguá Leste” (Datum WGS84) são apresentadas no **Quadro II.5.1.2-4**.

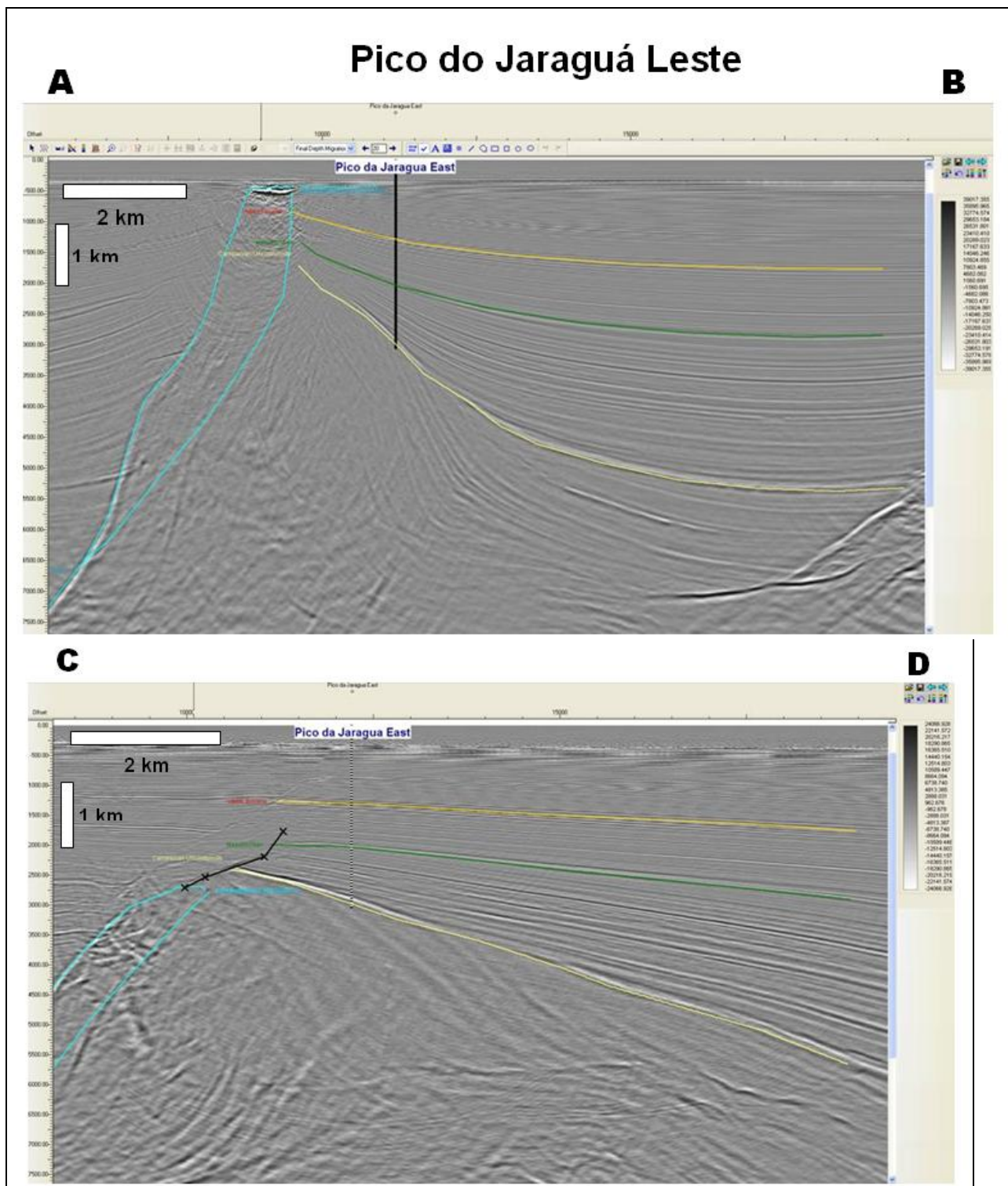
Quadro II.5.1.2-4 - Coordenadas da Locação Pico do Jaraguá Leste

Geográfica	UTM (Zona 23 Sul)
26, 12191962 S	X= 381.943 m
46, 18082423 W	Y= 7.110.278 m



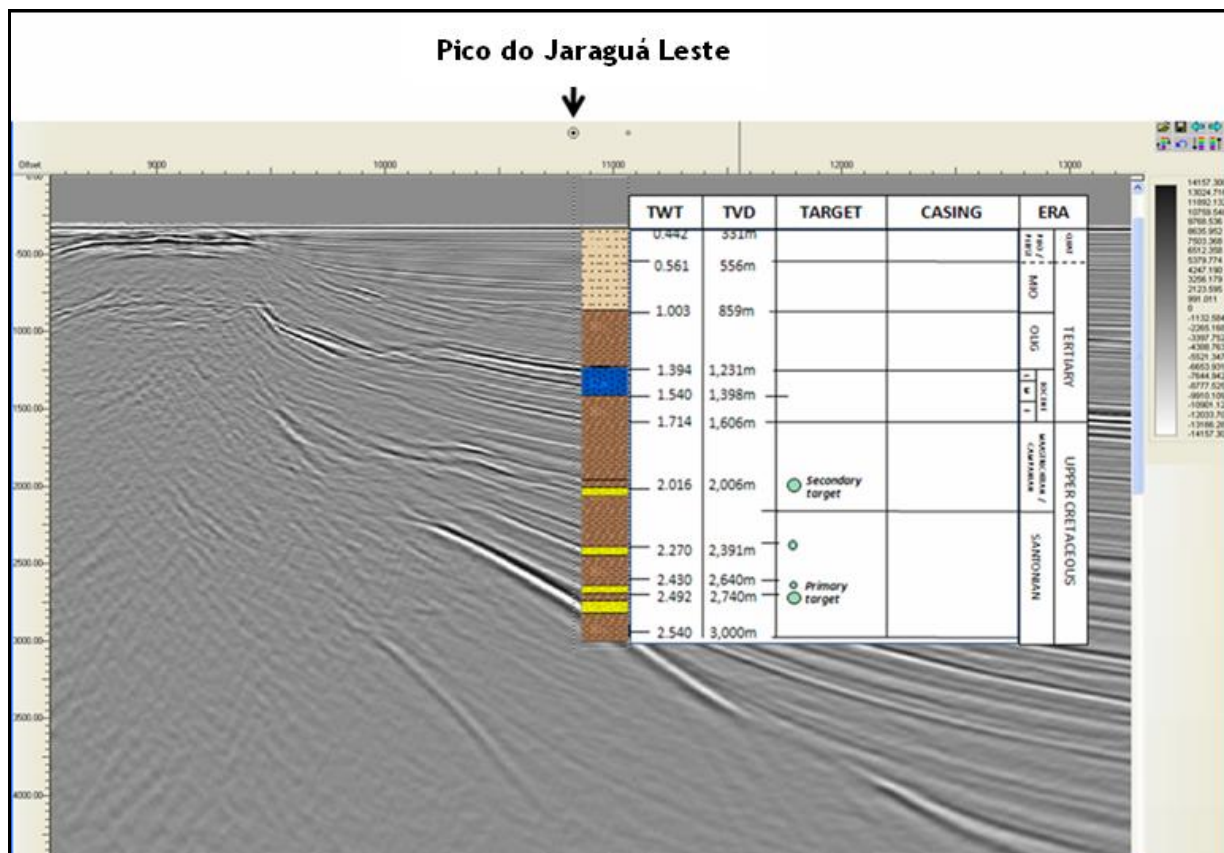
Fonte: KAROON (2009).

Figura II.5.1.2-27 - Mapa base dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 mostrando a localização da locação “Pico do Jaraguá Leste” e a posição de duas linhas sísmicas mostradas na Figura II.5.1.2-29



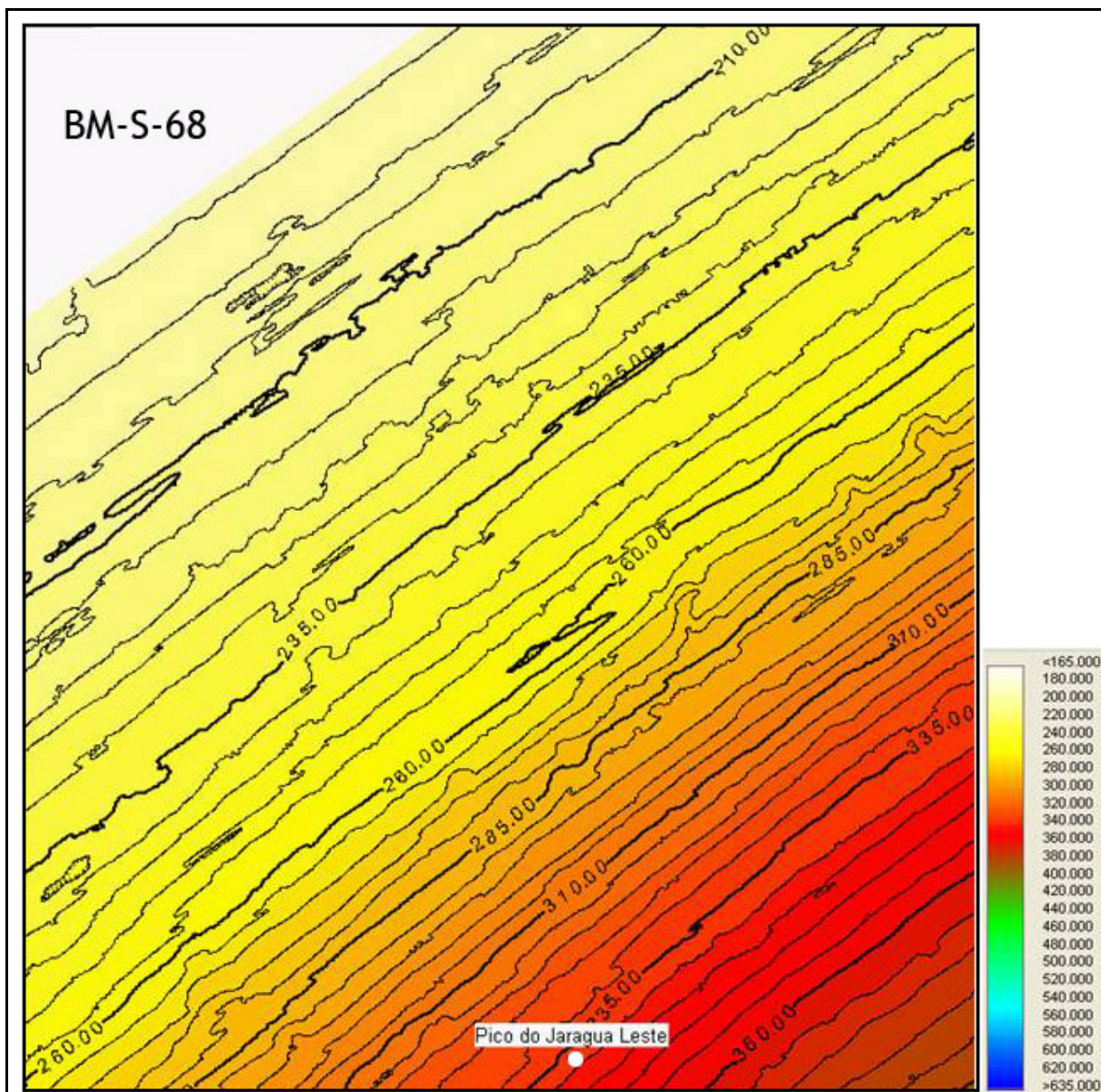
Fonte: KAROON (2009).

Figura II.5.1.2-28 - Duas linhas sísmicas em profundidade mostrando as principais feições estruturais e estratigráficas na área da locação “Pico do Jaraguá Leste”. Ver posição das linhas no mapa da Figura II.5.1.2-27



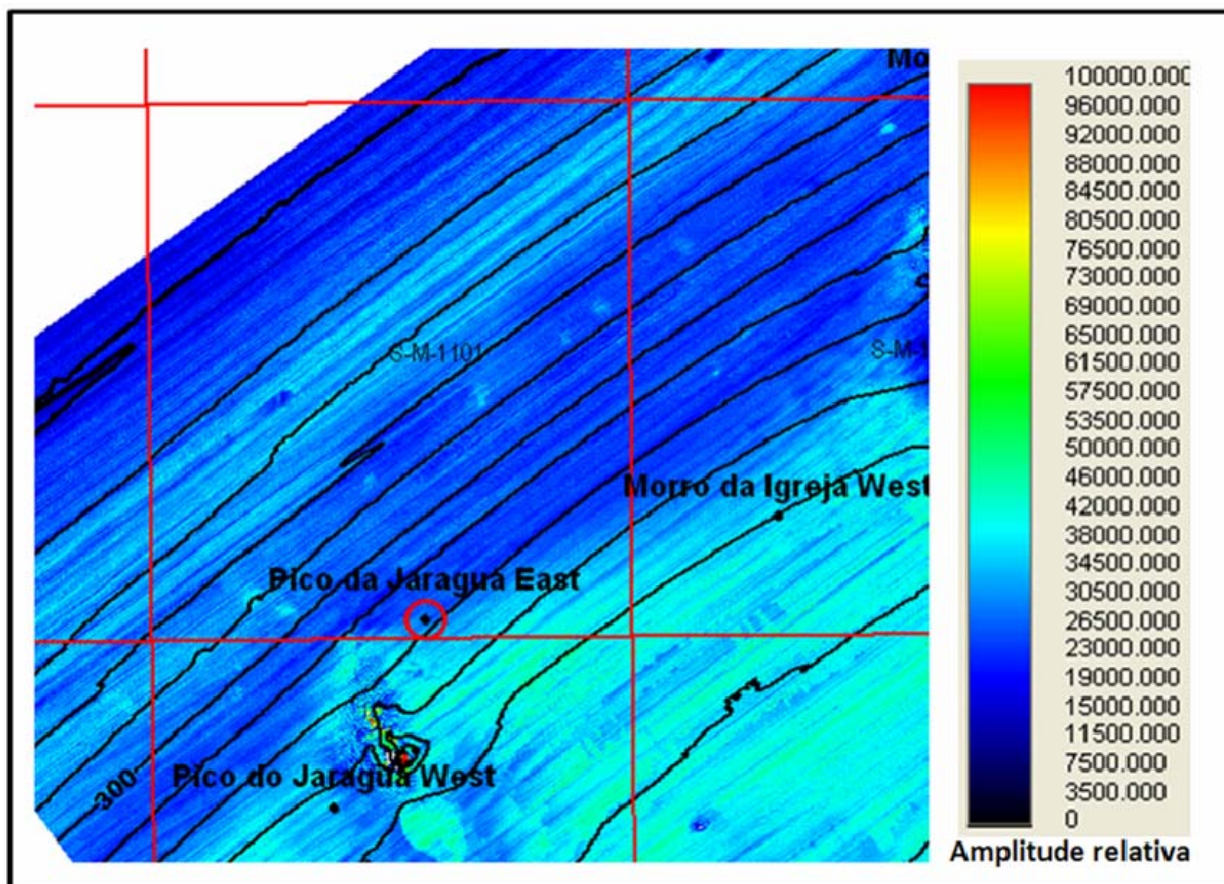
Fonte: KAROON (2009).

Figura II.5.1.2-29 - Coluna estratigráfica esperada mostrando as principais litologias que deverão ser atravessadas pela locação “Pico do Jaraguá Leste”



Fonte: KAROON (2009).

Figura II.5.1.2-30- Batimetria em detalhe na área da locação “Pico do Jaraguá Leste”, no Bloco BM-S-68.



Fonte: KAROON (2009).

Figura II.5.1.2-31 - Mapa detalhado da amplitude sísmica do fundo do mar no Bloco BM-S-68 (S-M-1101) mostrando também o contorno batimétrico. Observe a morfologia relativamente constante do fundo do mar, mostrando apenas a feição de deformação salina a sul da localização “Pico do Jaraguá Leste”

II.5.1.2.3.3 - Locação “Monte Roraima Sul”

A locação denominada “Monte Roraima Sul” está situada no Bloco BM-S-70 (S-M-1166) sob lâmina d’água de 434 m (**Figura II.5.1.2-32**).

As rochas sedimentares a serem perfuradas nesta locação consistem de sedimentos marinhos depositados no Cretáceo Superior, Terciário e Quaternário. Na posição desta locação estas rochas se encontram nas vizinhanças de um domo de sal de grandes dimensões, como se pode observar nas linhas sísmicas da **Figura II.5.1.2-33**. Nestas linhas sísmicas foram interpretados os horizontes relativos ao Eoceno Médio na parte mais superior da seção na cor amarelo escuro, o topo do Cretáceo marcado pelo horizonte verde e o Campaniano na parte mais profunda das seções, em amarelo claro. Da mesma forma descrita nas outras locações, o domo, presente neste bloco, apresenta avanços laterais proeminentes para dentro dos sedimentos, formando estruturas

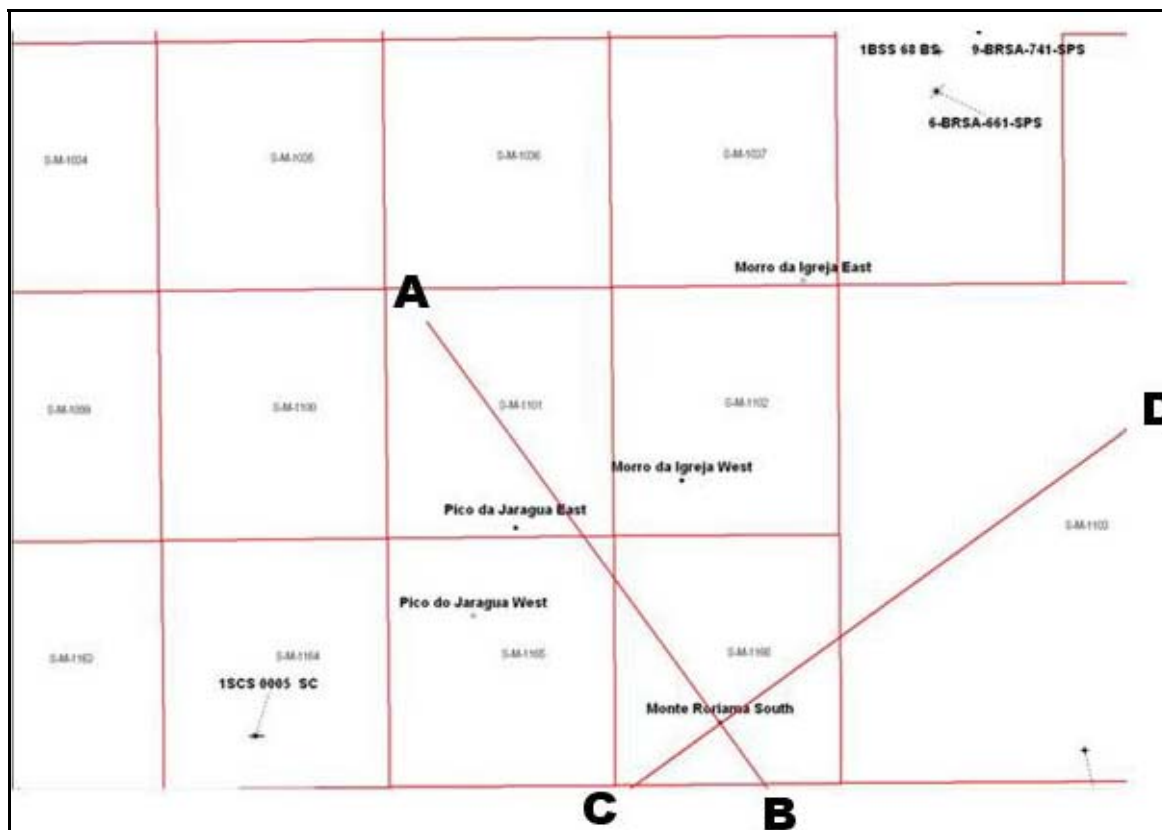
de sal alóctones. Nestas seções, o sal foi interpretado na cores azul escura (sal autóctone) e azul clara (sal alóctone).

A profundidade final que o poço deverá atingir é de cerca de 3.500 m e sua coluna sedimentar esperada pode ser visualizada na **Figura II.5.1.2-34**.

A **Figura II.5.1.2-35** e a **Figura II.5.1.2-36** mostram os mapas batimétricos e de amplitude sísmica de detalhe na área da locação “Monte Roraima Sul”. Estes mapas exibem uma pequena deformação de fundo causada pela presença de um domo de sal próximo à superfície a leste e a sul da locação. Nota-se, ainda, que o poço a ser perfurado fica a uma distância considerável destas feições. As coordenadas da locação proposta “Monte Roraima Sul” (Datum WGS84) são apresentadas no **Quadro II.5.1.2-5**.

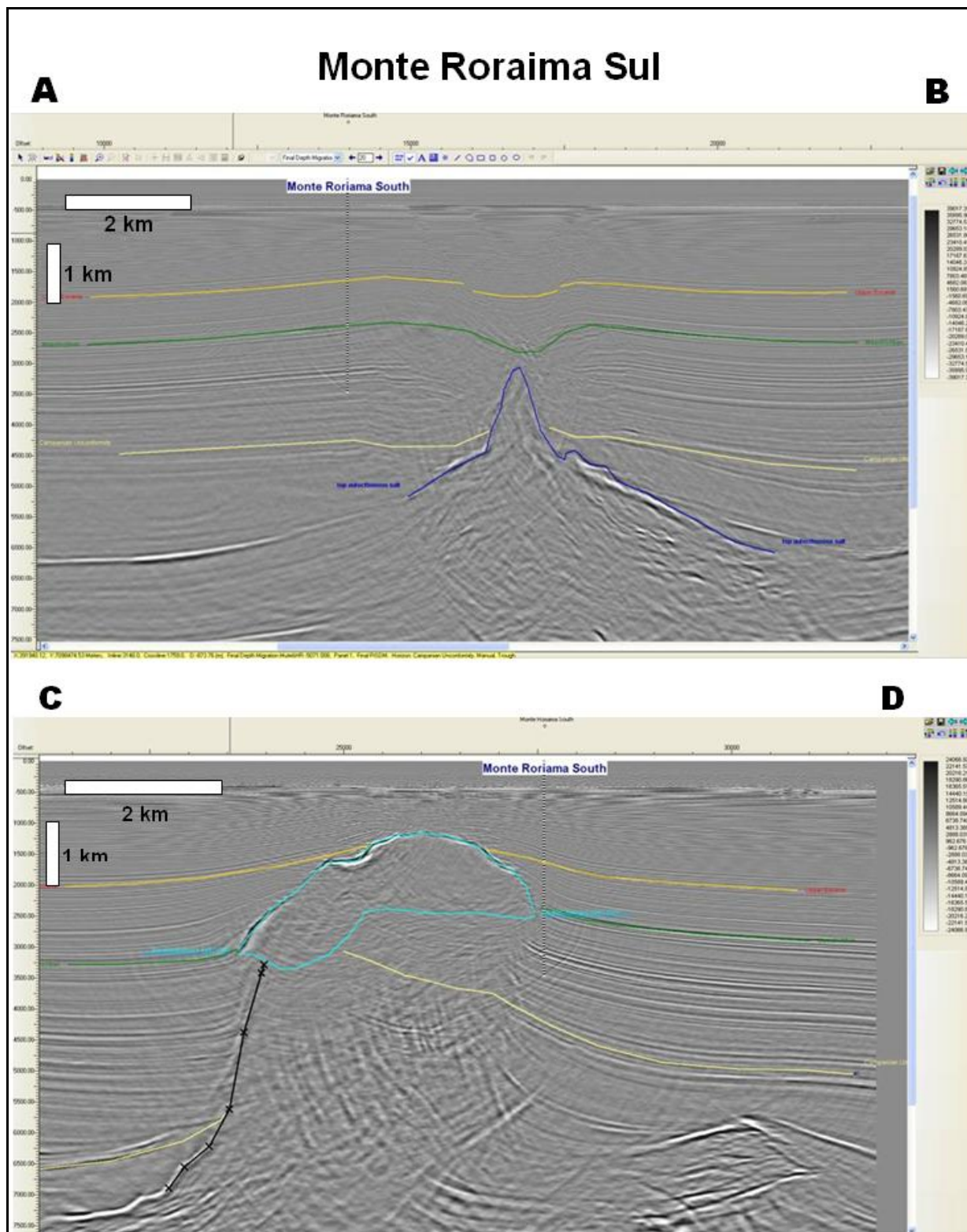
**Quadro II.5.1.2-5 - Coordenadas da
Locação Monte Roraima Sul**

Geográfica	UTM (Zona 23 Sul)
26,21906917 S	X= 393.442 m
46,0667015 W	Y= 7.099.617 m



Fonte: KAROON (2009)

Figura II.5.1.2-32 - Mapa base dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 mostrando a localização da locação “Monte Roraima Sul” e a posição de duas linhas sísmicas mostradas na Figura II.5.1.2-34.



Fonte: KAROON (2009).

Figura II.5.1.2-33 - Duas linhas sísmicas em profundidade mostrando as principais feições estruturais e estratigráficas na área da locação “Monte Roraima Sul”. Ver posição das linhas no mapa da Figura II.5.1.2-32.

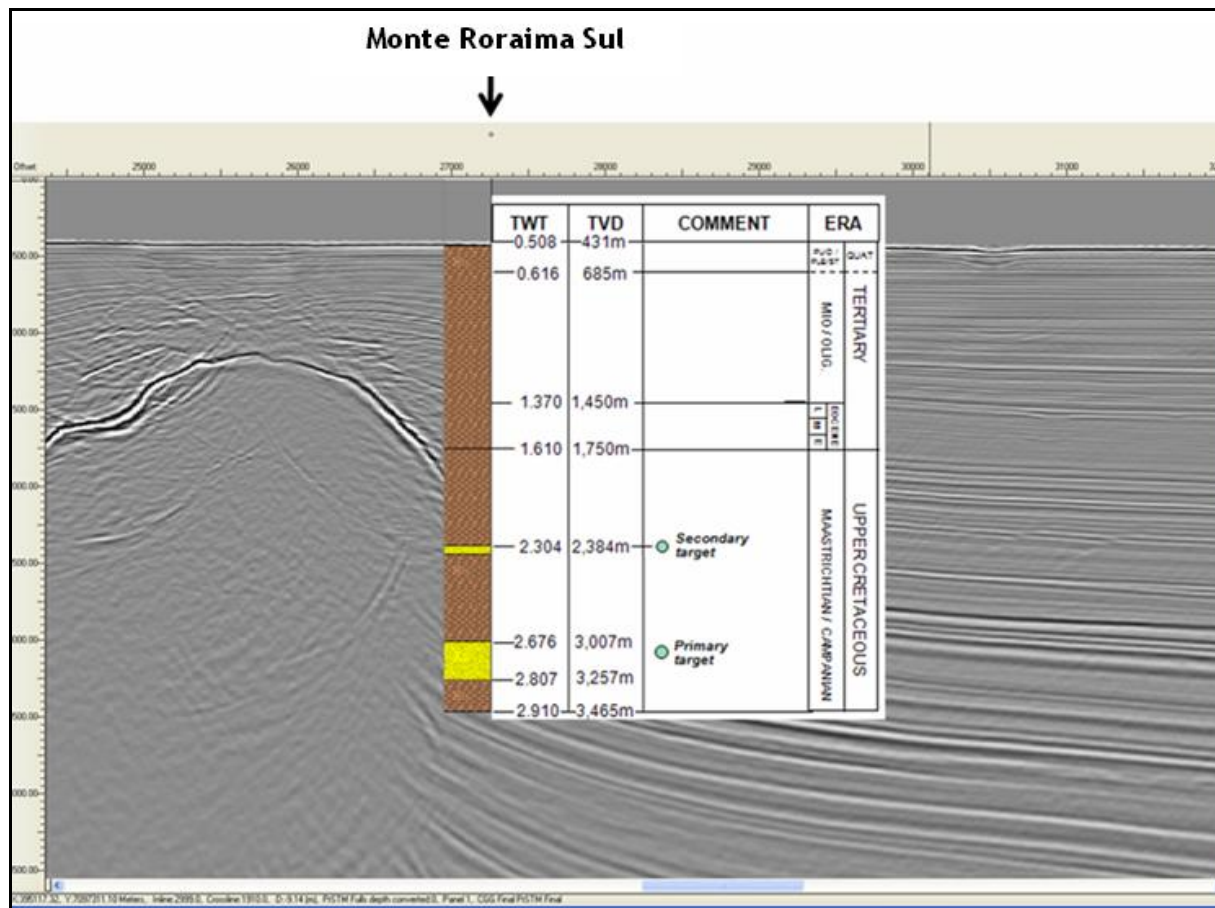
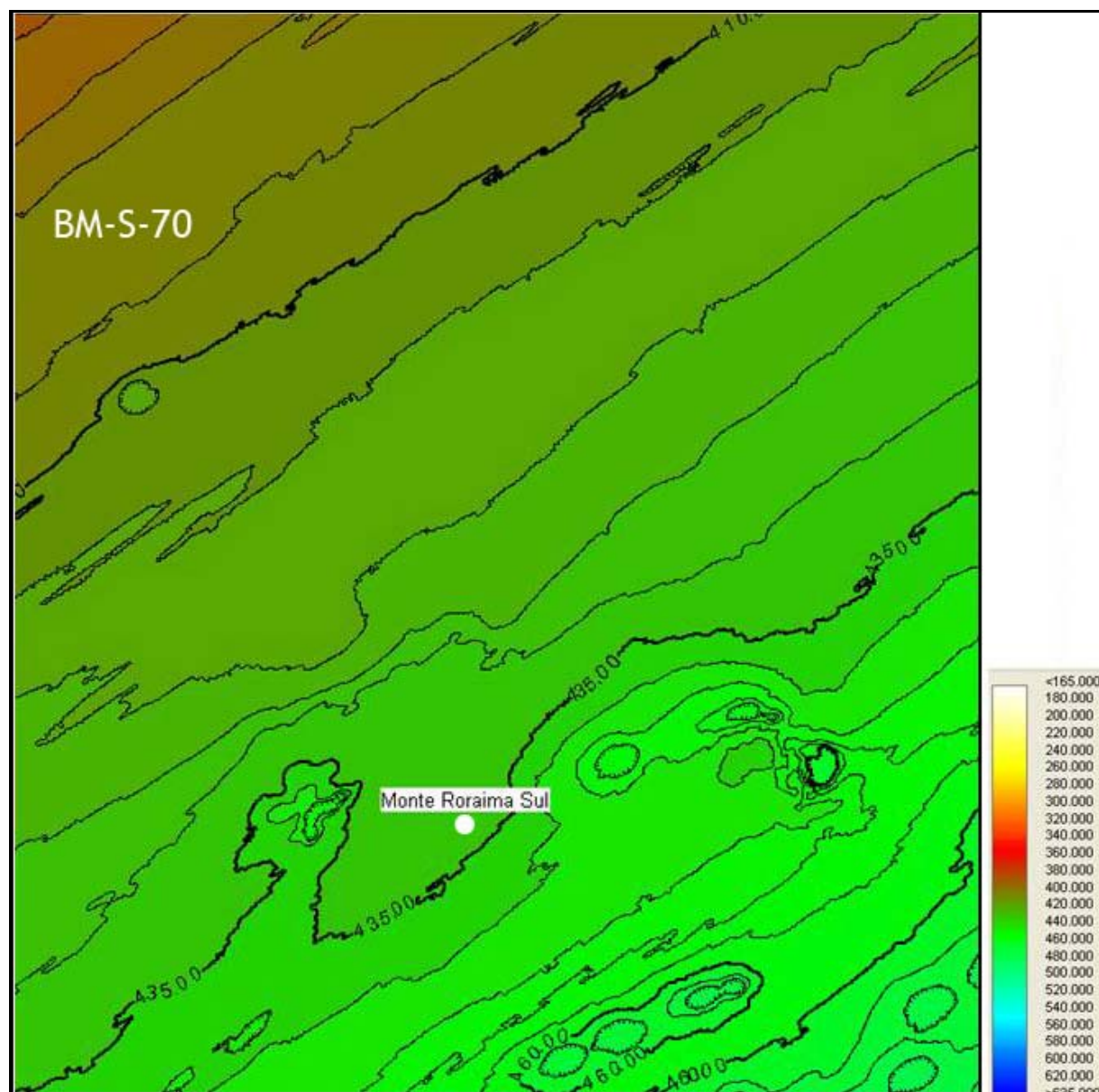
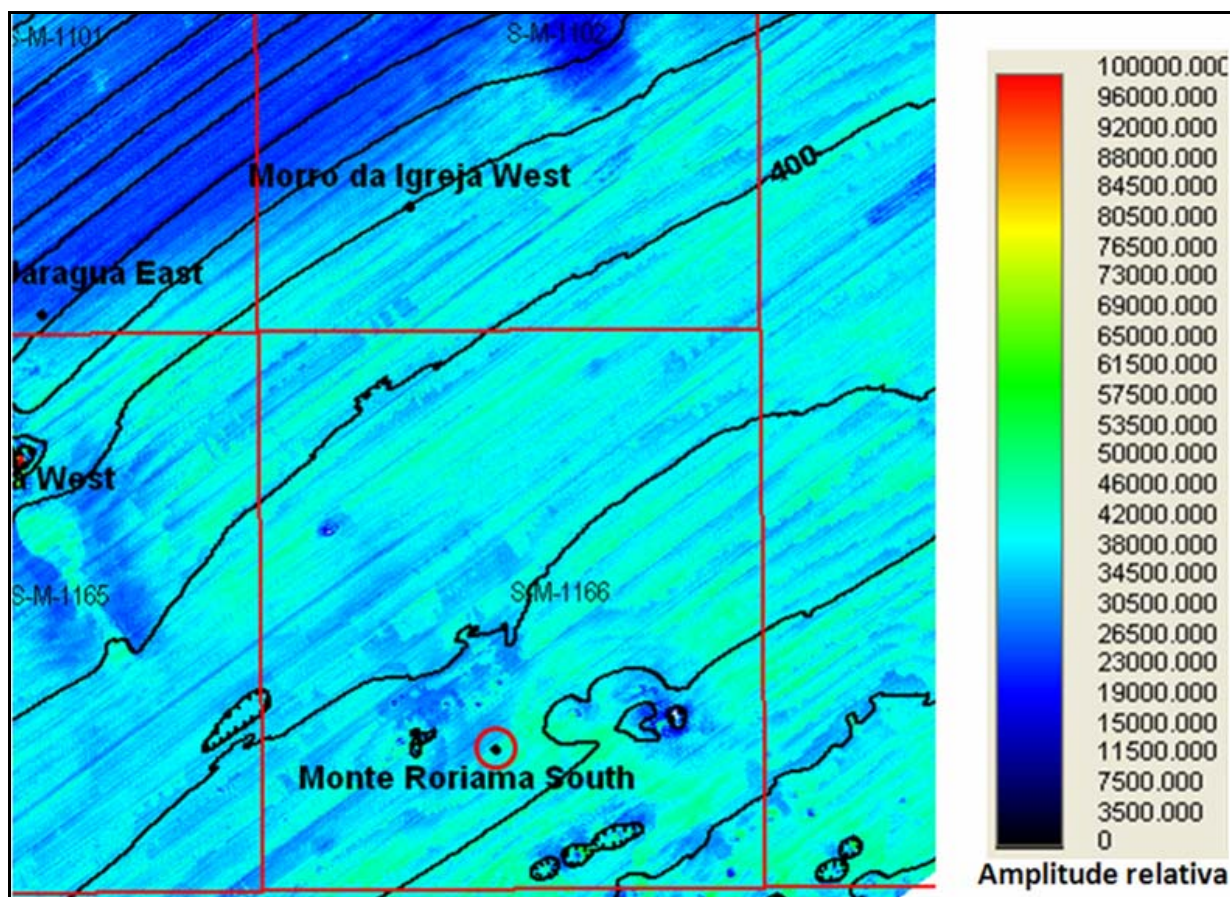


Figura II.5.1.2-34 - Coluna estratigráfica esperada mostrando as principais litologias que deverão ser atravessadas pela locação “Monte Roraima Sul”



Fonte: KAROON (2009).

Figura II.5.1.2-35 - Batimetria em detalhe na área da locação "Monte Roraima Sul", no Bloco BM-S-70



Fonte: KARON (2009).

Figura II.5.1.2-36 - Mapa detalhado da amplitude sísmica do fundo do mar no Bloco BM-S-70 (S-M-1166) mostrando também o contorno batimétrico. Observar a morfologia relativamente constante do fundo marinho, mostrando apenas a feição de deformação salina a leste e a sul da Localização "Monte Roraima Sul"

II.5.1.2.3.3.1 - Localização "Morro da Igreja Oeste"

A localização denominada "Morro da Igreja Oeste" situa-se no Bloco BM-S-62 (S-M-1102) sob lâmina d'água de 382 m (**Figura II.5.1.2-37**).

As rochas sedimentares a serem perfuradas nesta localização consistem de sedimentos depositados no Cretáceo Superior, Terciário e Quaternário, sempre em ambiente marinho. As linhas sísmicas da **Figura II.5.1.2-38** ilustram o estilo estrutural da região desta localização. A linha A-B mostra expressiva feição halocínética alóctone que deformou os sedimentos em todas as suas vizinhanças. Nota-se que a resposta sísmica fica bastante prejudicada com estas deformações. O horizonte correspondente ao Eoceno Médio apresenta-se na cor amarela na porção mais rasa das

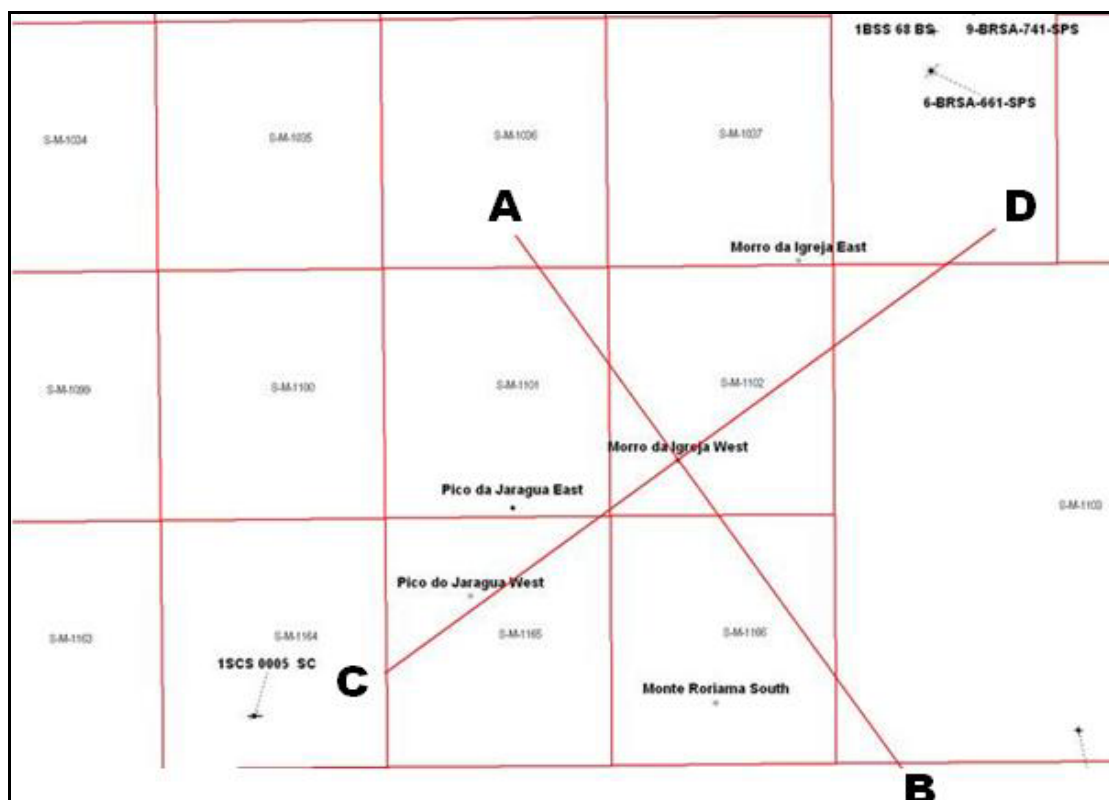
seções, o topo de Cretáceo em verde, e o Campaniano em amarelo mais claro na porção inferior das seções.

A profundidade final que o poço deverá atingir é de 3.900 m até o nível do Santoniano e sua coluna sedimentar esperada pode ser visualizada na **Figura II.5.1.2-39**.

A **Figura II.5.1.2-40** e a **Figura II.5.1.2-41** mostram os mapas batimétricos e de amplitude sísmica de detalhe na área da locação “Morro da Igreja Oeste”. Estes mapas exibem uma morfologia de fundo marinho bastante homogênea, sem anomalias batimétricas ou mesmo sem anomalias de amplitude sísmica. Uma pequena deformação pode ser observada bastante distante da locação na direção nordeste. As coordenadas da locação proposta “Morro da Igreja Oeste” (Datum WGS84) são apresentadas no **Quadro II.5.1.2-6**.

Quadro II.5.1.2-6 - Coordenadas da Locação Morro da Igreja Oeste

Geográfica	UTM (Zona 23 Sul)
26.09751874 S	X= 391.315 m
46.08686524 W	Y= 7.113.063 m

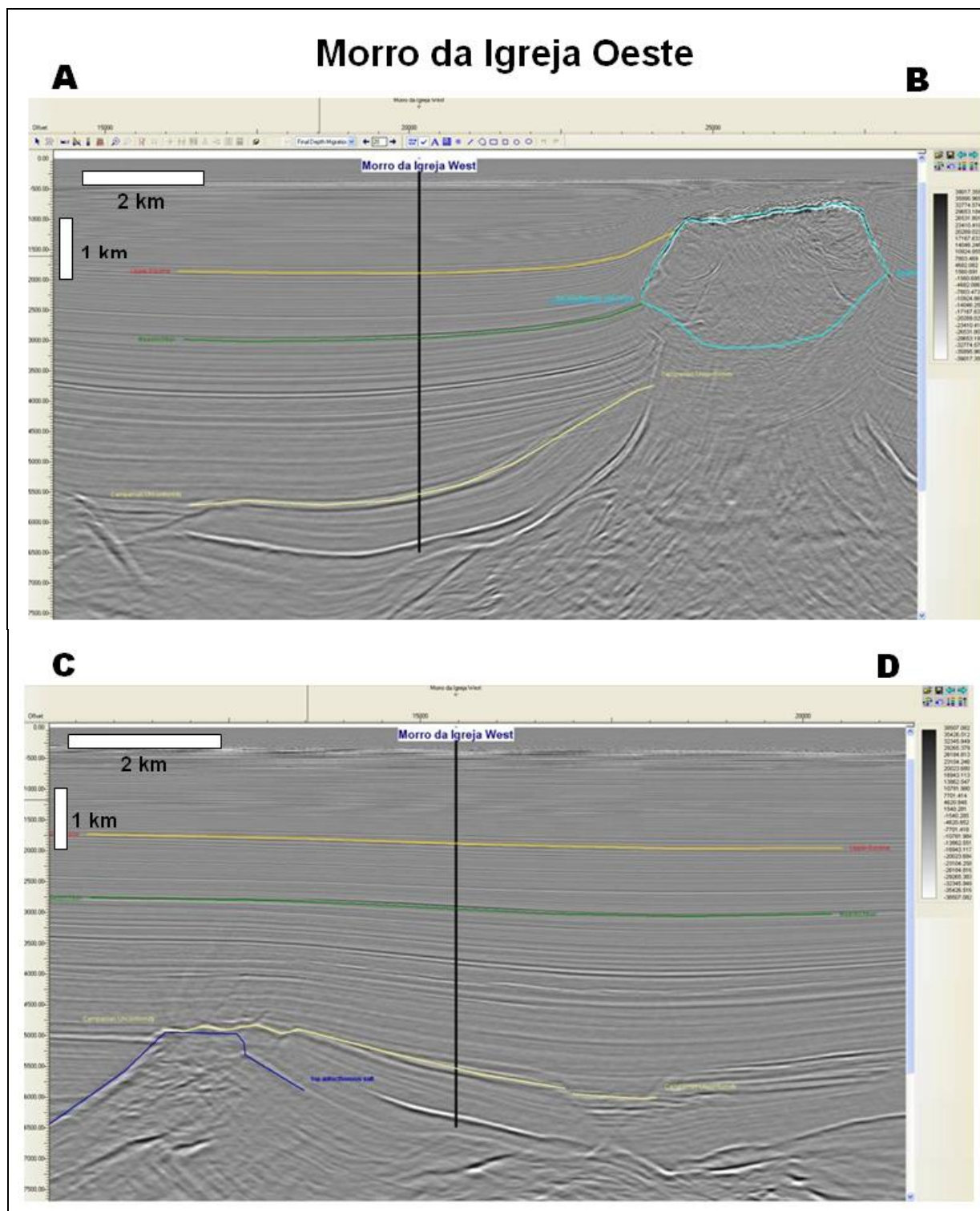


Fonte: KARON (2009).

Figura II.5.1.2-37 - Mapa base dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 mostrando a localização da locação “Morro da Igreja Oeste” e a posição de duas linhas sísmicas mostradas a seguir.

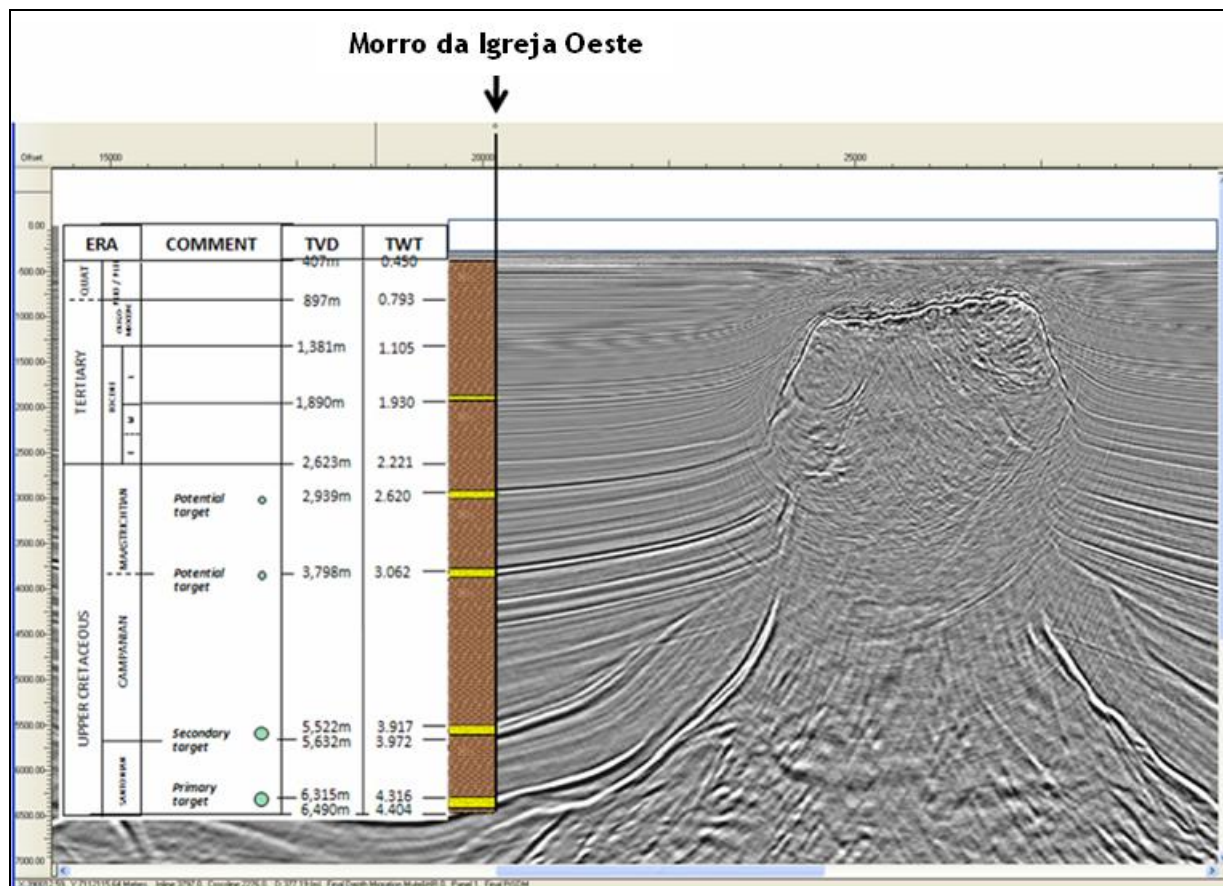
Coordenador:

Técnico:



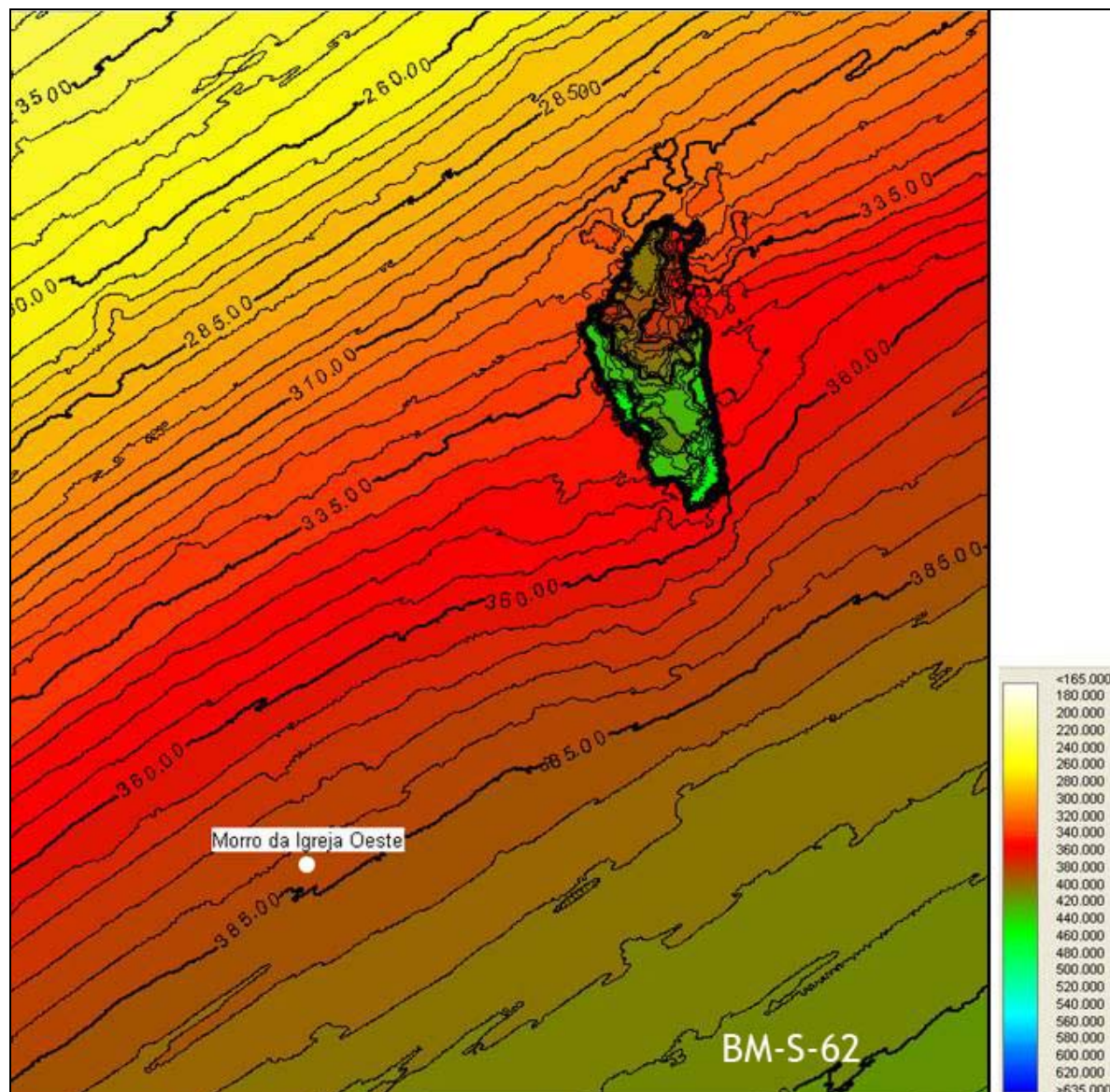
Fonte: KAROON (2009).

Figura II.5.1.2-38 - Duas linhas sísmicas em profundidade mostrando as principais feições estruturais e estratigráficas na área da locação “Morro da Igreja Oeste”. Ver posição das linhas no mapa da Figura II.5.1.2-37



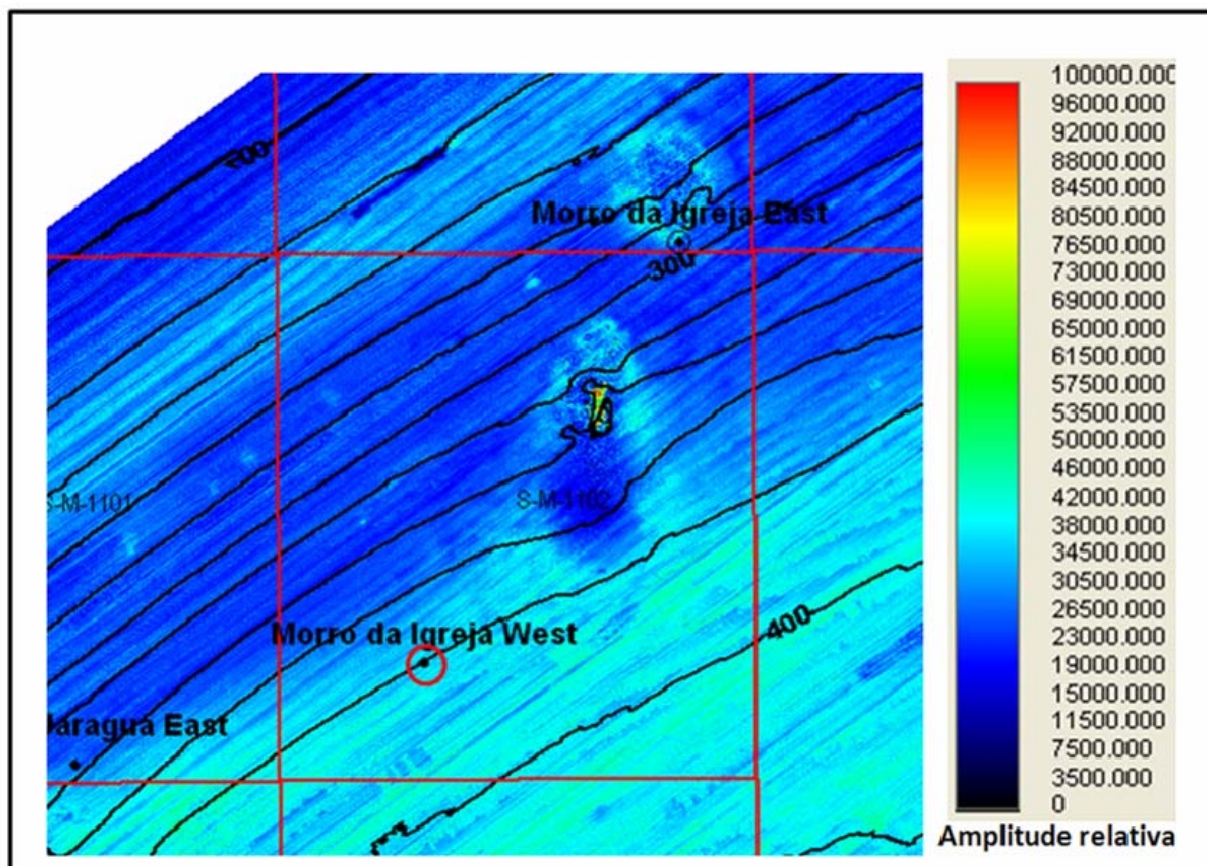
Fonte: KAROON (2009)

Figura II.5.1.2-39 - Coluna estratigráfica esperada mostrando as principais litologias que deverão ser atravessadas pela locação "Morro da Igreja Oeste"



Fonte: KARON (2009).

Figura II.5.1.2-40 - Batimetria em detalhe na área da locação “Morro da Igreja Oeste”, no Bloco BM-S-62



Fonte: KAROON (2009)

Figura II.5.1.2-41 - Mapa detalhado da amplitude sísmica do fundo do mar no Bloco BM-S-62 (S-M-1102) mostrando também o contorno batimétrico. Observar a morfologia relativamente constante do fundo marinho, mostrando apenas uma feição de deformação salina a nordeste da localização “Morro da Igreja Oeste”

II.5.1.2.3.3.2 - Localização “Morro da Igreja Leste”

A localização denominada “Morro da Igreja Leste” localiza-se no ponto mais ao norte de todos os blocos, situando-se no Bloco BM-S-61 (S-M-1037), sob lâmina d’água de 295 m (**Figura II.5.1.2-42**).

Da mesma forma que nas localidades descritas anteriormente, as rochas sedimentares a serem perfuradas nessa localização consistem de sedimentos marinhos depositados no Cretáceo Superior, Terciário e Quaternário. Similarmente, tais camadas sedimentares se encontram bastante deformadas pela atuação da dinâmica salífera, como mostrado pela **Figura II.5.1.2-43**. O horizonte correspondente ao Eoceno Médio se encontra na cor amarela na parte superior das seções, enquanto o do topo do Cretáceo aparece na cor verde e o Campaniano em amarelo claro, na porção mais profunda das seções. Como mencionado, os sedimentos se encontram deformados

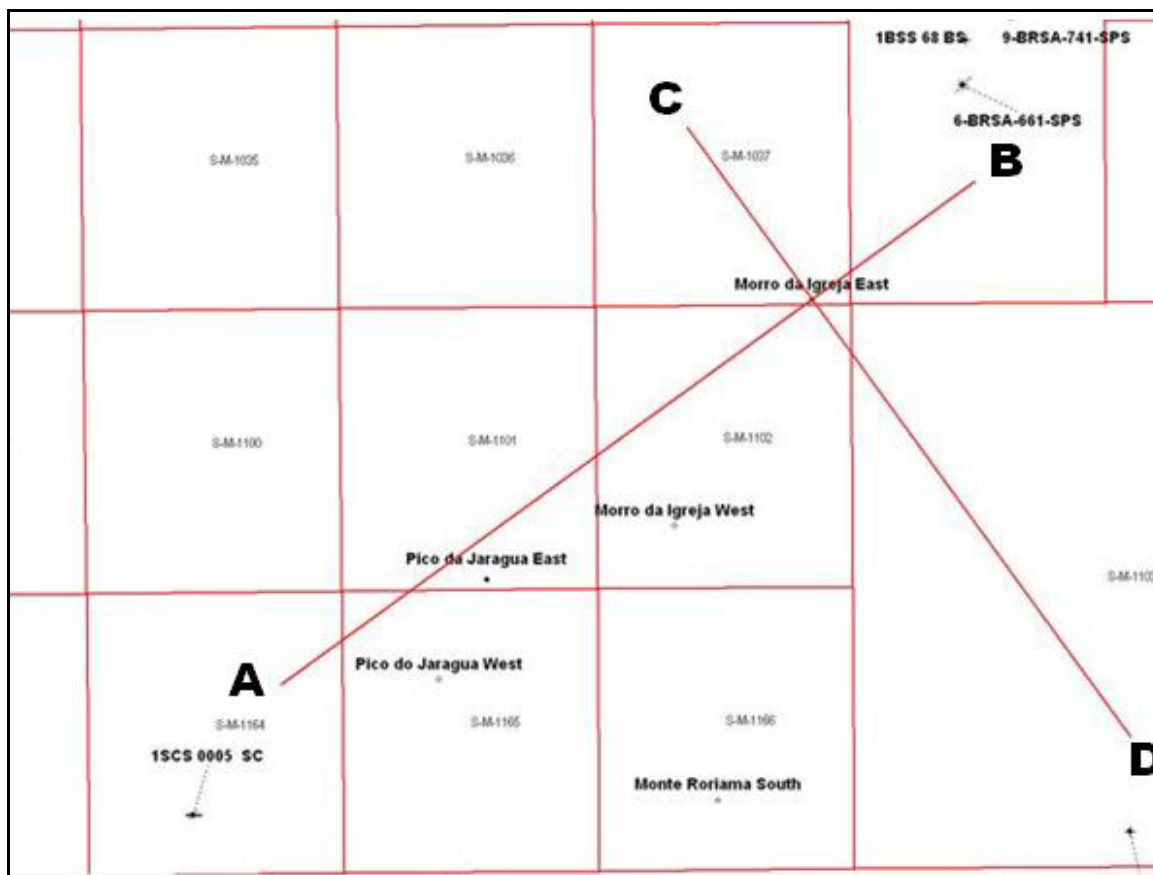
pela proximidade de um domo salino com forma bastante irregular. A seção A-B mostra uma estrutura autóctone comum, enquanto a seção C-D já mostra tanto uma estrutura autóctone quanto uma alóctone, esta última na porção mais rasa da seção.

A profundidade final que o poço deverá atingir é de cerca de 3.900 m e sua coluna sedimentar esperada pode ser visualizada na **Figura II.5.1.2-44**.

A **Figura II.5.1.2-45** e a **Figura II.5.1.2-46** mostram os mapas batimétricos e de amplitude sísmica de detalhe na área da locação “Morro da Igreja Leste”. Estes mapas exibem uma morfologia de fundo marinho bastante homogênea, sem anomalias batimétricas ou mesmo sem anomalias de amplitude sísmica. Uma pequena deformação pode ser observada bastante distante da locação na direção Sudoeste. As coordenadas da locação proposta “Morro da Igreja Leste” (Datum WGS84) são apresentadas no **Quadro II.5.1.2-7**.

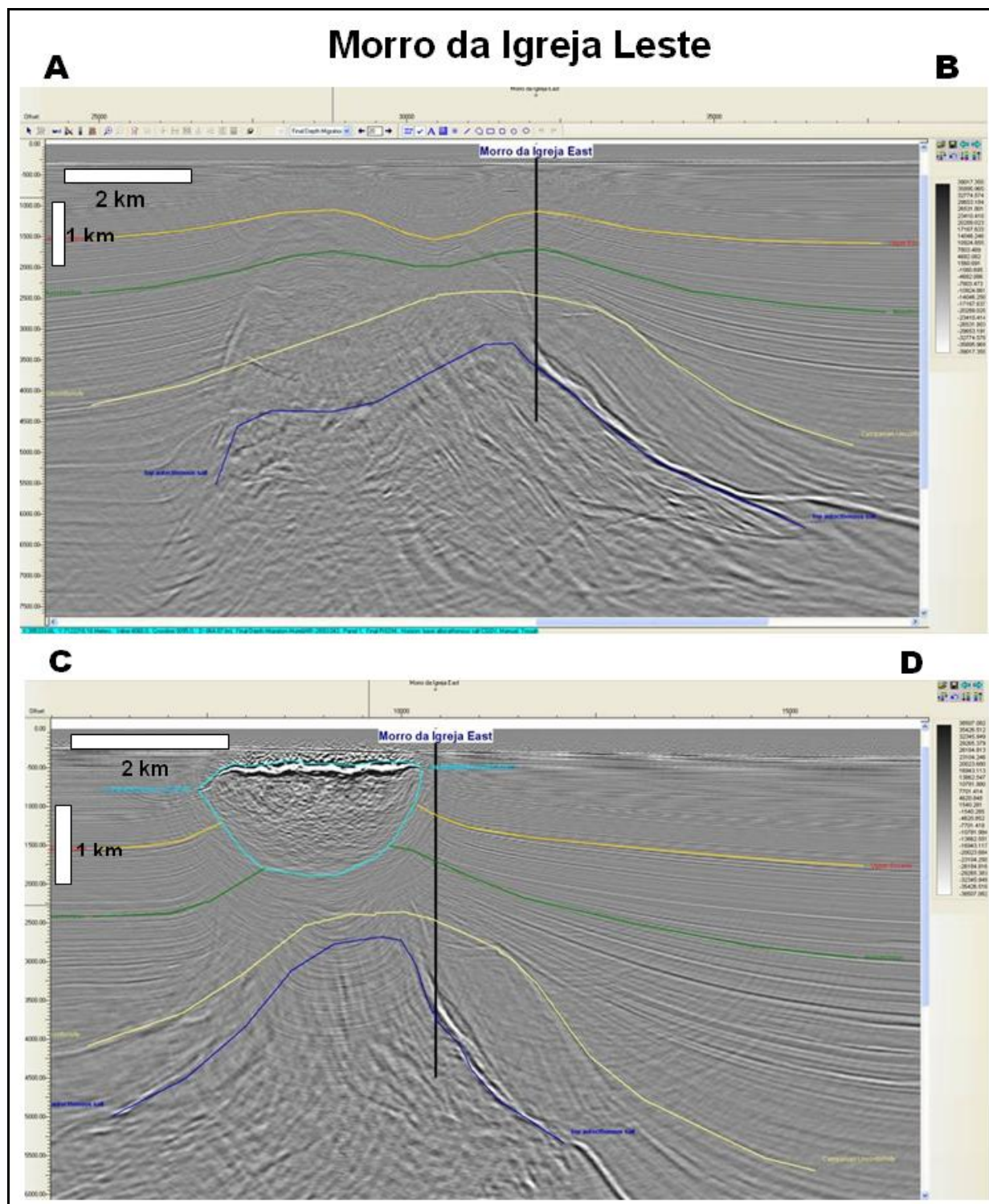
**Quadro II.5.1.2-7 - Coordenadas da
Locação Morro da Igreja Leste**

Geográfica	UTM (Zona 23 Sul)
25.99792004 S	X= 398.022 m
46.01893733W	Y= 7.124.149 m



Fonte: KARON (2009).

Figura II.5.1.2-42 - Mapa base dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 mostrando a localização da locação “Morro da Igreja Leste” e a posição de duas linhas sísmicas mostradas na Figura II.5.1.2-43



Fonte: KAROON (2009).

Figura II.5.1.2-43 - Duas linhas sísmicas em profundidade mostrando as principais feições estruturais e estratigráficas na área da locação “Morro da Igreja Leste”. Ver posição das linhas no mapa da Figura II.5.1.2-42

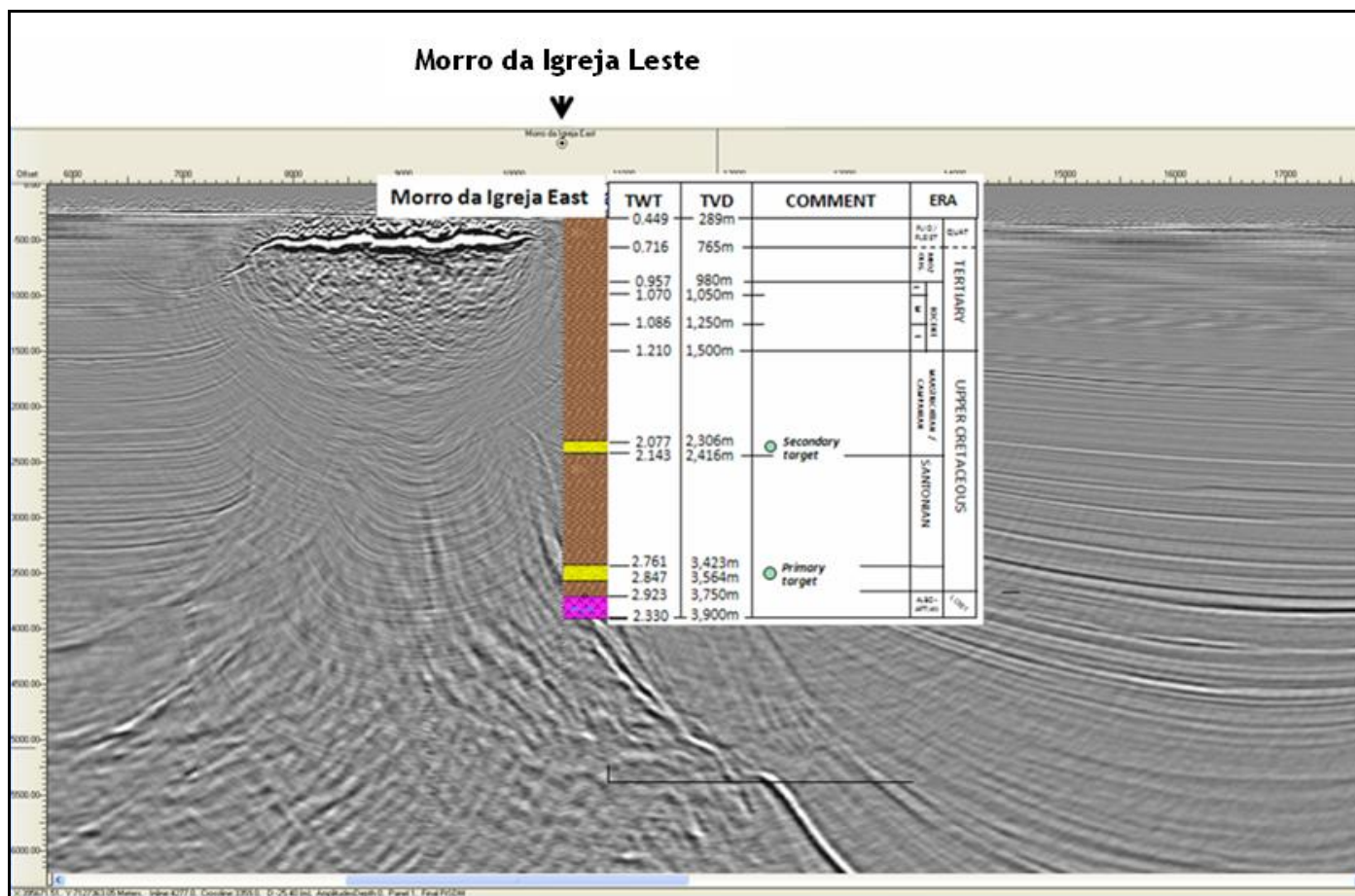
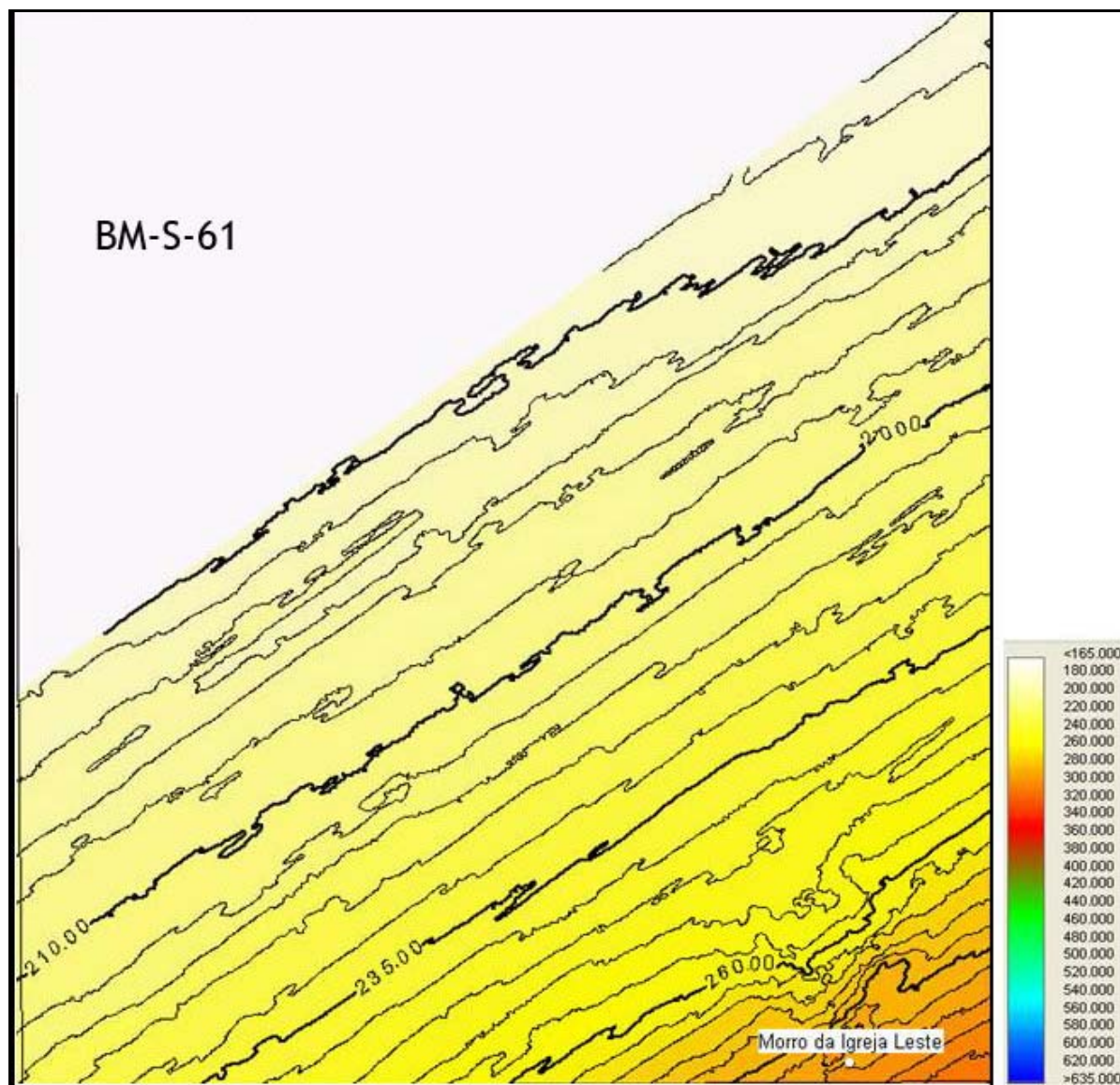
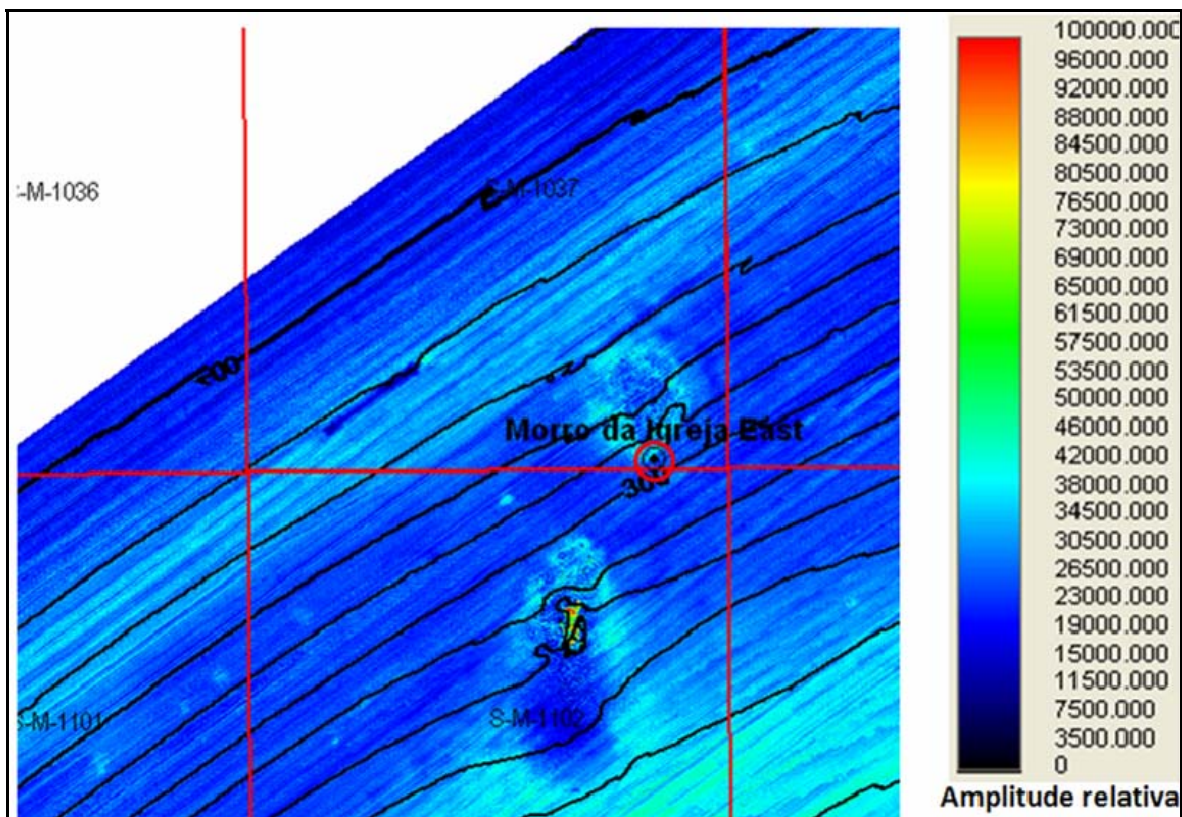


Figura II.5.1.2-44 - Coluna estratigráfica esperada mostrando as principais litologias que deverão ser atravessadas pela locação “Morro da Igreja Leste”



Fonte: KARON (2009)

Figura II.5.1.2-45 - Batimetria em detalhe na área da locação “Morro da Igreja Leste”, no Bloco BM-S-61.



Fonte: KAROON (2009)

Figura II.5.1.2-46 - Mapa detalhado da amplitude sísmica do fundo do mar no Bloco BM-S-61 (S-M-1037) mostrando também o contorno batimétrico. Observar a morfologia relativamente constante do fundo marinho, mostrando apenas uma feição de deformação salina a sudoeste da locação “Morro da Igreja Leste”

II.5.1.2.3.3.3 - Características dos Hidrocarbonetos a serem encontrados na Área dos Blocos

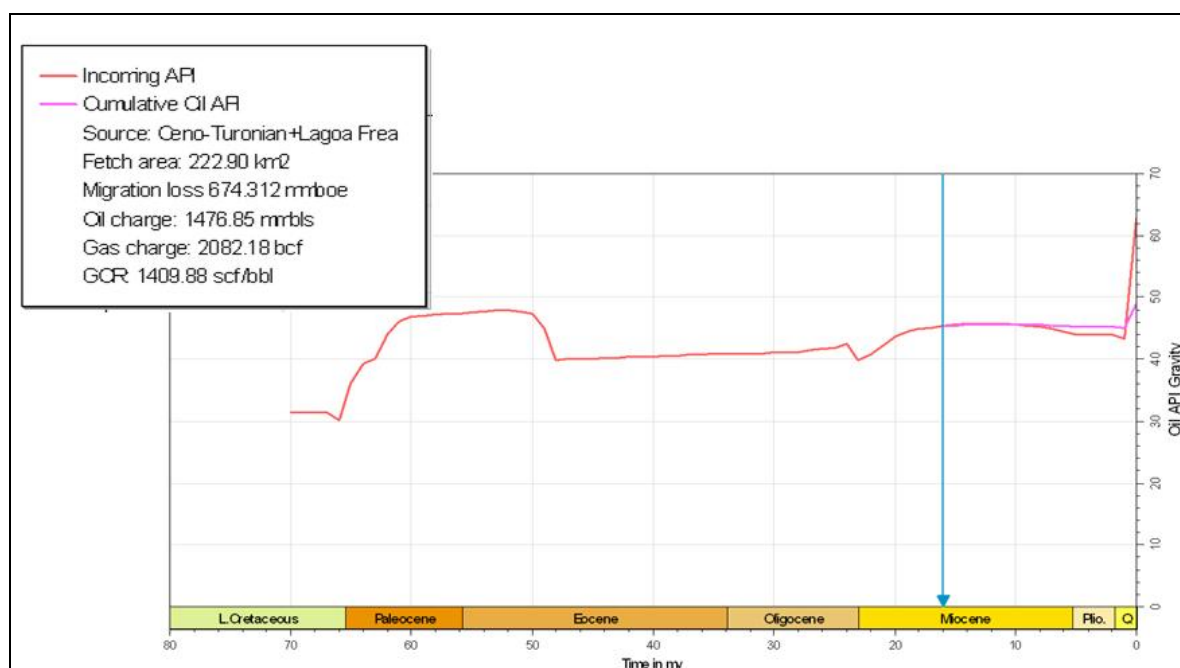
Durante a avaliação exploratória dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, na Bacia de Santos, foram efetuados estudos de simulação numérica da evolução geológica dos sistemas petrolíferos a serem encontrados. Estes estudos têm por objetivo investigar as épocas principais de maturação das rochas geradoras, os estágios atuais de maturação destas rochas, as principais rotas de migração e as características principais dos hidrocarbonetos a serem encontrados, tais como estado físico, peso, razão gas-óleo, etc.

A realização das simulações utilizou os softwares TRINITY™ e GENESIS™ (Zetaware, 2003) como principais ferramentas de cálculo. Neste modelo, todos os horizontes estratigráficos considerados como estágios críticos da evolução geológica dos sistemas petrolíferos foram inseridos na forma de mapas estruturais elaborados pela KAROON. Com relação aos horizontes correspondentes às

principais rochas geradoras foram utilizados os parâmetros geoquímicos contidos no Projeto Multicliente adquirido da empresa HRT Petroleum Ltda para a área em questão (HRT, 2009). Além disto, foram obtidas informações de temperatura de fundo a partir de perfilagem elétrica em poços (BHT - *Bottom Hole Temperatures*), adquiridas da ANP, sendo utilizadas como calibração do modelo.

Os principais resultados obtidos nos modelos criados sugerem que os hidrocarbonetos a serem encontrados na área dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 são do tipo óleo leve (entre 44° a 48° API) em associação com uma menor porcentagem de gás. É importante lembrar que os resultados obtidos por este tipo de simulação geológica sempre fornece como resultado uma tendência ao invés de um valor absoluto, devido às incertezas nos processos geológicos presentes e na precisão dos dados inseridos. A **Figura II.5.1.2-47** sumariza os resultados desta simulação geoquímica com relação às principais características dos hidrocarbonetos a serem encontrados na área.

Os resultados obtidos estão em acordo com as recentes descobertas de hidrocarbonetos nas proximidades da área dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, na Bacia de Santos (Campos de Piracucá, Tiro, Sidon, Estrela do Mar, Caravela, etc).



Fonte: KARON (2009)

Figura II.5.1.2-47 - Resultado de simulação numérica dos hidrocarbonetos a serem encontrados na área dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, na Bacia de Santos. É esperada a ocorrência de hidrocarbonetos líquidos leves, com cerca de 44° a 48° API em associação com uma menor porcentagem de gás

II.5.1.2.4 - Fisiografia

II.5.1.2.4.1 - Características Regionais

As províncias fisiográficas na Bacia de Santos se relacionam à evolução tectônica ocorrida nesta região desde o Proterozoico. Segundo Asmus & Ferrari (1978) *apud* Muehe & Carvalho (1993), a gênese e configuração desse trecho da plataforma continental estariam relacionadas a um tectonismo atuante durante o Terciário, no sudeste do continente sul-americano, que causou fraturamentos no embasamento cristalino. Weissel (1990) *apud* Muehe & Carvalho (*op. cit.*) afirma que a configuração atual da plataforma seria resultante de um modelamento erosivo pós-fase rifte, ocorrido ao longo de zonas de fraturamento preexistentes ao soerguimento continental, anterior à abertura da bacia do oceano Atlântico sul.

A área descrita inclui-se no denominado embaçamento sul da Bacia de Santos o qual se estende entre os largos de São Paulo e Paraná.

a) Plataforma Continental

O Projeto REMAC (1979) define como região Sul a porção da costa brasileira situada entre o Cabo de São Tomé e o Rio Grande do Sul, sendo esta dividida em quatro setores: (1) Cabo de São Tomé-Cabo Frio, (2) Embaçamento de São Paulo (estendendo-se de Cabo Frio até Florianópolis), (3) Florianópolis-Mostardas e (4) Cone do Rio Grande. Considerando esta subdivisão, é abordado, para fins de descrição no presente estudo, o setor do Embaçamento de São Paulo, que representa uma ampla concavidade da costa, cujo delineamento é, também, seguido pela margem continental.

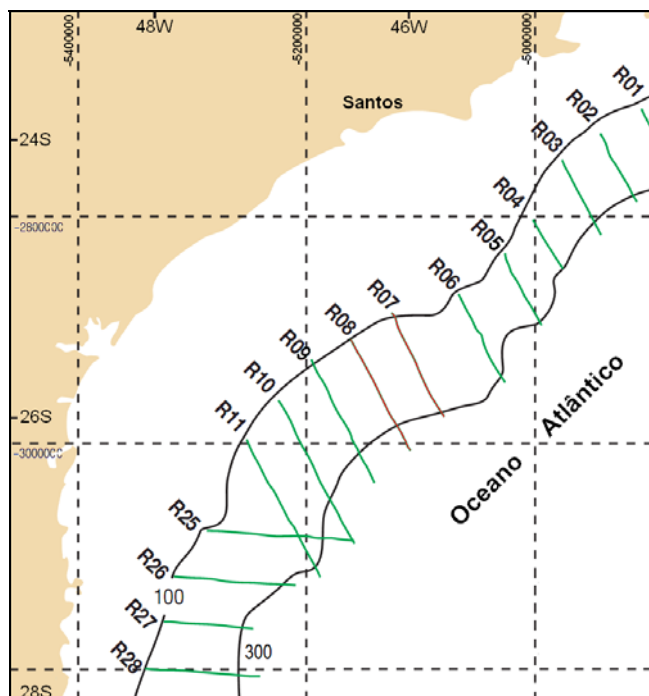
É aqui descrito o trecho entre Ubatuba e Cananéia, no estado de São Paulo, em função da localização dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, cuja menor distância da costa é de cerca de 182 km do município de Iguape (SP) (conforme pode ser observado no **Mapa 2399-00-EIA-DE-1002-00 - Área de Influência**). Nesse trecho, a margem continental é ampla e apresenta, em geral, gradientes suaves. As unidades fisiográficas que nela ocorrem são a plataforma continental, talude continental e platô de São Paulo.

A plataforma continental denota uma orientação geral NE-SW, com isóbatas dispostas coincidentemente com a linha de costa (**2399-00-EIA-DE-2002-00 - Mapa Fisiográfico**). Em geral, as isóbatas são paralelas e afastadas entre si, indicando uma plataforma mais suave e menos profunda. A extensão máxima desta é de cerca de 228 km, sendo dividida em plataforma interna, média e externa.

A plataforma interna apresenta largura que varia entre 30 e 50 Km e se estende até a isóbata de 60 m, com gradientes entre 1:400 e 1:800. A plataforma média apresenta uma largura entre 30 e 50 km, atingindo como limite a isóbata de até 120 m, e apresentando declividade em torno de 1:1.100. A plataforma externa possui uma largura aproximada de 42 Km e declividade de cerca de 1:700, se estendendo entre as isóbatas de 140 m e 180 m, onde ocorre a quebra da plataforma. A quebra da plataforma é discreta, podendo apresentar bordas arredondadas ou terraços de abrasão marinha estreitos.

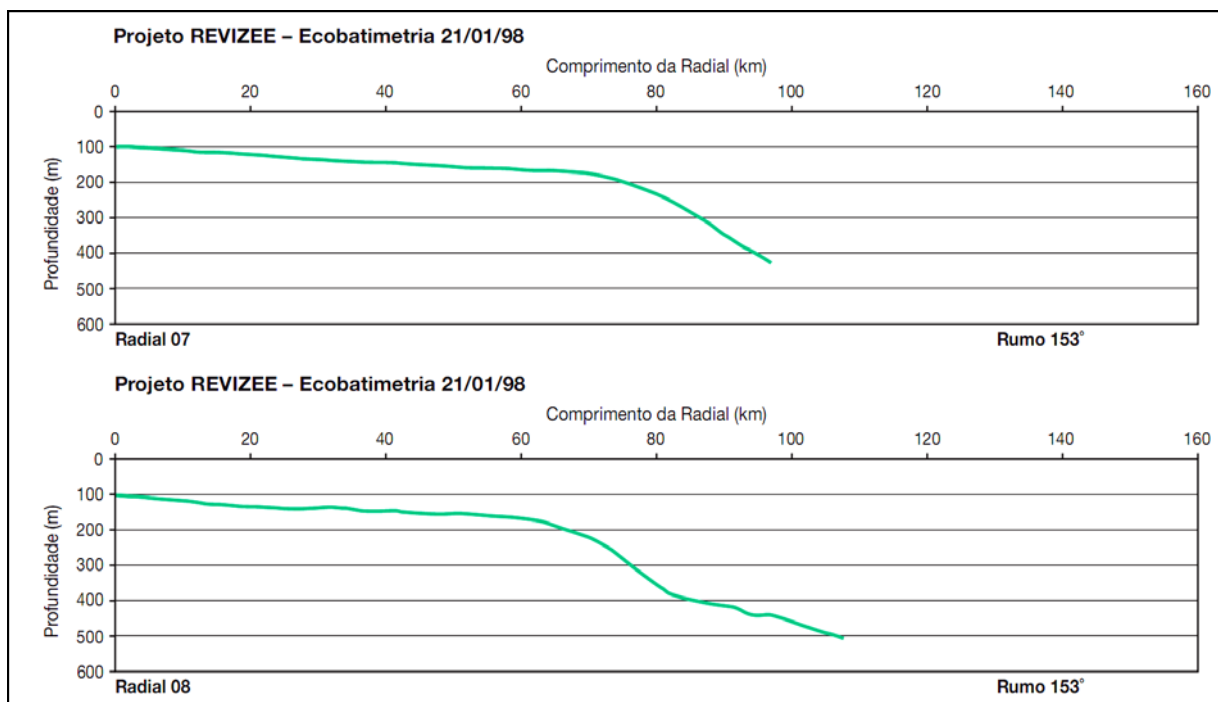
Figueiredo Jr. & Tessler (2004), com base em dados do Programa REVIZEE, descrevem a topografia da plataforma e talude continentais, entre o cabo de São Tomé (RJ) e o arroio Chui (RS). Nesta descrição são apresentados perfis transversais ("radiais" - RO's) (**Figura II.5.1.2-48**), definidos a partir da isóbata de 100 m até, no mínimo, a isóbata de 500 m e gradientes do fundo marinho dessas duas áreas (**Figura II.5.1.2-49**). Observa-se que a região apresenta superfícies com inclinação suave em direção ao platô continental, com alterações topográficas pouco expressivas. Associado a isto, os gradientes apontam para valores até 1°, demonstrando uma superfície entre plana a levemente ondulada.

Ao longo do embaçamento ocorrem feições morfológicas antigas como canais e cânions, principalmente na plataforma continental. Geralmente, os canais são estreitos, alongados, parcialmente ou totalmente soterrados, tendo suas cabeceiras próximas à costa e se estendendo perpendicularmente à plataforma, podendo alcançar a quebra da plataforma. São destaques os canais de São Sebastião, Queimada e Cananéia. Os cânions de São Sebastião e São Paulo têm suas cabeceiras a partir da quebra da plataforma continental.



Fonte: Modificado de Figueiredo Jr. & Tessler (2004).

Figura II.5.1.2-48 - Localização dos radiais executados pelo projeto REVIZEE. Os radiais destacados em marrom encontram-se próximo aos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70



Fonte: Figueiredo Jr. & Tessler (2004).

Figura II.5.1.2-49 - Perfis topográficos transversais à plataforma continental e taludes próximos aos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70. Nesta pode-se observar a suavidade do fundo marinho na região.

Coordenador:

Técnico:

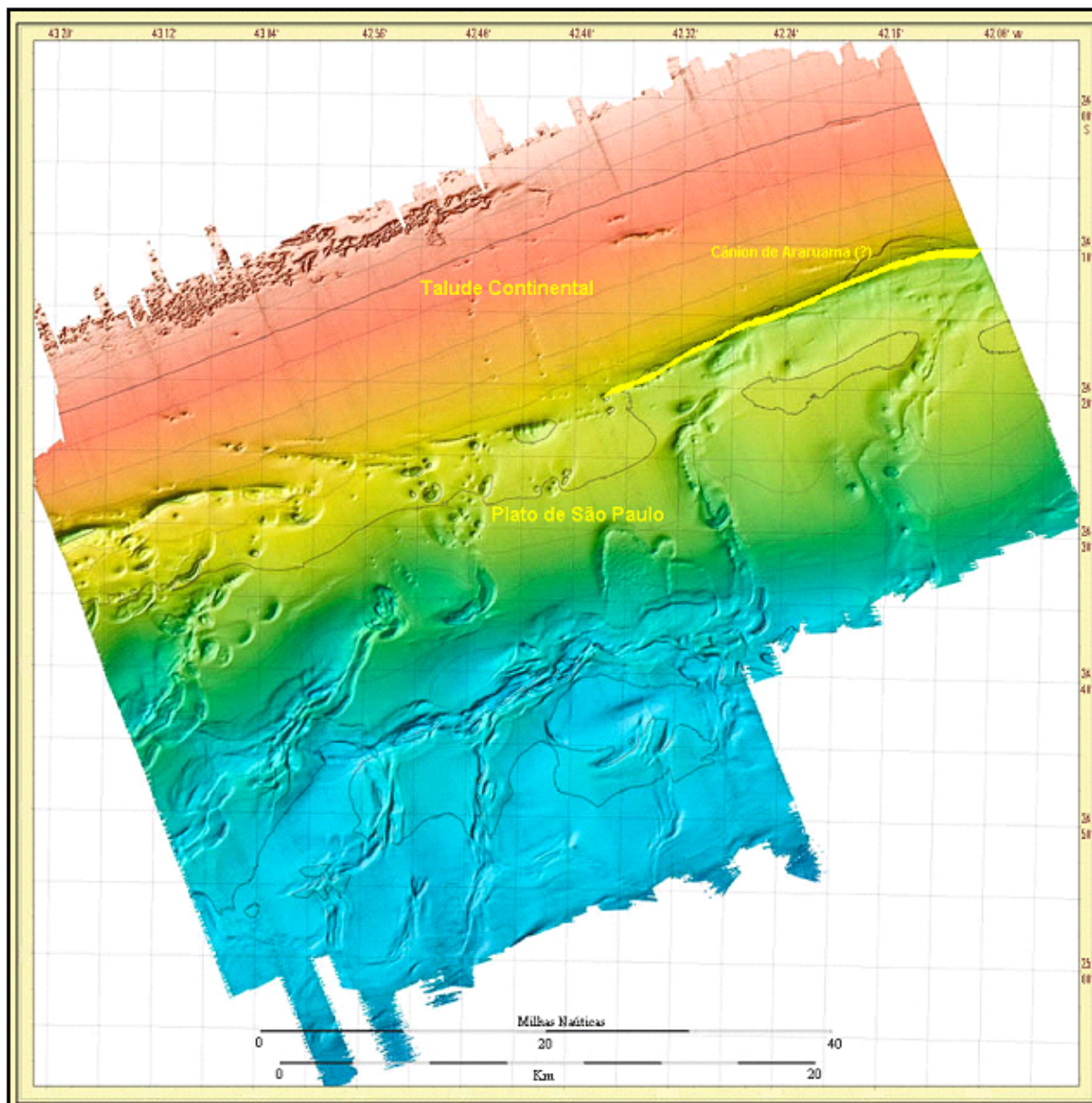
b) Talude Continental

O talude continental é subdividido em talude superior e inferior. O talude superior é, em geral, mais estreito e íngreme. Apresenta uma largura entre 20 e 30 km, quando atinge as isóbatas entre 700 e 800 m. A declividade varia entre 2° e 3°. Em alguns pontos, decorrentes da acentuada declividade, é possível a ocorrência de movimentos de massa.

O talude continental inferior é relativamente mais largo e menos íngreme. O limite inferior se dá junto ao Platô de São Paulo, na profundidade de 2.000 m. A largura varia entre 100 e 150 km, onde o relevo mostra intumescências devido à influência de diápiros de sal.

No talude estão presentes os cânions que se iniciam na plataforma continental e seguem em direção ao platô de São Paulo. Os cânions existentes, o de São Sebastião e o de São Paulo, avançam até a porção média do talude. A drenagem submarina, que geralmente abrange a extensão da plataforma até a porção média do talude, sugere ação erosiva “bem moderna” (Zembruski, 1979).

Nas porções menos profundas, ocorrem diversos *pockmarks*, que podem atingir 350 m de largura, estando alinhados com os planos de falhas, sugerindo possivelmente um caminho preferencial para a expulsão de fluidos. Na porção mais profunda estão presentes um pequeno número de canais com larguras próximas a 2.500 m, sendo inativos e parcialmente preenchidos por sedimentos recentes (Calder *et al.*, 2002) (**Figura II.5.1.2-50**).



Fonte: Modificado de Calder *et al.* (2002).

Figura II.5.1.2-50 - Mapeamento geomorfológico do fundo oceânico na porção norte da Bacia de Santos, mostrando as principais feições morfológicas na área do talude e Platô de São Paulo.

A existência de depressões (ou *pockmarks*) foi apontada em estudos próximos à região dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70. Figueiredo *et al.* (1999) *apud* Sumida *et al.* (2004) descrevem na região (26°S e 46°W), na profundidade entre 400 m e 900 m, a ocorrência de depressões circulares, com dimensões entre 400 m e 1.000 m de diâmetro, possuindo um relevo com topografia variando entre 40 e 75 m. A partir destas informações foi

sugerido que tais depressões estejam associadas à exsudação (*seepage*) de hidrocarbonetos no fundo marinho.

Estudo apresentado por Sumida *et al.* (2004) revela a existência de três depressões ao largo do estado do Paraná ($26^{\circ}15'14''\text{S}/46^{\circ}54'35''\text{W}$ e $26^{\circ}15'13''\text{S}/46^{\circ}54'11''\text{W}$). As depressões apresentam forma circular à elíptica e estão situadas a 700 m de profundidade. Em algumas das bordas destas depressões foram identificados grandes bancos de corais, que apresentavam altura de até 20 m e extensão entre 180 m e 360 m (**Figura II.5.1.2-51** e **Figura II.5.1.2-52**).

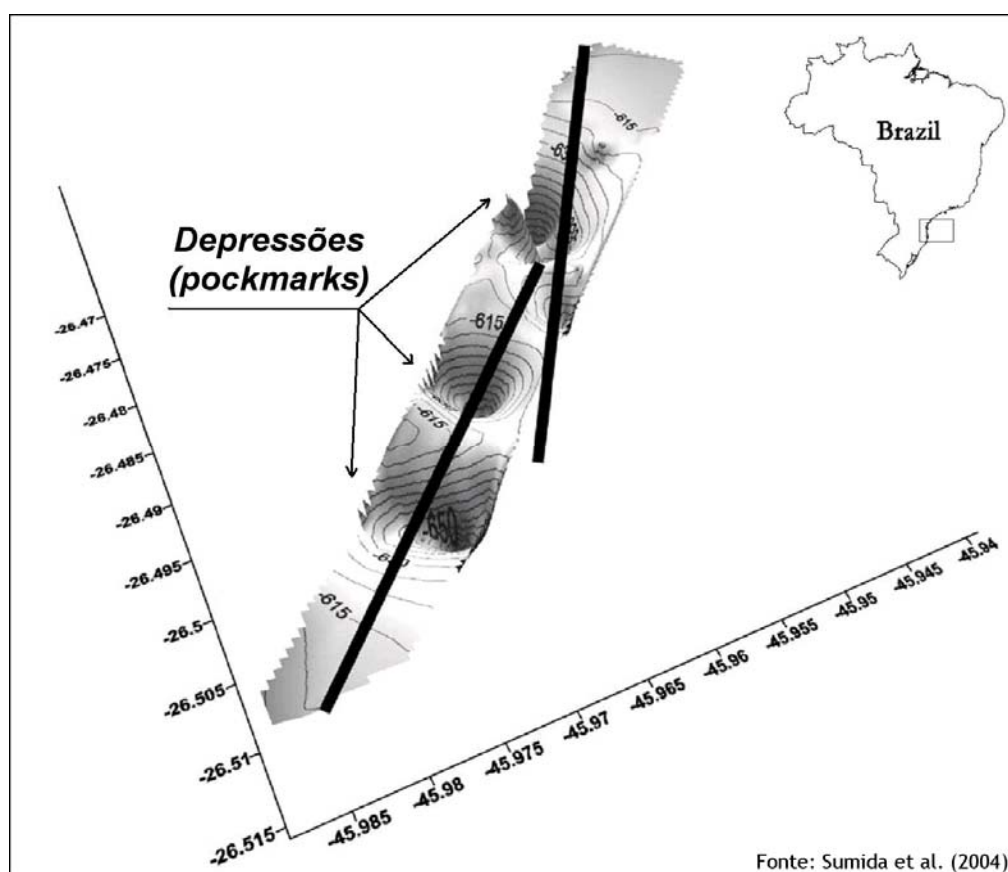


Figura II.5.1.2-51 - Mapa mostrando a topografia do fundo marinho com as depressões (*pockmarks*).

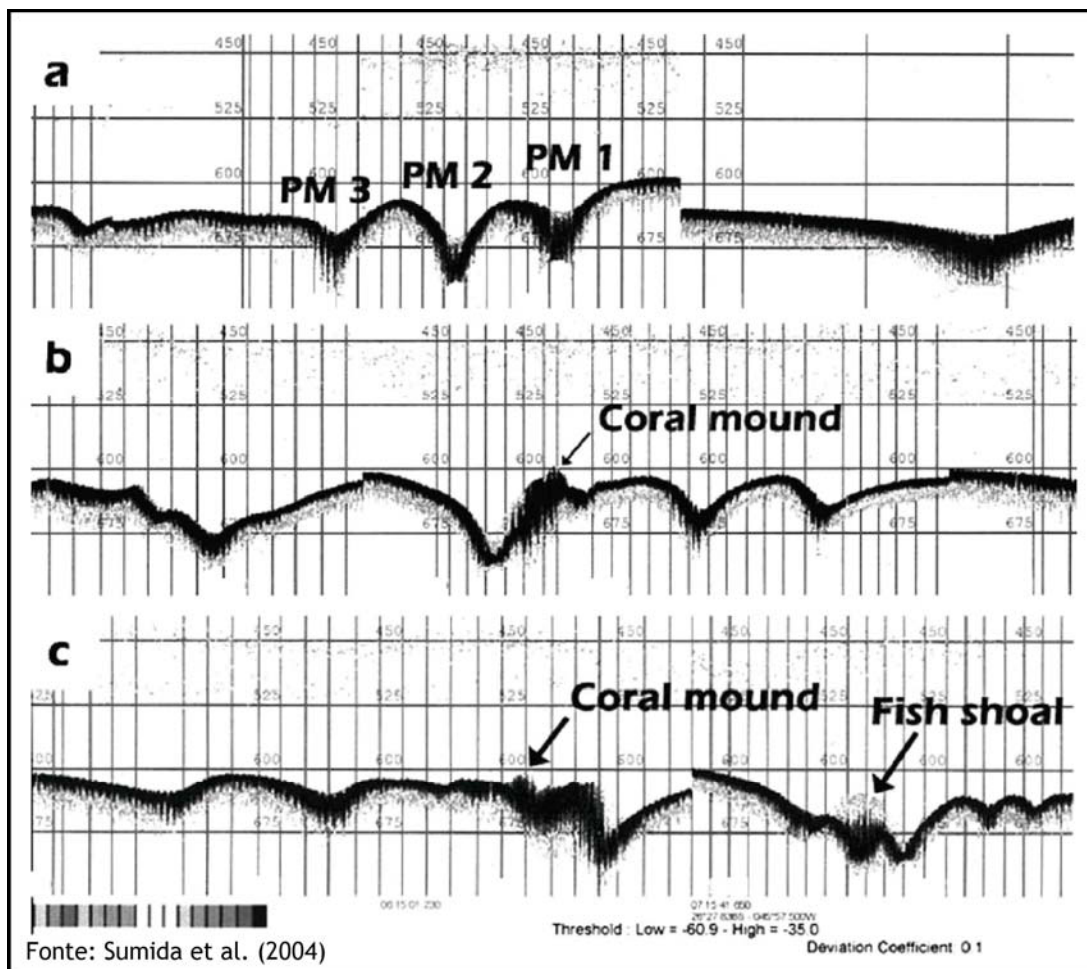


Figura II.5.1.2-52 - Perfis topográficos do fundo marinho.
Em “A” são observadas as três grandes depressões; em “B” os grandes bancos de corais; em “C” a depressão PM 1 associada a um banco de coral e uma outra depressão com recife relacionada a um cardume de peixes demersais.

A influência da tectônica salífera passa a ocorrer na porção mais distal da plataforma continental (plataforma externa) e talude continental, avançando na direção do platô de São Paulo. Assim, na denominada Província de Domo Salinos Perfurantes da Bacia de Santos, são visíveis, no fundo marinho, várias irregularidades causadas por feições de deformação do sal devido à sua densidade constante, sua natureza não-rígida e à dinâmica de compactação sedimentar da bacia (**Figura II.5.1.2-10**, **Figura II.5.1.2-13** e **Figura II.5.1.2-11**).

Outras feições morfológicas são verificadas nesse setor. Na área de transição entre o talude e o Platô de São Paulo a morfologia do fundo marinho inclui um conjunto de depressões lineares paralelas e perpendiculares à quebra da plataforma. Tais depressões lineares representam na superfície do fundo marinho expressões superficiais de planos de falhas relacionados às muralhas de sal subsuperficiais.

c) Platô de São Paulo

O platô de São Paulo representa uma feição morfológica de destaque na margem continental sudeste brasileira, sendo resultante de uma deformação da crosta e do manto superior situada diante da Bacia de Santos (Guimarães *et al.*; 1982; Kowsmann *et al.*, 1982; Gorini & Carvalho, 1984; Macedo, 1990; Alves *et al.*, 1997). Mostra-se bastante amplo, situando-se entre a base do talude continental, numa profundidade de 2.500 m, prolongando-se em direção a leste até a profundidade de 3.500 m, terminando em uma escarpa íngreme. O platô é limitado pela Cadeia Vitória-Trindade, ao norte, e pela dorsal de São Paulo, ao sul, sendo que a leste seu limite coincide com o limite do sal Aptiano (Gorini & Carvalho, *op. cit.*).

O platô de São Paulo pode ser dividido em duas porções: a norte e a sul. A porção norte apresenta uma forma regular retangular, que segue os contornos do talude continental, tendo uma área aproximada de 70.000 km². Nesta porção as características relativas à feição de platô marginal são pequenas, tendo larguras que variam entre 180 e 280 km e uma declividade entre 1:200 e 1:160 (Zembruski, 1979).

Na porção sul, o platô apresenta-se bem delineado, com forma irregular, ocupando uma área aproximada de 212.350 km², sendo limitado pelo talude continental inferior a 2.000 m, a leste a 3.200 m e ao sul a 3.600 m de profundidade. A largura máxima desta porção é de 500 km, possuindo declividades entre 1:400 e 1:600. Esta porção subdivide-se em duas superfícies, as quais se encontram em níveis de profundidades diferentes, constituindo dois patamares, o inferior e o superior. Estes patamares são divididos por uma escarpa pouco íngreme com gradiente que varia entre 6° e 10°. O relevo desta porção se apresenta ondulado, intumescido e fortemente influenciado pela movimentação de diápiros de sal (Zembruski, *op. cit.*; Gorini & Carvalho, 1984). A leste o platô é limitado pela faixa de ocorrência de estruturas salinas.

II.5.1.2.4.2 - Características Locais

As informações fisiográficas detalhadas descritas a seguir baseiam-se em estudos levantamentos de dados sísmicos 3D adquiridos pela KAROON.

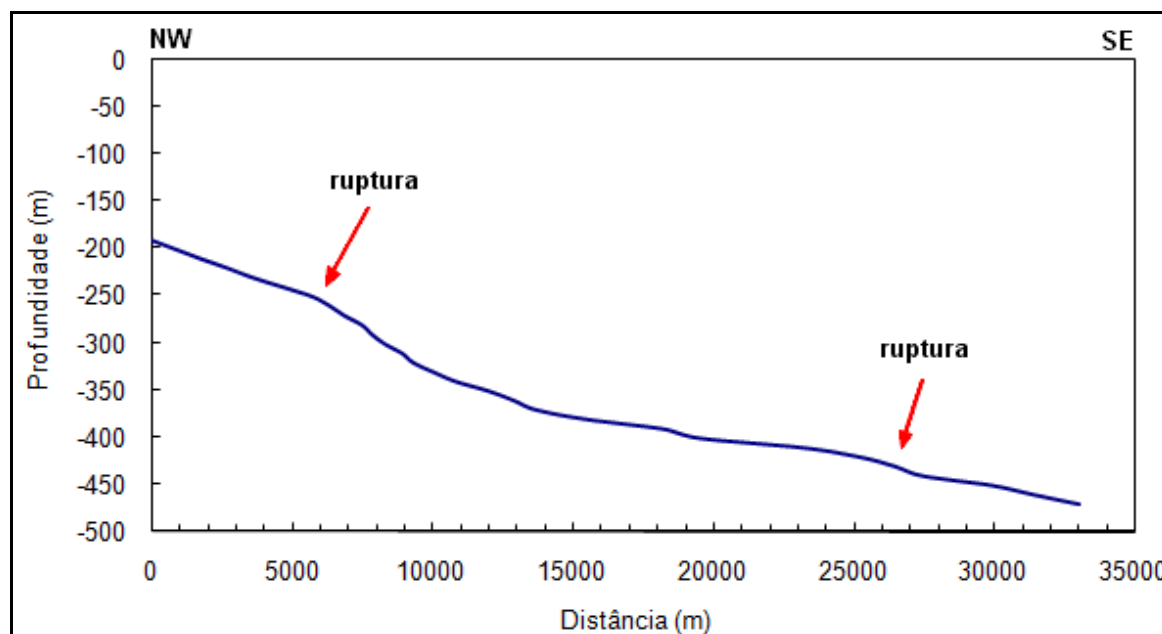
Os Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 encontram-se agrupados numa mesma região situada na plataforma continental do Embaiamento Sul da Bacia de Santos. Neste mesmo embaçamento se localizam os Campos de Piracucá, Tiro, Sidon, Tubarão, Estrela do Mar, Coral, Caravela, Caravela Sul e Cavalo Marinho. Os blocos localizam-se próximos à borda da plataforma, em região de lâmina d'água variando de 150 e 500 metros (**Figura II.5.1.2-3**).

O mapa batimétrico de detalhe mostra isóbatas paralelas entre si, sem alterações expressivas no fundo marinho, sendo exceção às áreas de ocorrência dos domos salinos, os quais influenciam a morfologia do fundo marinho nos Blocos BM-S-62 e BM-S-69. Até a profundidade de 380 m as isóbatas são muito próximas denotando uma condição relativamente íngreme e a partir desta passam a se espaçar até 470 m, traduzindo a suavização do fundo marinho (**2399-00-EIA-DE-2004-00 - Mapa Batimétrico Detalhado**).

No Bloco BM-S-69 a curvatura das isóbatas insinua a presença de uma possível feição morfológica associada à drenagem submarina, tal como um pequeno canal associado a um vale, com extensão superior a 5 Km em direção a sudeste (**2399-00-EIA-DE-2004-00 - Mapa Batimétrico Detalhado**).

Um perfil topobatimétrico transversal aos Blocos BM-S-68 e BM-S-70, com sentido NW-SE, foi produzido a partir do mapa batimétrico de detalhe (**Figura II.5.1.2-53**). As características descritas por este perfil podem ser consideradas representativas para toda a área dos blocos, dada as condições morfológicas da área.

O perfil mostra uma superfície suave sem alterações topográficas abruptas e uma declividade geral de cerca de 0°30', compatível à observada no Programa REVIZEE (**Figura II.5.1.2-49**). Até a isóbata de 310 m, a superfície é convexa e a partir deste ponto passa a ser côncava. Neste perfil, são verificados ainda dois pontos de ruptura de declive. O primeiro na profundidade de 260 m e o segundo em 440 m. Ambas rupturas ocorrem de maneira suave, sem muitas alterações na morfologia de fundo.



Fonte: KAROON (2009)

Figura II.5.1.2-53 - Perfil Topobatimétrico Transversal a os Blocos BM-S-62 e BM-S-69

Estudos detalhados baseados nos dados sísmicos 3D adquiridos pela Karoon (Veritas, 2000) mostram a presença de duas perturbações de menor escala no fundo marinho, causadas por movimentos de domos salinos, que atingem a superfície do fundo marinho na região dos Blocos BM-S-62 e BM-S-69 (**2399-00-EIA-DE-2004-00 - Mapa Batimétrico Detalhado**).

É importante destacar, ainda, que os dados de sísmica 3D adquiridos pela Karoon (Veritas, 2000) mostram que na área dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 não foi observada a presença de zonas rasas com acumulação de gás (*shallow gas*) próximas ao fundo marinho.

II.5.1.2.5 - Características Faciológicas

II.5.1.2.5.1 - Características Regionais

Na Bacia de Santos, na área do embaçamento sul, especificamente entre Ubatuba e Cananéia, as fácies sedimentares superficiais relacionam-se a dois grandes domínios: as fácies terrígenas e as carbonáticas. As fácies terrígenas são constituídas por cascalhos, areias, silte e argilas, com teores de CaCO_3 inferiores a 50%, enquanto as fácies carbonáticas possuem teores superiores a 50% (REMAC, 1979).

a) Plataforma Continental

Domínio Terrígeno

A plataforma continental, ao largo da área compreendida entre Ubatuba e Cananéia há o predomínio da fácies arenosa. Esta se estende pela porção interna até externa da plataforma continental, atingindo a isóbata de 60 a 100 m (**2399-00-EIA-DE-2003-00 - Mapa Faciológico**).

Segundo Alves & Ponzi (1984), esta fácies é constituída por areias quartzosas subarcoseanas reliquias, muito finas, com coloração acinzentada, grãos subangulosos a subarredondados e bem polidos. Dada a ausência de estudos sedimentológicos mais detalhados em direção ao largo, supõe-se que tais características possam ser extrapoladas a esta ao longo do trecho abordado neste estudo. É sabido que, geralmente, na região da plataforma interna, há uma tendência de acréscimo da fração mais grossa no sedimento.

A fácies arenosa é recoberta por fácies lamosa. Estas são de idade Holocênica e se apresentam como manchas isoladas ao longo da plataforma continental. Uma imensa mancha encontra-se disposta desde ao largo de Santos até ao largo de Cananéia, se fazendo presente a partir da isóbata de 60 m, se estendendo até a quebra da plataforma continental. Em geral, na Bacia de Santos os sedimentos finos, a fração lamosa, está diretamente associada à alterações batimétricas.

De acordo com Alves & Ponzi (*op. cit.*), os fácies terrígenos são constituídos por argilominerais do tipo caulinita, montmonilonita e ilita, predominantemente na fração silte, formando lamassílticas. A grande participação de montmonilonita sugere como provável área-fonte as áreas de drenagens modernas e/ou atuais.

Uma seção produzida a partir de levantamento por ecobatímetro com 3,5 hHz, próximo ao norte dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, mostrou a existência de pacote de camadas de sedimentos progradantes, predominantemente lamosos, com mergulhos suaves em direção talude, com provável idade Holocênica. Tais camadas são recobertas na superfície do fundo marinho da plataforma externa por um corpo de topografia irregular, provavelmente de biodetrítos. Embora esse corpo lamoso seja contínuo entre São Paulo e Santa Catarina, ele mostra espessuras diferenciadas. Assim, ao norte de Florianópolis, ele pode apresentar espessura de 5 m, enquanto ao largo de Santos, única área da plataforma externa atingida pelas lamassílticas, o pacote mostra cerca de 9 m (Kowsmann *et al.*, 1977) (**Figura II.5.1.2-54**).

Alguns estudos realizados próximos à região dos blocos, como no Bloco BM-S-7, indicaram sedimentos superficiais com o predomínio de areia muito fina, silte e argila. Já no Campo de Coral, os sedimentos se distribuíram homogeneamente em todas as classes granulométricas (Analytical Solutions, 2002; 2005).

Outro estudo, produzido por MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002), evidenciou a sudoeste da área dos blocos um predomínio de silte e argila (90,1% das amostras), sendo que o predomínio de silte, de 89,2%, foi muito superior a argila, de 0,9%. O cascalho foi encontrado em 3,3% das estações, e areia muito grossa em 7,5%, a areia grossa em 11,7%, a areia média em 14,9%, a areia fina em 18,2% e a areia muito fina em 5,6%. As areias predominam em somente 9,9% das estações. Segundo o referido estudo, a maior contribuição é de areia muito fina, com 5,6%, e de areia fina, com 3,3% (**Figura II.5.1.2-55**).

Domínio Carbonático

O fácies carbonático passa a ocorrer a partir da profundidade de 100 m e alcança até a quebra da plataforma e, provavelmente, a parte superior do talude podendo atingir a profundidade de até 200 m. Tais fácies são constituídas por areias e/ou cascalhos de algas recifais, moluscos e foraminíferos bentônicos, moluscos e briozoários recifais, podendo ou não ocorrer associados. Conforme pode ser observado no **Mapa Faciológico (2399-00-EIA-DE-2003-00)**, o fácies carbonático se distribui descontinuamente desde o largo de Itanhaém até Florianópolis.

Em monitoramento executado no Bloco BM-S-7, os valores percentuais referentes aos teores de carbonatos variaram entre 10,42 e 19,01% para os carbonatos. No Campo de Coral, nas proximidades dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 foi verificado uma alta concentração de carbonatos em todas as amostras sugerindo que o sedimento é formado principalmente por detritos biogênicos, o que explica esta grande variabilidade na distribuição das classes granulométricas (Analytical Solutions, 2002; 2005).

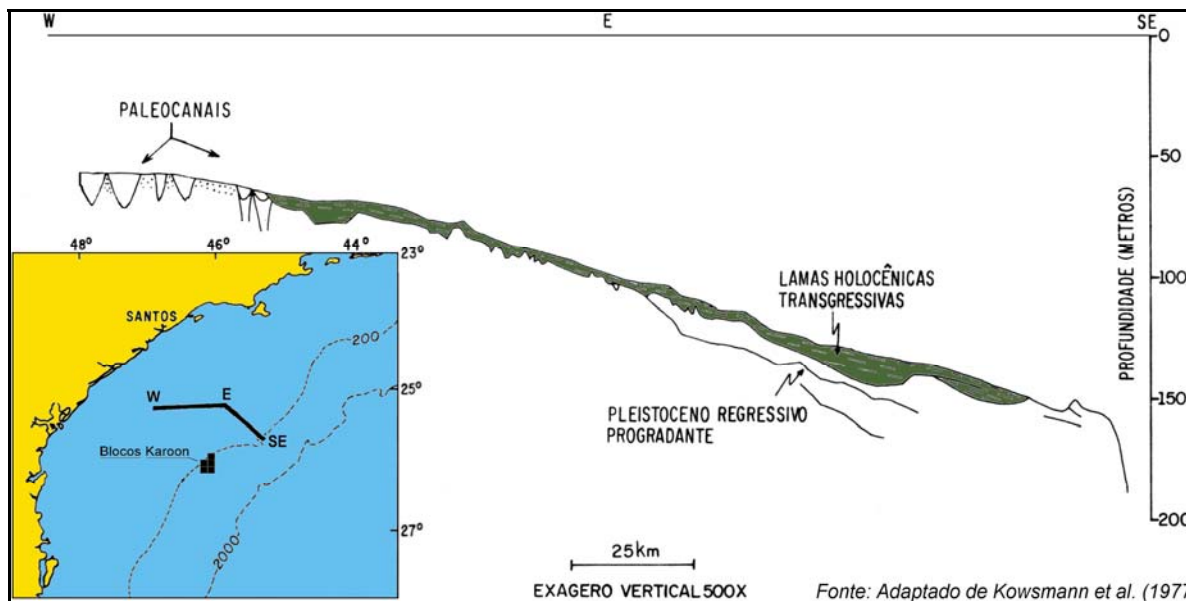
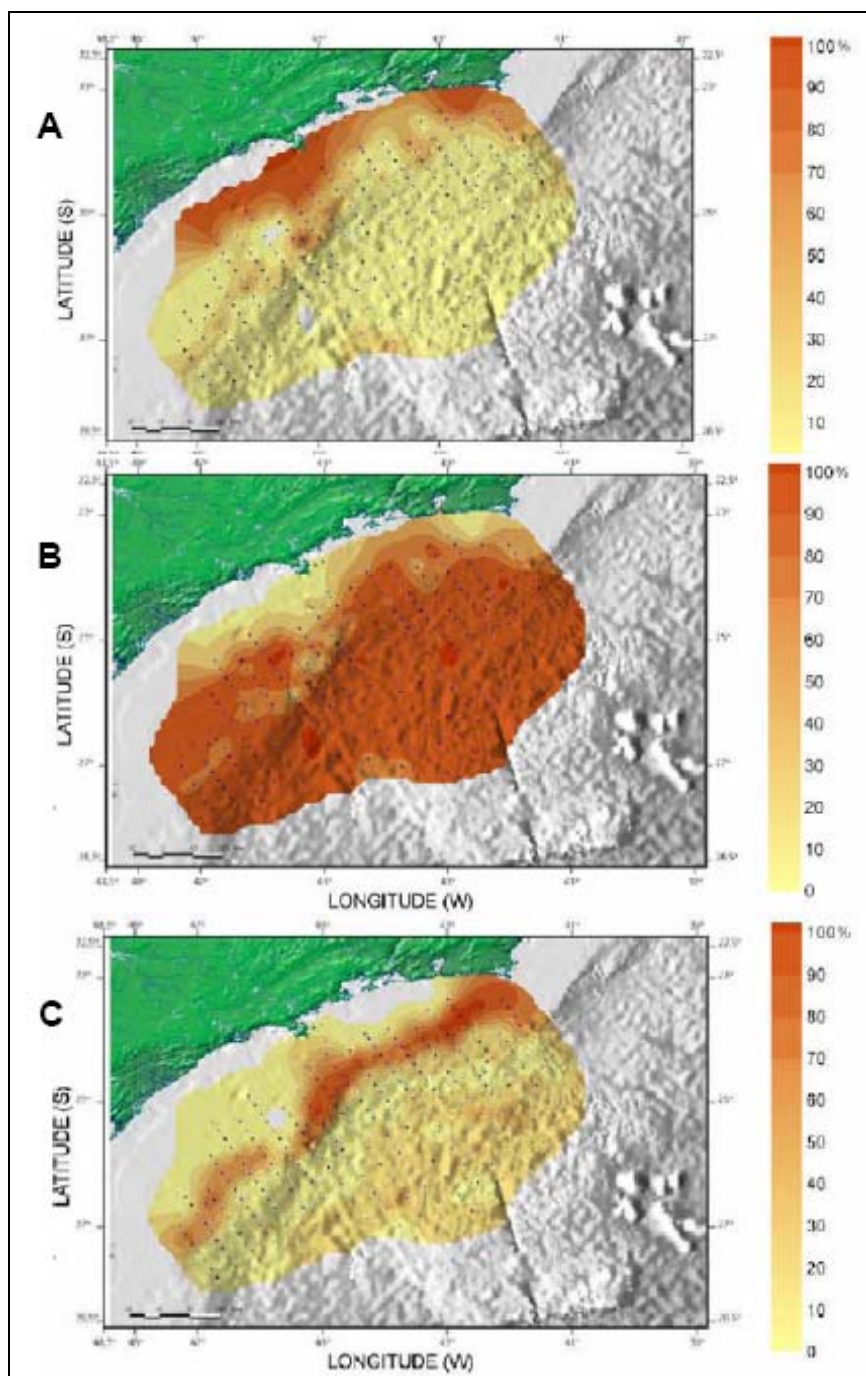


Figura II.5.1.2-54 - Seção transversal à plataforma continental e parte superior do talude mostrando a presença de um pacote de camadas lamosas progradantes holocênicas sobre uma superfície pleistocênica. Na porção da plataforma continental interna, são observados paleocanais preenchidos, cuja ocorrência é comum no trecho da costa entre Santos e Paranaguá



Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002).

Figura II.5.1.2-55 - Variação espacial da granulometria na Bacia de Santos.
A) Fração arenosa, B) Fração Lamosa, C) Fração Carbonática.

b) Talude Continental

Na área do talude continental entre Ubatuba e Cananéia encontram-se dispostas três tipos de fácies: a turbidítica, a hemipelágica e a perturbada por diapirismo. A fácies turbidítica é constituída por sedimentos provenientes de movimentos de massa gravitacionais de áreas da plataforma continental e talude superior, ocorrendo entre as isóbatas de 200 m e 500 m. A fácies hemipelágica é composta por vasas calcárias e terrígenos finos e se estende a partir da isóbata de 500 m até 1.600 m. A fácies perturbada por diapirismo é formada por vasas que recobrem áreas onde diápiros salinos afloram no fundo marinho, influenciando a deposição dos sedimentos, ou seja, estes podem recobrir ou se distribuírem entre os afloramentos dos diápiros. Tal fácies abrange áreas desde a 500 m e 2.200 m.

c) Platô de São Paulo

Na área do Platô de São Paulo, já em profundidades superiores a 2.000 m, as fácies sedimentares, em parte, representam uma extensão daquelas que ocorrem no talude inferior. Assim, na área do Platô, predominam as fácies hemipelágica e fácies perturbada por diapirismo. Não são verificadas e disponíveis informações mais específicas acerca da sedimentação desta área.

II.5.1.2.5.2 - Características Locais

A distribuição dos fácies sedimentares na região dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 apresentada a seguir é baseada em informações do Projeto REMAC (1979). Ela mostra que os blocos em sua maioria inserem-se no fácies “turbidítico”, com exceção das porções norte e noroeste, respectivamente, dos Blocos BM-S-61 e BM-S-68. O fácies “turbidítico” é constituído por “lamas de talude”, conforme definido por Kowsmann *et al.* (1977) (**Figura II.5.1.2-56**).

Na porção norte do Bloco BM-S-61 ocorre parcialmente o fácies “lama de plataforma holocênico não retrabalhado”. Já o Bloco BM-S-68 apresenta na sua porção noroeste uma pequena área de ocorrência do “fácies carbonático”, a qual é constituída por biodetritos (**Figura II.5.1.2-56**). A presença deste fácies está relacionada à interrupção do fácies “lama de plataforma”, que deixa de ocorrer a partir deste ponto na plataforma continental em direção ao Rio Grande do Sul.

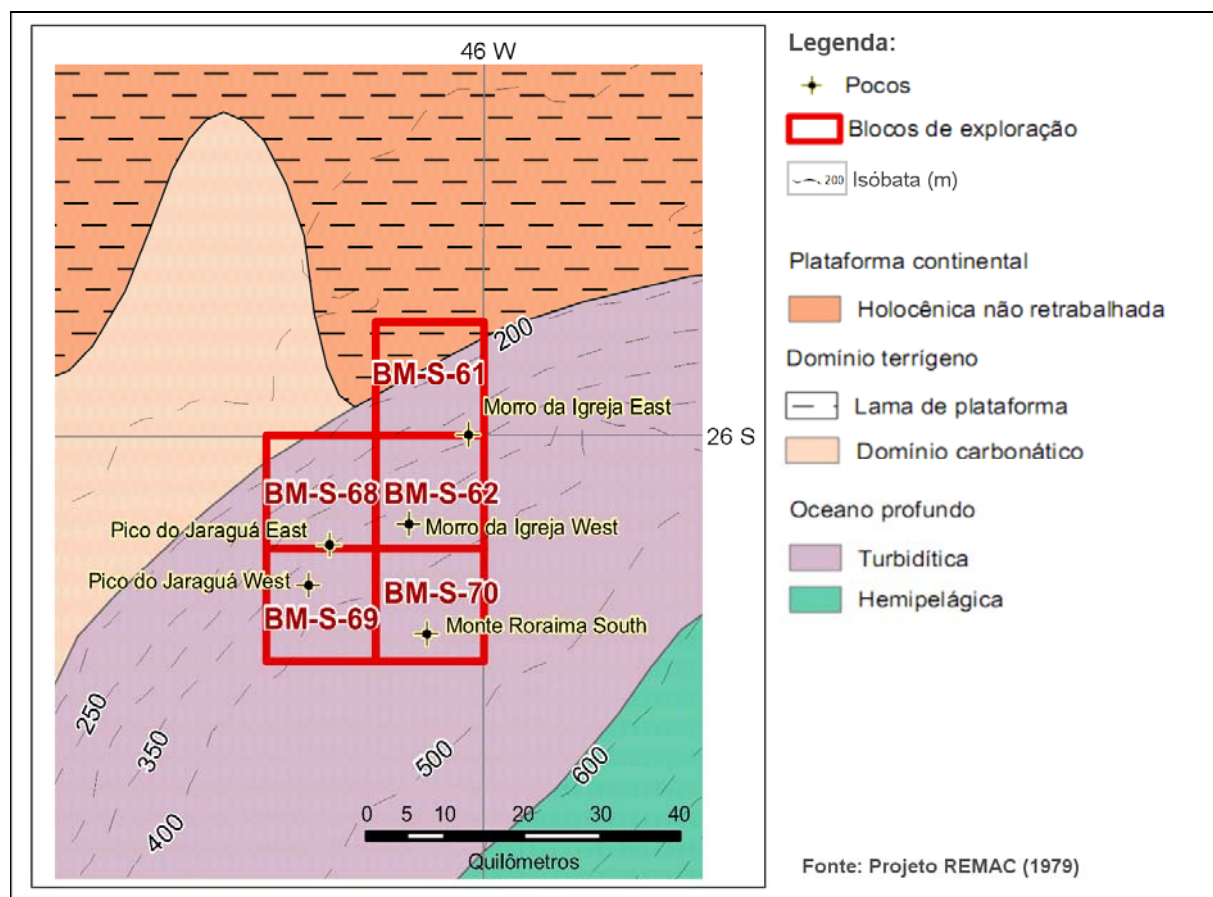


Figura II.5.1.2-56 - Cobertura dos fácies sedimentares presentes na região dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, na Bacia de Santos.

Informações presentes em Figueiredo Jr. & Madureira (2004), baseadas em dados do Programa REVIZEE, corroboram as descrições anteriores. Este estudo caracteriza a cobertura sedimentar na Bacia de Santos sob dois tipos de classificação sedimentológica. A primeira caracterização baseia-se na classificação de Shepard (1954), modificada para atender as condições da área de estudo, a qual utiliza os parâmetros estatísticos granulométricos para classificar os sedimentos. Uma segunda caracterização tem por base a classificação de Larssonneur (1977), que considera o percentual de CaCO_3 na composição dos sedimentos.

Nesse contexto, segundo a classificação de Shepard, os sedimentos na área dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 seriam denominados como “lamas” e na classificação de Larssonneur como “litoclásticos”, que correspondem a sedimentos com teor de CaCO_3 inferiores a 30% (**Figura II.5.1.2-57** e **Figura II.5.1.2-58**). Em ambos os casos os sedimentos são considerados como terrígenos.

Tendo em vista que estudos detalhados da faciologia na região dos blocos encontram-se em fase de execução, tais informações não serão apresentadas no momento. Essas informações serão enviadas posteriormente ao órgão ambiental, assim que disponíveis.

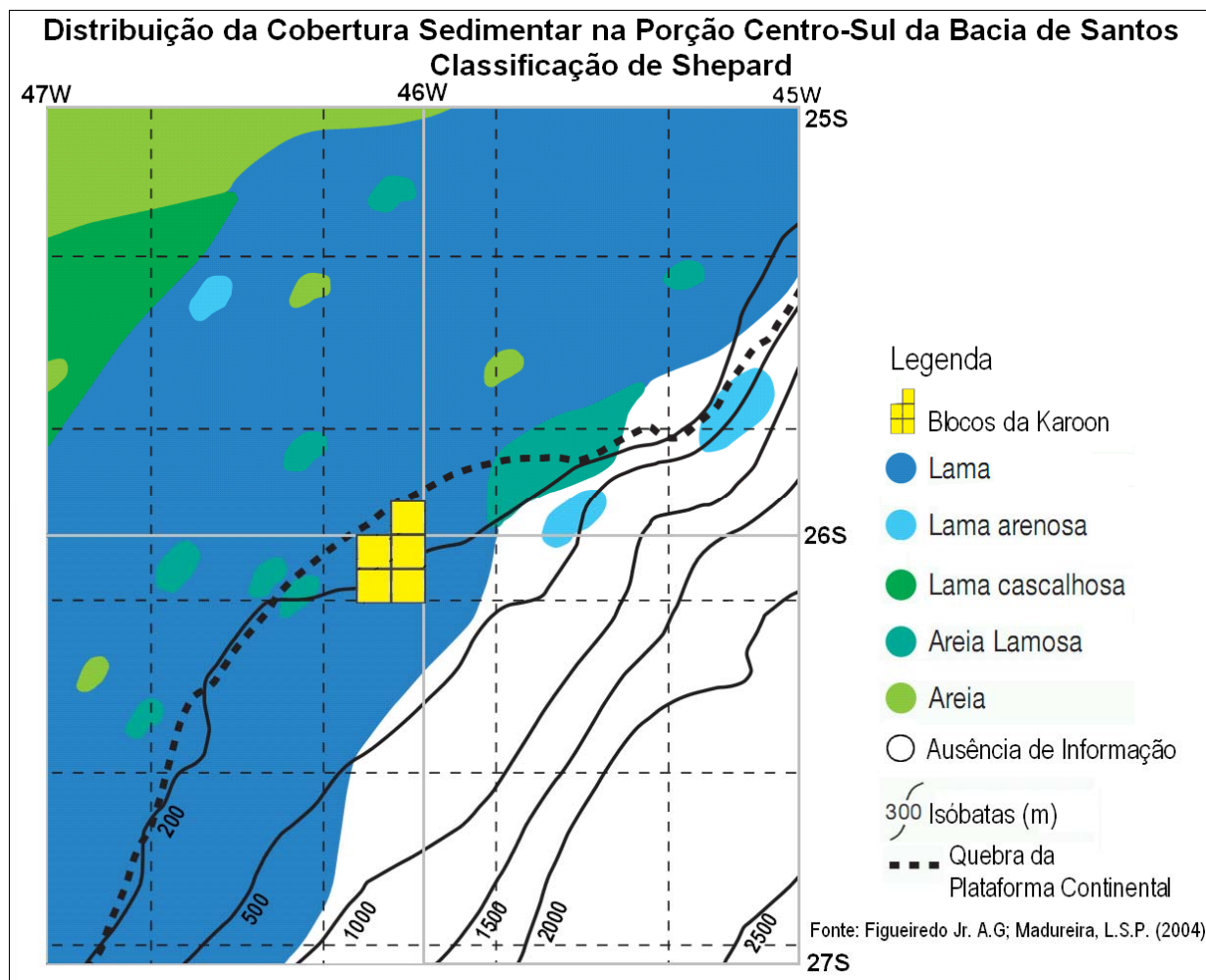


Figura II.5.1.2-57 - Distribuição dos sedimentos superficiais na área de localização dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 segundo classificação sedimentológica de Shepard (1954) modificada

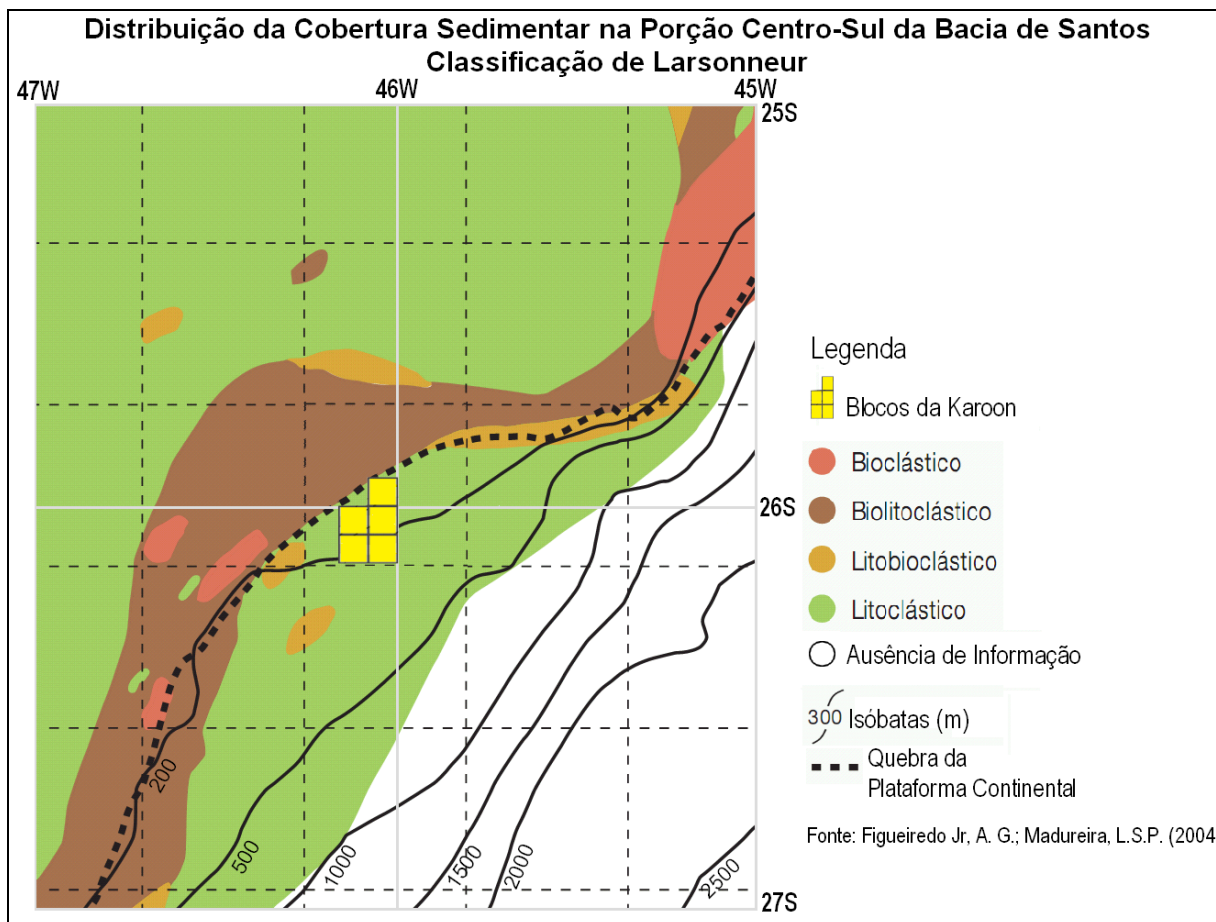


Figura II.5.1.2-58- Distribuição dos sedimentos superficiais na área de localização dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 segundo classificação sedimentológica de Lasonneur (1977) modificada

II.5.1.2.6 - Condições Geotécnicas do Piso Oceânico

As informações sísmicas, fisiográficas e faciológicas disponíveis para a área dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 (Veritas, 2000) indicam ausência de discontinuidades, escorregamentos ou falhas no fundo marinho. Da mesma forma, não foram observadas a presença de zonas rasas com acumulação de gás (*shallow gas*) próximas ao fundo marinho (Karon, 2009).

Informações locais sobre as características geotécnicas do fundo marinho, até o presente momento, não estão disponíveis, tendo em vista que as mesmas encontram-se em fase de execução. Tais informações serão enviadas ao órgão ambiental assim que disponíveis.

ÍNDICE

II.5.1.3 -	Oceanografia	1/81
II.5.1.3.1 -	Temperatura, Salinidade e Densidade	3/81
II.5.1.3.2 -	Massas d'Água	20/81
II.5.1.3.3 -	Correntes	25/81
II.5.1.3.3.1 -	Dados de Correntes	30/81
II.5.1.3.3.2 -	Correntes Simuladas para as Modelagens de Derrame de Óleo e Descarte de Cascalhos e Fluidos de Perfuração.....	50/81
II.5.1.3.4 -	Regime de Ondas	50/81
II.5.1.3.4.1 -	Caracterização Sazonal.....	52/81
II.5.1.3.5 -	Marés	60/81
II.5.1.3.6 -	Caracterização de Condições Extremas.....	66/81
II.5.1.3.6.1 -	Vento	66/81
II.5.1.3.6.2 -	Corrente	71/81
II.5.1.3.6.3 -	Onda.....	75/81
II.5.1.3.7 -	Considerações Finais.....	81/81

II.5.1.3 - Oceanografia

O presente item apresenta uma análise detalhada dos aspectos oceanográficos mais relevantes nas proximidades dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, operados pela KAROON Petróleo e Gás Ltda. na região da Bacia de Santos, obtidos a partir de um levantamento de informações pretéritas e de análise de dados disponíveis nas imediações da região em estudo.

Os parâmetros analisados para a realização desta caracterização foram: temperatura, salinidade, densidade, massas d'água, correntes, regime de ondas e marés (Figura II.5.1.3-1).

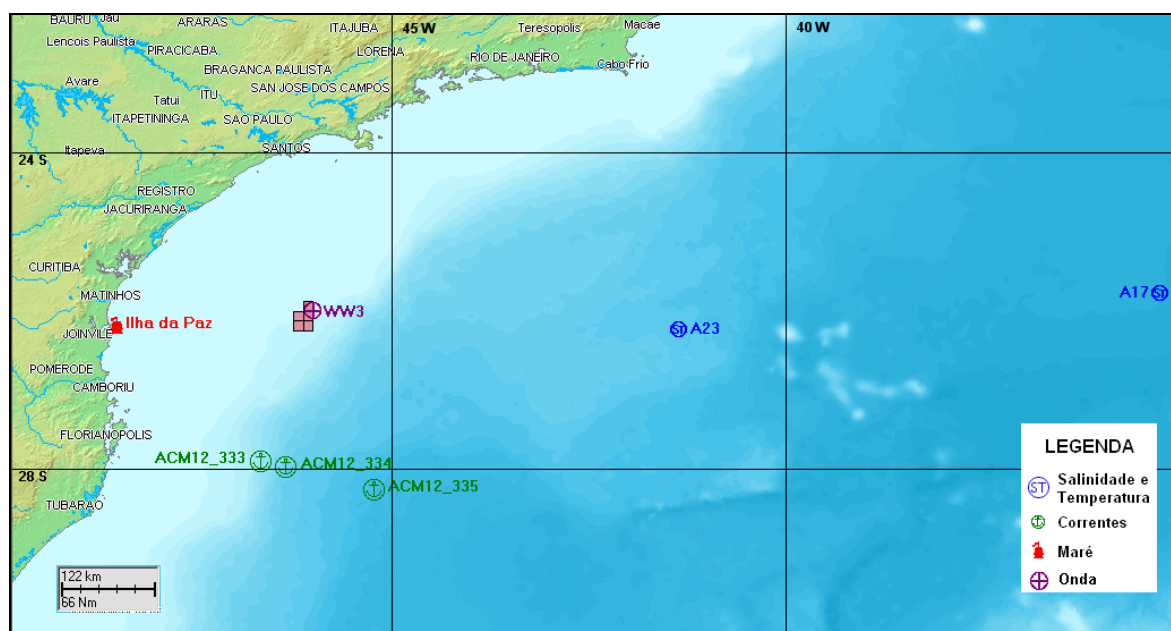


Figura II.5.1.3-1 - Localização das estações de medição de temperatura, salinidade, correntes, ondas e maré nas proximidades dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, na Bacia de Santos

O presente diagnóstico foi realizado de acordo com as diretrizes estabelecidas no Termo de Referência CGPEG/DILIC/IBAMA Nº 03/2009. Para a elaboração deste estudo foram utilizados dados de variadas fontes:

- **NOAA¹**: climatologia da temperatura da superfície do mar (TSM) para o período de 1982 a 2008;
- **NODC²**: climatologia de temperatura e salinidade
- **WOCE³**: cruzeiros A17 e A23: temperatura e salinidade
- **WOCE ACM12**: dados de corrente dos fundeios BM/333, BM/334, BM/335
- **Projeto MONDO⁴**: dados de derivadores oceânicos
- **FEMAR⁵**: constantes harmônicas de maré
- **Modelo WAVEWATCH III (WW3)**: dados simulados de ondas

O Quadro II.5.1.3-1 indica a localização e o período de amostragem dos dados ilustrados na Figura II.5.1.3-1. A descrição e análise destes dados são apresentadas nos itens seguintes.

Quadro II.5.1.3-1 - Informações para as estações de medição de correntes, temperatura, salinidade, ondas e maré

PARÂMETROS	DADO	COORDENADAS		PERÍODO
		Latitude (S)	Longitude (W)	
CORRENTE	WOCE ACM-12 BM/333	27,9020°	46,7040°	3-jan-1991 a 26-nov-1992
	WOCE ACM-12 BM/334	27,9850°	46,3380°	3-jan-1991 a 26-nov-1992
	WOCE ACM-12 BM/335	28,2690°	45,2250°	4-jan-1991 a 26-nov-1992
	Derivadores oceânicos (Projeto MONDO)	—	—	20-set-2007 a 21-ago-2008
TEMPERATURA E SALINIDADE	TSM (NOAA)	—	—	1982-2008
	NODC	—	—	Climatologia
	WOCE A17	25,7962°	35,2337°	03 de fevereiro de 1994

¹ National Oceanic and Atmospheric Administration

² National Oceanographic Data Center

³ World Ocean Circulation Experiment

⁴ Projeto Monitoramento por Derivadores Oceânicos

⁵ Fundação de Estudos do Mar

PARÂMETROS	DADO	COORDENADAS		PERÍODO
		Latitude (S)	Longitude (W)	
	WOCE A23	26,2533°	41,3442°	05 de maio de 1995
MARÉ	Previsão de Maré (Ilha da Paz)	26°10,60'	48°29,00'	1-jan-2009 a 31-mar-2009
ONDA	Modelo WW3	26°	46°	2005 a 2007

II.5.1.3.1 - Temperatura, Salinidade e Densidade

O Gráfico II.5.1.3-1 e o Gráfico II.5.1.3-2, apresentadas a seguir, ilustram os valores típicos de temperatura da superfície do mar (TSM), na costa leste brasileira de acordo com dados de satélite obtidos junto à NOAA (Reynolds *et al.*, 2007). Na região da Bacia de Santos, as temperaturas variam de 23° a 27 °C, no verão, e de 17° a 22 °C no inverno. As temperaturas mais baixas são encontradas ao sul do domínio e na região litorânea de São Paulo e do Rio de Janeiro (associadas ao processo de ressurgência costeira).

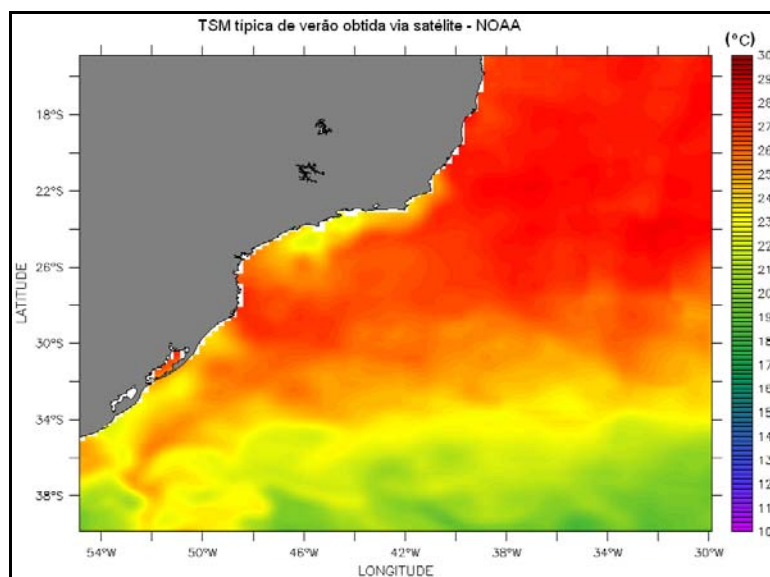
O Gráfico II.5.1.3-3 e o Gráfico II.5.1.3-4 ilustram os valores médios de TSM e salinidade, de acordo com dados compilados pelo NODC, para a costa leste brasileira. As temperaturas na região em estudo variam de 23 °C a 26 °C, no verão (janeiro a março), e de 19 °C a 22 °C, no inverno (junho a agosto) e apresentam boa concordância com os valores obtidos por satélite. A salinidade varia de 35,0 a 36,5 em ambos os períodos.

Nos dois conjuntos de dados analisados fica clara a influência da Corrente do Brasil, quente e salina, ao longo da costa do Sul e Sudeste do Brasil, principalmente no verão.

Durante o inverno um dos principais processos oceanográficos que influencia na dinâmica da plataforma do Sul e Sudeste do Brasil é a penetração das águas de origem subantártica transportadas para norte por uma ramificação costeira da Corrente das Malvinas (Silva *et al.*, 1996). Essas águas frias e de baixa salinidade dividem a dinâmica da região com as águas quentes e salinas de origem tropical transportadas pela Corrente do Brasil.

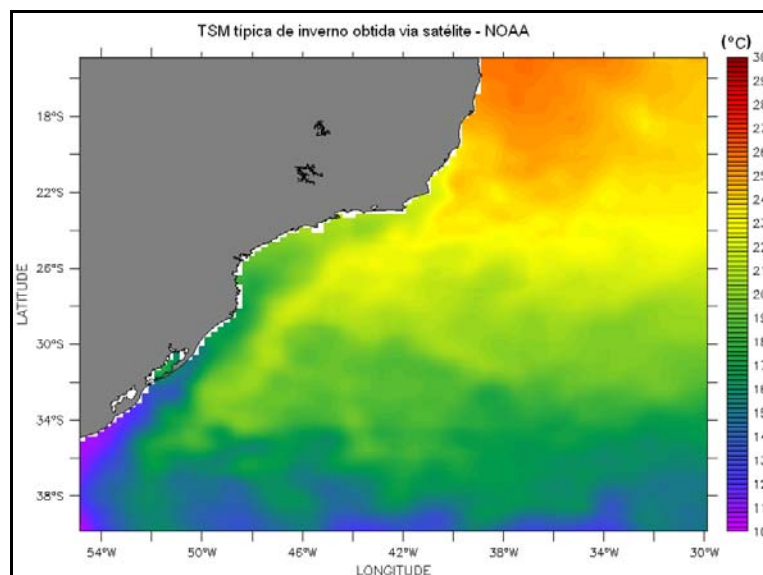
Somadas a estas duas águas, podemos ainda encontrar a contribuição de águas de origem continental provenientes da Lagoa dos Patos e do próprio estuário do Rio da Prata, que originam gradientes transversais de temperatura e salinidade bem definidos. De acordo com Soares & Möller (2001), estas águas são feições dominantes na plataforma interna, participando da formação e distribuição de massas de água, enquanto que as águas tropicais e subtropicais (transportadas pela Corrente do Brasil) dominam a plataforma externa e o talude. Segundo estes autores, esta massa de água fria e pouco salina ocupa aproximadamente 50 m de profundidade,

sendo o alcance transversal máximo na primavera austral, quando o escoamento da Lagoa dos Patos é máximo e o regime de ventos favorece a mistura.



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-1 - Mapa de temperatura da superfície do mar (TSM), típica de verão, obtida a partir de dados de satélite da NOAA (Reynolds et al., 2007)



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-2 - Mapa de temperatura da superfície do mar (TSM), típica de inverno, obtida a partir de dados de satélite da NOAA (Reynolds et al., 2007)

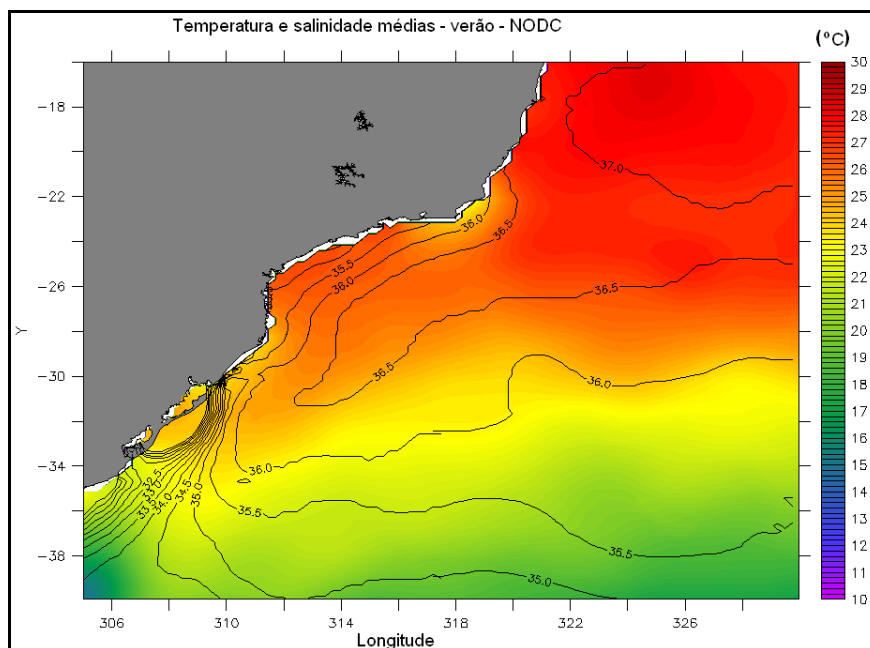


Gráfico II.5.1.3-3 - Mapa de temperatura da superfície do mar (TSM), com contornos de salinidade sobrepostos, médias para o verão, obtidas a partir de dados do NODC

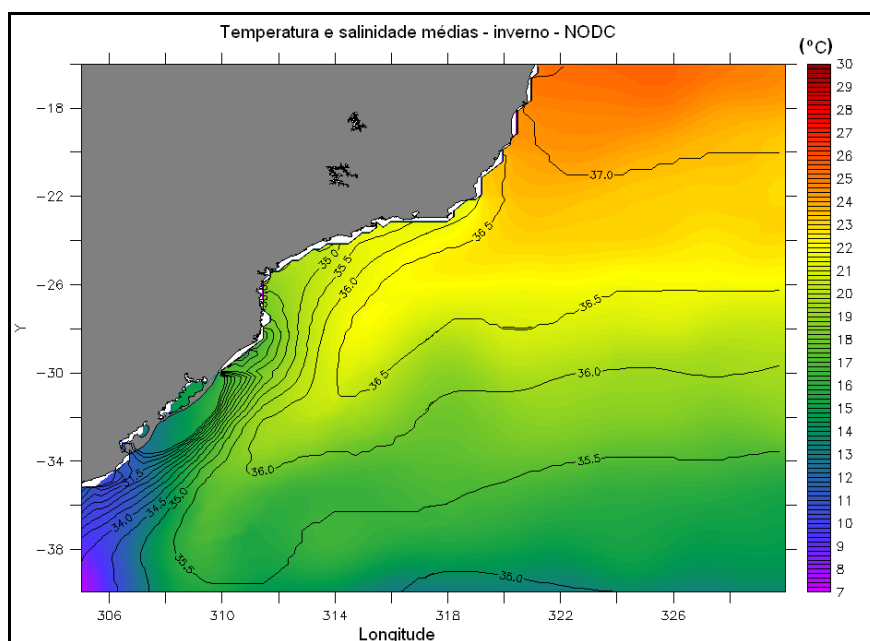


Gráfico II.5.1.3-4 - Mapa de temperatura da superfície do mar (TSM), com contornos de salinidade sobrepostos, médias para o inverno, obtidas a partir de dados do NODC

Do **Gráfico II.5.1.3-5** ao **Gráfico II.5.1.3-8** são ilustrados os valores médios de temperatura potencial (θ) e salinidade, para uma seção vertical ao longo de 26,2 °S, de acordo com dados do NODC, para os períodos de janeiro a março (verão), abril a junho (outono), julho a setembro (inverno) e outubro a dezembro (primavera).

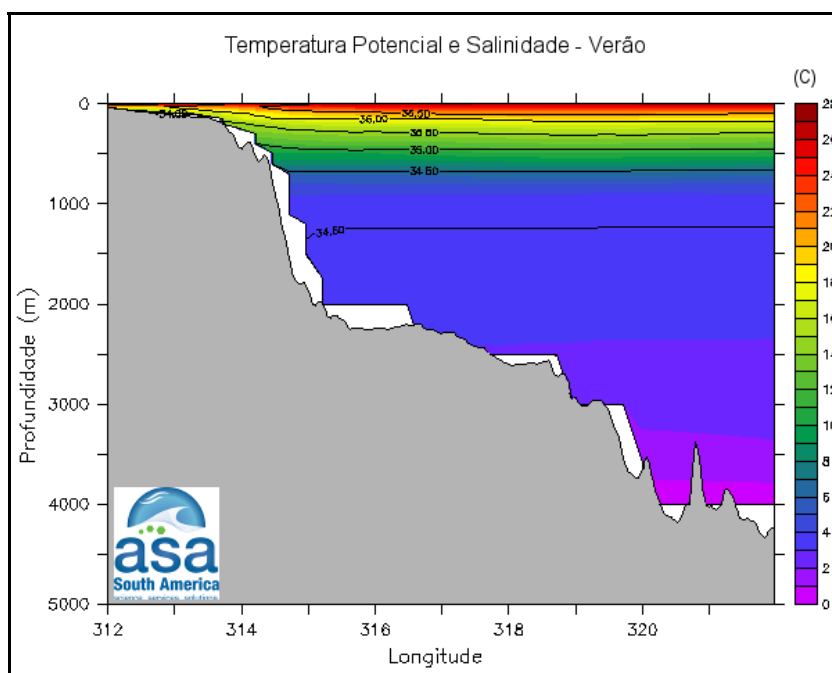
Próximo à superfície verifica-se uma resposta direta ao ciclo sazonal de radiação solar incidente na superfície, com temperaturas mais elevadas no verão (em torno de 26 °C) e temperaturas menores no inverno (em torno de 21 °C). Nas camadas inferiores, devido à alta capacidade térmica da água, existe uma inércia no aquecimento e resfriamento com relação à superfície e os máximos e mínimos de temperatura ocorrem no outono e na primavera, respectivamente.

Variações sazonais de temperatura potencial são mais significativas até aproximadamente 200 m. As alterações de salinidade são mais significativas em regiões próximas à costa, com valores máximos verificados no verão e mínimos no inverno.

As seções de temperatura potencial e salinidade também foram elaboradas para os limites da área de influência da modelagem de derrame de óleo. Do **Gráfico II.5.1.3-9** ao **Gráfico II.5.1.3-12** são ilustrados os valores médios de temperatura potencial (θ) e salinidade, para uma seção vertical ao longo de 24,7 °S (limite norte da área de influência da modelagem de derrame de óleo), de acordo com dados do NODC, para os mesmos períodos. Do **Gráfico II.5.1.3-13** ao **Gráfico II.5.1.3-16** são ilustrados os valores médios de temperatura potencial (θ) e salinidade, para uma seção vertical ao longo de 36 °S (limite sul da área de influência da modelagem de derrame de óleo), de acordo com dados do NODC, para os mesmos períodos.

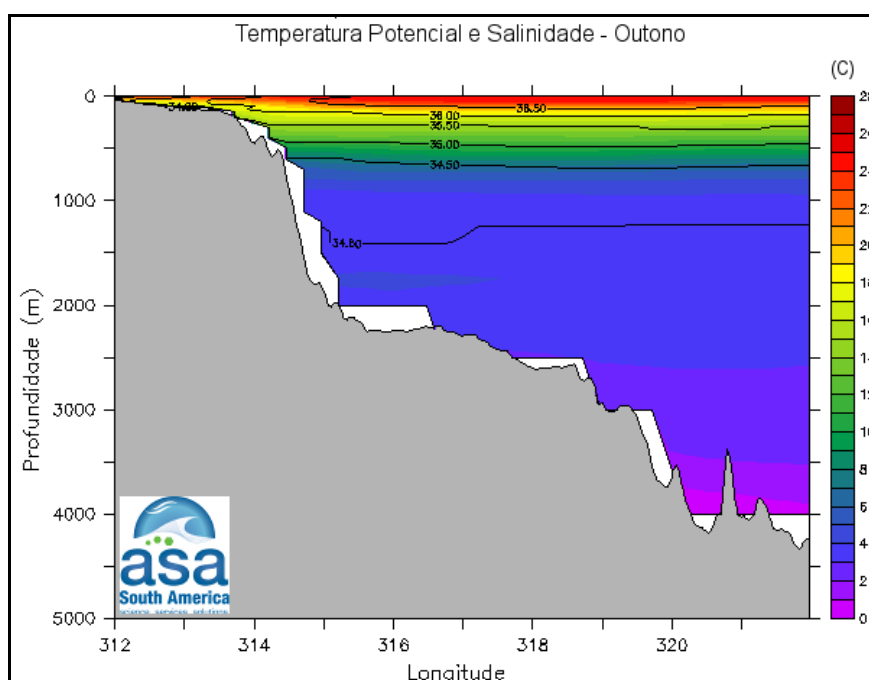
Do **Gráfico II.5.1.3-17** ao **Gráfico II.5.1.3-20** são apresentadas seções médias de sigma theta (σ_θ), ao longo de 26,2 °S, calculados para os mesmos períodos. As variações sazonais de σ_θ acompanham principalmente as variações da temperatura potencial. Portanto, valores mínimos e máximos de σ_θ próximo à superfície são verificados no verão e no inverno, respectivamente.

As seções de sigma theta também foram elaboradas para os limites da área de influência da modelagem de derrame de óleo. Do **Gráfico II.5.1.3-21** ao **Gráfico II.5.1.3-24** são apresentadas seções médias de sigma theta (σ_θ), ao longo de 24,7 °S (limite norte da área de influência da modelagem de derrame de óleo), obtidas para os mesmos períodos. Do **Gráfico II.5.1.3-25** ao **Gráfico II.5.1.3-28** são apresentadas seções médias de sigma theta (σ_θ), ao longo de 36 °S (limite sul da área de influência da modelagem de derrame de óleo), obtidas para os mesmos períodos.



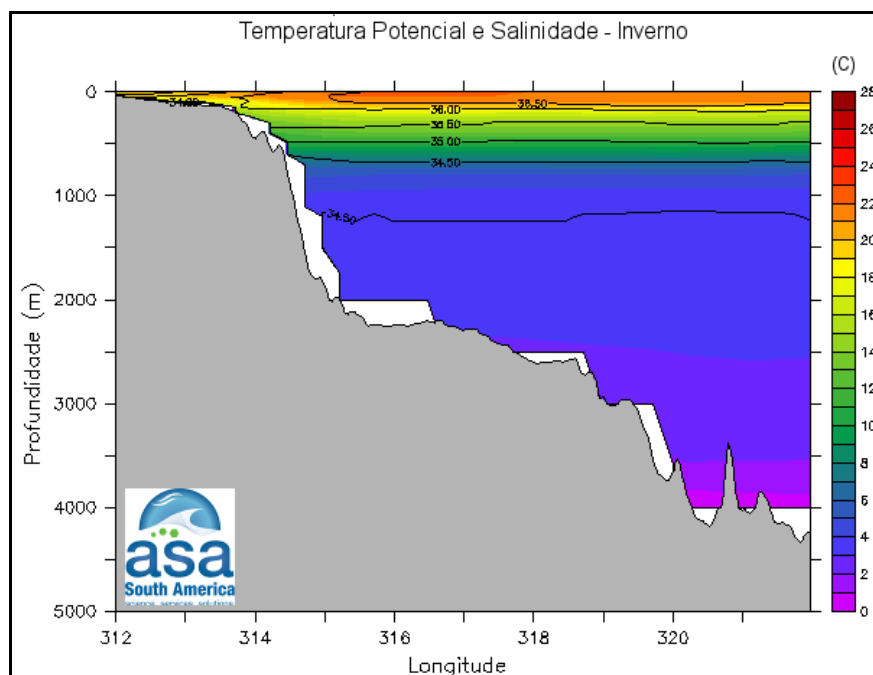
Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-5 - Seção de temperatura potencial (θ), com contornos de salinidade sobrepostos, ao longo de 26,2 °S, médios para o verão, obtidos a partir de dados do NODC



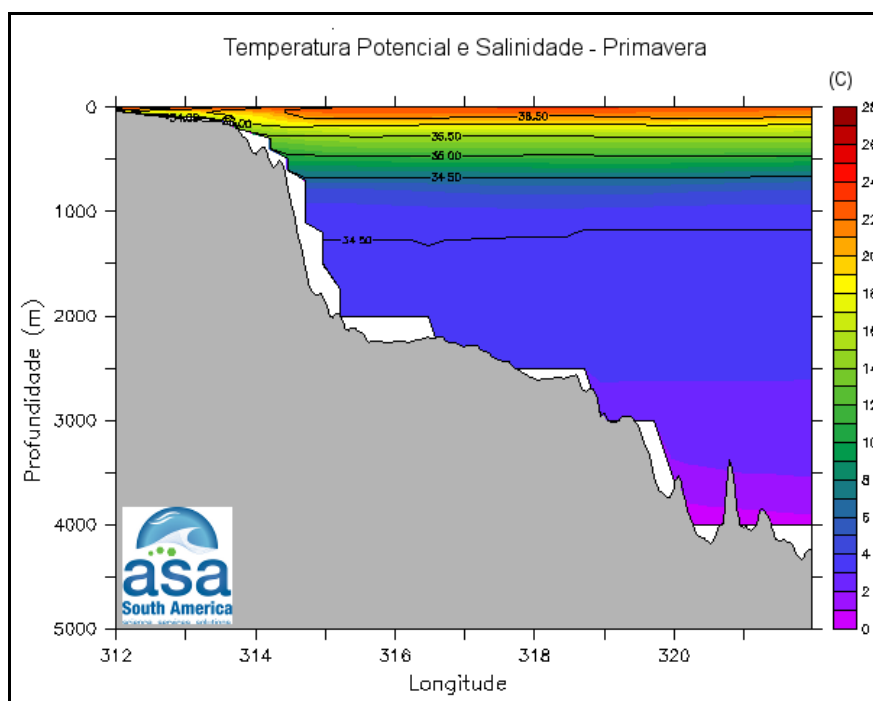
Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-6 - Seção de temperatura potencial (θ), com contornos de salinidade sobrepostos, ao longo de 26,2 °S, médios para o outono, obtidos a partir de dados do NODC



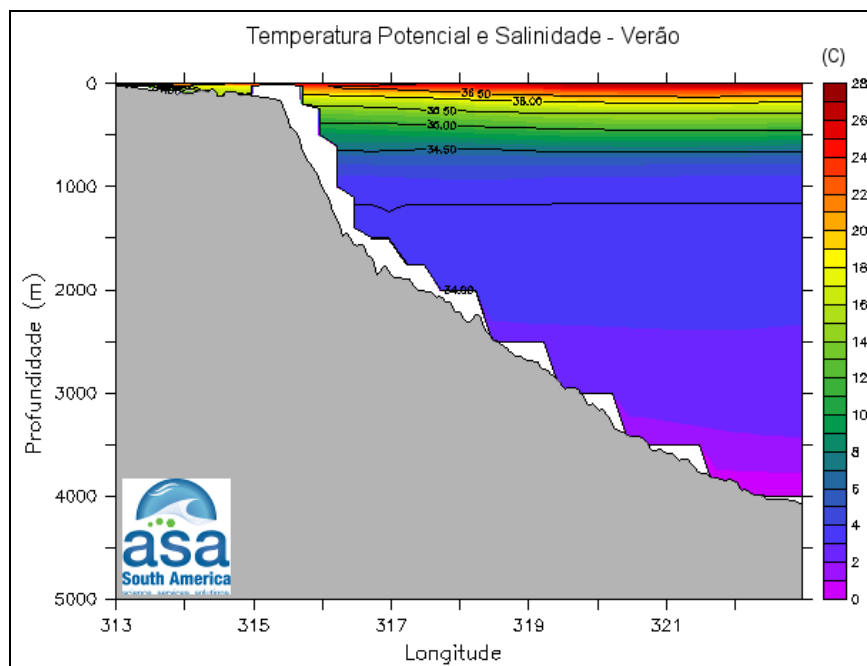
Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-7 - Seção de temperatura potencial (θ), com contornos de salinidade sobrepostos, ao longo de 26,2°S, médios para o inverno, obtidos a partir de dados do NODC



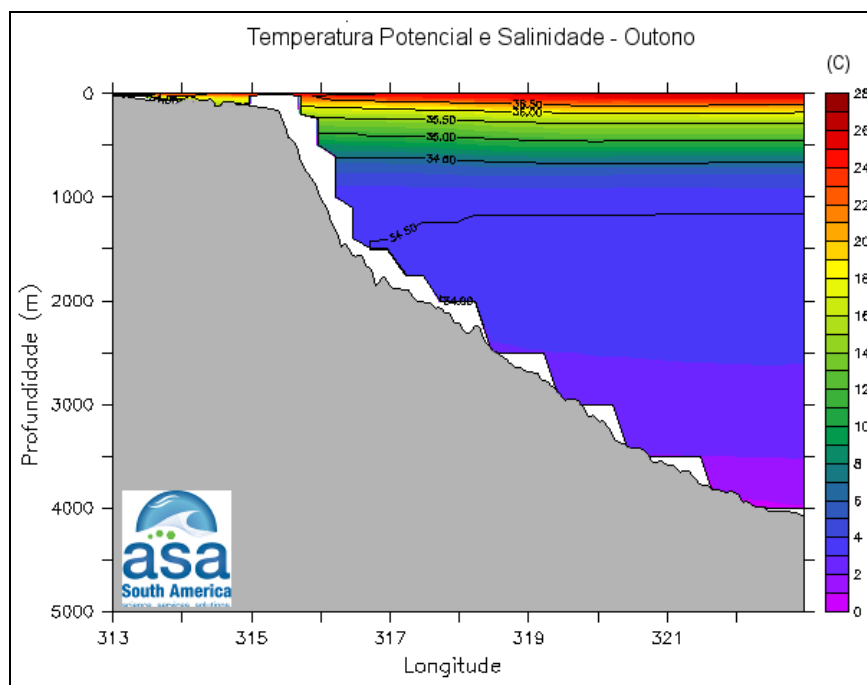
Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-8 - Seção de temperatura potencial (θ), com contornos de salinidade sobrepostos, ao longo de 26,2°S, médios para a primavera, obtidos a partir de dados do NODC



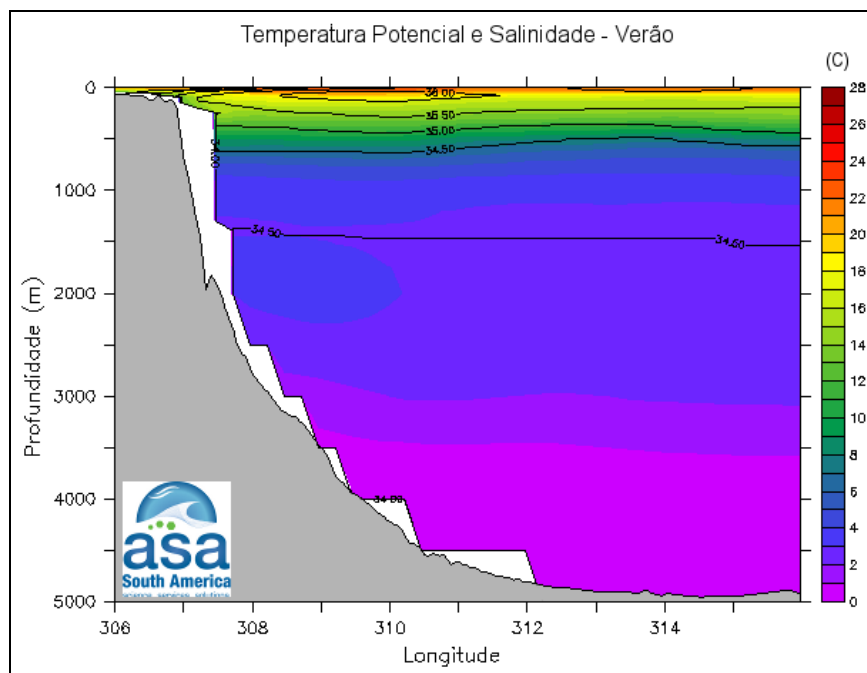
Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-9 - Seção de temperatura potencial (θ), com contornos de salinidade sobrepostos, ao longo de 24,7 °S, médios para o verão, obtidos a partir de dados do NODC



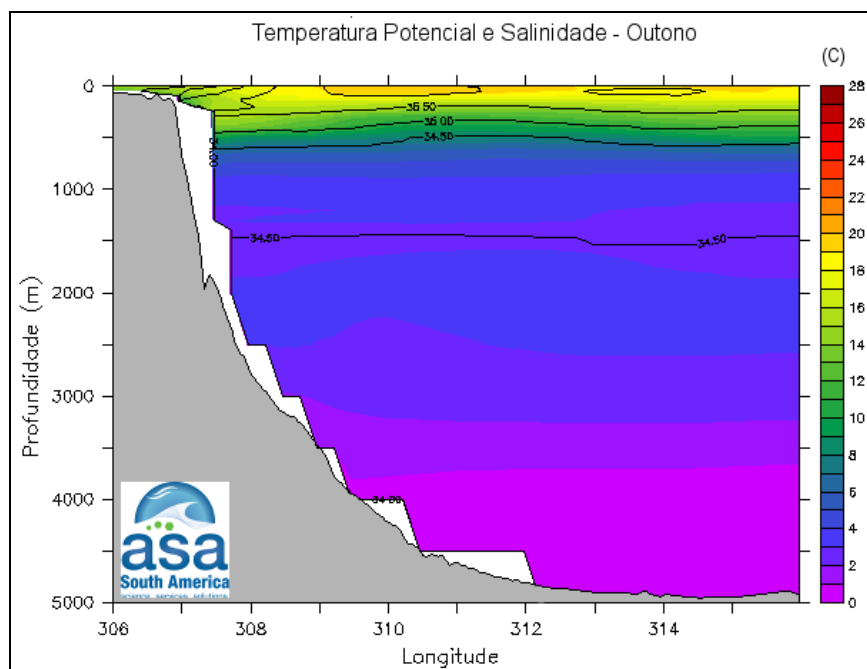
Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-10 - Seção de temperatura potencial (θ), com contornos de salinidade sobrepostos, ao longo de 24,7 °S, médios para o outono, obtidos a partir de dados do NODC



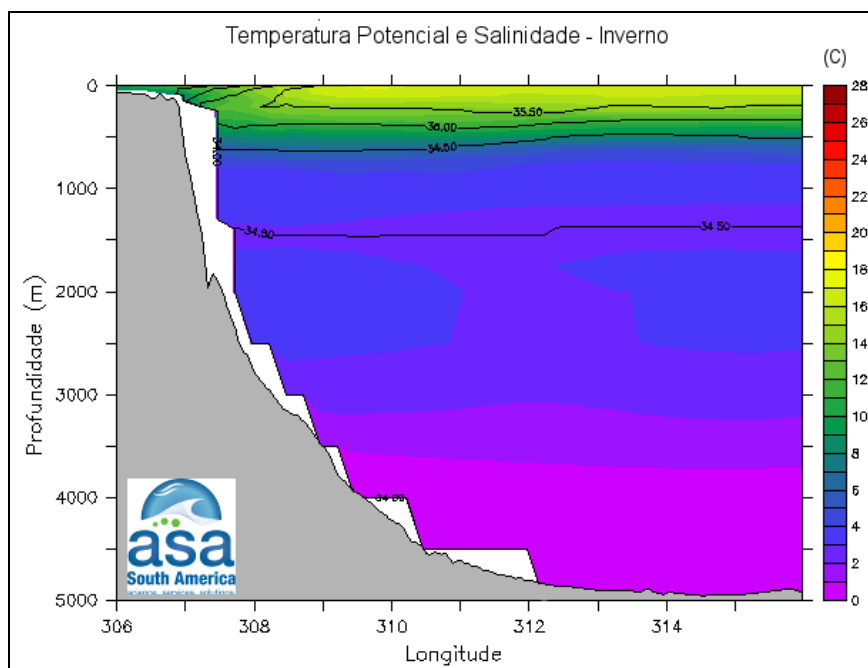
Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-13 - Seção de temperatura potencial (θ), com contornos de salinidade sobrepostos, ao longo de 36 °S, médios para o verão, obtidos a partir de dados do NODC



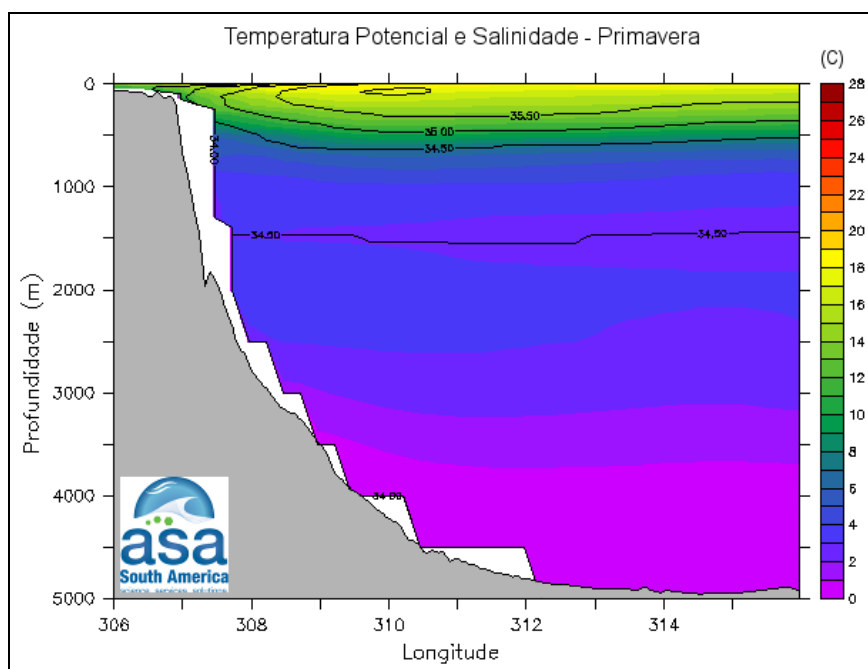
Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-14 - Seção de temperatura potencial (θ), com contornos de salinidade sobrepostos, ao longo de 36 °S, médios para o outono, obtidos a partir de dados do NODC



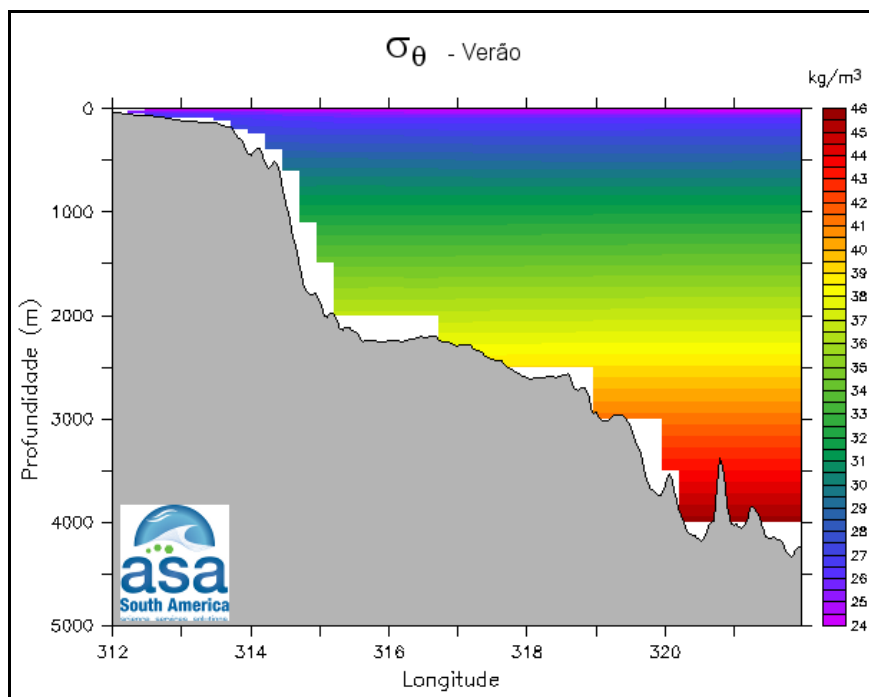
Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-15 - Seção de temperatura potencial (θ), com contornos de salinidade sobrepostos, ao longo de 36 °S, médios para o inverno, obtidos a partir de dados do NODC

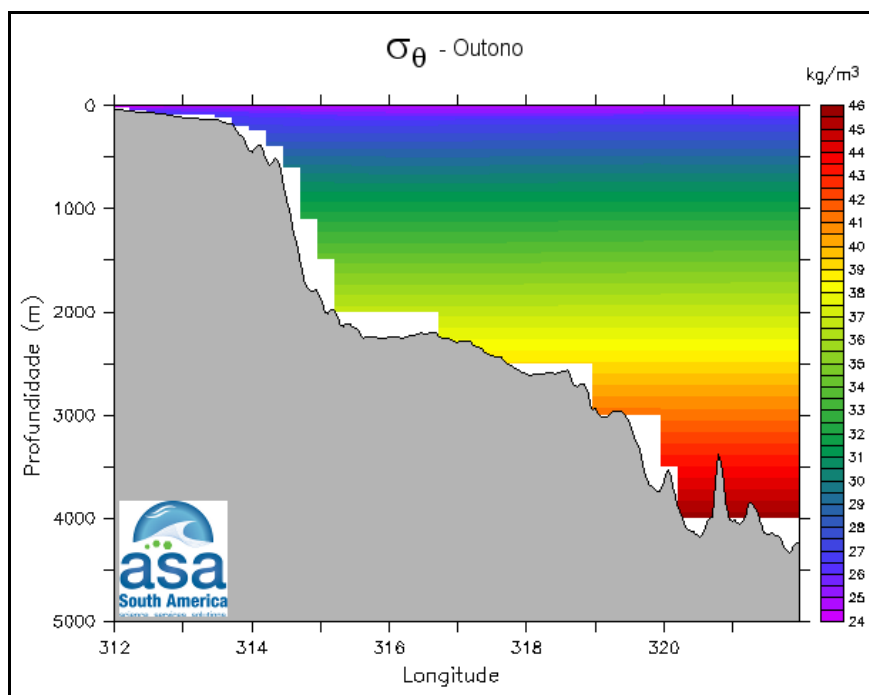


Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-16 - Seção de temperatura potencial (θ), com contornos de salinidade sobrepostos, ao longo de 36 °S, médios para a primavera, obtidos a partir de dados do NODC

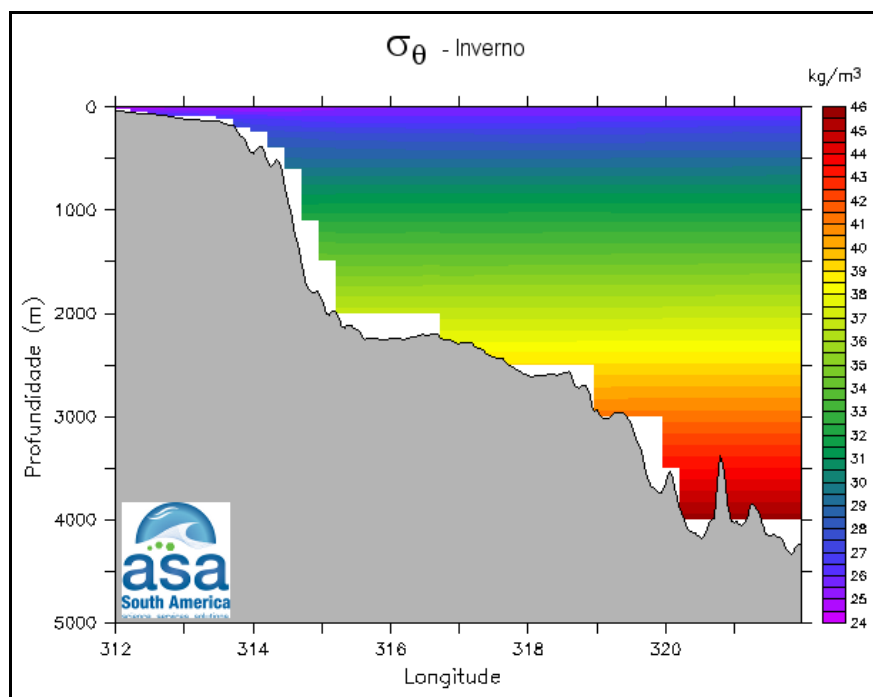


Fonte: ASA.



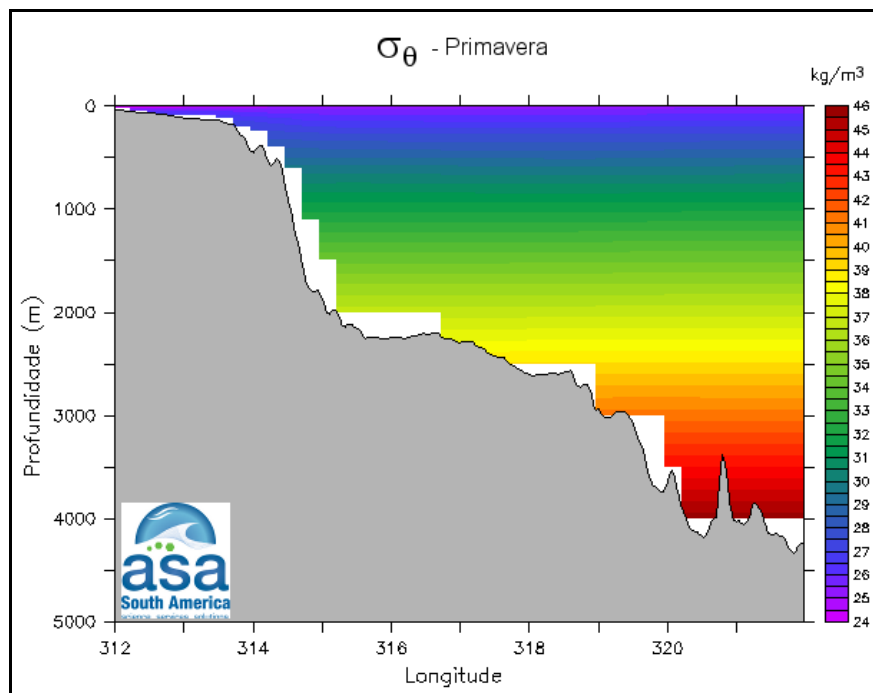
Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-18 - Seção vertical de σ_θ (kg/m^3) ao longo de 26,2 °S para o período de outono, de acordo com os dados do NODC



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-19 - Seção vertical de σ_θ (kg/m³) ao longo de 26,2 °S para o período de inverno, de acordo com os dados do NODC

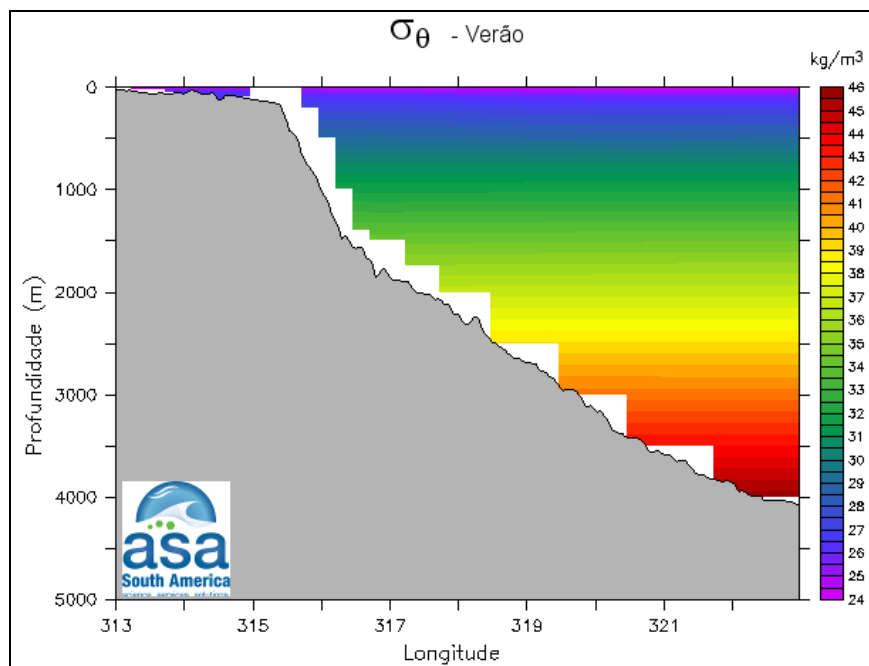


Fonte: ASA.

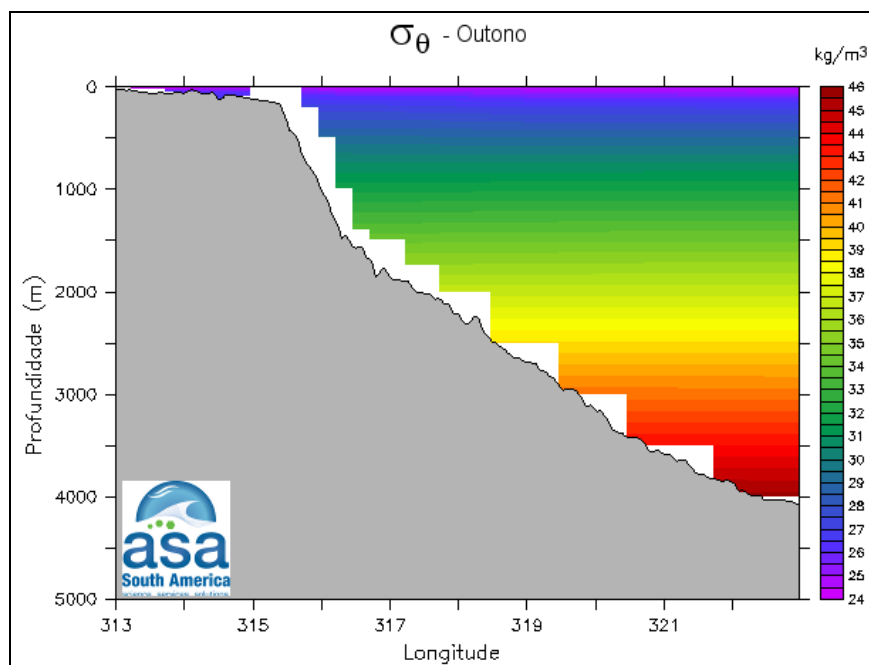
Gráfico II.5.1.3-20 - Seção vertical de σ_θ (kg/m³) ao longo de 26,2 °S para o período de primavera, de acordo com os dados do NODC

Coordenador:

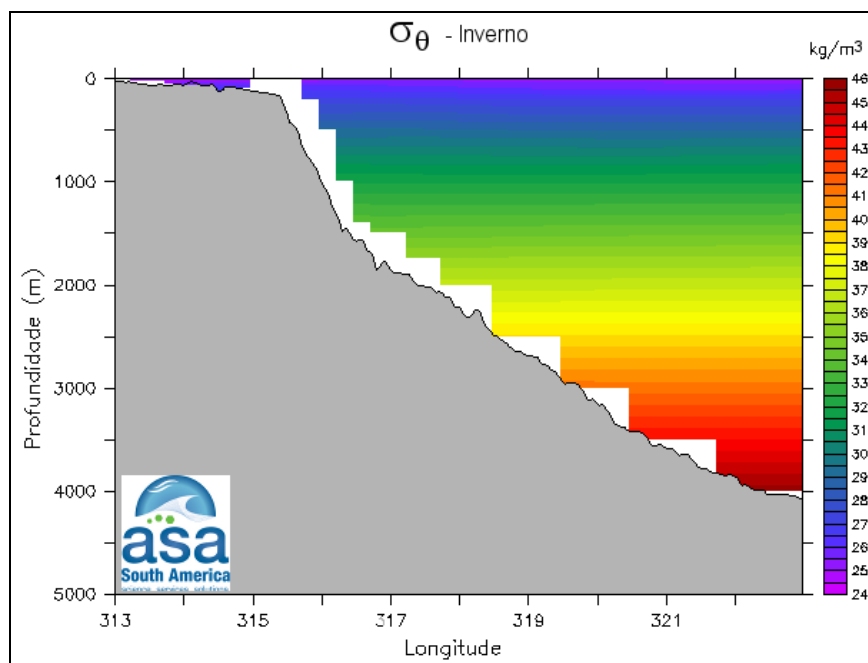
Técnico:



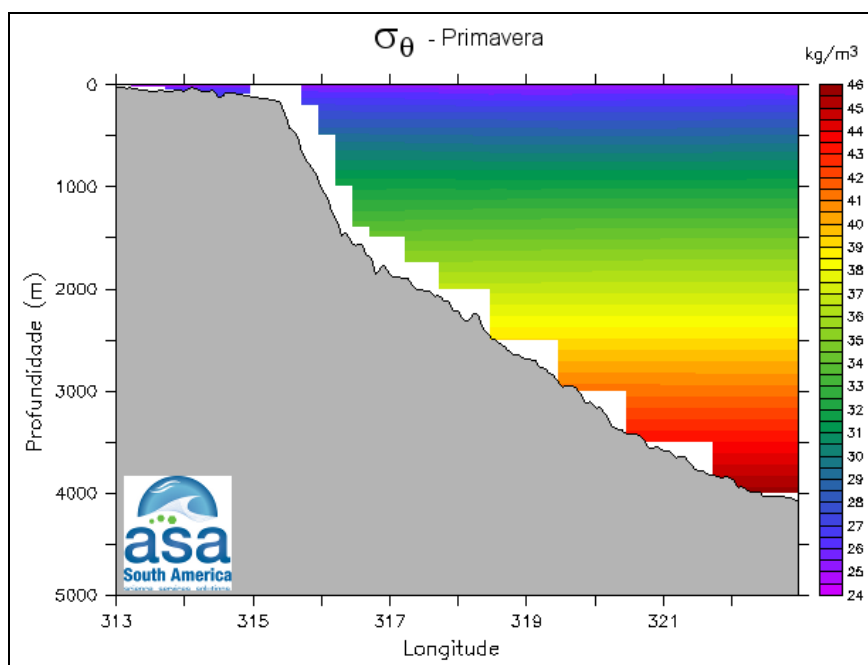
Fonte: ASA.



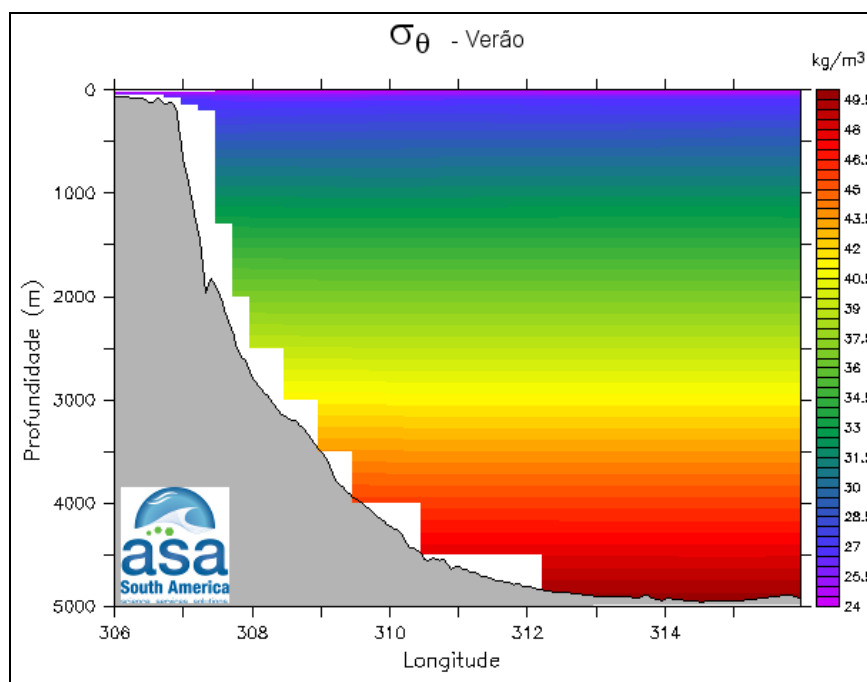
Fonte: ASA.



Fonte: ASA.

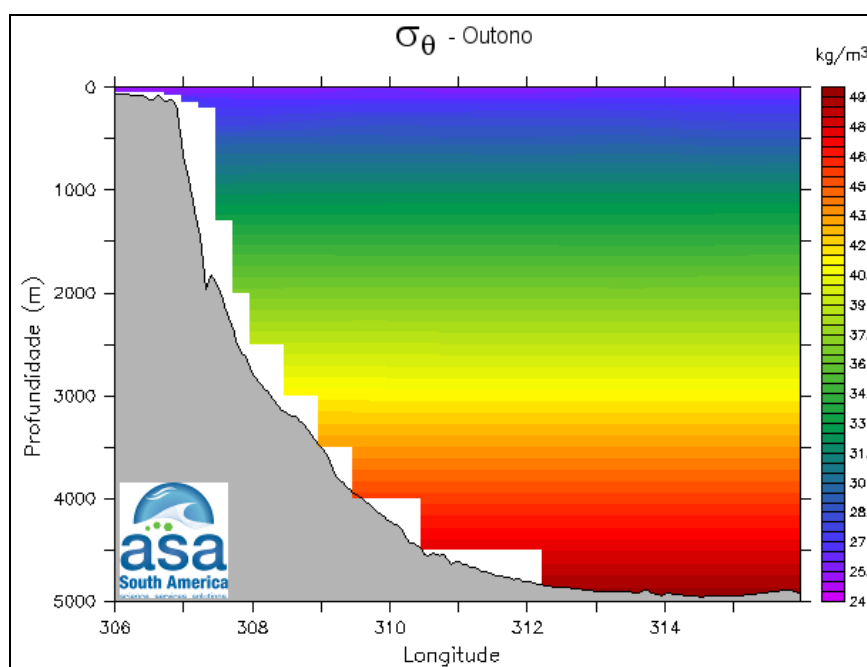


Fonte: ASA.



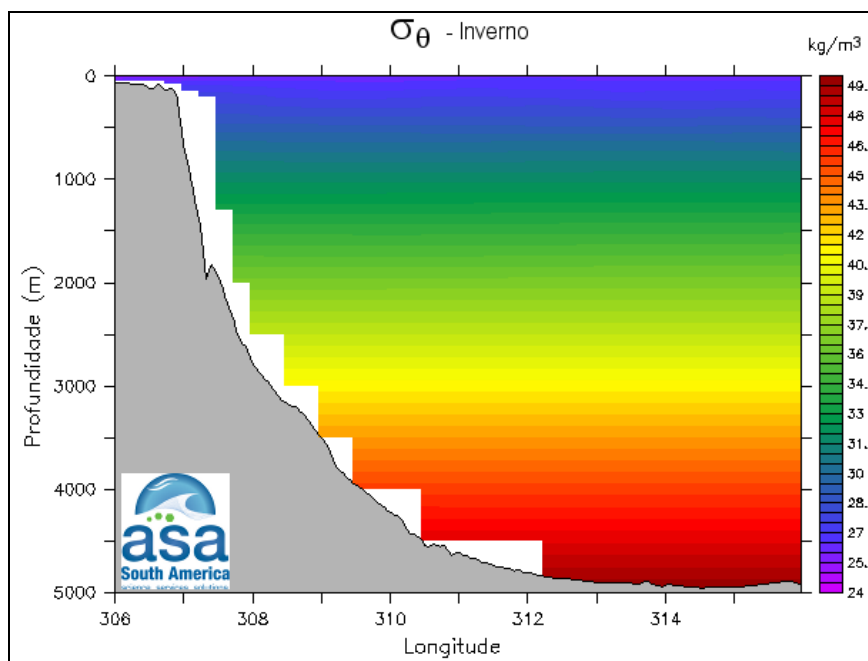
Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-25 - Seção vertical de σ_θ (kg/m^3) ao longo de 36 °S para o período de verão, de acordo com os dados do NODC



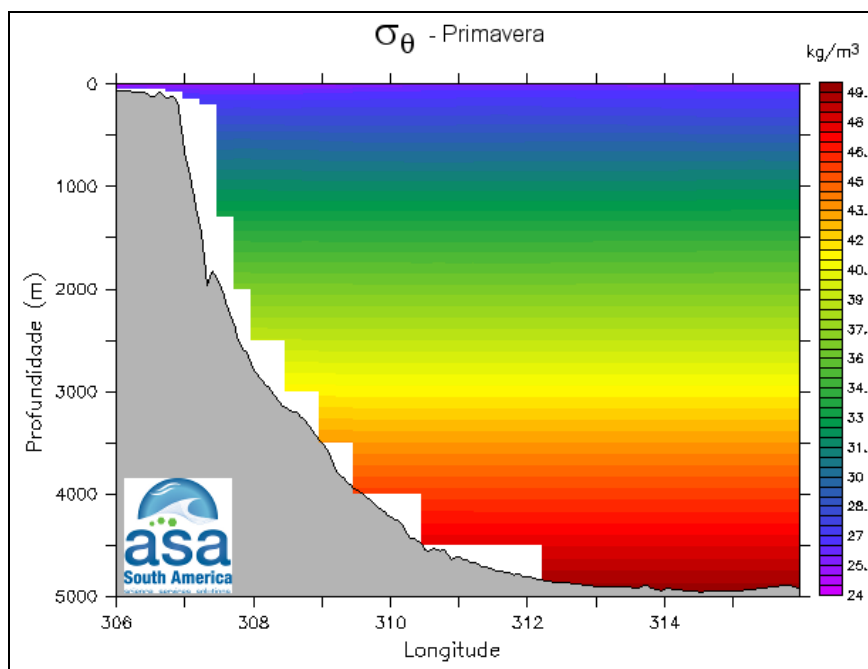
Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-26 - Seção vertical de σ_θ (kg/m^3) ao longo de 36 °S para o período de outono, de acordo com os dados do NODC



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-27 - Seção vertical de σ_θ (kg/m³) ao longo de 36 °S para o período de inverno, de acordo com os dados do NODC

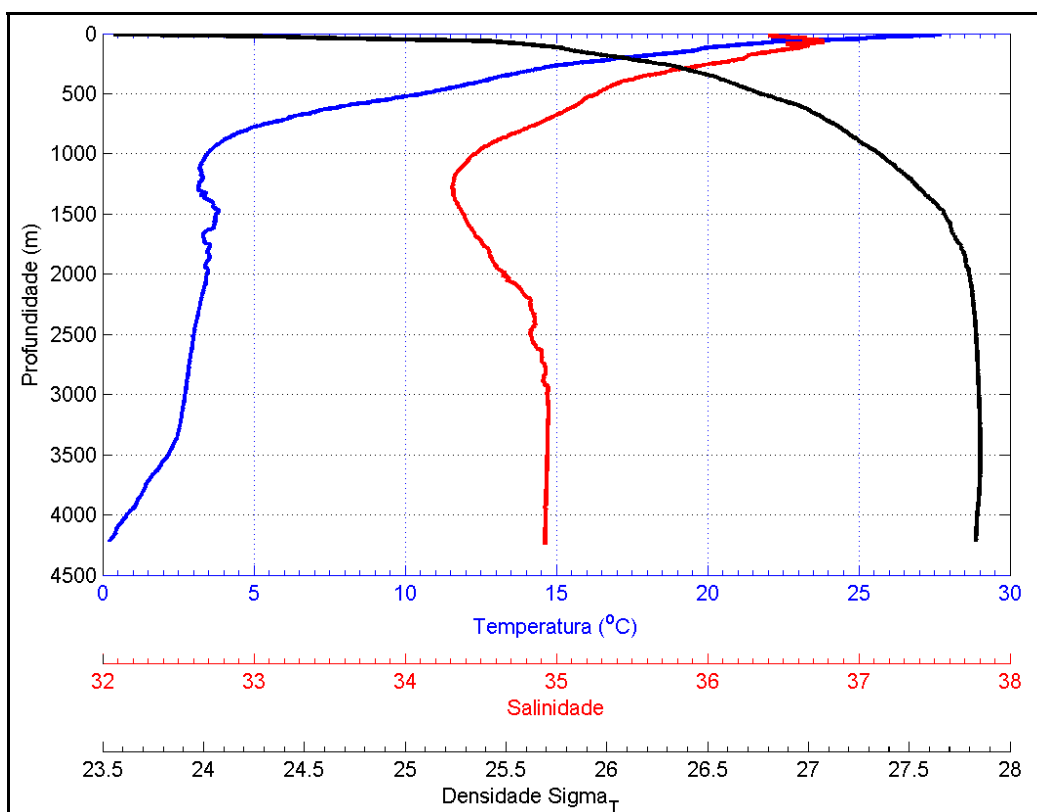


Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-28 - Seção vertical de σ_θ (kg/m³) ao longo de 36 °S para o período de primavera, de acordo com os dados do NODC

Os dados de temperatura e salinidade do projeto WOCE, coletados com CTD em região oceânica próxima aos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, permitiram analisar os perfis de temperatura, salinidade e densidade.

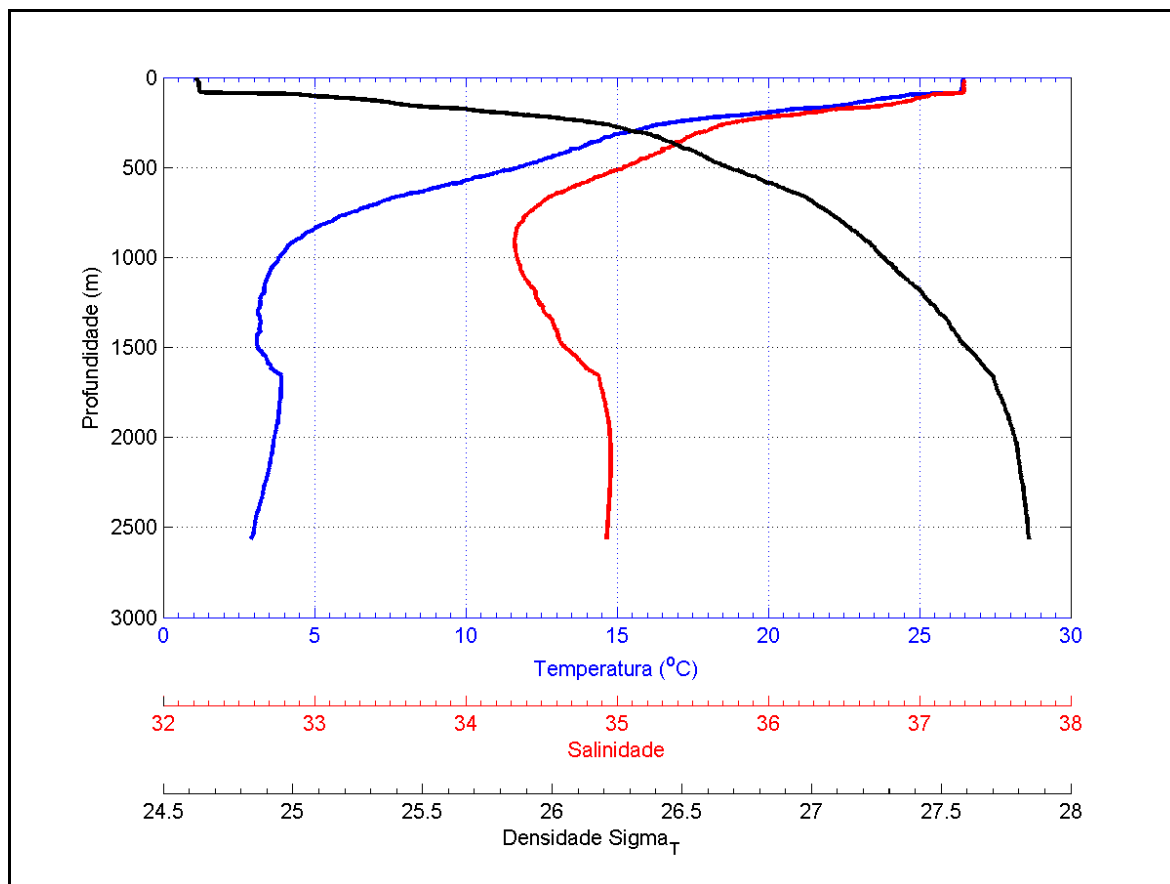
O Gráfico II.5.1.3-29 apresenta os perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade obtidos a partir dos dados do Cruzeiro A17. A densidade está expressa em σ_T e foi calculada a partir do polinômio apresentado em Fofonoff & Millard (UNESCO, 1983). As profundidades da termoclina, haloclina e picnoclina são aproximadamente 1.000, 1.300 e 1.800 m, respectivamente.



Fonte:ASA.

Gráfico II.5.1.3-29 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e σ_T para os dados obtidos no Cruzeiro WOCE A17 nas coordenadas 25,7962 °S e 35,2337° W em 3 de fevereiro de 1994

O Gráfico II.5.1.3-30 apresenta os perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade obtido a partir dos dados do Cruzeiro A23. A densidade está expressa em σ_T e foi calculada a partir do polinômio apresentado em Fofonoff & Millard (UNESCO, 1983). As profundidades da termoclina, haloclina e picnoclina são aproximadamente 1.000, 800 e 1.600 m, respectivamente.



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-30 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e sigmaT (σ_T) para os dados obtidos no Cruzeiro WOCE A23 nas coordenadas 26,2533 °S e 41,3442° W em 5 de maio de 1995

II.5.1.3.2 - Massas d'Água

A região de estudo é caracterizada por uma circulação oceânica formada por um conjunto de variadas massas d'água: Água Costeira (AC), Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água de Plataforma (AP), Água Intermediária Antártica (AIA) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN). Cada uma delas apresenta um índice termohalino característico, reflexo das condições ambientais do local de formação e, quando houver, dos processos de mistura sofridos até chegarem à região em estudo. A seguir segue uma breve caracterização das massas d'água presentes na região.

Água Costeira (AC)

Segundo Aseff (2006), a Água Costeira não apresenta um índice termohalino constante, pois suas características sofrem variações sazonais de acordo com os aportes continentais e com a

influência das águas de origem subantártica. As diferentes classificações dos índices termohalinos da AC são:

- $T > 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $S < 35$ (Emílsson, 1961; Miranda, 1982);
- $T = 24\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $S = 34,9$ (Castro Filho *et al.*, 1987);
- $T > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $S < 35,4$ (Aidar *et al.*, 1993).

Nesse estudo está sendo considerado o índice termohalino de Castro Filho *et al.* (1987).

Água Tropical (AT)

Massa de água quente e salina (com salinidade maior que 36), transportada superficialmente para o sul pela Corrente do Brasil. É formada em baixas latitudes por processos de intensa radiação e excesso de evaporação em relação à precipitação. Ao longo de seu deslocamento para o sul, perde sal e calor à medida que se mistura com outras massas. Geralmente é encontrada no talude, mas pode ocupar a plataforma média e externa durante o verão. (Aseff, 2006). Seguem exemplos de classificação termohalina da AT:

- $T > 20^{\circ}\text{C}$ e $S > 36$ (Emílsson, 1961; Miranda, 1982);
- $T = 24^{\circ}\text{C}$ e $S = 37$ (Castro Filho *et al.*, 1987);
- $T > 20^{\circ}\text{C}$ e $S > 36$ (Stramma & England, 1999).

Nesse estudo está sendo considerado o índice termohalino de Castro Filho *et al.* (1987).

Água Central do Atlântico Sul (ACAS)

Massa de água formada pela mistura da AT e ASA (Água Subantártica). Apresenta temperaturas um pouco menores e salinidade semelhante à AT. Na coluna d'água é encontrada imediatamente abaixo da AT (Aseff, 2006). Cirano *et al* (2006) afirma que sua formação acontece na zona de confluência da Corrente do Brasil com a Corrente das Malvinas, o que justifica sua salinidade. A seguir são apresentados exemplos de classificações termohalinas para ACAS:

- $10^{\circ} < T < 20^{\circ}\text{C}$ e $35 < S < 36$ (Sverdrup *et al.*, 1942; Emílsson, 1961; Miranda, 1982);
- $6\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $34,5 < S < 36$ (Aidar *et al.* 1993);
- $T = 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $S = 35,4$ (Castro Filho *et al.*, 1987);

- $6\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $34,6 < S < 36$ (Stramma & England, 1999).

Nesse estudo está sendo considerado o índice termohalino de Castro Filho *et al.* (1987).

Água de Plataforma (AP)

Água de grande influência do aporte continental sobre a plataforma, a AP é relativamente quente e salina (Aseff, *op.cit.*).

A classificação do índice termohalino da AP é dada por:

- $T > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $35 < S < 36$ (Emílsson, 1961; Miranda, 1982).

Água Intermediária Antártica (AIA)

Massa de água localizada imediatamente abaixo da ACAS. Apresenta-se como uma corrente de contorno oeste bem definida, que se move na direção do equador ao norte de $25\text{ }^{\circ}\text{S}$, fluindo para o sul em $28\text{ }^{\circ}\text{S}$. Esta bifurcação ocorre próximo à latitude de Santos, mas com eixo da divergência ocorrendo praticamente paralelo ao talude (Cirano *et al.*, 2006).

Stramma & England (1999), classificaram o índice termohalino da AIA como:

- $3\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $34,2 < S < 34,6$

Água Profunda do Atlântico Norte (APAN)

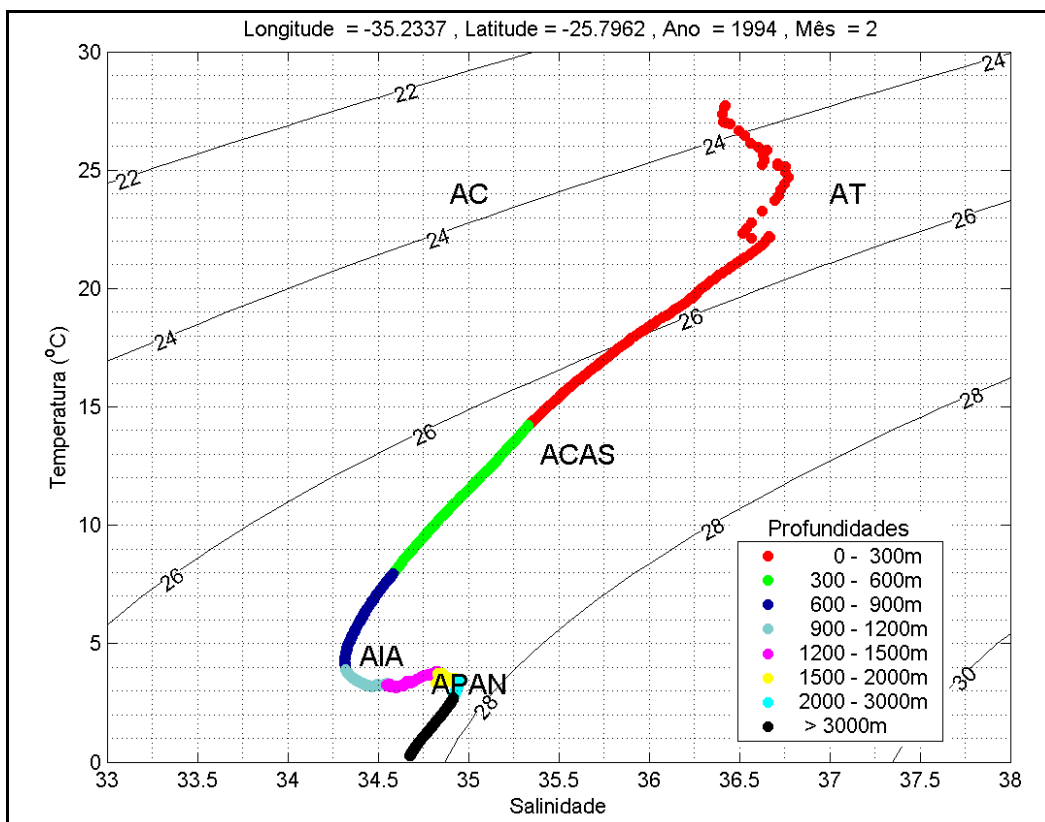
Transportada para sul pela Corrente de Contorno Profunda (Godoi, 2005) e situada logo abaixo da AIA é parte integrante da circulação termohalina. A APAN é caracterizada por valores de temperatura entre 3° e $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ e salinidades entre 34,6 e 35, ocupando níveis entre 1.500m e 3.000m ao longo do Sudeste Brasileiro (Silveira *et al.*, 2000 *apud* Cirano *et al.*, 2006). Apresenta-se com um fluxo organizado, fluindo para o sul ao longo do contorno oeste até cerca de $32\text{ }^{\circ}\text{S}$, onde pelo menos parte da corrente retorna em direção ao equador (Reid, 1989; Weatherly, 1993 *apud* Cirano *et al.*, 2006).

Stramma & England (1999) classificam o índice termohalino da APAN como:

$$3\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 4\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ e } 34,6 < S < 35,0$$

Os dados de temperatura e salinidade obtidos do projeto WOCE também permitiram analisar as massas d' água na região.

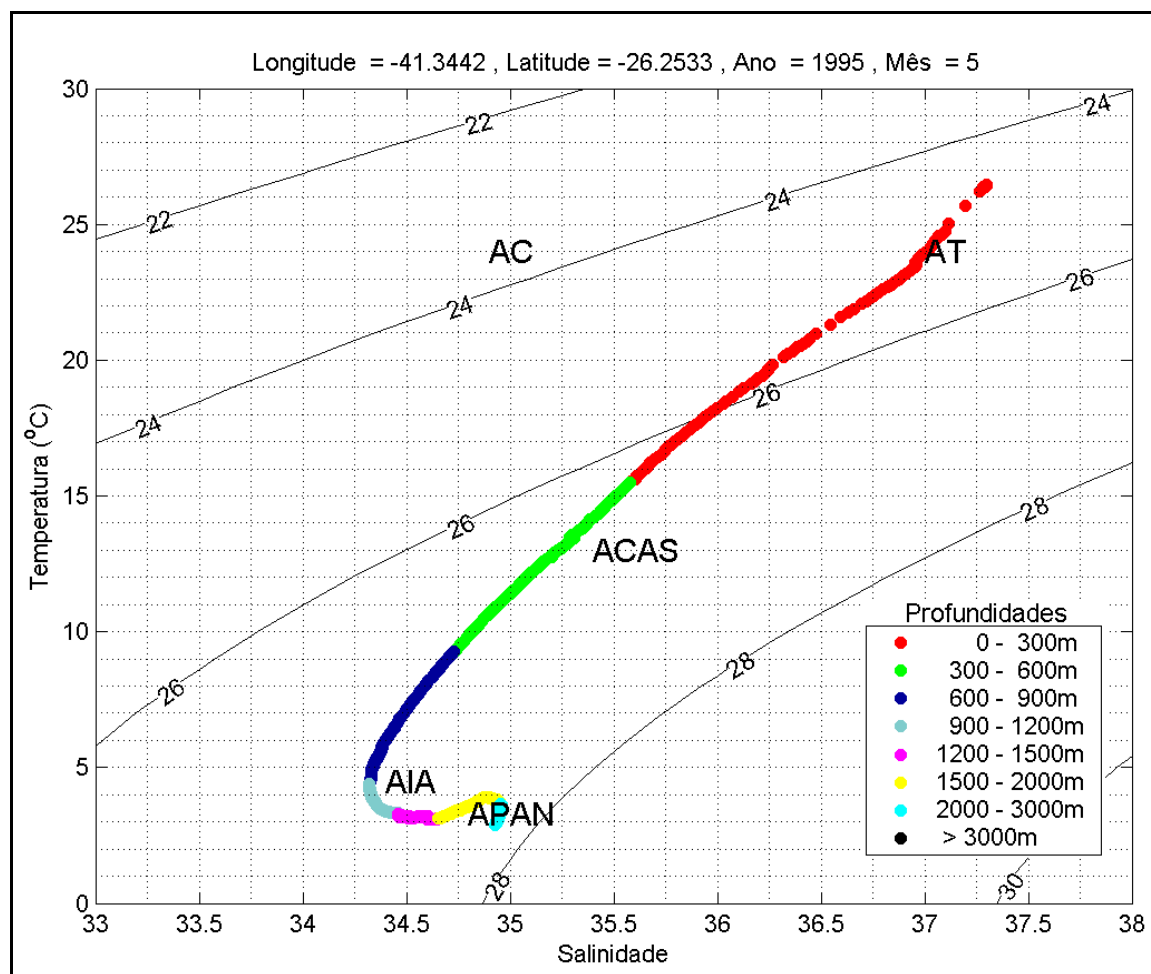
O Gráfico II.5.1.3-31 mostra o diagrama T-S espalhado construído a partir dos dados do Cruzeiro A17, sendo a profundidade obtida originalmente em dbares convertida em metros, e a maior profundidade amostrada foi de 4.218 m. Nesta figura são identificadas as principais massas de água presentes na região.



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-31 - Diagrama T-S espalhado, mostrando os pares de T-S característicos das massas d'água da costa leste/sudeste do Brasil. Dados obtidos no cruzeiro WOCE A17. As profundidades amostradas, em metros, são indicadas na legenda

O Gráfico II.5.1.3-32 mostra o diagrama T-S espalhado construído a partir dos dados do Cruzeiro A23 (Quadro II.5.1.3-1). A profundidade obtida originalmente em dbares foi convertida em metros e a maior profundidade amostrada foi de 2.562 m. Os índices termohalinos apresentados no diagrama do Gráfico II.5.1.3-32 foram adotados de acordo as classificações apresentadas anteriormente.



Fonte: ASA.

Gráfico II.5.1.3-32 - Diagrama T-S espalhado, mostrando os pares T-S característicos das massas d'água da costa leste/sudeste do Brasil, dados obtidos no cruzeiro WOCE A23. As profundidades amostradas, em metros, são indicadas na legenda

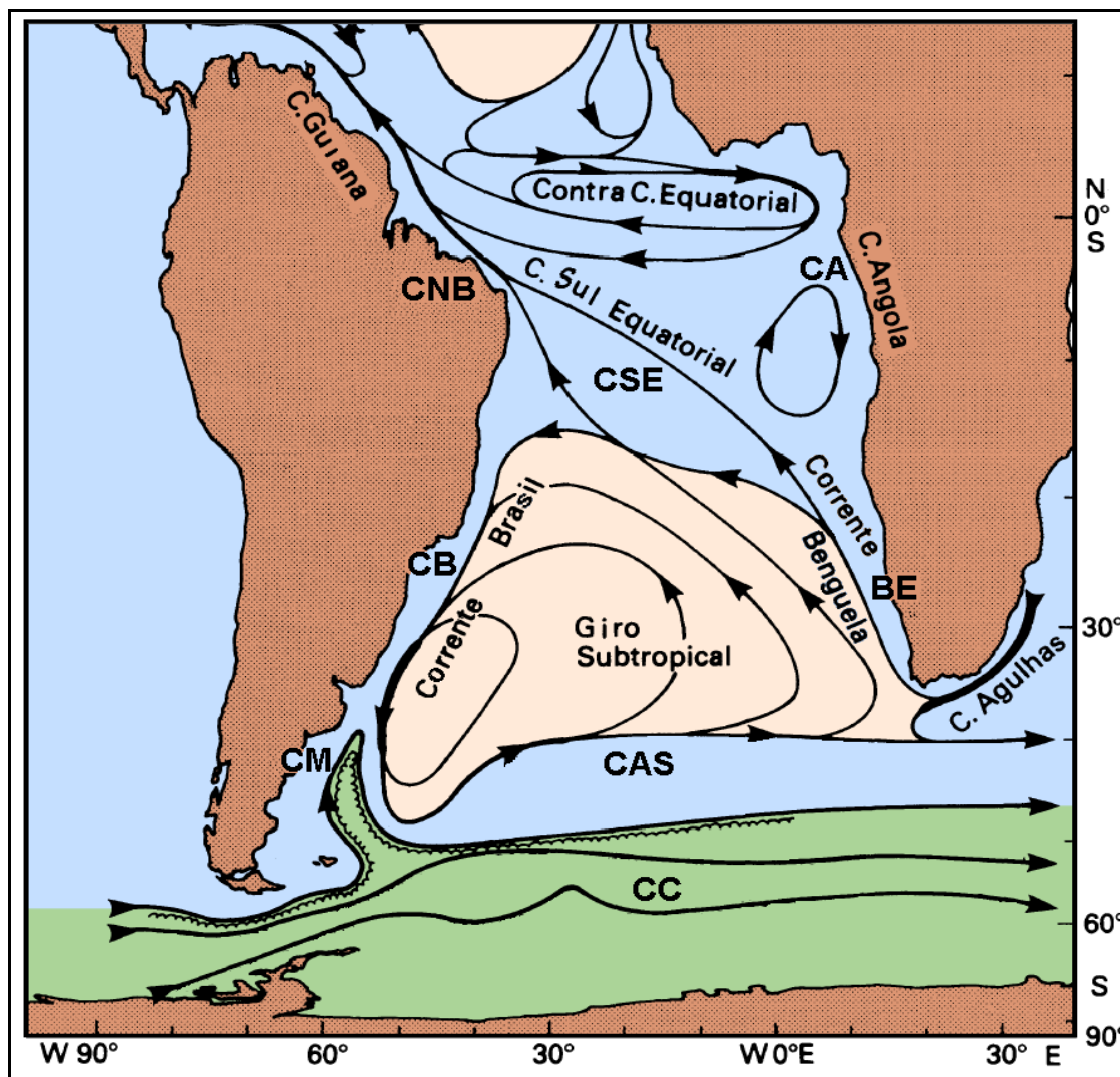
Comparando o Gráfico II.5.1.3-31 e o Gráfico II.5.1.3-32 observa-se, num primeiro momento, que em ambos os pontos, tanto no verão quanto no outono, as massas de água profundas (a partir de 300 m) apresentam-se constantes. Essas são águas formadas em superfície e que, após atingirem altas profundidades, mantêm suas características termohalinas, sendo então, bastante semelhantes em ambos os gráficos.

Para as águas superficiais, pode-se observar a influência atmosférica nos índices termohalinos. O Gráfico II.5.1.3-31 apresenta um ponto mais afastado da costa e amostras de verão (fevereiro). Nela verificam-se as altas temperaturas - valores acima de 27 °C - e salinidade máxima próxima de 36,5.

O Gráfico II.5.1.3-32, representa um ponto próximo à costa, porém em área fora de plataforma, dessa forma, não se observam influências de águas costeiras. Os dados foram coletados no outono (maio), assim, os valores apresentam menores temperaturas - máxima próxima de 26 °C - e um aumento na salinidade - próxima a 37,2 - o que indica o reflexo das condições atmosféricas de outono.

II.5.1.3.3 - Correntes

A Figura II.5.1.3-2 ilustra o Giro Subtropical do Atlântico Sul, que faz parte da circulação oceânica de larga escala que ocorre na região do Atlântico Sul. Este giro possui uma corrente de contorno oeste para sul, a Corrente do Brasil (CB), a qual se separa da costa na região da confluência com a Corrente das Malvinas (CM). A partir deste ponto, a Corrente do Brasil composta com a Corrente das Malvinas se afasta da costa e flui para leste como Corrente do Atlântico Sul (CAS). O giro no Atlântico é complementado pela Corrente de Benguela (BE), Corrente Sul Equatorial (CSE), fechando o circuito com a Corrente do Brasil para sul e a Corrente Norte do Brasil (CNB).

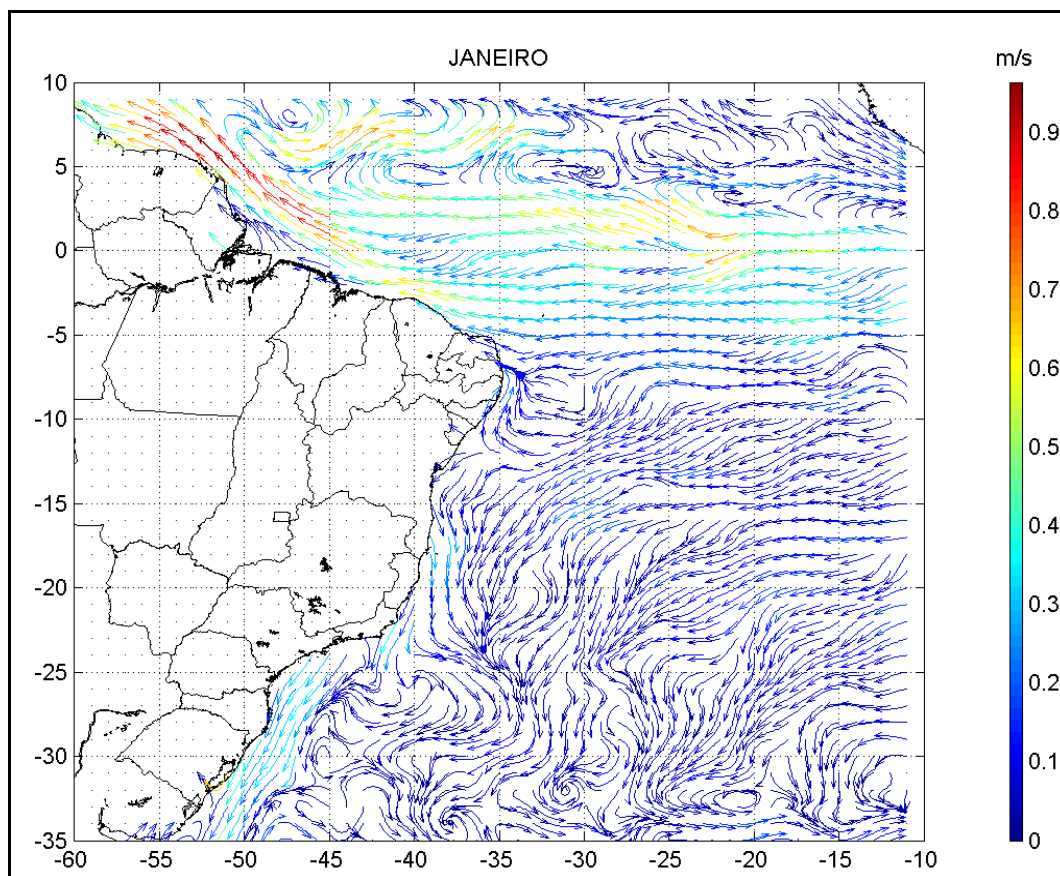


Fonte: Adaptado de Tomczak & Godfrey (1994).

Figura II.5.1.3-2 - Representação da circulação no Oceano Atlântico Sul, indicando as seguintes correntes oceânicas: Corrente Circumpolar (CC), Corrente do Atlântico Sul (CAS), Corrente de Benguela (BE), Corrente de Angola (CA), Corrente Sul Equatorial (CSE), Corrente do Brasil (CB) e Corrente das Malvinas (CM)

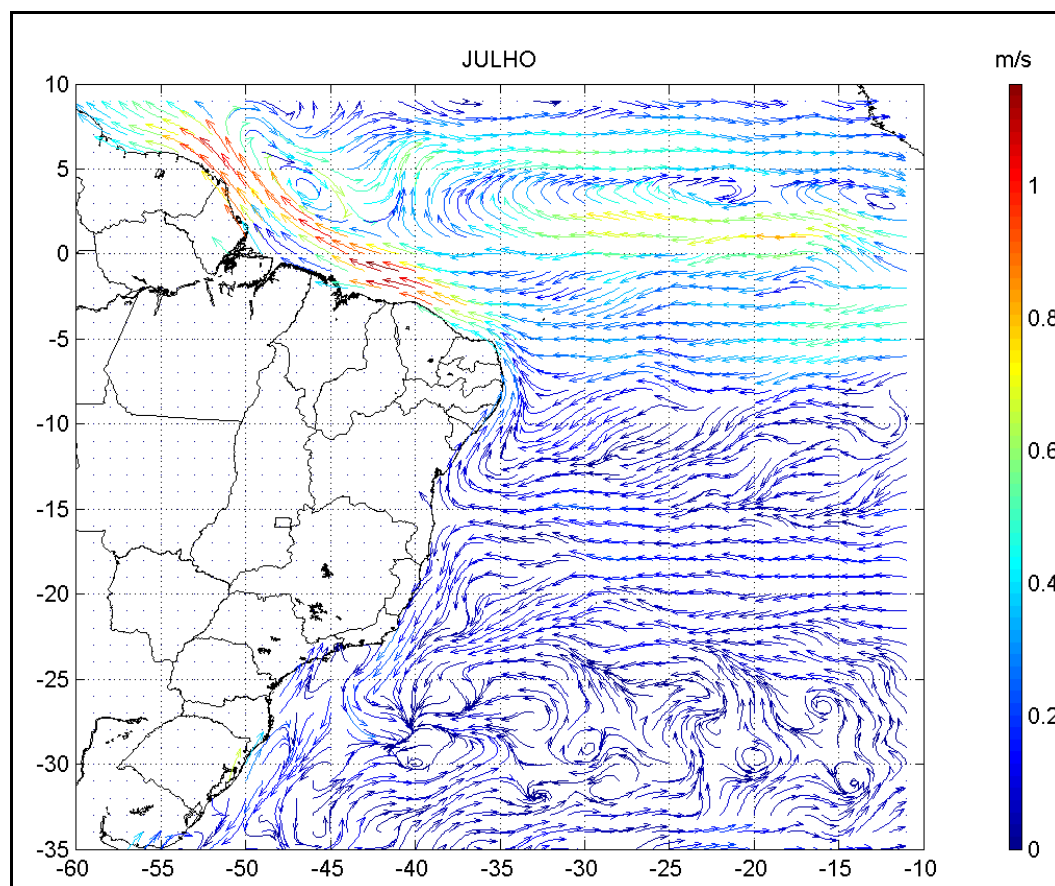
Na **Figura II.5.1.3-3** e na **Figura II.5.1.3-4** são apresentados os campos de correntes próximos à superfície, com resolução espacial de 1 grau, oriundos da decomposição dos dados de observação da circulação, registrada através de uma rede de bóias de deriva rastreadas por satélite (Lumpkin & Garraffo, 2005). Os campos apresentados são relativos às médias mensais no período de 1990 a 2004, para os meses de janeiro e julho, representativos de verão e inverno, respectivamente.

Com base nestas figuras observa-se a bifurcação da CSE ocorrendo entre 10 ° e 15 °S, originado a CNB e a CB. Na região costeira da Bacia de Santos há uma tendência de circulação em direção a sudoeste, no verão, e a nordeste, no inverno. Na região oceânica adjacente, prevalece o fluxo para sudoeste, associado à CB.



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-3 - Média mensal climática de janeiro da circulação próxima à superfície, oriunda da decomposição, na resolução espacial de 1 grau, dos dados de observação da circulação próxima à superfície, registrada através de uma rede de bóias de deriva rastreadas por satélite (Lumpkin & Garraffo, 2005)

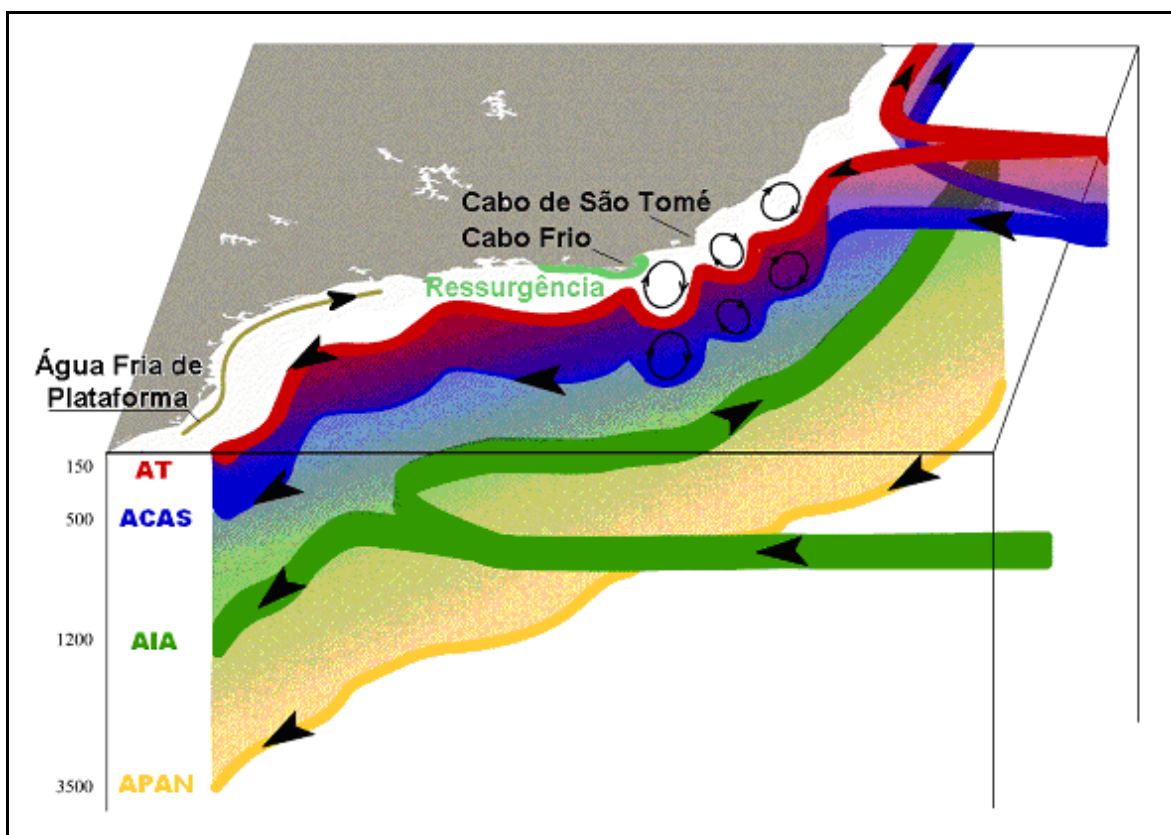


Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-4 - Média mensal climática de julho da circulação próxima à superfície, oriunda da decomposição, na resolução espacial de 1 grau, dos dados de observação da circulação próxima à superfície, registrada através de uma rede de bóias de deriva rastreadas por satélite (Lumpkin & Garraffo, 2005)

As primeiras medições diretas da CB foram feitas por Evans & Signorini (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. Segundo Godoi (2005), observações e experimentos numéricos revelam que a CB, fluindo ao largo do Sudeste Brasileiro, transporta AT e ACAS entre a superfície e níveis picnoclínicos. Subjacente a CB, a Corrente de Contorno Intermediária (CCI) transporta, em níveis subpicnoclínicos da coluna de água, predominantemente AIA. Neste contexto, nota-se, portanto, uma relação entre as referidas correntes de contorno oeste e correspondente estratificação de massas de água: o Sistema CB está associado com a estrutura das massas de água AT/ACAS-AIA. A Figura II.5.1.3-5 apresenta o Sistema Corrente do Brasil.

Na parte norte, acima do Cabo de São Tomé, a direção da corrente é para 180° , variando para 220° na região de Cabo Frio. Esta mudança afeta significativamente a CB, induzindo à formação de vórtices e meandros, como indicado na **Figura II.5.1.3-5**. Este meandramento da CB foi capturado por Signorini (1978), em sua análise de topografia dinâmica, e por Miranda & Castro (1979) em suas observações hidrográficas na região adjacente à Cabo Frio (23°S), ao longo de duas secções meridionais. Esta figura apresenta ainda, além da representação da circulação oceânica na região, as massas d'água a ela associadas.



Fonte: Godoi (2005).

Figura II.5.1.3-5 - Esquema da circulação oceânica na costa brasileira. As cores diferenciam as massas d'água existentes na região: Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN)

Gonçalves (2000) apresentou uma sequência de estudos com o objetivo de caracterizar a circulação da CB. Segundo este autor, o nível de movimento nulo para a região investigada foi de 700 m. Considerando este nível, o transporte de volume para a CB foi, em média, 5,5 Sv em 24°S e 16,0 Sv em 27°S .

II.5.1.3.3.1 - Dados de Correntes

As informações de correntes apresentadas, a seguir, foram obtidas junto ao Banco de Dados do WOCE e se referem a cruzeiros realizados na região sul da Bacia de Santos. A localização e período de coleta são apresentados no **Quadro II.5.1.3-2**.

Quadro II.5.1.3-2 - Coordenadas, profundidades de coleta e de lâmina d'água e datas das coletas dos dados de corrente do WOCE para a região sul da Bacia de Santos

CRUZEIRO	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)	PROFUNDIDADES	LÂMINA D'ÁGUA	DATA
WOCE ACM-12 BM/333	27,9020°	46,7040°	230, 475 e 680 m	1.179 m	3/jan/1991 a 26/nov/1992
WOCE ACM-12 BM/334	27,9850°	46,3380°	208, 470, 870, 1370 e 2140 m	2.187 m	3/jan/1991 a 26/nov/1992
WOCE ACM-12 BM/335	28,2690°	45,2250°	275, 515, 915, 1415, 2510 e 3215 m	3.258 m	4/jan/1991 a 26/nov/1992

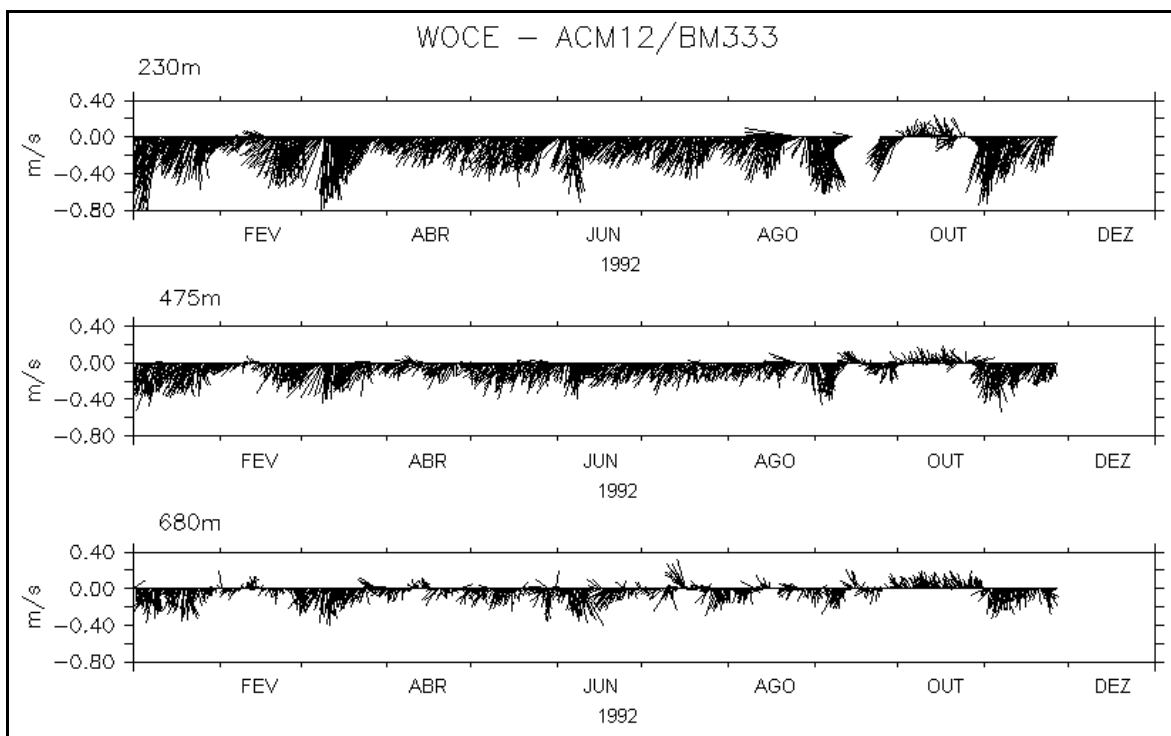
ACM-12 BM/333

A **Figura II.5.1.3-6** apresenta as séries temporais de intensidade e direção das correntes medidas em 1992 no fundeio BM/333 do experimento ACM12 do WOCE. Observa-se uma tendência de movimentação do fluxo para SW em todas as profundidades amostradas, com a intensidade diminuindo em direção ao fundo.

A **Figura II.5.1.3-7** apresenta os histogramas direcionais de corrente para os períodos de verão (janeiro a março de 1992) e inverno (junho a agosto de 1992) com base nos dados de corrente do fundeio BM/333 - WOCE, medidos a 230 m de profundidade. A direção apresentada refere-se ao norte geográfico. A intensidade é apresentada em (m/s) e a escala de cores representa a porcentagem de observações.

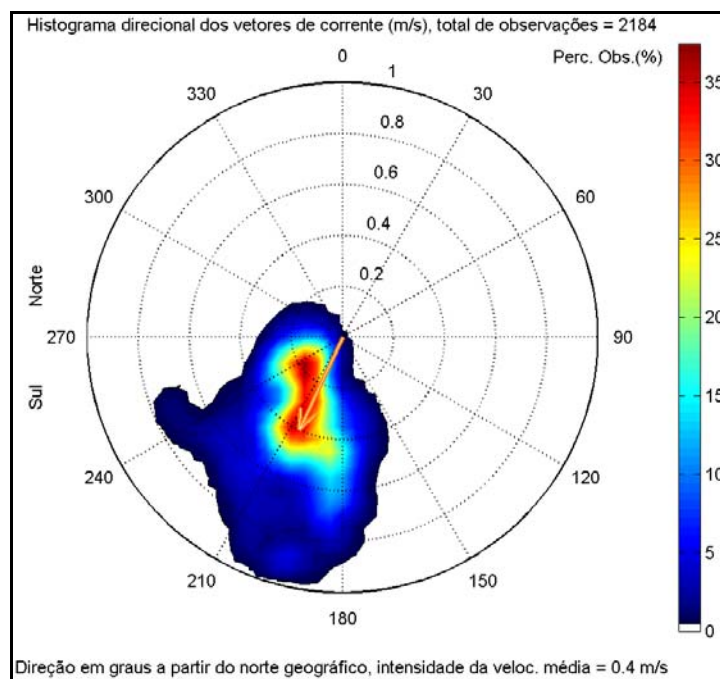
Verifica-se a predominância de correntes dos quadrantes SW e S em ambos os períodos, com maiores intensidades no verão. A velocidade média foi igual a 0,4 m/s no verão e a 0,3 m/s no inverno.

O **Quadro II.5.1.3-3** e o **Quadro II.5.1.3-4** apresentam os diagramas de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção (°) da corrente em BM/333 (WOCE/ACM12) nos períodos de verão (janeiro a março de 1992) e inverno (junho a agosto de 1992), respectivamente.



Fonte: ASA.

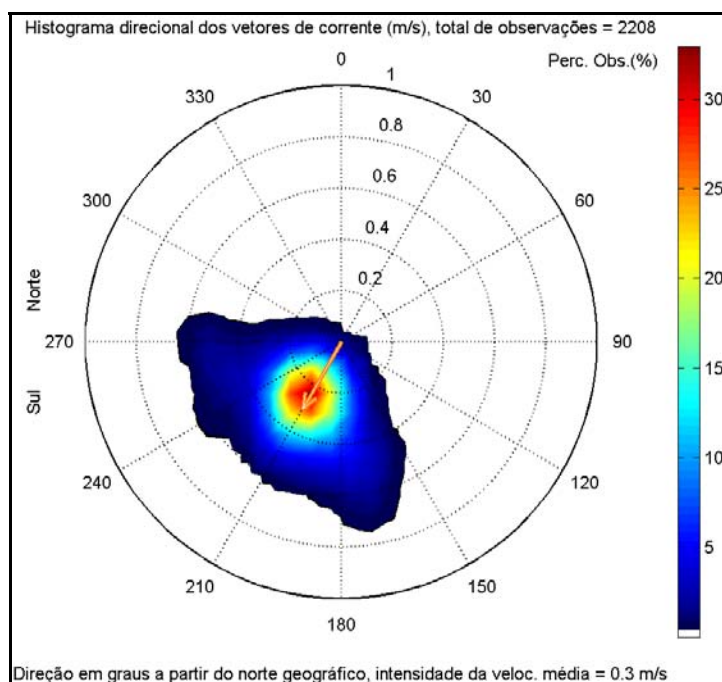
Figura II.5.1.3-6 - Séries temporais de intensidade e direção de corrente medidos em 3 profundidades (230, 475 e 680 m), em 1992, no fundeio BM/333 do experimento ACM12 do WOCE, reamostrados a cada 6h



(a) verão/1992

Coordenador:

Técnico:



(b) inverno/1992

Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-7 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundeio BM/333 do experimento ACM12 do WOCE, medidos a 230 m de profundidade para janeiro a março de 1992 (a) e junho a agosto de 1992 (b), dt=2h

O Quadro II.5.1.3-3 apresenta a distribuição de ocorrência conjunta de intensidades e direções da corrente medida no fundeio BM333 (WOCE) para o período de verão. Com base nesta, observa-se que as correntes mais frequentes são nas direções SSW (37%) e SW (24%). As correntes com velocidades médias máximas dirigiram-se para S (50,8 cm/s) e SSW (42,4 cm/s) e as correntes mais intensas registradas também fluíram em direção a S e SSW (89,7 cm/s). Do total de registros das correntes, 90% têm intensidades iguais ou inferiores a 70,0 cm/s, como indicam os percentis apresentados na tabela.

Quadro II.5.1.3-3 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (cm/s) e direção (°) da corrente em BM333 (WOCE/ACM12) no período de 1º de janeiro de 1992 a 31 de março de 1992, com intervalo de amostragem dt=2h

Obs.: a direção é medida em graus a partir do Norte geográfico, convenção vetorial.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.	Dir. méd.
0,0- 5,0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	6	4	3	2	0	0	17	0,8	242
5,0-10,0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	15	5	8	3	0	0	37	1,7	240
10,0-15,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	30	40	8	10	0	0	93	4,3	244
15,0-20,0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	20	79	50	15	4	0	0	171	7,9	233
20,0-25,0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	49	84	63	17	2	0	0	224	10,4	229
25,0-30,0	0	0	0	0	0	0	0	1	24	100	46	43	3	0	0	0	217	10,0	214
30,0-35,0	0	0	0	0	0	0	0	5	27	97	40	25	0	0	0	0	194	9,0	208
35,0-40,0	0	0	0	0	0	0	0	3	34	106	34	11	0	0	0	0	188	8,7	205
40,0-45,0	0	0	0	0	0	0	0	5	72	140	60	1	0	0	0	0	278	12,9	202
45,0-50,0	0	0	0	0	0	0	0	2	75	85	35	2	0	0	0	0	199	9,2	198
50,0-55,0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	55	20	3	0	0	0	0	131	6,1	199
55,0-60,0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	36	12	4	0	0	0	0	98	4,5	198
60,0-65,0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	17	29	1	0	0	0	0	91	4,2	200
65,0-70,0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	13	20	4	0	0	0	0	78	3,6	200
70,0-75,0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	23	6	14	0	0	0	0	64	3,0	208
75,0-80,0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	14	1	1	0	0	0	0	32	1,5	196
80,0-85,0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	11	1	0	0	0	0	0	18	0,8	195
85,0-90,0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	24	1	0	0	0	0	0	33	1,5	196
Total	0	0	0	0	0	0	0	17	481	800	519	271	54	21	0	0	2163		
Porc.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	22,2	37,0	24,0	12,5	2,5	1,0	0,0	0,0			
Vel. méd.								37,6	50,8	42,4	33,3	26,4	16,8	12,7					
Vel. máx.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	49,6	89,7	89,7	85,9	75,8	26,2	21,2	0,0	0,0			
Percts.(0,9)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,0	70,0	65,0	60,0	47,0	20,0	17,0					

Fonte: ASA.

O **Quadro II.5.1.3-4** apresenta a distribuição de ocorrência conjunta de intensidades e direções da corrente medida no fundeio BM333 (WOCE) para o período de inverno. Observa-se que as correntes mais frequentes são nas direções SW (32,9%) e SSW (32,4%). As correntes com velocidades médias máximas foram em direção a W (38,6 cm/s) e S (34,4 cm/s) e as correntes mais intensas registradas fluíram para S (69,9 cm/s) e SSE (67,4 cm/s). Do total de registros das correntes, 90% têm intensidades iguais ou inferiores a 60,0 cm/s, como indicam os percentis apresentados na tabela.

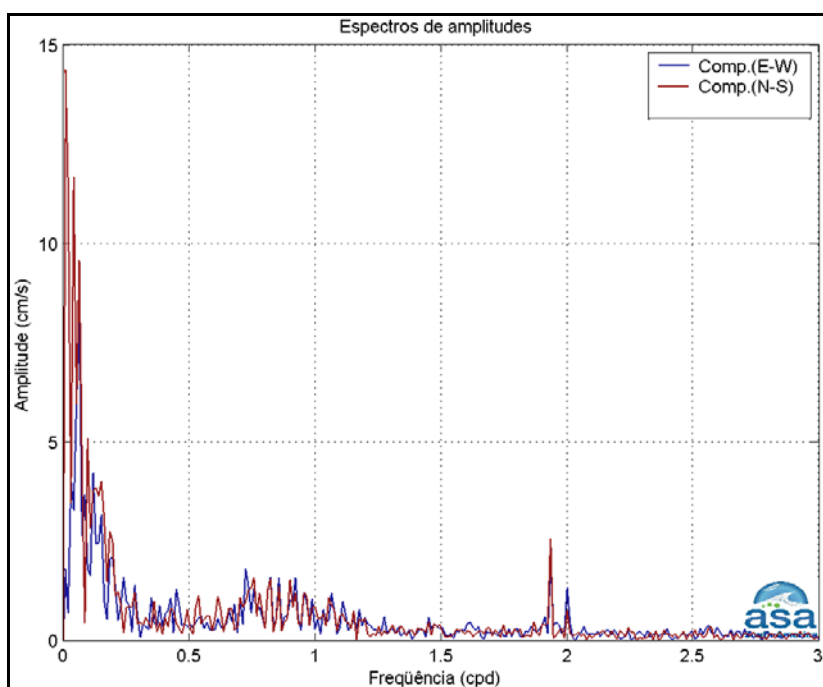
Quadro II.5.1.3-4 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (cm/s) e direção (°) da corrente em BM333 (WOCE/ACM12) no período de 1º de junho de 1992 a 31 de agosto de 1992, com intervalo de amostragem dt=2h

Obs.: a direção é medida em graus a partir do Norte geográfico, convenção vetorial.

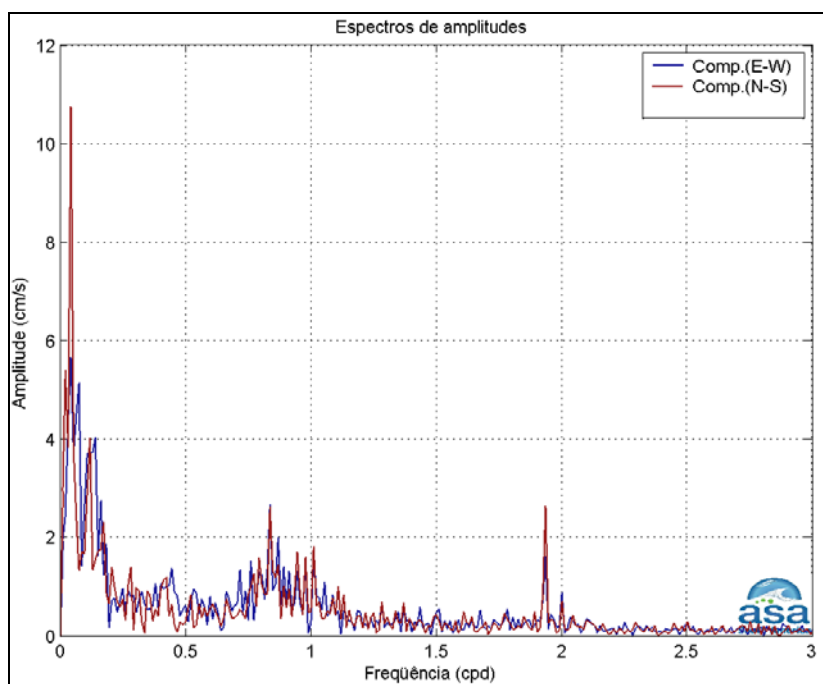
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.	Dir. méd.
0.0- 5.0	0	0	0	0	0	4	2	4	4	6	6	0	1	1	0	0	28	1.3	185
5.0-10.0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	14	20	1	4	0	0	0	47	2.1	215
10.0-15.0	0	0	0	0	0	0	0	2	15	36	41	15	3	0	0	0	112	5.1	216
15.0-20.0	0	0	0	0	0	0	0	3	32	62	96	27	4	0	0	0	224	10.1	215
20.0-25.0	0	0	0	0	0	0	0	2	50	142	187	43	6	0	0	0	430	19.5	216
25.0-30.0	0	0	0	0	0	0	0	2	68	131	154	27	4	0	0	0	386	17.5	211
30.0-35.0	0	0	0	0	0	0	0	2	46	126	107	27	8	0	0	0	316	14.3	211
35.0-40.0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	87	62	12	5	0	0	0	216	9.8	206
40.0-45.0	0	0	0	0	0	0	0	13	50	40	34	17	2	0	0	0	156	7.1	203
45.0-50.0	0	0	0	0	0	0	0	14	45	61	16	26	15	0	0	0	177	8.0	207
50.0-55.0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	9	1	8	11	0	0	0	53	2.4	210
55.0-60.0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	2	1	13	0	0	0	31	1.4	221
60.0-65.0	0	0	0	0	0	0	0	6	12	0	1	2	0	0	0	0	21	1.0	180
65.0-70.0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0	3	0	0	0	0	10	0.5	189
Total	0	0	0	0	0	4	2	54	420	714	727	209	76	1	0	0	2207		
Porc.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	2.4	19.0	32.4	32.9	9.5	3.4	0.0	0.0	0.0			
Vel. méd.						3.0	3.1	38.3	34.4	29.0	26.2	30.8	38.6	2.6					
Vel. máx.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	4.3	67.4	69.9	52.2	61.4	65.6	58.1	2.6	0.0	0.0			
Percts.(0,9)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0	50.0	40.0	35.0	45.0	55.0	0.0					

Fonte: ASA.

A **Figura II.5.1.3-8** apresenta os espectros de amplitudes das correntes para os dados do fundeio BM/333. A análise destes espectros mostra que não existe diferença significativa entre os períodos de verão e inverno. As variações da corrente são inferiores a 15 cm/s; as maiores intensidades ocorrem na baixa frequência, havendo também uma leve influência de oscilação de maré.



(a) verão/1992

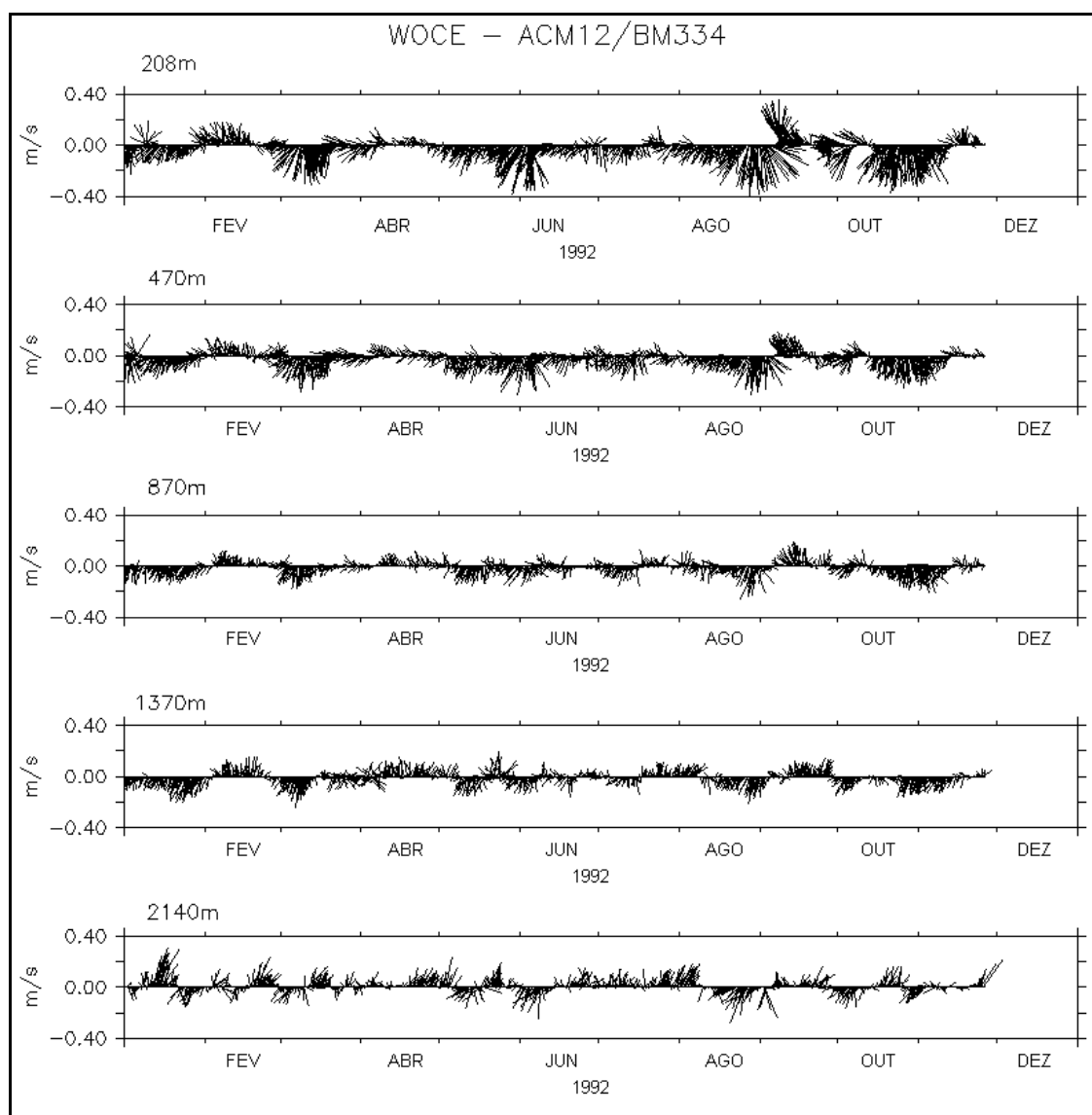


(b) inverno/1992

Fonte: ASA.ACM-12 BM/334

Figura II.5.1.3-8 - Espectro de amplitudes (cm/s) da corrente registrada no fundeio BM/333 do experimento ACM12 do WOCE, medida a 230 m de profundidade no período de janeiro a março de 1992 (a) e junho a agosto de 1992 (b), dt=2h

A Figura II.5.1.3-9 apresenta as séries temporais de intensidade e direção das correntes medidas em 1992 no fundeio BM/334 do experimento ACM12 do WOCE. Observa-se uma tendência de movimentação para SSW nas camadas superficiais e intermediárias. Próximo ao fundo (2.140 m), aumenta a tendência de movimento em direção à NNE.



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-9 - Séries temporais de intensidade e direção da correntes medidas em 3 profundidades (208, 470, 870, 1.370 e 2.140 m), em 1992, no fundeio BM/334 do experimento ACM12 do WOCE, reamostrados a cada 6h

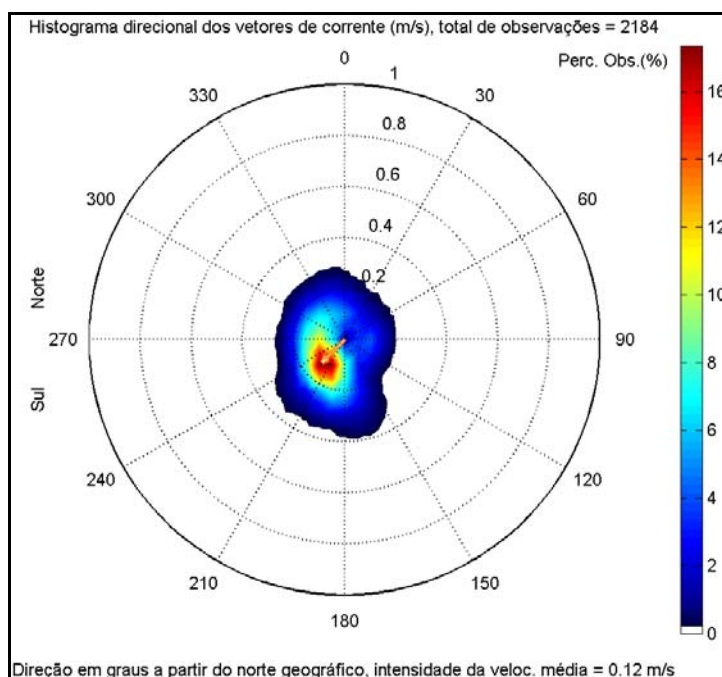
A **Figura II.5.1.3-10** apresenta os histogramas direcionais para os períodos de verão (janeiro a março de 1992) e inverno (junho a agosto de 1992) com base nos dados de corrente do fundeio BM/334 (WOCE). A direção apresentada refere-se ao norte geográfico. A intensidade é apresentada em (m/s) e a escala de cores representa a porcentagem de observações.

Verifica-se a predominância de correntes nos quadrantes SW e S, para ambos os períodos. A velocidade média foi igual a 0,12 m/s no verão e a 0,13 m/s no inverno.

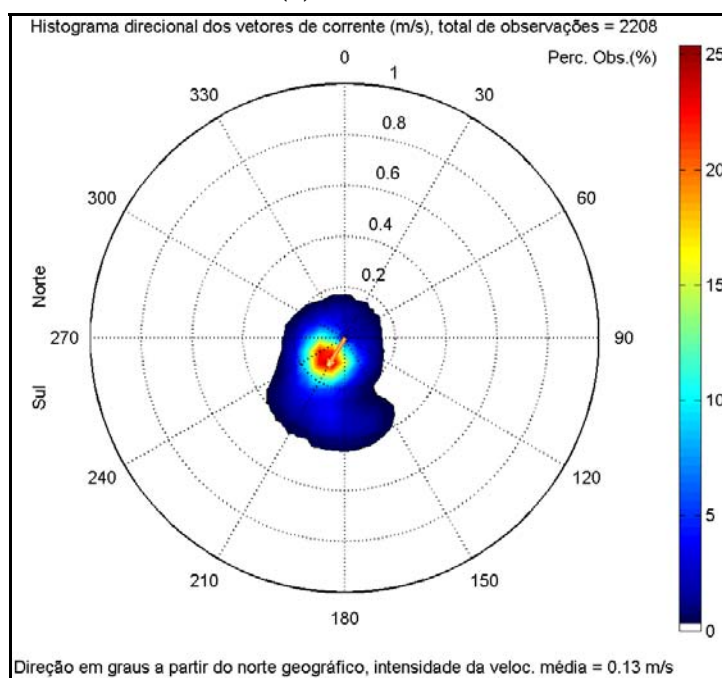
O **Quadro II.5.1.3-5** apresenta a distribuição de ocorrência conjunta de intensidades e direções da corrente no fundeio BM334 (WOCE) para o período de verão. Observa-se que as correntes mais frequentes são nas direções SW (17,4%) e SSW (15,4%). As correntes com velocidades médias máximas dirigiram-se para S (17,6 cm/s) e SSE (17,1 cm/s) e as correntes mais intensas registradas também foram em direção a SSE (33,7 cm/s) e S (33,4 cm/s). Do total de registros das correntes, 90% têm intensidades iguais ou inferiores a 30,4 cm/s, como indicam os percentis apresentados na tabela.

O

Quadro II.5.1.3-6 apresenta a distribuição de ocorrência conjunta de intensidades e direções da corrente no fundeio BM334 (WOCE) para o período de inverno. Observa-se que as correntes mais frequentes são nas direções SW (25,4%) e SSW (23,0%). As correntes com velocidades médias máximas fluíram para S (18,9 cm/s) e SSE (15,5 cm/s); e as correntes mais intensas registradas também foram em direção a SSE (41,2 cm/s) e S (40,9 cm/s). Do total de registros das correntes, 90% têm intensidades iguais ou inferiores a 34 cm/s, como indicam os percentis apresentados nos quadros.



(a) verão/1992



(b) inverno/1992

Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-10 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundeio BM/334 do experimento ACM12 do WOCE, medidos a 208 m de profundidade para janeiro a março de 1992 (a) e junho a agosto de 1992 (b), dt=2h

Quadro II.5.1.3-5 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (cm/s) e direção (°) da corrente em BM334 (WOCE/ACM12) no período de 1º de janeiro de 1992 a 31 de março de 1992, com intervalo de amostragem dt=2h

Obs.: a direção é medida em graus a partir do Norte geográfico, convenção vetorial.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.	Dir. méd.
0,0- 2,0	8	10	6	15	20	15	4	10	13	17	11	4	4	8	24	18	187	8,6	46
2,0- 4,0	7	3	7	6	11	1	6	0	6	6	6	9	3	6	10	10	97	4,4	329
4,0- 6,0	6	7	10	5	4	3	6	1	5	7	15	6	7	13	8	12	115	5,3	301
6,0- 8,0	6	9	8	9	10	7	6	0	8	22	16	19	15	5	6	15	161	7,4	247
8,0-10,0	6	7	1	7	13	13	4	4	7	22	31	25	20	15	17	9	201	9,2	244
10,0-12,0	10	12	5	7	8	16	5	2	12	35	51	27	20	23	8	17	258	11,8	244
12,0-14,0	15	4	1	4	3	2	4	6	16	58	76	27	21	27	21	12	297	13,6	240
14,0-16,0	5	1	2	5	4	2	3	7	19	40	63	35	18	28	25	5	262	12,0	240
16,0-18,0	6	1	3	1	0	0	0	4	29	26	40	17	25	15	10	16	193	8,8	242
18,0-20,0	3	1	0	0	0	0	0	3	20	25	29	11	9	10	7	8	126	5,8	231
20,0-22,0	2	0	0	0	0	0	0	4	34	28	9	6	1	3	3	6	96	4,4	205
22,0-24,0	1	0	0	0	0	0	0	4	21	15	9	4	0	0	3	4	61	2,8	205
24,0-26,0	1	0	0	0	0	0	0	4	22	16	8	0	0	0	1	1	53	2,4	193
26,0-28,0	0	0	0	0	0	0	0	4	10	9	5	0	0	0	0	0	28	1,3	190
28,0-30,0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	10	10	0	0	0	0	0	28	1,3	203
30,0-32,0	0	0	0	0	0	0	0	3	8	0	0	0	0	0	0	0	11	0,5	172
32,0-34,0	0	0	0	0	0	0	0	6	4	0	0	0	0	0	0	0	10	0,5	168
Total	76	55	43	59	73	59	38	63	241	336	379	190	143	153	143	133	2184		
Porc.	3,5	2,5	2,0	2,7	3,3	2,7	1,7	2,9	11,0	15,4	17,4	8,7	6,5	7,0	6,5	6,1			
Vel. méd.	10,2	7,6	6,7	6,9	6,1	7,3	7,3	17,1	17,6	14,6	13,8	12,1	11,9	11,6	10,3	10,3			
Vel. máx.	24,1	19,7	17,4	16,5	14,5	15,6	14,8	33,7	33,4	29,6	29,6	23,8	20,3	20,9	24,1	24,6			
Percts.(0,9)	16,0	12,0	14,0	13,2	10,4	10,0	12,0	30,4	26,0	24,0	20,0	18,0	16,0	16,0	16,4	18,0			

Fonte: ASA.

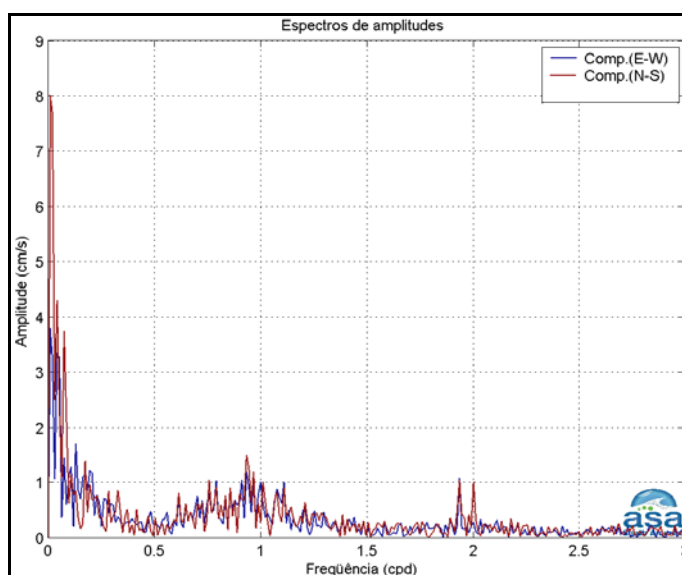
Quadro II.5.1.3-6 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (cm/s) e direção (°) da corrente em BM334 (WOCE/ACM12) no período de 1º de junho de 1992 a 31 de agosto de 1992, com intervalo de amostragem dt=2h

Obs.: a direção é medida em graus a partir do Norte geográfico, convenção vetorial.

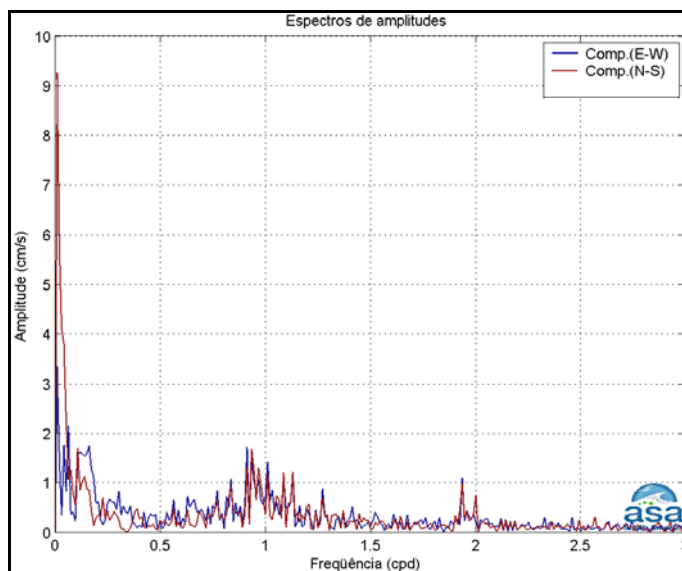
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.	Dir. méd.
0,0- 2,0	9	1	3	2	6	4	4	11	15	29	23	30	20	10	9	5	181	8,2	231
2,0- 4,0	6	2	3	3	0	2	4	11	10	24	41	27	12	6	6	4	161	7,3	230
4,0- 6,0	3	2	1	3	7	3	4	5	12	32	47	24	17	7	10	4	181	8,2	227
6,0- 8,0	11	5	0	5	0	5	11	7	17	39	42	25	26	10	4	9	216	9,8	228
8,0-10,0	3	2	5	6	2	7	5	18	23	47	61	31	22	5	7	6	250	11,3	218
10,0-12,0	4	0	0	0	0	0	4	14	18	56	66	37	19	9	4	1	232	10,5	223
12,0-14,0	0	0	0	0	0	0	5	12	28	66	58	56	20	7	3	0	255	11,5	221
14,0-16,0	2	0	0	0	0	0	1	7	21	48	58	34	14	6	2	1	194	8,8	223
16,0-18,0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	31	35	19	6	1	0	0	100	4,5	221
18,0-20,0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	19	19	8	2	0	0	0	49	2,2	222
20,0-22,0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	11	24	6	0	0	0	0	48	2,2	216
22,0-24,0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	11	20	5	0	0	0	0	45	2,0	213
24,0-26,0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	16	10	1	0	0	0	0	35	1,6	205
26,0-28,0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	12	6	0	0	0	0	0	24	1,1	198
28,0-30,0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	13	16	0	0	0	0	0	39	1,8	203
30,0-32,0	0	0	0	0	0	0	0	3	10	16	14	0	0	0	0	0	43	1,9	201
32,0-34,0	0	0	0	0	0	0	0	11	20	16	12	0	0	0	0	0	59	2,7	191
34,0-36,0	0	0	0	0	0	0	0	11	31	9	0	0	0	0	0	0	51	2,3	181
36,0-38,0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	8	6	0	0	0	0	0	23	1,0	195
38,0-40,0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	4	3	0	0	0	0	0	14	0,6	194
40,0-42,0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	1	0	0	0	0	0	0	8	0,4	176
Total	38	12	12	19	15	21	38	121	266	508	561	303	158	61	45	30	2208		
Porc.	1,7	0,5	0,5	0,9	0,7	1,0	1,7	5,5	12,0	23,0	25,4	13,7	7,2	2,8	2,0	1,4			
Vel. méd.	5,8	5,6	5,0	6,2	4,1	6,0	7,4	15,5	18,9	14,6	13,3	10,1	8,4	7,7	6,2	6,1			
Vel. máx.	14,8	9,5	9,8	9,8	9,5	9,8	15,9	41,2	40,9	40,3	39,8	24,4	18,3	16,5	14,8	15,6			
Percts.(0,9)	10,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	12,0	34,0	34,0	30,0	26,0	16,0	14,0	14,0	12,0	8,0			

Fonte: ASA.

A Figura II.5.1.3-11 apresenta os espectros de amplitudes das correntes para os dados do fundeio BM/334. A análise destes espectros mostra que não existe diferença significativa entre os períodos de verão e inverno. As variações da corrente são inferiores a 10 cm/s; as maiores intensidades ocorrem na baixa frequência, havendo também uma leve influência de oscilação de maré.



(a) verão/1992



(b) inverno/1992

Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-11 - Espectros de amplitudes (cm/s) da corrente registrada no fundeio BM/334 do experimento ACM12 do WOCE, medidos a 208 m de profundidade no período de janeiro a março de 1992 (a) e junho a agosto de 1992 (b), dt=2h

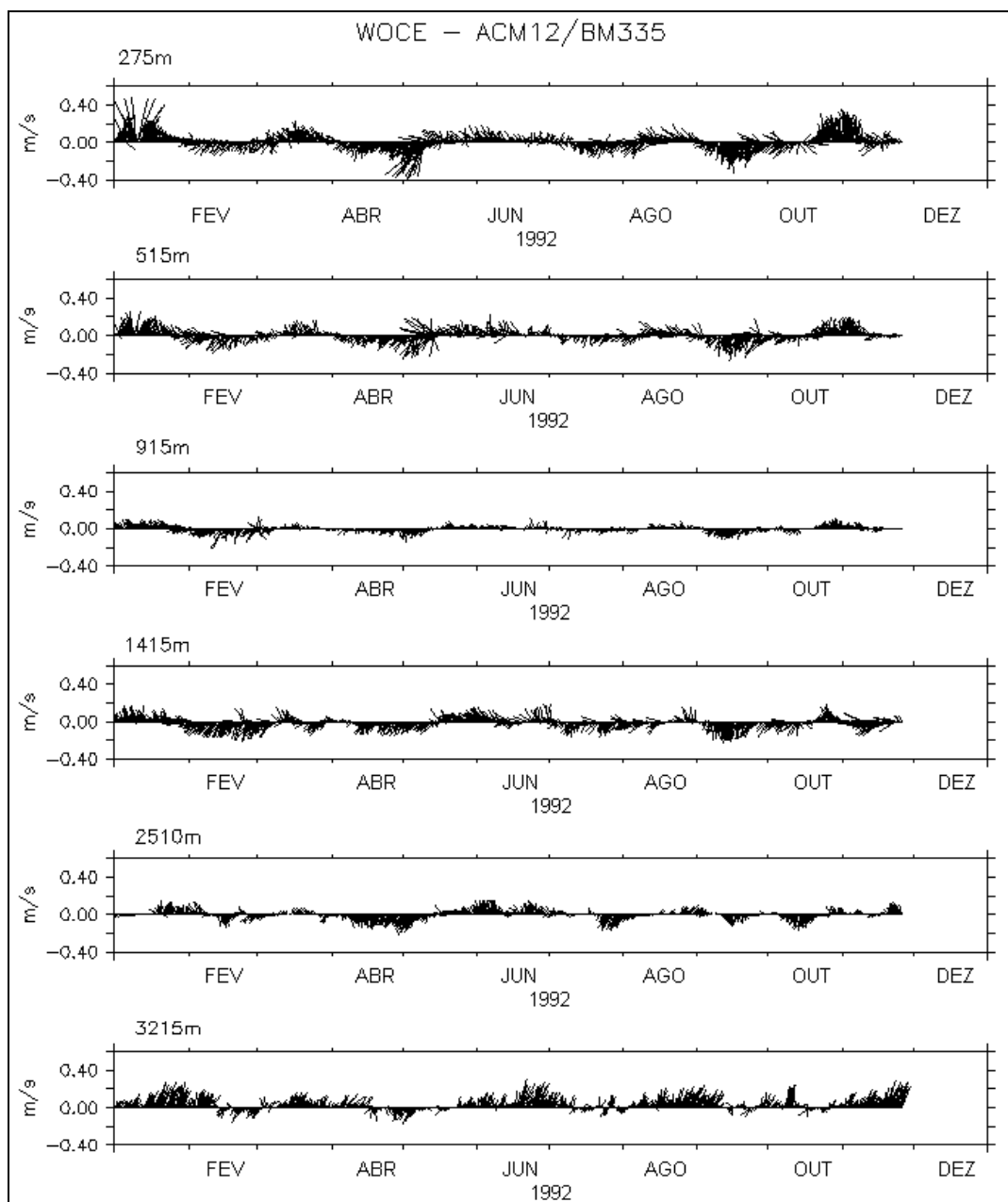
ACM-12 BM/335

A **Figura II.5.1.3-12** apresenta as séries temporais da intensidade e direção das correntes medidas em 1992 no fundeio BM/335 do experimento ACM12 do WOCE. Observa-se uma tendência de movimentação nas direções NW e SW nas camadas superficiais e intermediárias. Próximo ao fundo (3.215 m), a tendência é de movimento em direção à NNE.

A **Figura II.5.1.3-13** apresenta os histogramas direcionais para os períodos de verão e inverno de 1992 com base nos dados de corrente do fundeio BM/335 (WOCE). De acordo com estes, verifica-se a predominância de correntes no quadrante W.

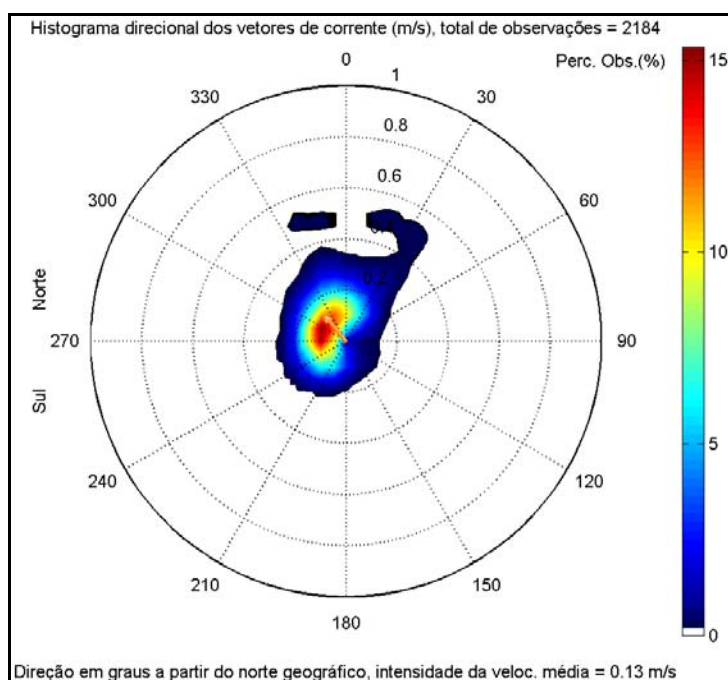
O **Quadro II.5.1.3-7** e o **Quadro II.5.1.3-8** apresentam os diagramas de ocorrência conjunta de intensidade e direção da corrente BM335 para o verão e para o inverno, respectivamente. Esta análise indica correntes mais frequentes no quadrante W para ambos os períodos, com máximos no quadrante N durante o verão.

A **Figura II.5.1.3-14** apresenta os espectros de amplitudes das correntes para os dados do fundeio BM/335. A análise destes espectros mostra que não existe diferença significativa entre os períodos de verão e inverno. As variações da corrente são inferiores a 12 cm/s; as maiores intensidades ocorrem na baixa frequência, havendo também uma leve influência de oscilação de maré.

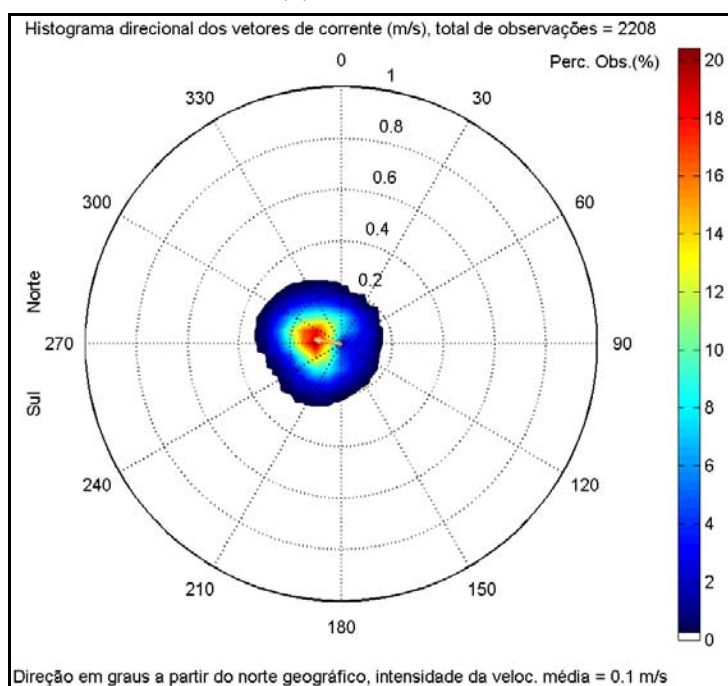


Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-12 - Séries temporais de intensidade e direção das correntes medidas em 3 profundidades (275, 515, 915, 1.415, 2.510 e 3.215 m), em 1992, no fundeio BM/335 do experimento ACM12 do WOCE, reamostrados a cada 6h



(a) verão/1992



(b) inverno/1992

Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-13 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundo BM/335 do experimento ACM12 do WOCE, medidos a 275 m de profundidade para janeiro a março de 1992 (a) e junho a agosto de 1992 (b), dt=2h

Quadro II.5.1.3-7 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (cm/s) e direção (°) da corrente em BM335 (WOCE/ACM12) no período de 1º de janeiro de 1992 a 31 de março de 1992, com intervalo de amostragem dt=2h

Obs.: a direção é medida em graus a partir do Norte geográfico, convenção vetorial.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.	Dir. méd.
0,0- 2,0	3	2	2	0	2	0	1	1	3	5	16	10	10	16	8	5	84	3,8	271
2,0- 4,0	5	6	3	2	2	0	1	4	4	10	26	25	17	36	12	7	160	7,3	267
4,0- 6,0	11	5	3	1	1	1	1	4	5	10	20	20	19	35	16	10	162	7,4	277
6,0- 8,0	8	8	3	1	0	0	2	2	6	7	26	29	35	40	23	17	207	9,5	279
8,0-10,0	22	16	5	1	2	0	0	0	4	22	21	20	34	42	33	31	253	11,6	294
10,0-12,0	20	25	13	0	0	2	0	1	4	17	22	13	48	48	25	40	278	12,7	302
12,0-14,0	17	31	4	0	1	0	1	0	0	12	35	26	25	45	37	35	269	12,3	299
14,0-16,0	22	21	1	0	0	0	1	1	2	6	16	22	27	27	34	36	216	9,9	305
16,0-18,0	22	11	2	0	0	0	0	0	1	2	17	17	16	27	20	34	169	7,7	307
18,0-20,0	21	9	1	1	0	0	0	0	11	0	7	12	11	13	29	36	140	6,4	319
20,0-22,0	14	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3	18	14	56	2,6	328
22,0-24,0	12	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	18	45	2,1	343
24,0-26,0	11	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	12	41	1,9	360
26,0-28,0	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	22	1,0	2
28,0-30,0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	17	0,8	351
30,0-32,0	1	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	13	0,6	11
32,0-34,0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	0,2	351
34,0-36,0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0,1	9
38,0-40,0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0,1	7
40,0-42,0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0	37
42,0-44,0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,1	35
44,0-46,0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0,1	3
46,0-48,0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	0,4	5
48,0-50,0	5	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	19	0,9	14
50,0-52,0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	0,5	356
Total	206	178	59	6	8	3	7	13	29	91	207	195	245	334	268	335	2184		
Porc.	9,4	8,2	2,7	0,3	0,4	0,1	0,3	0,6	1,3	4,2	9,5	8,9	11,2	15,3	12,3	15,3			
Vel. méd.	16,5	17,4	19,2	7,4	5,7	8,8	7,2	5,5	7,2	8,7	9,3	9,7	10,2	9,8	12,8	16,5			
Vel. máx.	50,2	51,1	49,3	18,8	13,4	11,4	14,5	14,7	16,5	16,8	20,6	20,3	20,6	22,6	25,8	52,0			
Percts.(0,9)	24,0	30,0	42,0	17,0	10,8	10,0	13,6	10,8	12,4	12,0	16,0	16,0	16,0	16,0	20,0	26,0			

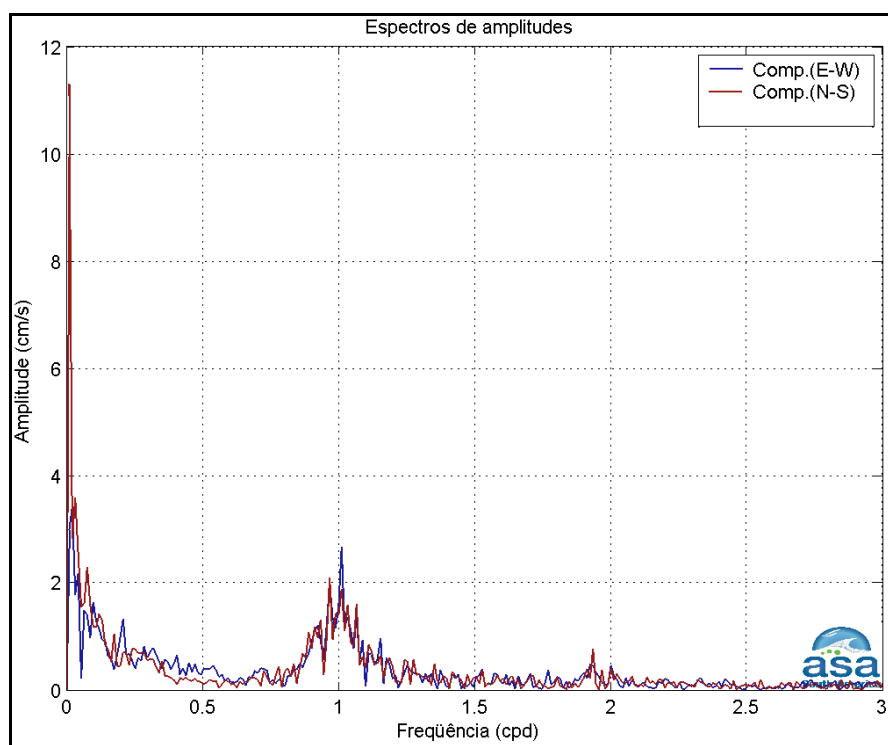
Fonte: ASA.

Quadro II.5.1.3-8 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (cm/s) e direção (°) da corrente em BM335 (WOCE/ACM12) no período de 1º de junho de 1992 a 31 de agosto de 1992, com intervalo de amostragem dt=2h

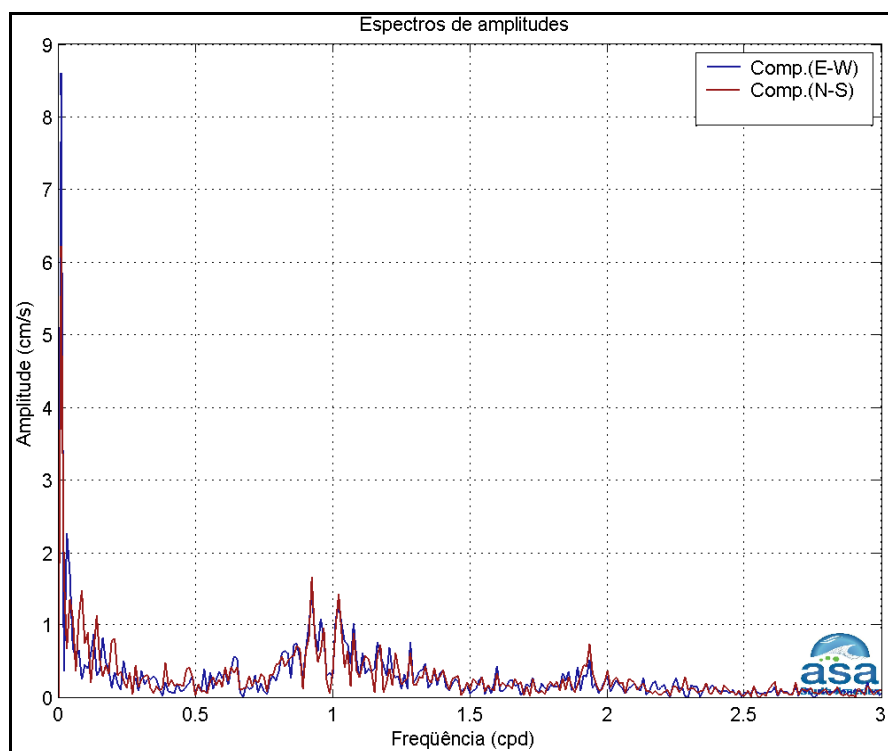
Obs.: a direção é medida em graus a partir do Norte geográfico, convenção vetorial.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.	Dir. méd.
0,0- 2,0	10	10	14	9	12	12	13	8	5	10	3	9	6	20	10	13	164	7,4	10
2,0- 4,0	17	22	14	8	17	11	7	5	9	19	16	11	13	36	22	20	247	11,2	313
4,0- 6,0	15	13	21	7	4	6	7	6	8	13	18	13	25	24	29	25	234	10,6	306
6,0- 8,0	19	11	9	8	14	5	2	2	8	13	25	31	17	37	33	23	257	11,6	295
8,0-10,0	12	16	15	6	7	4	3	3	7	18	29	35	23	36	15	22	251	11,4	282
10,0-12,0	14	7	5	1	0	2	4	2	7	9	21	29	32	39	21	17	210	9,5	281
12,0-14,0	6	2	3	0	0	0	1	5	10	15	27	33	43	45	14	21	225	10,2	269
14,0-16,0	2	1	0	0	0	0	1	0	1	5	19	32	34	47	23	13	178	8,1	278
16,0-18,0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	8	7	20	24	52	12	10	138	6,3	276
18,0-20,0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	11	10	25	36	12	8	108	4,9	279
20,0-22,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	2	36	34	13	1	94	4,3	281
22,0-24,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	16	26	9	1	59	2,7	282
24,0-26,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	14	11	3	0	29	1,3	284
26,0-28,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	0	8	0,4	295
28,0-30,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	6	0,3	295
Total	95	82	81	39	54	40	38	33	59	116	187	229	310	451	220	174	2208		
Porc.	4,3	3,7	3,7	1,8	2,4	1,8	1,7	1,5	2,7	5,3	8,5	10,4	14,0	20,4	10,0	7,9			
Vel. méd.	6,7	5,8	5,5	4,9	4,5	4,3	4,9	6,4	8,1	8,6	10,7	11,0	13,9	13,1	11,0	9,0			
Vel. máx.	14,5	14,8	13,3	11,3	9,5	10,4	14,0	16,8	18,3	20,3	23,5	24,4	26,7	29,3	28,7	22,9			
Percts.(0,9)	10,0	10,0	8,8	8,0	8,0	8,0	10,0	12,0	12,0	16,0	18,0	16,0	22,0	20,8	20,0	16,0			

Fonte: ASA.



(a) verão/1992



(b) inverno/1992

Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-14 - Espectros de amplitudes (cm/s) da corrente registrada no fundeio BM/335 do experimento ACM12 do WOCE, medidos a 280m de profundidade no período de janeiro a março de 1992 (a) e junho a agosto de 1992 (b), dt=2h

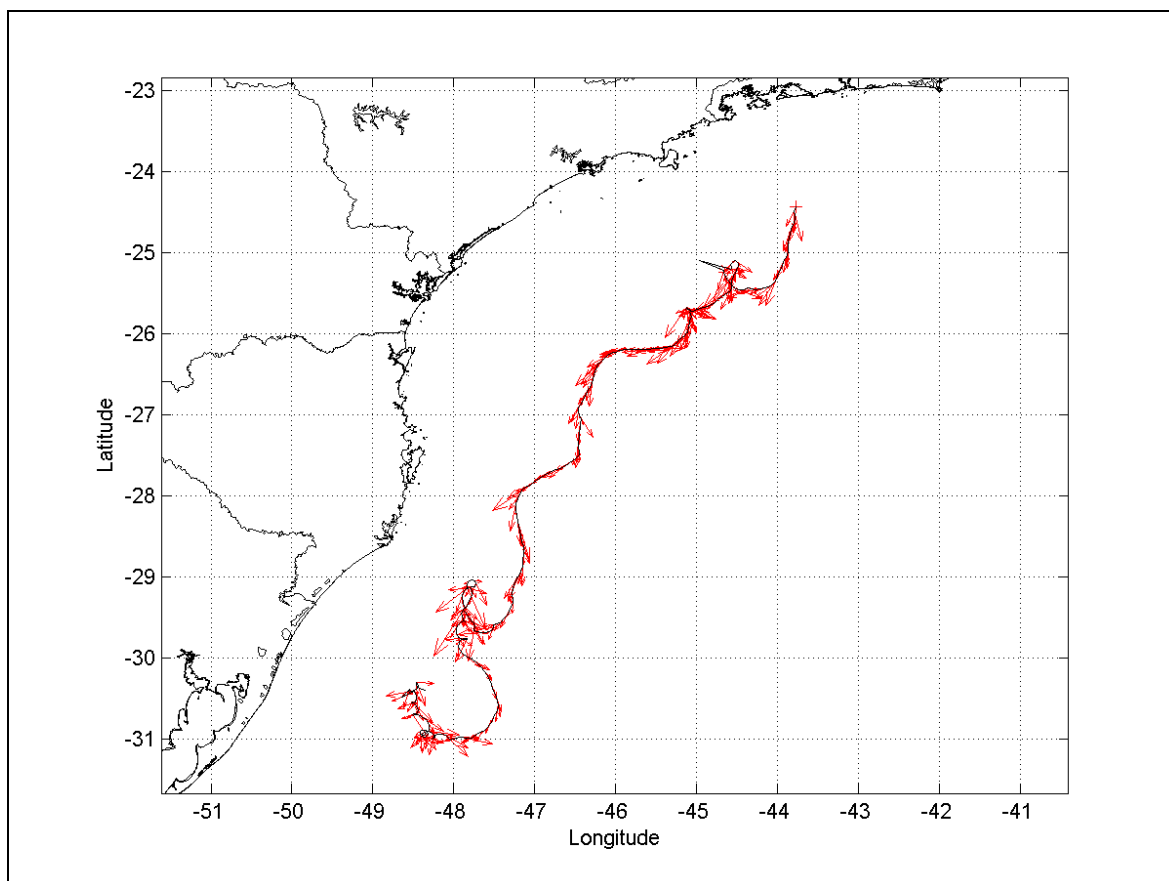
A análise destes dados mostra que o fundeio BM/333 (230 m), mais próximo à costa, sofre principalmente a influência da Corrente do Brasil, com corrente preferencial fluindo para SSW e mais intensa do que as observadas nos outros dois fundeios. O fundeio BM/334 (275 m) ainda encontra-se no regime da Corrente do Brasil, com fluxo preferencial no quadrante S, mas apresentou velocidades bastante inferiores em relação ao fundeio BM/333. No fundeio BM/355 (208 m) o fluxo preferencial foi no quadrante W e fraco, sugerindo a existência de uma possível recirculação anticiclônica próxima à região de medição.

Derivadores Projeto MONDO

Além dos dados supracitados, foram realizadas análises de dados de derivadores obtidos na região da Baía de Santos através do Projeto Monitoramento por Derivadores Oceânicos (MONDO), uma iniciativa da empresa ENI Oil do Brasil e da PROOCEANO. Neste projeto um total de 40 derivadores do tipo *holey-sock* foram lançados ao longo de 2 meses na região da Baía de Santos, entre os meses de setembro e novembro de 2007, com o objetivo de medir as correntes médias dos primeiros 20 m da coluna d'água. A estratégia de lançamento consistiu no lançamento de um derivador a cada 3 dias e a cada 12 dias um grupo de 5 derivadores eram lançados. A resolução espacial dos dados é de aproximadamente 10 m e a resolução temporal de 3 horas.

Para esta análise foram utilizados 3 derivadores, que realizaram medições nos seguintes períodos: Derivador 1) 20/set/2007 a 8/nov/2007; Derivador 2) 11/out/2007 a 21/ago/2008; Derivador 3) 13/nov/2007-28/fev/2008. A escolha dos derivadores buscou contemplar datas de lançamentos nos três meses de experimentos.

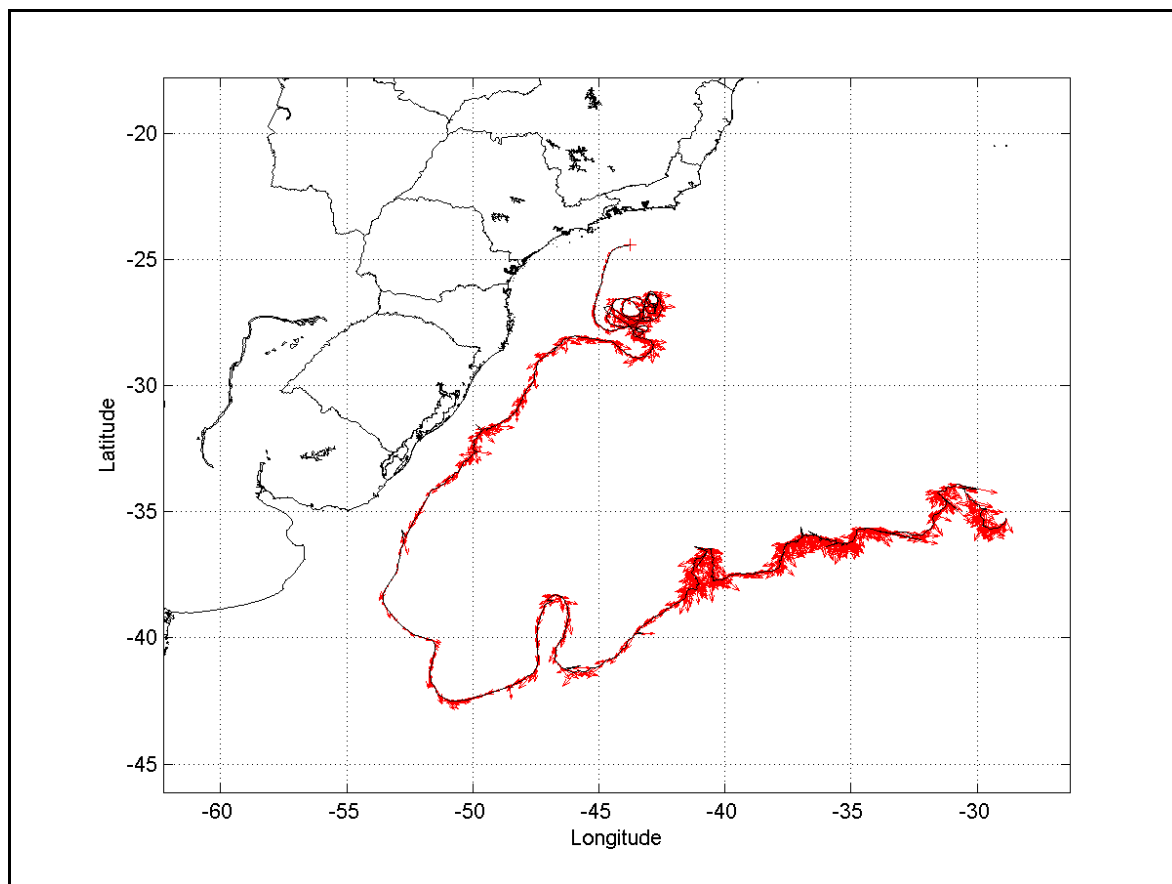
A **Figura II.5.1.3-15** apresenta a trajetória do derivador e os vetores de velocidade média entre pontos subsequentes, para o primeiro derivador, que abrangeu a primavera de 2007. Neste período foi verificado um fluxo preferencial para SW, entre 24,5° e 30 °S, induzido pela Corrente do Brasil. Entre 30° e 31 °S, próximo à última posição amostrada, observou-se a presença de um giro ciclônico. Além disso, alguns meandros e vórtices foram identificados ao longo da trajetória.



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-15 - Trajetória e vetores de velocidade do primeiro derivador do Projeto MONDO (20/set/2007 a 8/nov/2007)

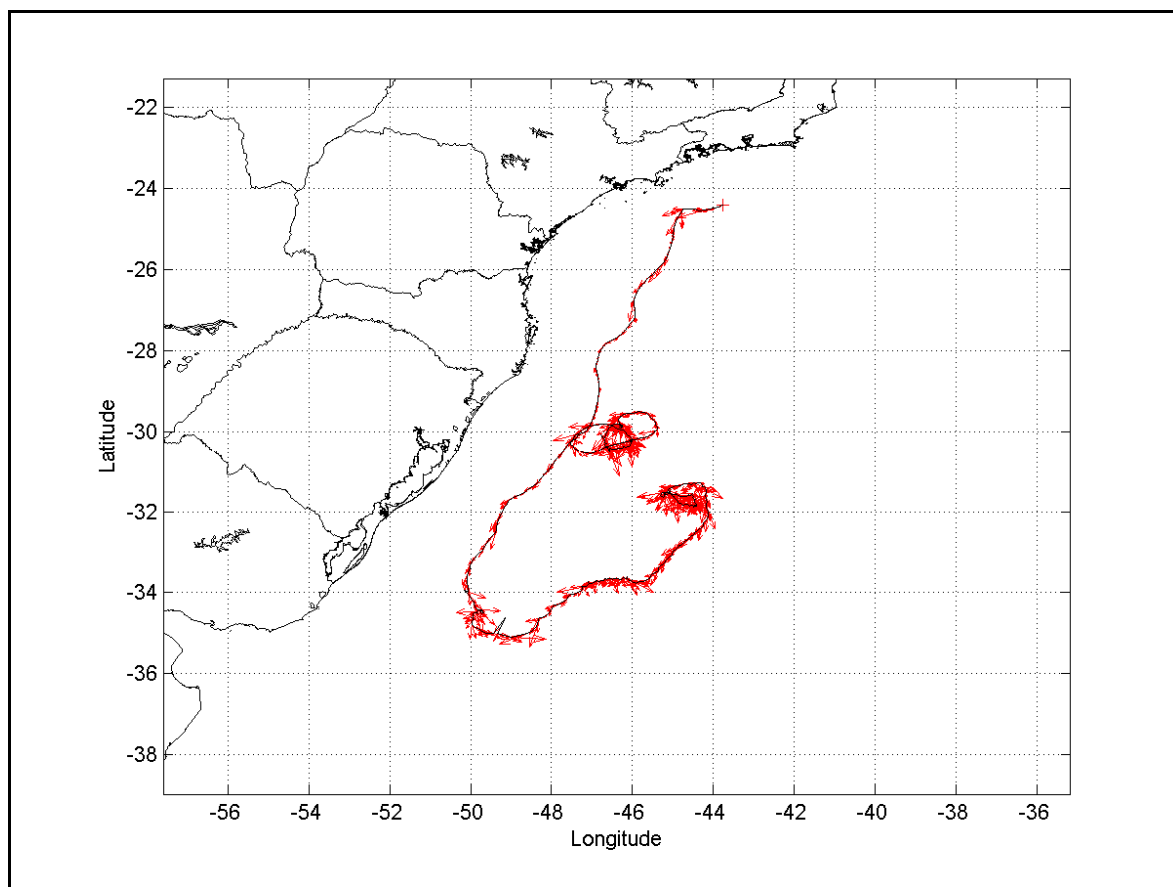
A Figura II.5.1.3-16 apresenta a trajetória e os vetores de velocidade para o segundo derivador, que abrangeu o período entre a primavera de 2007 e o inverno de 2008. Neste período foi verificado um fluxo preferencial para SW, entre 24° e 38 °S, induzido pela Corrente do Brasil. A partir de 38 °S observou-se uma mudança na trajetória, com fluxo preferencialmente para ENE. Essa região do Atlântico Sudoeste, onde a quente e salina Corrente do Brasil se encontra com a menos densa Corrente das Malvinas, é denominada região da Confluência Brasil-Malvinas. Esta região está localizada ao largo das costas da Argentina e Uruguai, entre 30°-52,5°S e 65°-40°W, e é caracterizada por um forte contraste termohalino (frente Brasil-Malvinas) (Olson *et al.*, 1988) e intensa atividade em meso-escala (Gordon, 1989). A latitude máxima alcançada foi em torno de 42 °S; a partir de então a trajetória do derivador se insere na Corrente do Atlântico Sul, integrando o Giro Subtropical. Novamente, alguns meandros e vórtices foram identificados ao longo da trajetória.



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-16 - Trajetória e vetores de velocidade do segundo derivador do Projeto MONDO (11/out/2007 a 21/ago/2008)

A trajetória e os vetores do último derivador, que abrangeu o final da primavera de 2007 e o verão de 2008, são apresentados na **Figura II.5.1.3-17**. Um comportamento semelhante ao segundo derivador foi observado, com os principais fluxos associados à Corrente do Brasil e a Corrente do Atlântico Sul. Entretanto, neste caso a latitude máxima alcançada foi em torno de 36 °S. Esta trajetória apresentou um pouco menos de meandramento, mas podem ser observadas duas feições anticiclônicas: uma em torno de 30 °S, associada à Corrente do Brasil, e outra em torno de 32 °S, associada à Corrente do Atlântico Sul.



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-17 - Trajetória e vetores de velocidade do terceiro derivador do Projeto MONDO (13/nov/2007-28/fev/2008)

Os resultados obtidos são consistentes com os obtidos por Calil *et al.* (2008), que analisaram séries temporais de velocidade construídas para diversas seções ao longo da costa brasileira a partir dos dados do Projeto MONDO. Os autores verificaram que, embora a Corrente do Brasil flua em direção SW, como esperado, perturbações consideráveis podem ser encontradas, sendo possível constatar a influência da atividade em mesoescala, como vórtices e fenômenos meteorológicos, como a passagem de sistemas frontais. Além disso, os resultados indicaram que a velocidade da Corrente do Brasil varia entre 19,12 e 63,93 cm/s e tende a estar mais estável entre 25° e 27°S.

A atividade de vórtices verificada nas trajetórias dos derivadores aqui apresentadas foi o foco do trabalho de Fragoso *et al.* (2008), que utilizaram os dados do Projeto MONDO para quantificar e caracterizar os vórtices presentes na região da Bacia Oceânica SE/S do Brasil. Os resultados indicaram forte atividade de vórtices ciclônicos e anticiclônicos, sem preferência de sentido. A

maioria dos vórtices possui diâmetro menor que 100 km. As características cinemáticas indicam que os vórtices tendem a ter forma elíptica com semi-eixo principal alinhado com a direção NE/SW. O período de rotação encontra-se entre 16 (anticiclônicos) e 21 dias (ciclônicos), com velocidades tangenciais em torno de 0,4 m/s.

Um estudo sobre a relação entre vorticidade potencial e a trajetória dos derivadores do Projeto MONDO foi realizada por Assireu *et al.* (2008). Os resultados indicaram que a dinâmica de superfície da Corrente do Brasil não é necessariamente difusiva localmente, apresentando aspectos antidifusivos provavelmente associados a convergências de pequena escala. O movimento dos derivadores analisados foi regido pela conservação de vorticidade potencial e foi constatada a importância da vorticidade relativa.

Cerrone *et al.* (2008) utilizou os dados de derivadores do Projeto MONDO para estimar a difusividade turbulenta e as escalas integrais lagrangeanas na região SW do Atlântico. Os resultados mostraram que a difusividade varia entre $2,0 \times 10^8$ e $2,8 \times 10^8 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, enquanto que as escalas integrais temporais são aproximadamente de 3,4 a 3,8 dias.

II.5.1.3.3.2 - Correntes Simuladas para as Modelagens de Derrame de Óleo e Descarte de Cascalhos e Fluidos de Perfuração

A descrição dos campos e perfis verticais das correntes simuladas, considerando as áreas de influência definidas através das modelagens é apresentada no **Anexo II.6.1-1a**.

II.5.1.3.4 - Regime de Ondas

As ondas superficiais de gravidade são a principal e mais constante forma de transporte da energia no mar, exercendo papel preponderante na determinação das feições costeiras. As ondas presentes em um determinado local, próximo à costa ou em mar aberto, podem ser classificadas em vagas e marulho (ou ondulações). Vagas são ondas que ainda estão na zona de geração, sendo capazes de receber energia do vento. O marulho é composto por ondas que ou se propagaram para fora da zona de geração original e/ou não são mais capazes de receber energia do vento. Os termos em inglês para vaga e marulho são *windsea* ou *sea* e *swell*, respectivamente, sendo amplamente conhecidos e utilizados.

Segundo Candella (1997), as principais ondas presentes no Atlântico Sul são geradas nas médias e altas latitudes, por tempestades originadas nos centros de baixa pressão que vêm da Antártica, associados às frentes frias. As condições atmosféricas no Atlântico Sul, especialmente nas

latitudes menores que 40 °S, não são tão severas quanto no mar do Norte ou mesmo no Pacífico, onde ocorrem grandes tempestades e furacões. As maiores ondas que atingem a costa Sul-Sudeste brasileira são do tipo marulho. As principais zonas de geração estão abaixo do paralelo 40 °S e lá não são raras as tempestades com ventos de 60 nós (30 m/s) e ondas de 9 m, com períodos próximos à 20 segundos, como a descrita por Freire (1960).

As tempestades ocorridas entre os paralelos 35° e 55 °S são, tipicamente, as causadoras das maiores ondas no Atlântico Sul, e quando atingem o litoral Sul-Sudeste brasileiro tais ondas têm direções entre SW, S e SE (Seixas, 1997; Candella, 1997). Porém, é possível que ocorram algumas ondas de amplitudes significativas vindas do quadrante NE. As ondas de NE, em geral, estão associadas à circulação induzida pelo centro de alta pressão semi-permanente do Atlântico e são predominantes em termos de permanência.

Alves (1991) mostrou que não há possibilidade das grandes ondas geradas no Pacífico atingirem o lado Oeste do Atlântico, como ocorre na costa Oeste do continente. Melo Filho *et al.* (1991) afirmam que, embora a costa brasileira e, em consequência, o lado Oeste do Atlântico, esteja totalmente exposta a ondas de sudeste, a chegada de ondulações longínquas geradas no oceano Índico é pouco provável, pelas condições adversas de vento e corrente para a propagação.

No entanto, em algumas situações, ressacas de razoável atividade atingem o litoral brasileiro provocando estragos consideráveis, como no caso descrito por Innocentini & Pellegatti Franco (1992), Candella *et al.* (1993), Caetano Neto *et al.* (1996) e Innocentini & Caetano Neto (1996).

Os dados coletados entre os anos de 1964 e 1993 e armazenados no BNDO⁶, da DHN⁷, indicam que, embora o vento Leste possa ser até mais frequente em alguns casos que o Nordeste, a energia cinética deste último é predominante, tendo como ápice o mês de setembro. O total da energia devida ao vento Nordeste é superior, inclusive, à do vento Sudoeste, pelo menos localmente, devido à persistência do vento NE. Conforme Oda (1997), a alteração da direção do vento para a direção Leste está relacionado com o efeito de brisa.

Com base em dados ambientais do SIMO (banco de dados da PETROBRAS, que possui informações meteorológicas e oceanográficas coletadas no período de 1991 a 1995 dentro do Projeto de Capacitação em Águas Profundas - PROCAP), Nunes *et al.* (2001) classificaram o regime de ondas na Bacia de Campos. Dependendo dos forçantes meteorológicos, podem ser geradas condições de

⁶ Banco Nacional de Dados Oceanográficos.

⁷ Diretoria de Hidrografia e Navegação, da Marinha do Brasil.

mar bi-modais, tri-modais e tri-direcionais, cada um dos modos com frequência e direção característica independente dos demais.

Um importante efeito na propagação das ondas sobre a plataforma é a refração. A refração ocorre quando existe variação transversal da celeridade. Sendo a velocidade de propagação da onda, por hipótese da teoria linear, função apenas da profundidade local da coluna d'água.

A propagação das ondas em águas intermediárias e rasas é basicamente governada pela geometria da plataforma continental e pelos ventos. Esta geometria produz refração em grandes extensões do campo de ondas.

A refração na propagação de ondas oceânicas ocorre em diversos locais da costa sudeste, inclusive sobre a plataforma média externa. De acordo com Guerra (1994), a refração governa a propagação dessas ondas sobre grande parte da plataforma continental.

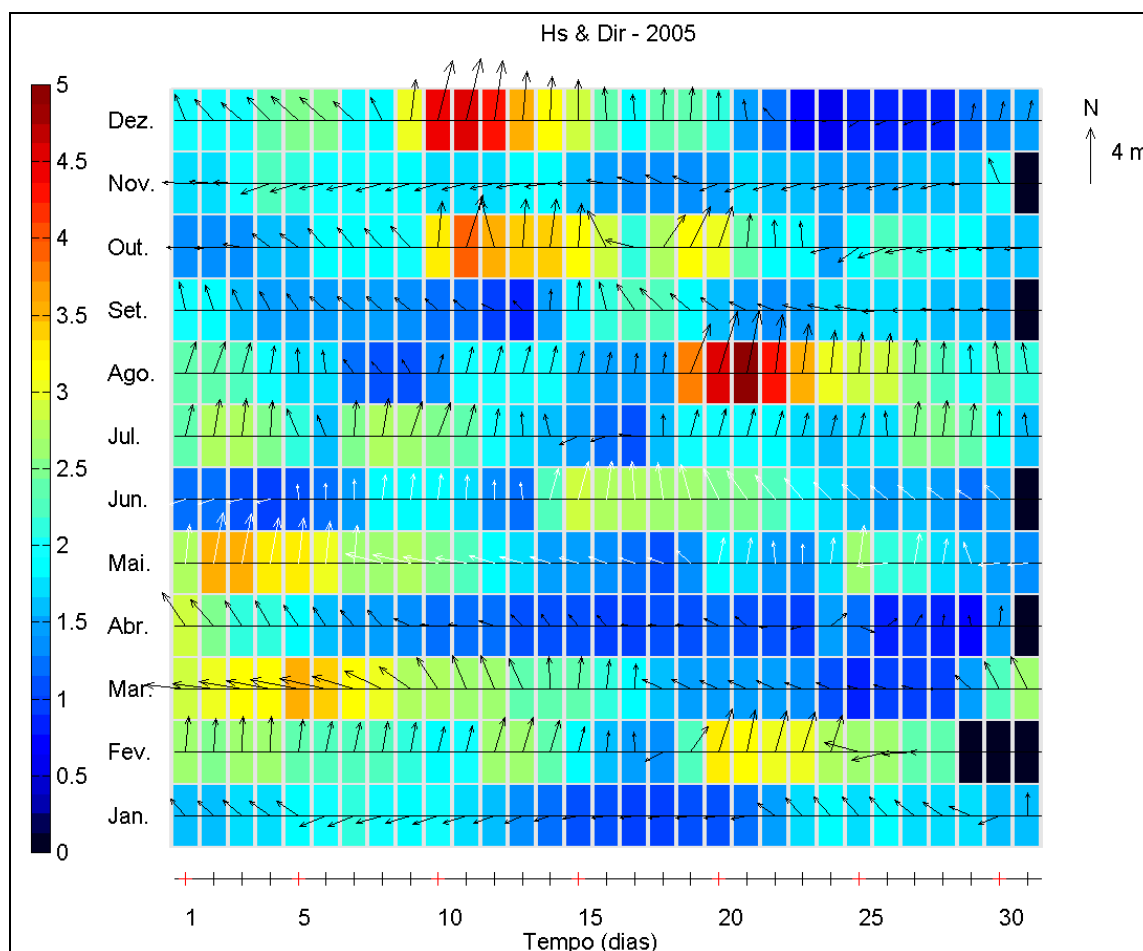
II.5.1.3.4.1 - Caracterização Sazonal

Na ausência de dados medidos de ondas na região da Bacia de Santos, utilizou-se, para caracterização sazonal do clima de ondas na região, resultados de três anos (2005 a 2007) do modelo de ondas WAVEWATCH III (WW3). O modelo WW3 versão 2.22 (Tolman, 2002) é um modelo de terceira geração, desenvolvido pelo MMAB⁸ do EMC⁹, do NCEP. O WW3 é rodado em resolução global, em uma grade de 1° x 1°. Aninhada a esta grade global, foi configurada uma grade de meso-escala englobando a costa sudeste do Brasil com resolução de 0,25°. A série utilizada para análise foi extraída no ponto 26 °S/ 46° W, ponto mais próximo à localização dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70.

A **Figura II.5.1.3-18** apresenta o diagrama de vetores do vento para os valores médios diários de dados de onda (altura significativa e direção) de janeiro a dezembro de 2005. Verifica-se que as ondas, em geral, são provenientes de E e de S. As alturas mais elevadas ao longo deste ano foram observadas em ondas provenientes de S, ocorrendo em agosto, outubro e dezembro, associadas a passagens de sistemas frontais.

⁸ Marine Modeling and Analysis Branch.

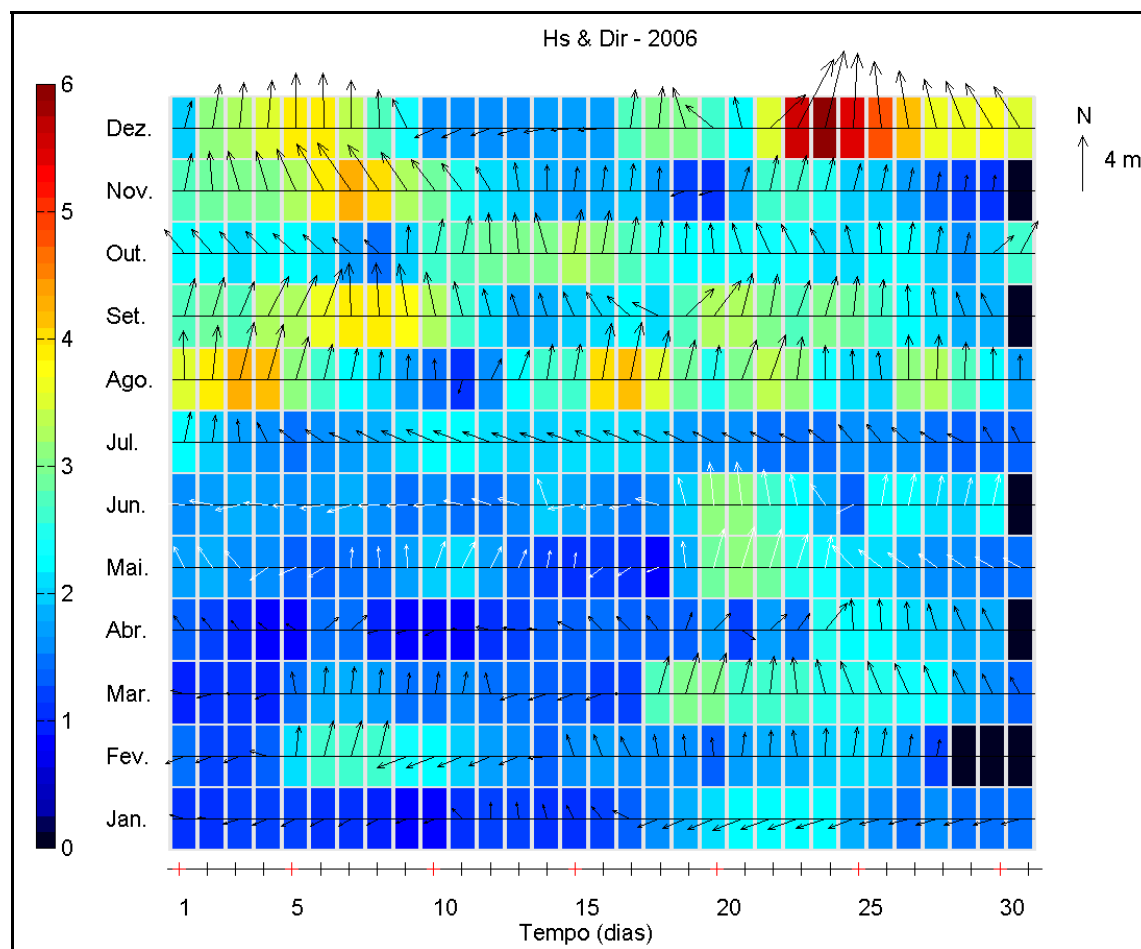
⁹ Environmental Modeling Center.



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-18 - Diagrama de vetores do vento para os valores médios diários de dados de onda (altura significativa e direção) de janeiro a dezembro de 2005 do modelo WAVEWATCH III

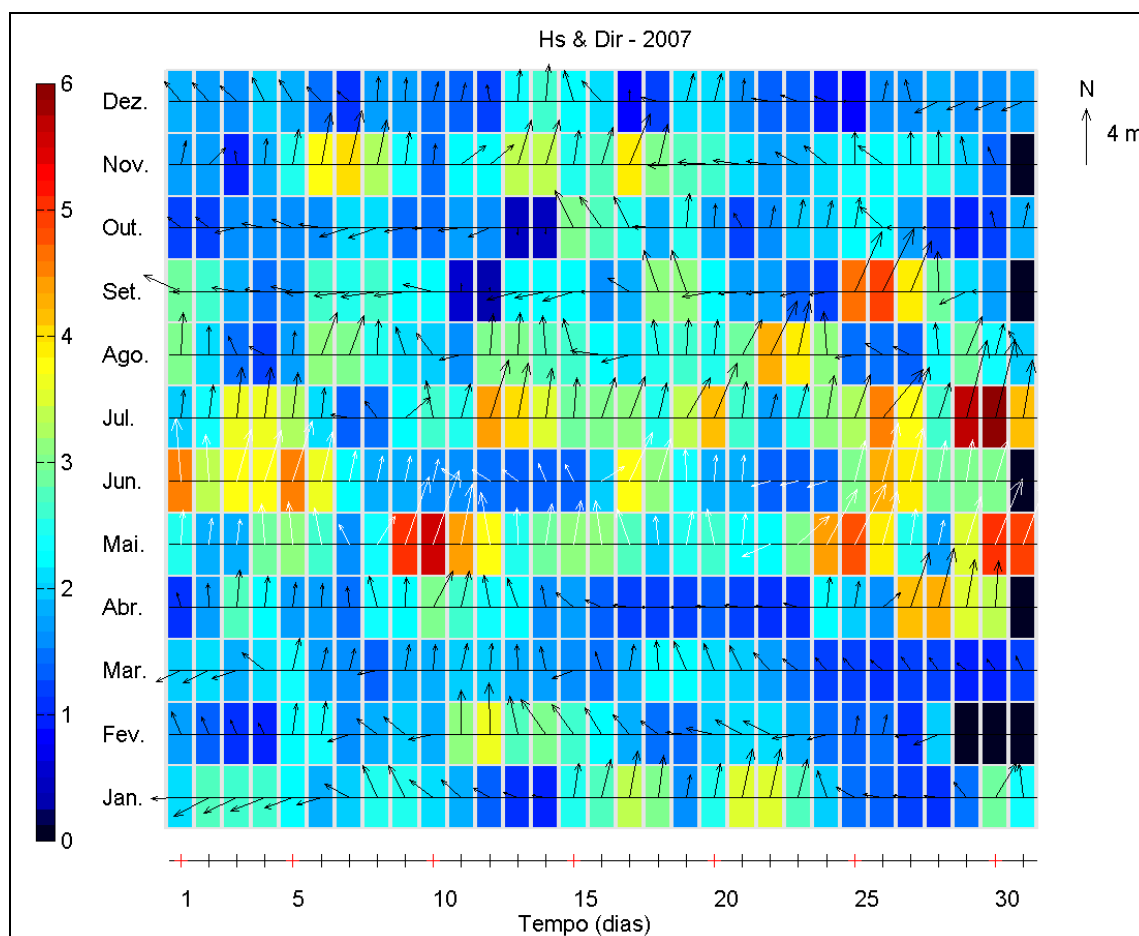
A **Figura II.5.1.3-19** apresenta o diagrama de vetores do vento para os valores médios diários de dados de onda (altura significativa e direção) de janeiro a dezembro de 2006. Novamente verifica-se que as ondas são, em geral, provenientes de E e de S e as alturas mais elevadas foram observadas em ondas provenientes de S. As maiores alturas neste ano foram observadas em agosto, setembro, novembro e dezembro, associadas a passagens de sistemas frontais. Entre janeiro e julho as ondas apresentaram menor variação da altura significativa.



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-19 - Diagrama de vetores do vento para os valores médios diários de dados de onda (altura significativa e direção) de janeiro a dezembro de 2006 do modelo WAVEWATCH III

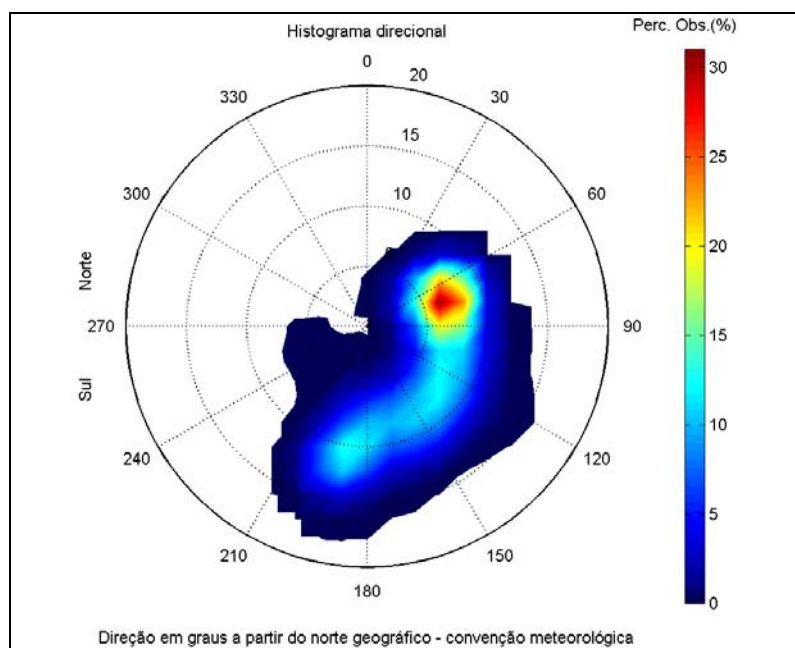
A **Figura II.5.1.3-20** apresenta o diagrama de vetores do vento para os valores médios diários de dados de onda (altura significativa e direção) de janeiro a dezembro de 2007. Como nos demais anos, as ondas são em geral provenientes de E e de S e as alturas mais elevadas foram observadas em ondas provenientes de S. Entretanto, neste ano foram observados eventos com elevadas alturas (superiores a 4 m) entre os meses de abril e setembro.



Fonte: ASA.

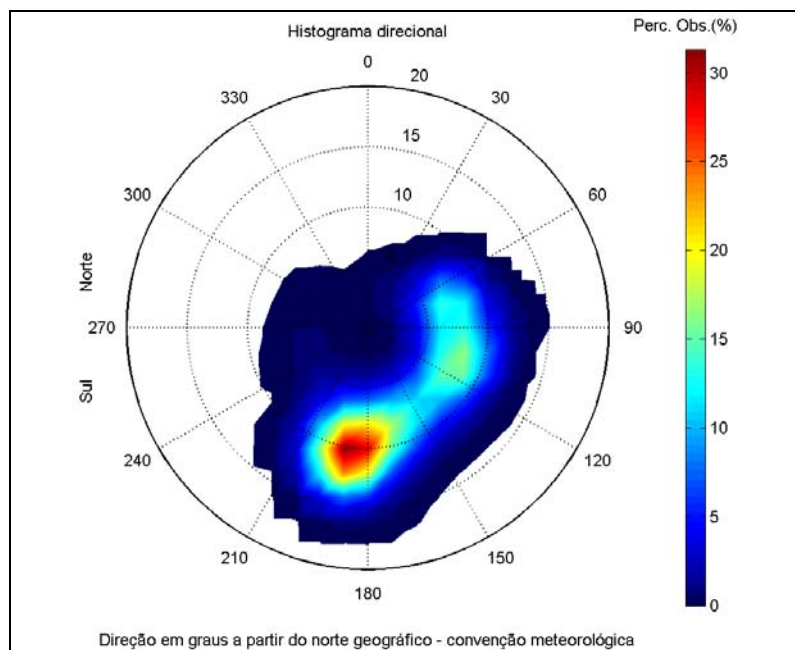
Figura II.5.1.3-20 - Diagrama de vetores do vento para os valores médios diários de dados de onda (altura significativa e direção) de janeiro a dezembro de 2007 do modelo WAVEWATCH III

A **Figura II.5.1.3-21** e a **Figura II.5.1.3-22** apresentam os histogramas direcionais (para direção de propagação, período de pico e frequência de ocorrência) considerando as informações de ondas para os períodos de verão (JFM - janeiro, fevereiro, março) e inverno (JAS - julho, agosto, setembro), respectivamente, durante os anos de 2005 a 2007. A direção apresentada refere-se ao norte geográfico e segue a convenção meteorológica. A escala de cores representa a percentagem de observações, os círculos concêntricos referem-se ao período de pico (Tp - em segundos).



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-21 - Histograma direcional dos dados de onda do modelo WAVEWATCH III para o período de verão (JFM), para o período de janeiro de 2005 a dezembro de 2007



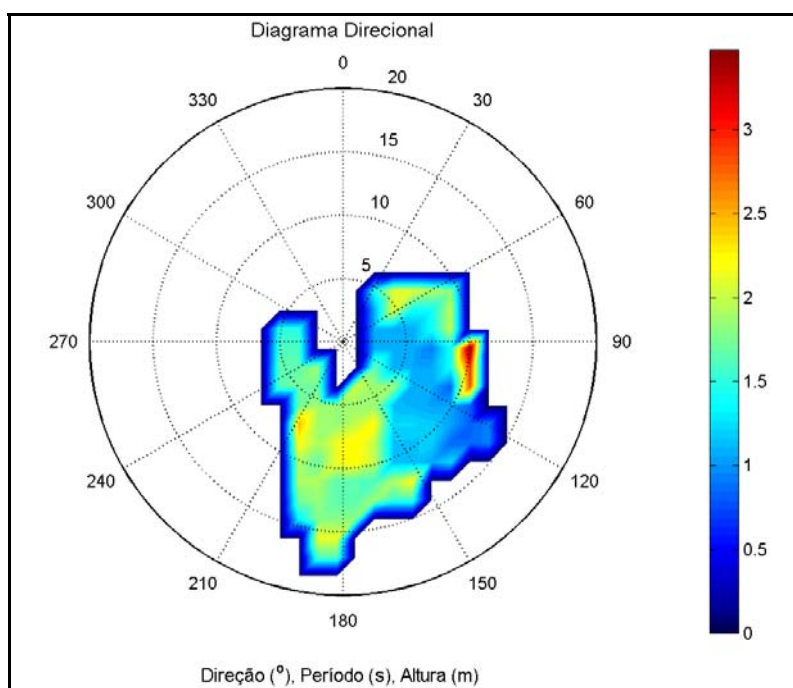
Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-22 - Histograma direcional dos dados de onda do modelo WAVEWATCH III para o período de Inverno (JAS), para o período de janeiro de 2005 a dezembro de 2007

A Figura II.5.1.3-23 e a Figura II.5.1.3-24 apresentam os histogramas direcionais (para direção de propagação, período de pico e altura significativa) considerando as informações de ondas para os períodos de verão (JFM - janeiro, fevereiro, março) e inverno (JAS - julho, agosto, setembro), respectivamente. A direção apresentada refere-se ao norte geográfico e segue a convenção meteorológica. Neste diagrama a altura significativa (H_s) das ondas está indicada em metros (barra lateral), os círculos concêntricos referem-se ao período de pico (T_p - em segundos), enquanto a direção de propagação (D_p) é fornecida em graus.

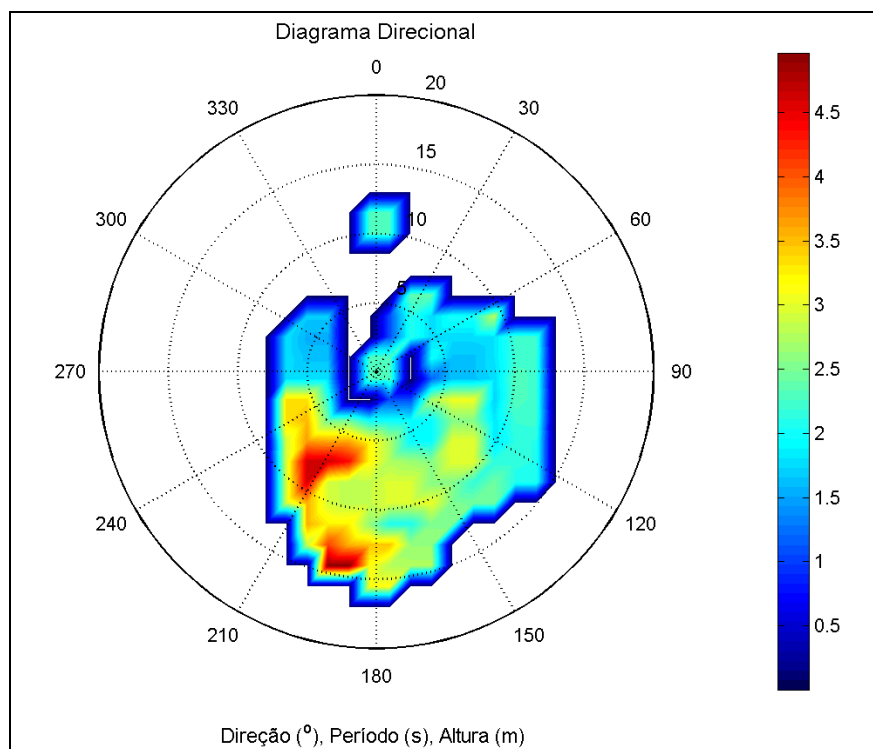
Estas análises mostram que no período de verão predomina a situação de Bom Tempo, caracterizado por ondas provenientes de NE e, principalmente, de E, influenciadas pelo regime de ventos da Alta Subtropical do Atlântico Sul e com altura significativa superior a 2 m e período de pico entre 5 e 10 s, em mar aberto. Ondas provenientes de S e SE também apresentam ocorrência significativa neste período do ano e, nestes casos, podem apresentar períodos superiores a 15 s.

Durante o inverno predominam ondas de S e SW, associadas a uma situação de Mau Tempo, geradas por passagens de frentes frias, com períodos entre 5 e 15 s e alturas significativas que podem ser superiores a 4 m. Além disso, ondas provenientes de SE e E apresentam ocorrência significativa nesta estação do ano, com alturas em torno de 2 m e períodos de até 10 s.



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-23 - Histograma direcional dos dados de onda do modelo WAVEWATCH III para o verão (JFM) de 2005 a 2007

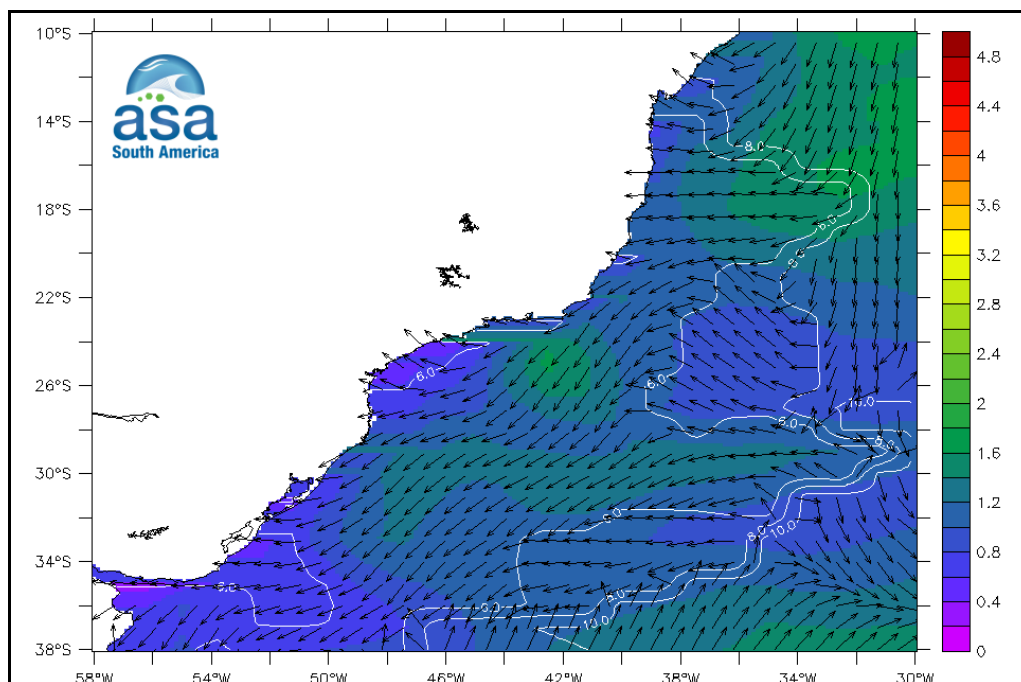


Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-24 - Histograma direcional dos dados de onda do modelo WAVEWATCH III para o inverno (JAS) de 2005 a dezembro de 2007

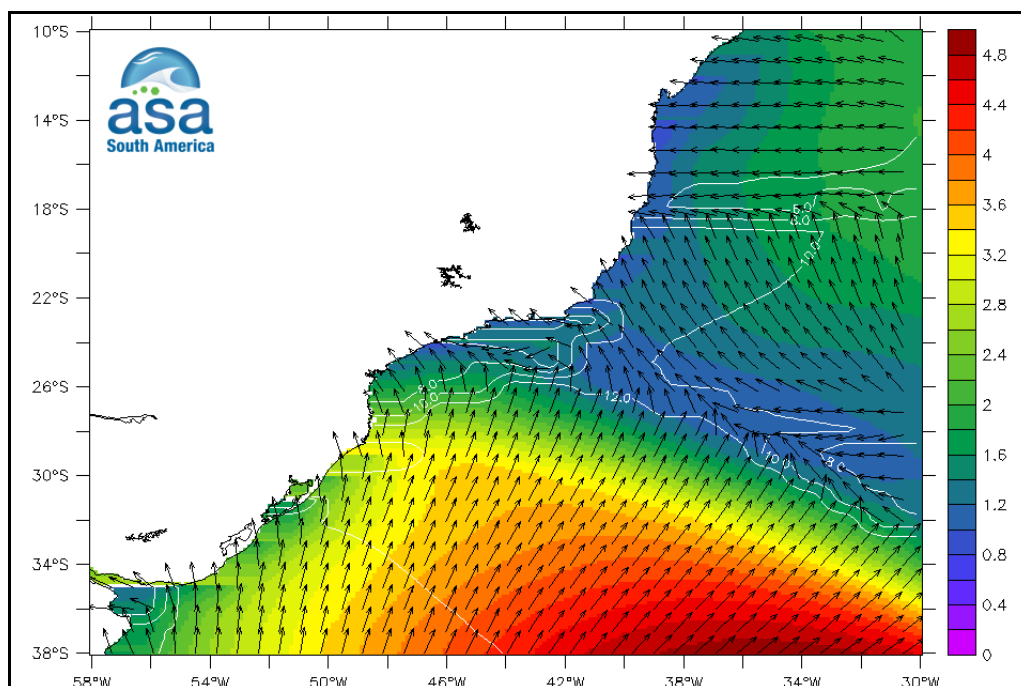
A **Figura II.5.1.3-25** e a **Figura II.5.1.3-26** ilustram o padrão espacial de meso escala na região em estudo para condições de mar normal (Bom Tempo) e com a passagem de um *swell*. Esta representação também foi obtida a partir dos resultados do modelo numéricos WW3. Os vetores indicam a direção de pico (D_p) de propagação das ondas, as linhas brancas mostram os períodos de pico (T_p) em segundos e a escala de cores os valores de altura significativa (H_s).

Estes resultados mostram que, na situação de Bom Tempo (ventos de NE) observa-se próximo à costa ondas provenientes de NE e E, com período de 6 s e alturas inferiores a 1 m. Na situação de Mau Tempo (ventos de S/SE) as ondas provenientes de SW possuem períodos da ordem de 12 s e alturas em torno de 3 m.



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-25 - Ilustração do campo de ondas de meso escala em condições de "Bom Tempo" obtida dos resultados do modelo WAVEWATCH III



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-26 - Ilustração do campo de ondas de meso escala em condições de "Mau Tempo" obtida dos resultados do modelo WAVEWATCH III

II.5.1.3.5 - Marés

As constantes harmônicas fornecidas pela FEMAR para a Ilha da Paz (26°10,6'S; 48°29,0'W), estação maregráfica localizada no município de São Francisco do Sul e mais próxima à área dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, podem ser observadas na **Figura II.5.1.3-27**.

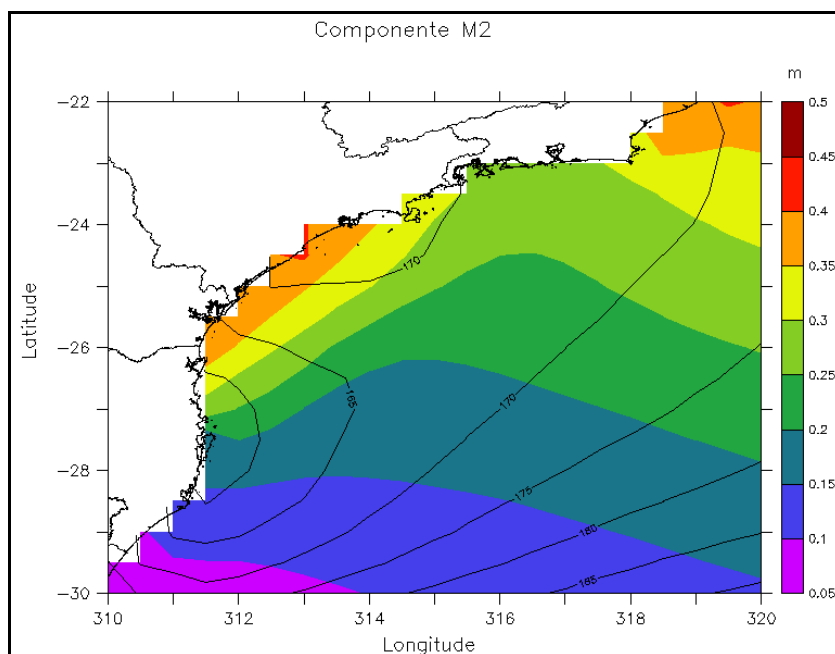
A componente de maré principal lunar (M2) é a que apresenta as maiores amplitudes com 31,4 cm, seguida pelo componente principal solar (S2), com 20,3 cm. A **Figura II.5.1.3-28** e a **Figura II.5.1.3-29** apresentam os mapas cotidais para as componentes M2 e S2.

Uma série de elevação de superfície, para o período de janeiro a março de 2009, foi reconstruída a partir das informações fornecidas pela estação da FEMAR Ilha da Paz (**Figura II.5.1.3-30**). Para caracterizar a amplitude de sizígia e quadratura foram analisados os dois primeiros dias (período mais representativo) das fases da lua cheia e nova e das fases da lua crescente e minguante, respectivamente. As amplitudes médias obtidas para os períodos de sizígia e quadratura foram de 0,73 m e 0,31 m, respectivamente.

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR						Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras					
Nome da Estação :			ILHA DA PAZ – SC								
Localização :			Na Barra de São Francisco do Sul, no trapiche de acesso ao Farol								
Organ. Responsável :			DHN								
Latitude :			26° 10,6' S		Longitude :			48° 29,0' W			
Período Analisado :			06/10/72 a 06/11/72		Nº de Componentes :			36			
Análise Harmônica :			Método Tidal Liverpool Institute								
Classificação :			Maré de Desigualdades Diurnas								
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)			I H 51 min		Nível Médio (Zo):			70 cm acima do NR.			
Média das Preamares Superiores (MHHW) :			127 cm acima do NR.		Média das Preamares Inferiores (MLHW) :			116 cm acima do NR.			
Média das Baixa-mares Superiores (MHLW) :			29 cm acima do NR.		Média das Baixa-mares Inferiores (MLLW) :			8 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 ₂		3,9		063	
Ssa		-		-		N ₂		4,6		134	
Mm		18,4		120		NU ₂		0,9		134	
Mf		-		-		M ₂		31,4		064	
MTM		-		-		L ₂		1,7		346	
Msf		6,5		087		T ₂		1,2		060	
Q ₁		2,7		064		S ₂		20,3		060	
O ₁		11,0		071		K ₂		5,5		060	
M ₁		0,9		057		MO ₃		0,6		283	
P ₁		1,9		146		M ₃		7,0		181	
K ₁		5,7		146		MK ₃		4,5		060	
J ₁		0,5		181		MN ₄		5,6		094	
OO ₁		0,4		348		M ₄		12,1		132	
MNS ₂		-		-		SN ₄		0,9		082	
2N ₂		0,6		203		MS ₄		5,1		217	
Referências de Nível:						RN-1 localizado no lado esquerdo do trapiche, no sentido de quem vai para o farol.					

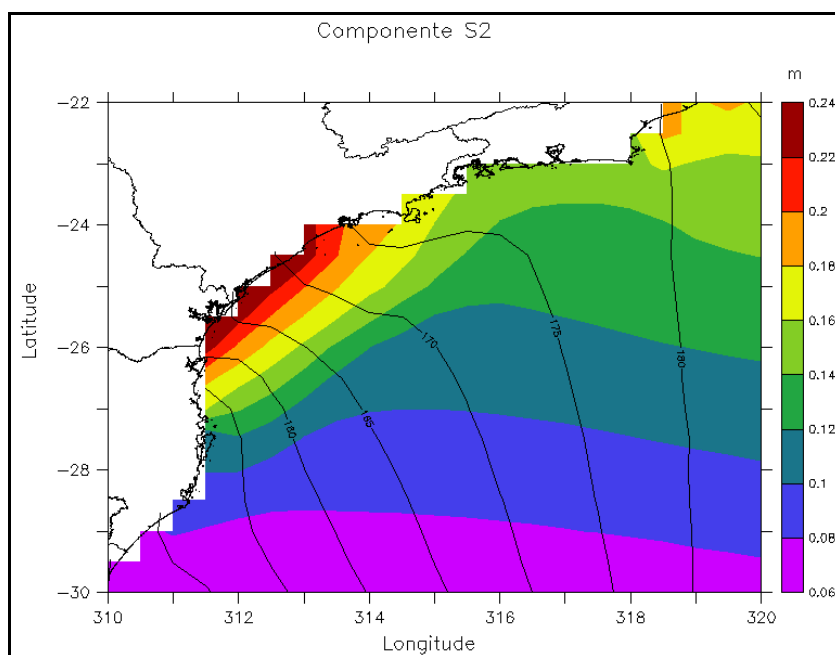
Fonte: FEMAR.

Figura II.5.1.3-27 - Constantes harmônicas fornecidas pela FEMAR para a Estação Ilha da Paz - SC



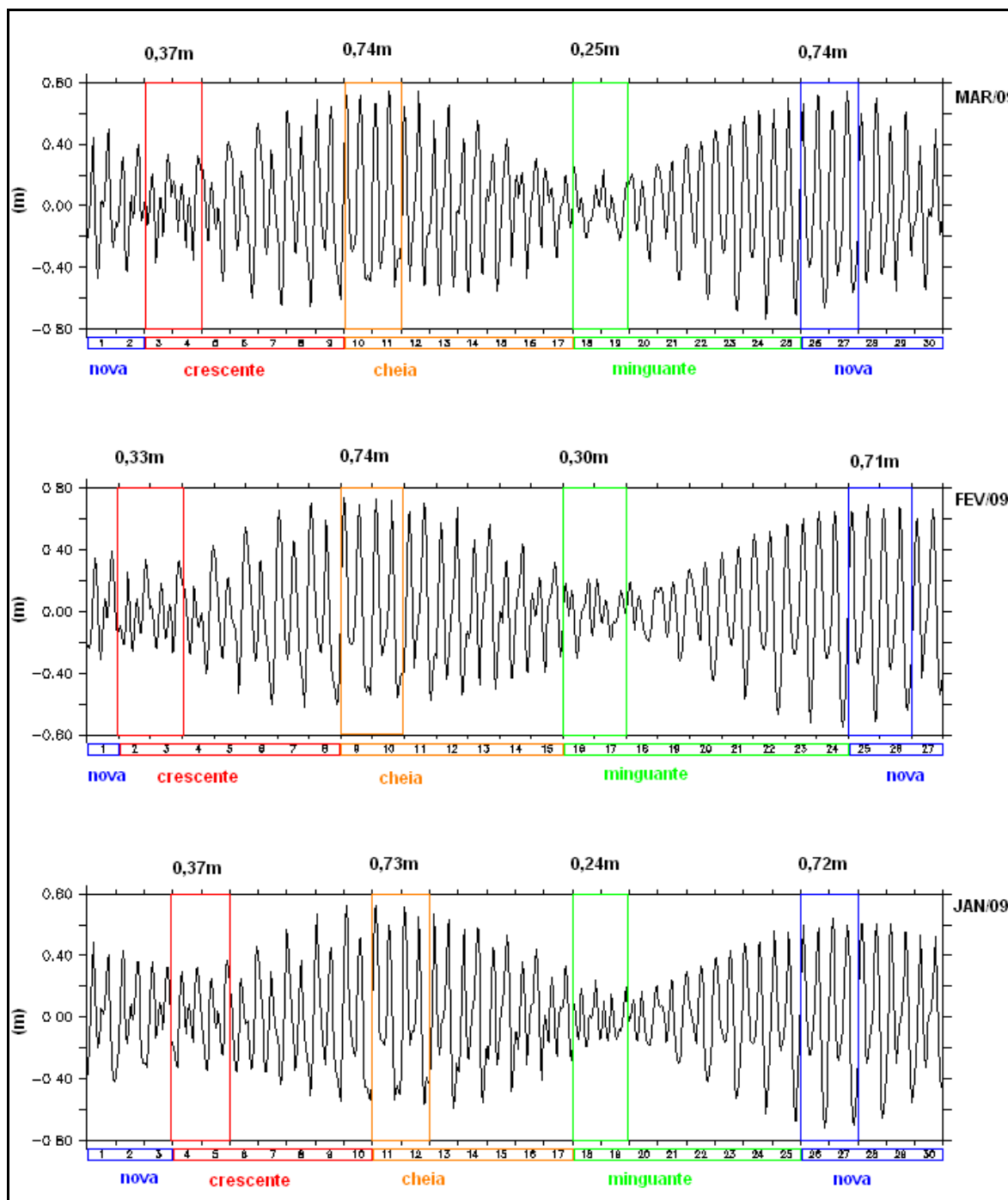
Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-28 - Mapas cotidais de amplitude e fase para a componente de maré M2



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-29 - Mapas cotidais de amplitude e fase para a componente de maré S2



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-30 - Elevação da superfície reconstruída para janeiro, fevereiro e março de 2009 a partir dos dados da estação maregráfica da FEMAR Ilha da Paz (SC). Para cada mês são identificadas as fases da lua e a amplitude média nos períodos marcados

Para a caracterização das correntes de maré foram utilizados dados de corrente de uma simulação realizada pela ASA South America com o POM (Princeton Ocean Model) para o ano de 1992, extraídos para a região mais próxima aos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 (46,1° W; 26 °S).

A Figura II.5.1.3-31 apresenta o histograma direcional para o ano de 1992 da corrente simulada com o POM nesta região. A direção apresentada refere-se ao norte geográfico. A intensidade é apresentada em (m/s) e a escala de cores representa a porcentagem de observações. Verifica-se a predominância de correntes com direção para SW e uma velocidade média de 0,18 m/s. A corrente provocada pela maré pode ser associada à variação da corrente entre as direções SE e NW.

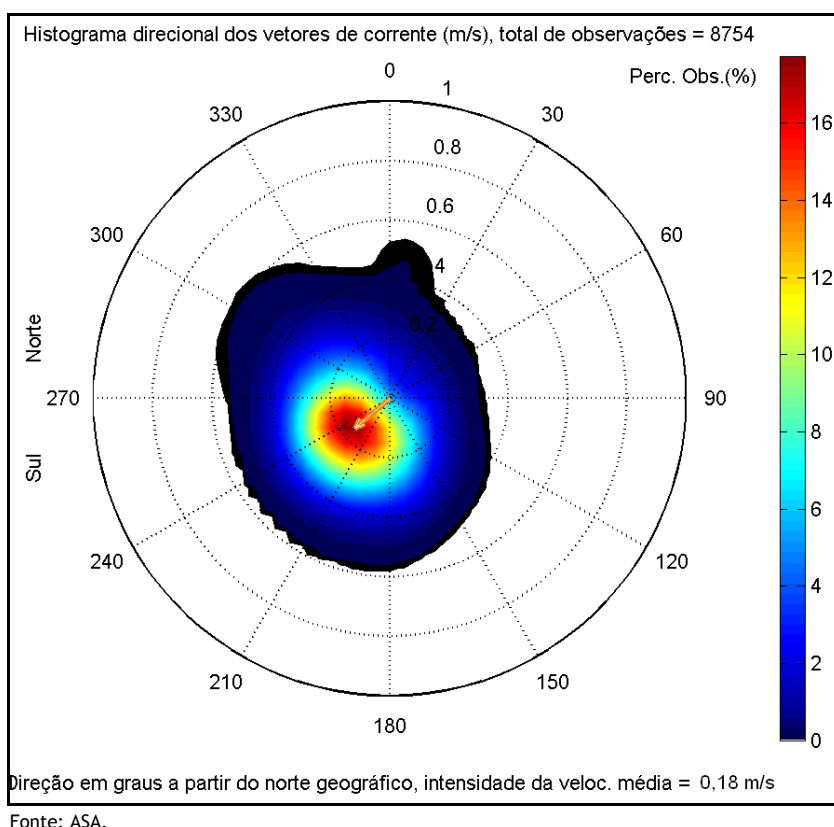
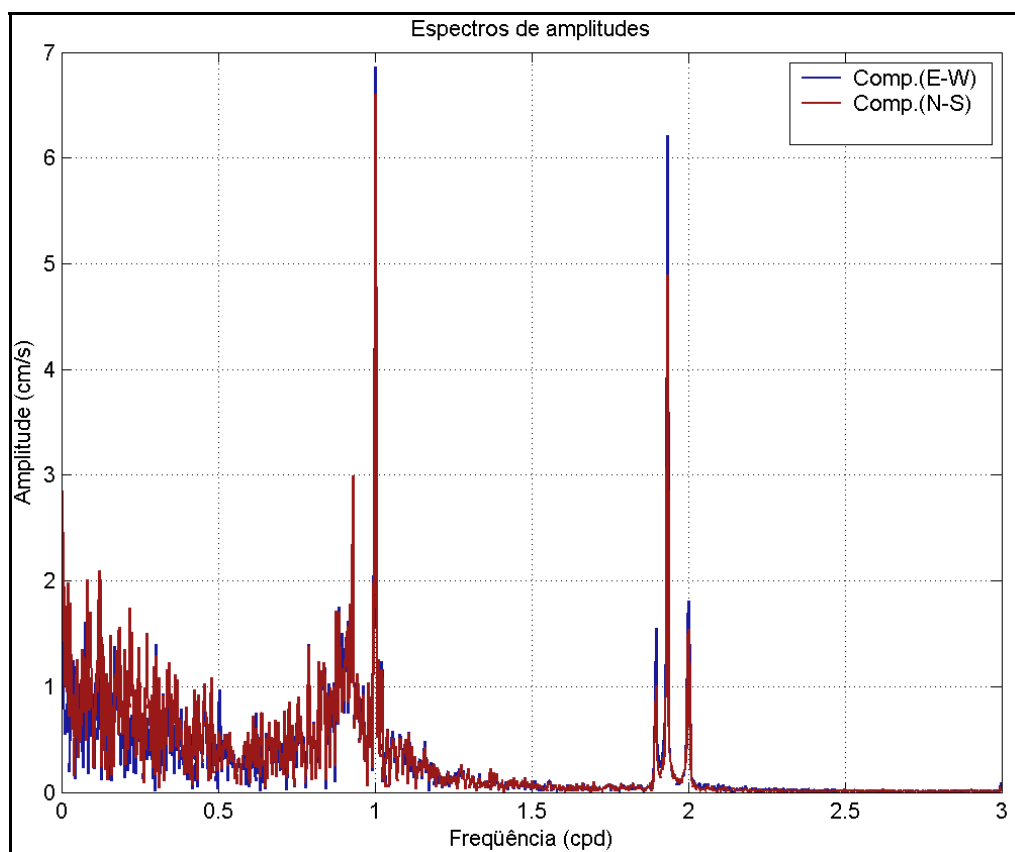


Figura II.5.1.3-31 - Histograma direcional dos vetores de corrente (m/s) relativo a uma série de um ano extraída do modelo POM nas coordenadas (46,1° W; 26 °S)

A Figura II.5.1.3-32 apresenta o espectro de amplitude das correntes simuladas com o POM para ano de 1992 nesta região. A análise do espectro de amplitudes mostra que as variações da corrente são inferiores a 7 cm/s e as maiores intensidades ocorrem associadas ao ciclo diurno e semi-diurno das oscilações de maré.



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-32 - Espectro de amplitudes das componentes dos vetores de corrente (m/s), relativo a uma série de um ano extraída do modelo POM nas coordenadas (46,1° W; 26 °S)

O Quadro II.5.1.3-9 apresenta a distribuição de ocorrência conjunta de intensidades e direções da corrente simulada com o POM nesta área para o ano de 1992. Com base nesta, observa-se que as correntes mais frequentes são nas direções WSW (17,8%) e SW (17,3%). As correntes com velocidades médias máximas dirigiram-se para SW (22,6 cm/s) e SSW (22,3 cm/s); e as correntes mais intensas registradas foram em direção a NW (54,4 cm/s) e WNW (53,6 cm/s).

Quadro II.5.1.3-9 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (cm/s) e direção (°) da corrente relativa a uma série de um ano (1992) extraída do modelo POM nas coordenadas (46,1° W; 26 °S)

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total	Porc.	Dir. méd.
0.0- 5.0	16	14	8	11	11	11	14	19	15	22	20	23	20	20	17	12	253	2.9	235
5.0-10.0	23	19	16	24	24	36	40	61	84	105	100	104	102	55	49	25	867	9.9	225
10.0-15.0	24	14	16	18	23	42	63	99	131	208	192	188	181	83	59	29	1370	15.7	225
15.0-20.0	21	8	4	12	9	22	43	116	176	231	325	305	215	87	61	27	1662	19.0	228
20.0-25.0	9	8	4	2	3	7	33	101	189	225	275	354	184	98	63	21	1576	18.0	230
25.0-30.0	9	1	1	0	0	0	18	77	132	250	237	284	179	112	57	17	1374	15.7	233
30.0-35.0	3	0	1	0	0	0	4	55	109	168	207	172	107	64	33	9	932	10.7	229
35.0-40.0	1	0	0	0	0	0	3	22	60	75	111	92	50	32	17	4	467	5.3	230
40.0-45.0	1	1	0	0	0	0	0	5	34	37	41	30	15	13	3	2	182	2.1	224
45.0-50.0	4	1	0	0	0	0	0	0	10	15	6	1	2	7	8	0	54	0.6	238
50.0-55.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	3	0	10	0.1	301
Total	111	66	50	67	70	118	218	555	940	1336	1514	1553	1056	577	370	146	8747		
Porc.	1.3	0.8	0.6	0.8	0.8	1.3	2.5	6.3	10.7	15.3	17.3	17.8	12.1	6.6	4.2	1.7			
Vel. méd.	15.1	11.8	11.0	10.3	10.6	11.5	15.2	19.6	22.2	22.3	22.6	22.2	20.8	22.0	20.4	17.3			
Vel. máx.	49.9	45.6	31.8	23.3	23.0	24.4	35.6	44.4	49.3	48.4	48.3	45.9	53.5	53.6	54.4	44.6			

Fonte: ASA.

II.5.1.3.6 - Caracterização de Condições Extremas

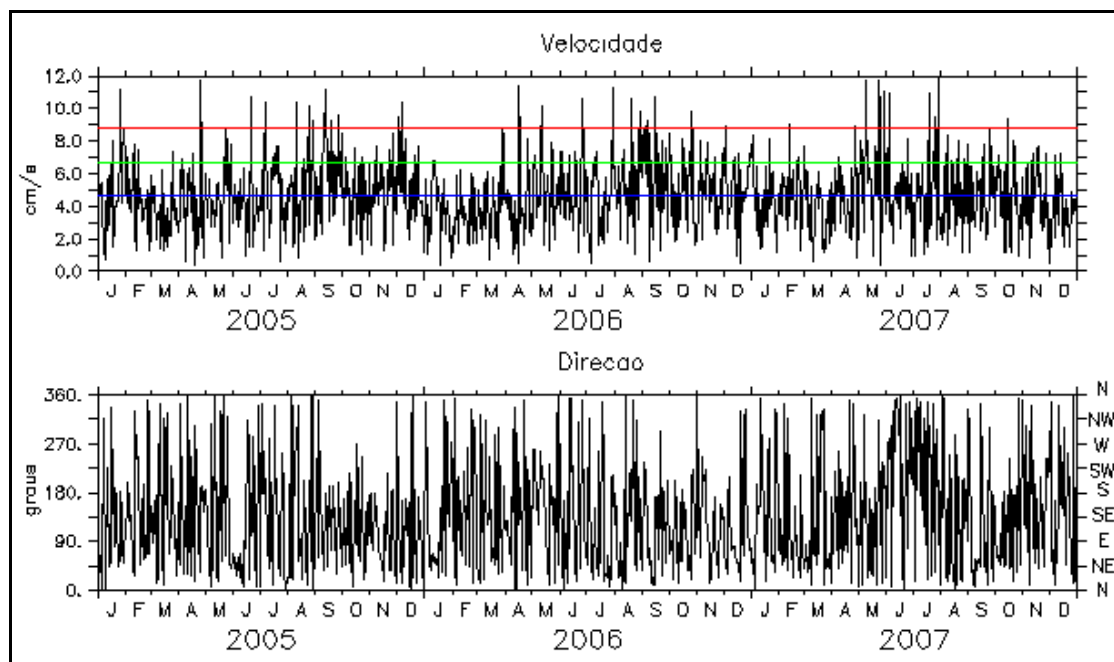
Uma caracterização dos eventos extremos de vento, corrente e ondas foi realizada para o período de 2005 a 2007 com base em resultados de modelos numéricos. Segundo Wilks (1995) o termo *eventos extremos* indica os maiores (ou menores) valores de uma variável em um determinado número de observações. Desta forma, para caracterização de condições extremas foram considerados os maiores valores da altura significativa das ondas, da velocidade da corrente e da velocidade do vento.

Dois critérios foram utilizados para selecionar os eventos extremos: 1º) valor médio mais um desvio padrão (representando aproximadamente o percentil de 85%); 2º) valor médio mais dois desvios padrão (representando aproximadamente o percentil de 95%).

II.5.1.3.6.1 - Vento

Nesta análise foram utilizados dados de vento a 10 m da reanálise do NCEP, sendo considerada a série de vento mais próxima à região dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 (25,42 °S - 45°W).

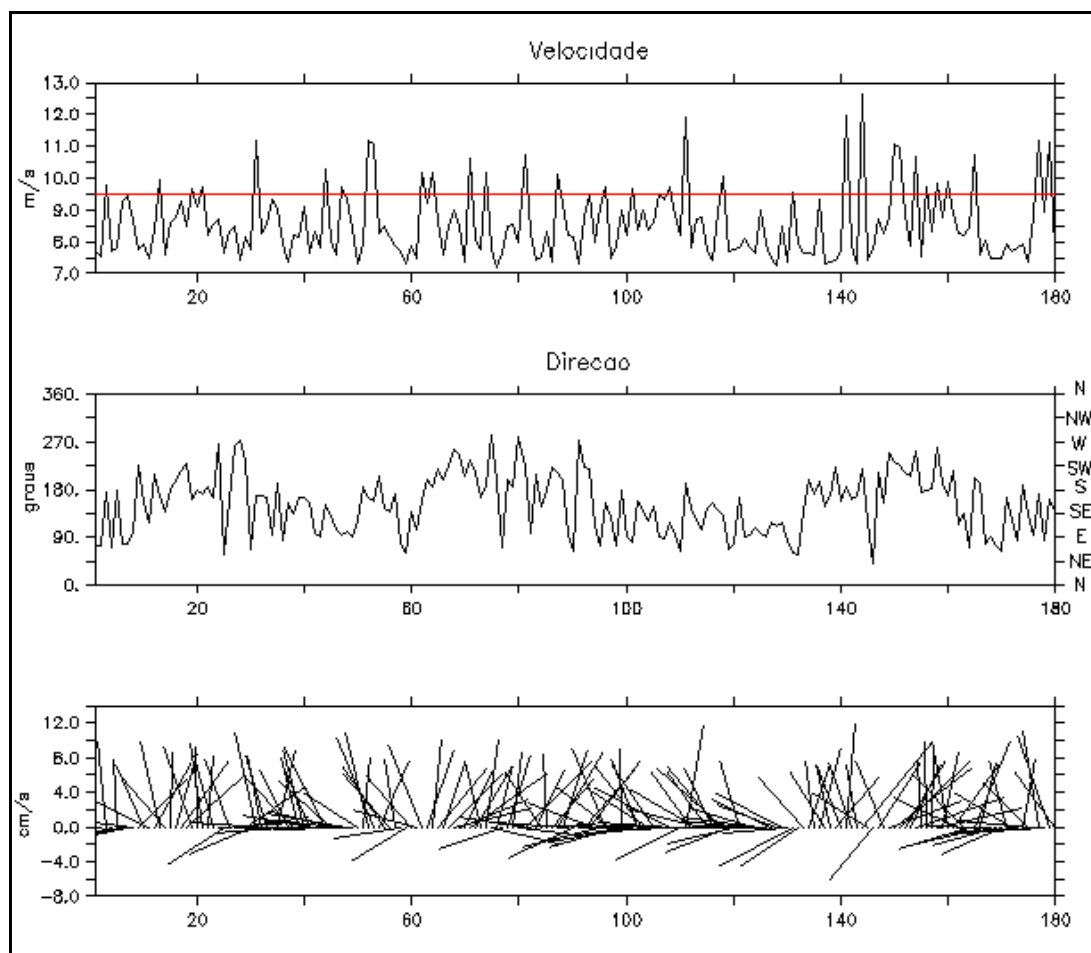
A Figura II.5.1.3-33 apresenta a série temporal da velocidade e direção do vento e os valores dos critérios de separação de eventos extremos (linhas verde e vermelha).



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-33 - Série de velocidade e direção do vento do NCEP para o período de 2005 a 2007. A linha azul indica o valor da velocidade média do vento, a linha verde o valor médio mais um desvio padrão (primeiro critério) e a linha vermelha o valor médio mais dois desvios padrão (segundo critério)

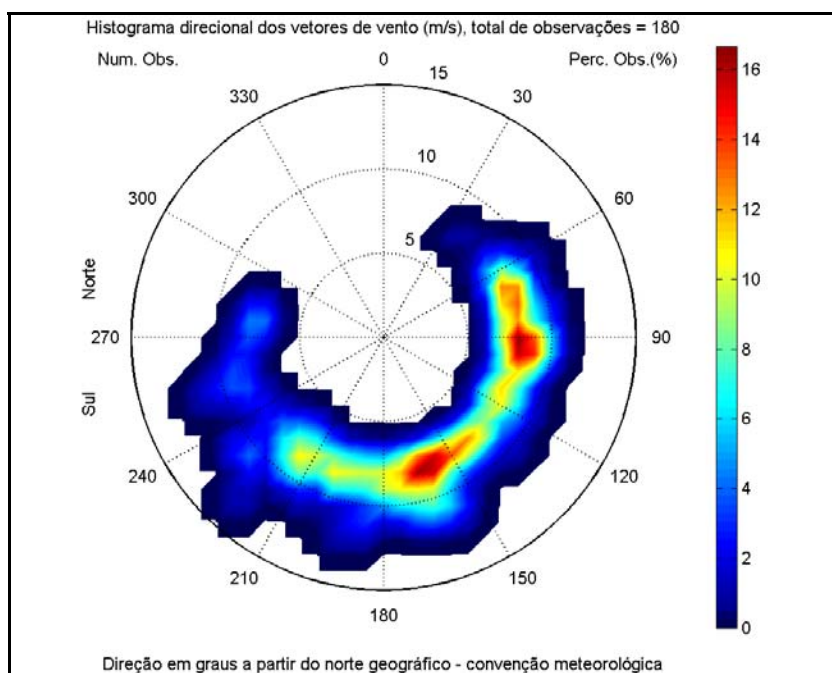
No primeiro critério foram selecionados 180 casos, que podem ser observados na **Figura II.5.1.3-34**. A linha vermelha corresponde ao limite estabelecido para o segundo critério, em que foram selecionados 33 eventos.



Fonte: ASA.

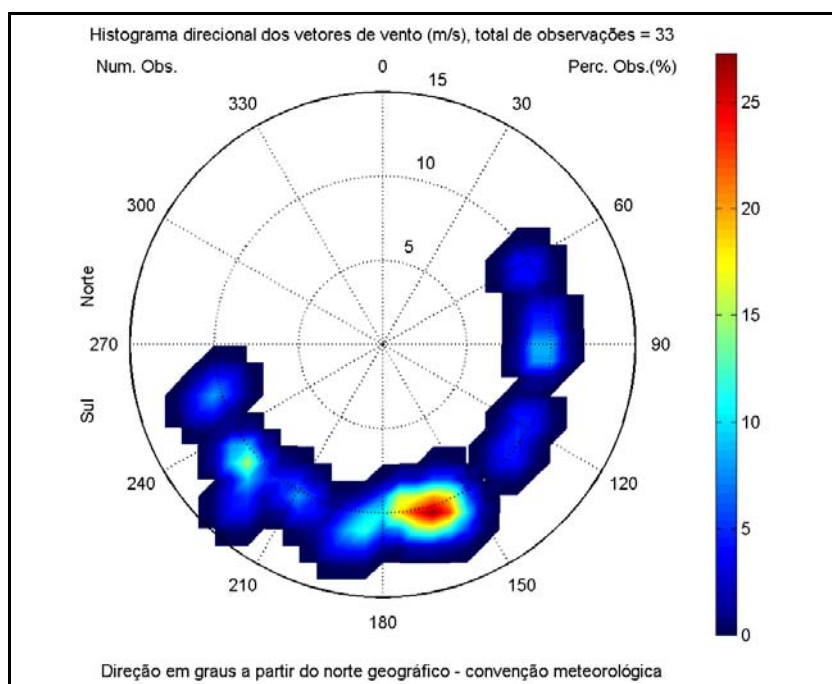
Figura II.5.1.3-34 - Séries de velocidade e direção dos eventos extremos de vento do NCEP. A linha vermelha indica o valor médio da série completa mais dois desvios padrão

A Figura II.5.1.3-35 e a Figura II.5.1.3-36 apresentam os histogramas direcionais dos eventos extremos de vento para o primeiro e o segundo critério, respectivamente. A direção apresentada refere-se ao norte geográfico e segue a convenção meteorológica. A intensidade é apresentada em (m/s) e a escala de cores representa a porcentagem de observações (Perc. Obs.).



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-35 - Histograma direcional dos eventos extremos de vento selecionados pelo primeiro critério para o período de 2005 a 2007



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-36 - Histograma direcional dos eventos extremos de vento selecionados pelo segundo critério para o período de 2005 a 2007

O Quadro II.5.1.3-10 apresenta a distribuição de ocorrência conjunta de intensidades e direções do vento para o período de 2005 a 2007. Nota-se que os eventos com velocidade acima de 10 m/s foram provenientes de quadrante sul, mas eventos intensos também podem ser provenientes de quadrante leste. A velocidade média máxima foi proveniente de S (6,3 m/s), bem como a máxima observada no período (12,0 m/s). Desta forma, os eventos mais intensos não foram observados nas direções de maior ocorrência (E/ESE).

Quadro II.5.1.3-10 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade e direção do vento para o período de 2005 a 2007, na Bacia de Santos

Obs.: a direção é medida em graus a partir do Norte geográfico, convenção meteorológica.

	D I R E Ç Ã O																		
Veloc.(m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Tot.	Perc.	Dir.Méd.
0.0- 1.0	3	3	1	1	1	3	0	0	0	2	1	1	0	0	1	0	17	1.6	35
1.0- 2.0	6	9	7	3	4	4	4	6	1	4	6	1	4	3	5	4	71	6.5	32
2.0- 3.0	9	15	15	16	12	9	10	12	6	4	4	7	4	1	5	9	138	12.6	68
3.0- 4.0	8	15	12	20	19	22	13	10	6	7	2	2	6	9	4	9	164	15.0	80
4.0- 5.0	4	10	12	21	32	28	16	16	8	4	2	5	8	1	3	6	176	16.1	100
5.0- 6.0	1	2	11	18	23	25	30	28	10	8	4	5	4	0	3	2	174	15.9	123
6.0- 7.0	2	1	6	14	32	26	22	20	12	8	1	1	2	1	1	0	149	13.6	121
7.0- 8.0	0	0	1	15	9	16	13	16	10	11	5	0	3	1	0	0	100	9.1	138
8.0- 9.0	0	0	0	4	11	5	6	8	5	8	5	4	2	0	0	0	58	5.3	157
9.0-10.0	0	0	0	4	6	1	0	4	6	4	2	1	0	0	0	0	28	2.6	148
10.0-11.0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	3	1	0	0	0	0	11	1.0	199
11.0-12.0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0	1	0	0	0	0	0	8	0.7	178
Total	33	55	65	116	149	139	115	126	61	63	16	22	30	10	94				
Porc.	3.0	5.0	5.9	10.6	13.6	12.7	10.5	11.5	6.3	5.7	3.3	2.6	3.0	1.5	2.0	2.7			
Vel. méd.	2.9	3.1	3.9	5.0	5.4	5.1	5.3	5.7	6.3	5.8	5.7	4.8	4.5	3.5	3.1	3.2			
Vel. máx.	6.6	6.6	7.7	9.5	9.7	9.7	10.0	11.2	12.0	10.7	11.1	10.7	8.7	7.8	6.5	5.6			
Perct.(0.9)	4.2	4.0	6.0	7.0	8.0	7.0	7.0	8.0	9.0	8.3	9.9	8.0	7.0	5.8	5.0	4.0			

Fonte: ASA.

O Quadro II.5.1.3-11 apresenta ainda a distribuição sazonal dos eventos extremos ocorridos entre 2005 e 2007.

Quadro II.5.1.3-11 - Número de eventos extremos de vento no verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro)

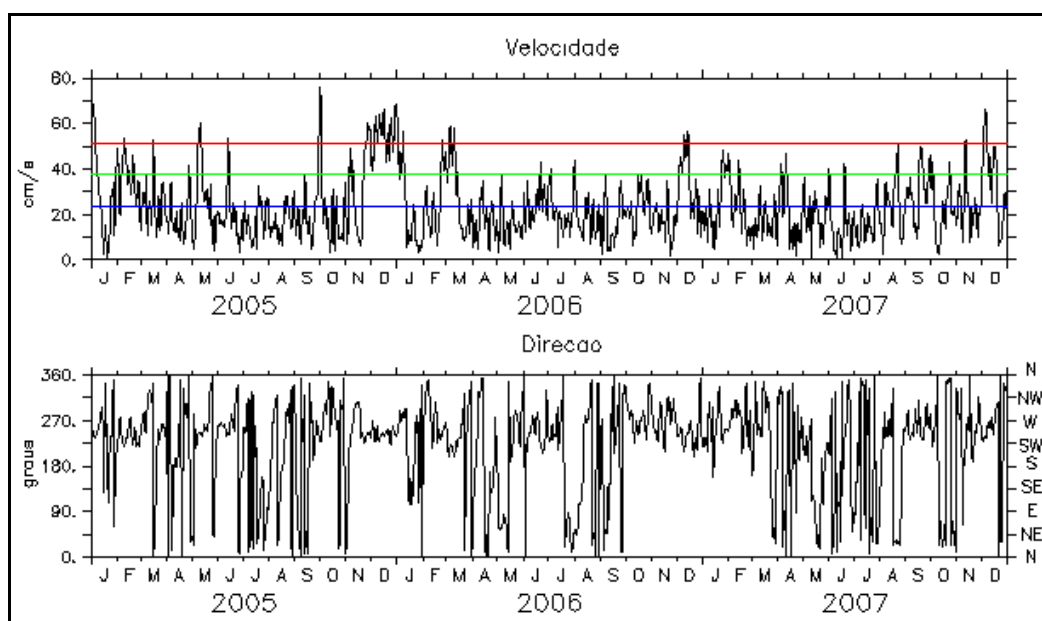
	1 °Critério	2 °Critério
	$\bar{V}_v + \sigma$	$\bar{V}_v + 2\sigma$
Verão	24	3
Outono	46	11
Inverno	44	8
Primavera	66	11

Fonte: ASA.

Nos resultados apresentados verifica-se que os eventos extremos de vento foram, em geral, provenientes de SE e de E. Os eventos extremos de quadrante sul estão associados a passagens de sistemas frontais, enquanto os eventos de leste podem estar associados a situações pós-frontais (deslocamento da alta associada aos sistemas frontais) ou a alterações no posicionamento da ASAS. Com relação à sazonalidade destes eventos, observa-se uma menor ocorrência durante o verão, quando a frequência dos sistemas frontais que influenciam a região de interesse é menor.

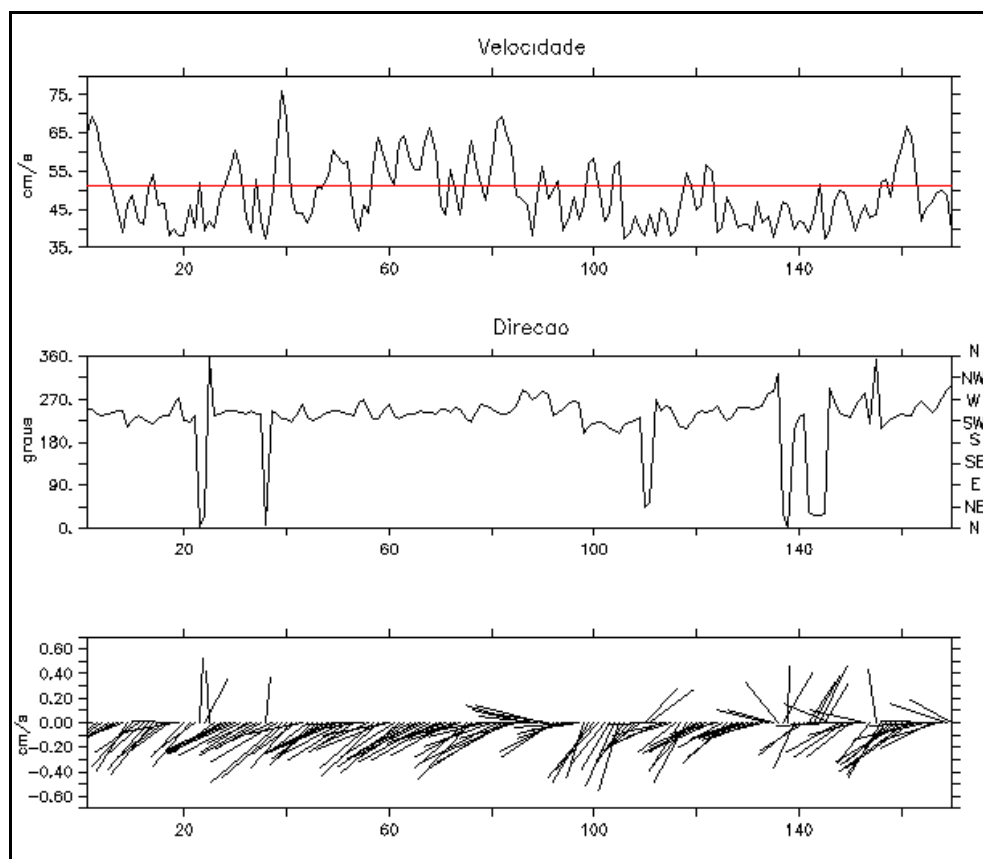
II.5.1.3.6.2 - Corrente

Na análise de extremos da corrente de superfície foi considerada uma série da Análise do modelo HYCOM (*Hybrid Coordinate Ocean Model* - Bleck, 2002) para o ponto de grade mais próximo à região em estudo (46,1° W-26,1° S). A Figura II.5.1.3-37 apresenta a série temporal da velocidade e direção da corrente e os valores dos critérios de separação de eventos extremos (linhas verde e vermelha).



Fonte: ASA.No primeiro critério foram selecionados 170 casos. A linha vermelha corresponde ao limite estabelecido para o segundo critério, em que foram selecionados 59 eventos

Figura II.5.1.3-37 - Série de velocidade e direção da corrente do HYCOM para o período de 2005 a 2007.
A linha azul indica o valor da velocidade média da corrente, a linha verde o valor médio mais um desvio padrão (primeiro critério) e a linha vermelha o valor médio mais dois desvios padrão (segundo critério).

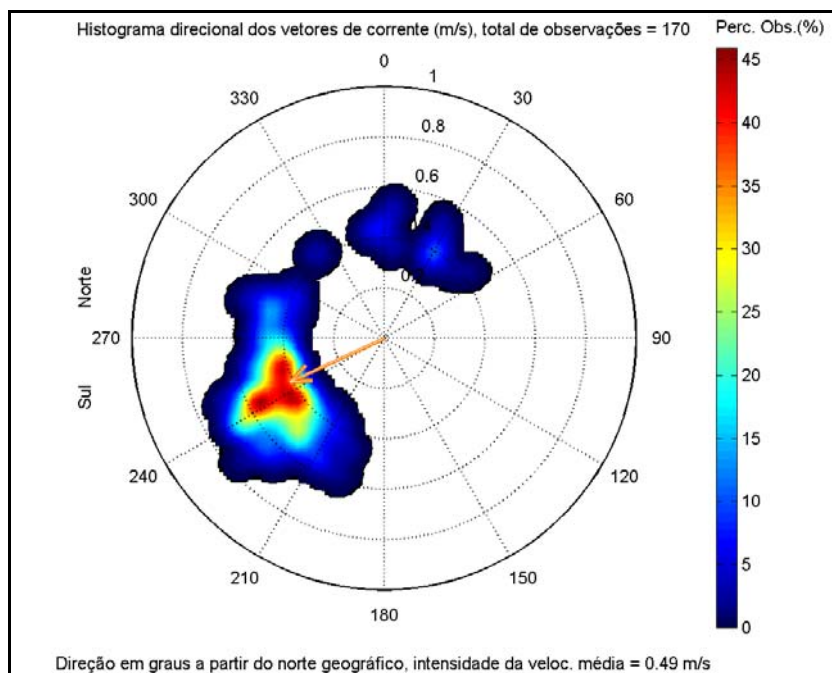


Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-38 - Série de velocidade e direção dos eventos extremos da corrente do HYCOM. A linha vermelha indica o valor médio da série completa mais dois desvios padrão

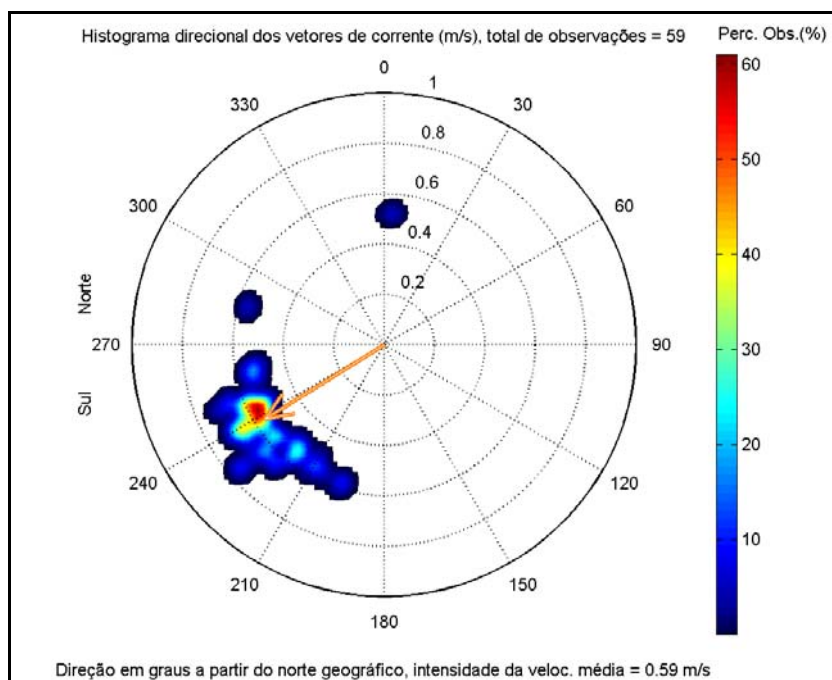
A Figura II.5.1.3-38 e a Figura II.5.1.3-39 apresentam os histogramas direcionais dos eventos extremos de corrente para o primeiro e o segundo critério, respectivamente. A direção apresentada refere-se ao norte geográfico e segue a convenção oceanográfica. A intensidade é apresentada em (m/s) e a escala de cores representa o porcentagem de observações (Perc. Obs.).

Nas figuras supracitadas fica clara a dominância de eventos extremos com correntes para SW. Apenas alguns eventos extremos apresentam corrente para norte.



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-39 - Histograma direcional dos eventos extremos de corrente selecionados pelo primeiro critério para o período de 2005 a 2007



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-40 - Histograma direcional dos eventos extremos de corrente selecionados pelo segundo critério para o período de 2005 a 2007

O Quadro II.5.1.3-12 apresenta a distribuição de ocorrência conjunta de intensidades e direções do vento para o período de 2005 a 2007. Nota-se que os eventos com velocidade acima de 60 m/s apresentam direções SW e WSW. As velocidades médias mais intensas foram das correntes que fluem para WSW (31,9 cm/s) e SW (31,6 cm/s), bem como as velocidades máximas (SW - 76 cm/s; WSW - 68,8 cm/s). Assim, as correntes mais intensas ocorrem em suas direções mais frequentes.

Quadro II.5.1.3-12 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade e direção da corrente obtidos a partir dos dados do HYCOM para o período de 2005 a 2007, na Bacia de Santos

Obs.: a direção é medida em graus a partir do Norte geográfico, convenção vetorial.

	D I R E Ç Ã O																		
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Tot.	Porc.	Dir. méd.
0,0-10,0	10	12	6	9	7	8	4	13	6	9	7	13	16	14	16	12	162	14,8	304
10,0-20,0	24	24	16	13	7	14	4	14	11	23	31	45	51	43	26	27	373	34,1	283
20,0-30,0	11	10	14	9	6	3	5	2	3	13	20	60	36	32	25	25	274	25,0	281
30,0-40,0	8	11	7	1	1	0	0	0	0	7	27	39	20	8	4	11	144	13,2	269
40,0-50,0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	4	20	31	9	5	1	0	76	6,9	250
50,0-60,0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	5	12	25	1	1	0	0	46	4,2	238
60,0-70,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	13	0	0	0	0	19	1,7	238
70,0-80,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,1	230
Total	57	60	44	32	21	25	13	29	20	61	124	226	133	103	72	75	1095		
Porc.	5,2	5,5	4,0	2,9	1,9	2,3	1,2	2,6	1,8	5,6	11,3	20,6	12,1	9,4	6,6	6,8			
Vel. méd.	19,6	20,0	20,8	15,7	14,5	12,1	15,8	11,7	13,7	23,0	31,6	31,9	22,4	20,2	18,2	19,5			
Vel. máx.	52,5	50,9	43,6	36,7	30,4	25,6	26,1	26,0	24,5	57,8	76,3	68,8	51,8	56,1	42,2	36,4			
Percts.(0,9)	30,0	30,0	30,0	20,0	20,0	20,0	20,0	10,0	20,0	40,0	50,0	50,0	30,0	30,0	20,0	30,0			

Fonte: ASA.

O Quadro II.5.1.3-13 apresenta a distribuição sazonal dos eventos extremos de corrente ocorridos entre 2005 e 2007.

Quadro II.5.1.3-13 - Número de eventos extremos de corrente no verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro)

	1 ° Critério	2 ° Critério
	$\bar{V}_v + \sigma$	$\bar{V}_v + 2\sigma$
Verão	59	15
Outono	18	5
Inverno	18	1
Primavera	75	38

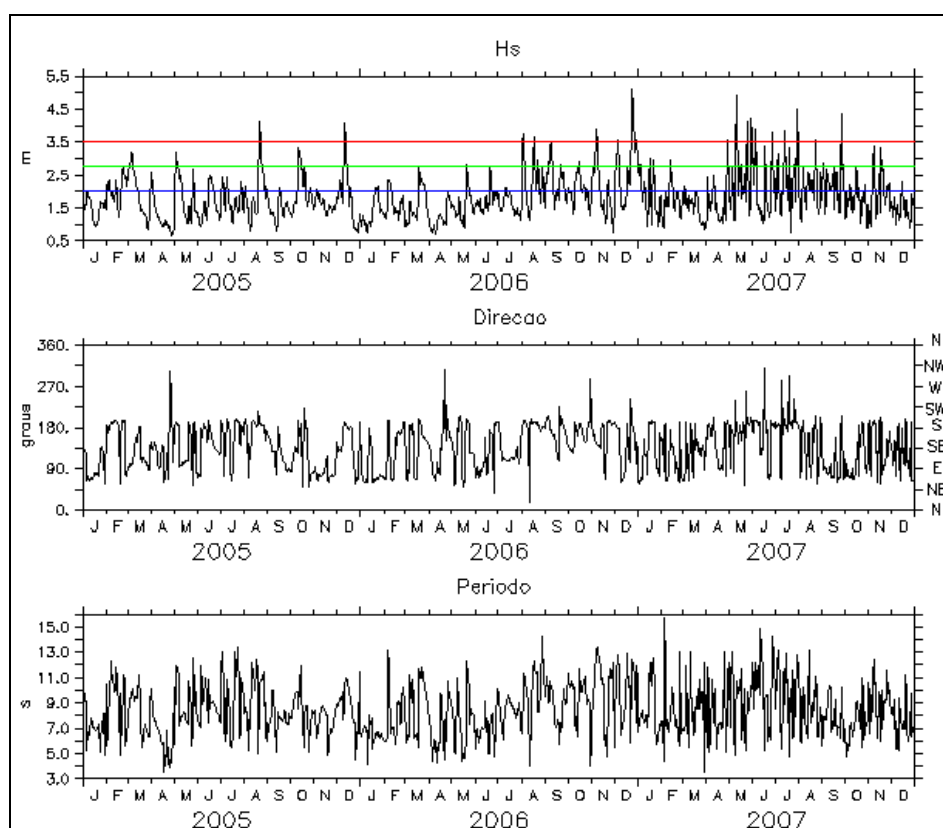
Fonte: ASA.

Os resultados indicam que os eventos extremos de corrente ocorrem devido ao fortalecimento da Corrente do Brasil (fluindo em direção a SW) e são mais frequentes no verão e, principalmente, na primavera.

Inversões da Corrente do Brasil são frequentes, mas em geral apresentam fraca intensidade. Correntes provenientes de NW/N/NE ocorreram em 245 dias durante o período analisado, mas apenas 79 destes eventos atingiram a velocidade média da série. Essas inversões foram mais frequentes no outono e no inverno e menos frequentes no verão. Com relação aos eventos extremos, foram observados 13 casos com essas direções pelo primeiro critério e apenas um caso de acordo com o segundo critério.

II.5.1.3.6.3 - Onda

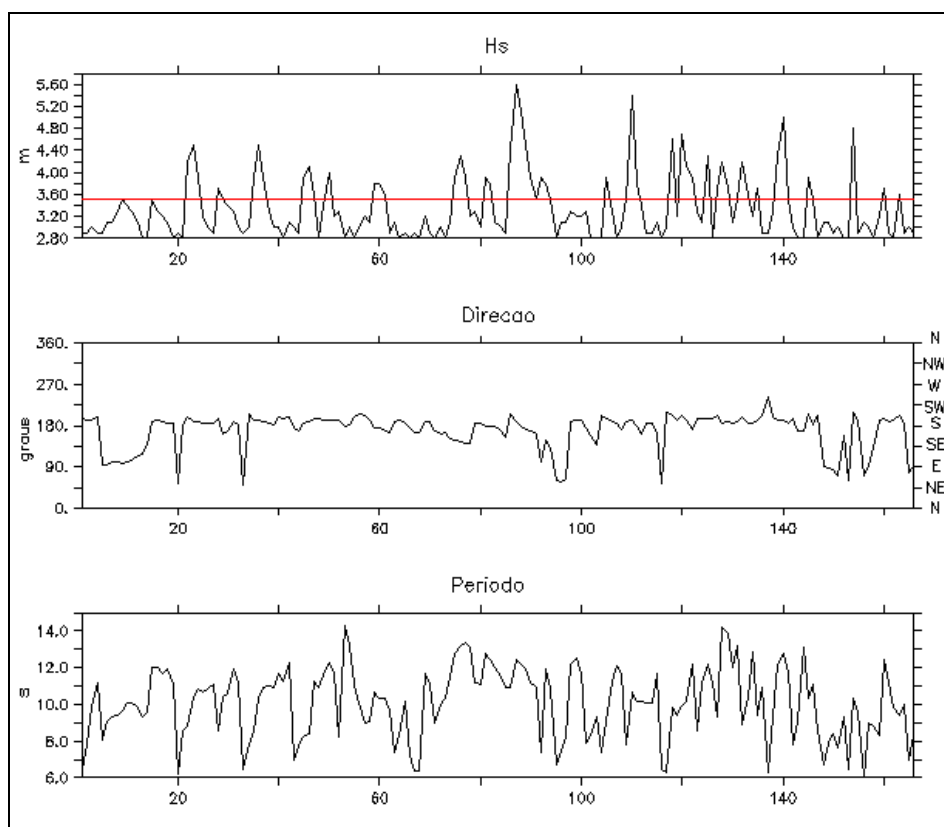
Na análise de extremos de ondas foi considerada uma série do modelo WW3 para o ponto de grade mais próximo à região dos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70 (26 °S/ 46° W). A **Figura II.5.1.3-41** apresenta a série temporal da altura significativa, direção de propagação e período de pico das ondas, além dos valores dos critérios de separação de eventos extremos (linhas verde e vermelha).



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-41 - Série de altura significativa, direção e período das ondas para o período de 2005 a 2007. A linha azul indica o valor da altura média das ondas, a linha verde o valor médio mais um desvio padrão (primeiro critério) e a linha vermelha o valor médio mais dois desvios padrão (segundo critério)

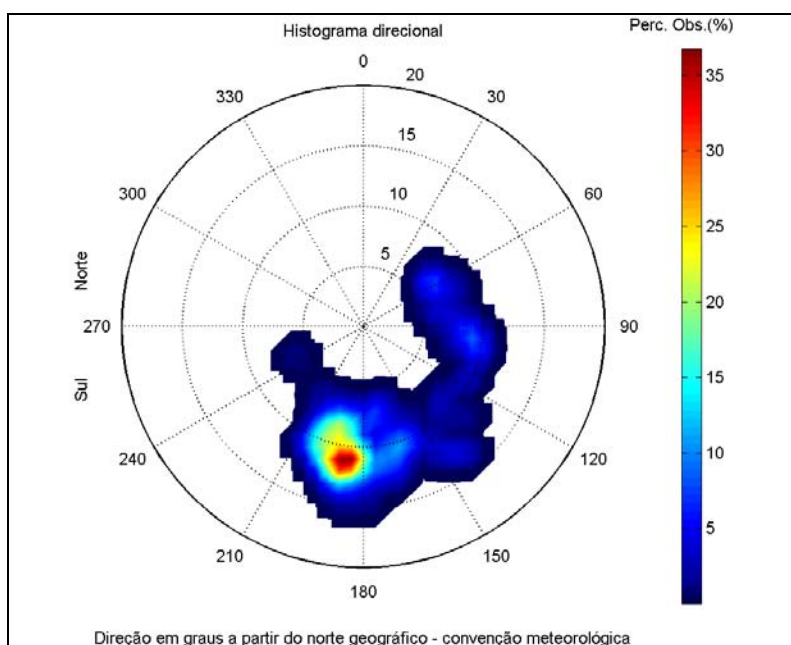
No primeiro critério foram selecionados 166 casos, que podem ser observados na **Figura II.5.1.3-42**. A linha vermelha corresponde ao limite estabelecido para o segundo critério, em que foram selecionados 51 eventos.



Fonte: ASA.

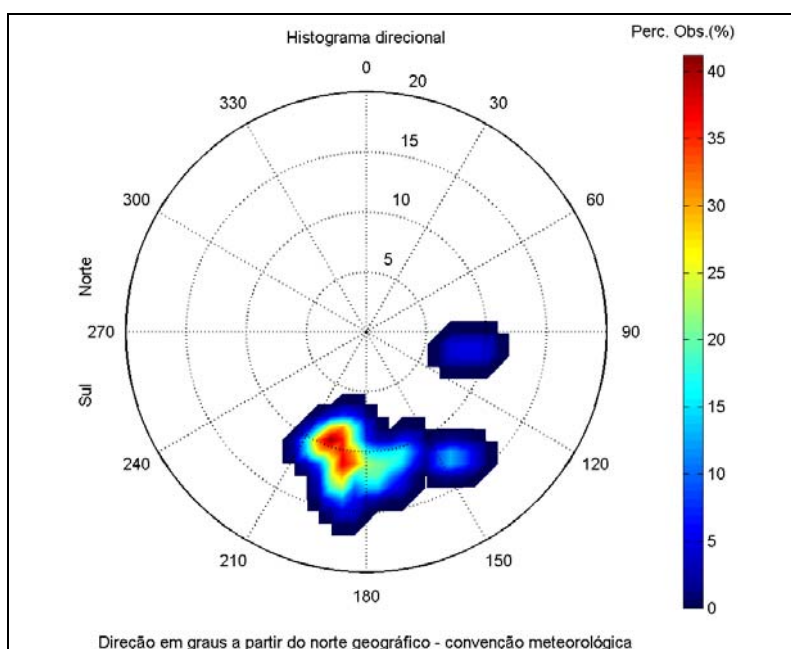
Figura II.5.1.3-42 - Série da altura significativa (Hs), direção e período dos eventos extremos de onda. A linha vermelha indica o valor médio da série completa mais dois desvios padrão

A **Figura II.5.1.3-43** e a **Figura II.5.1.3-44** apresentam os histogramas direcionais (para direção de propagação, período de pico e frequência de ocorrência) dos eventos extremos de onda para o primeiro e o segundo critério, respectivamente. A direção apresentada refere-se ao norte geográfico e segue a convenção meteorológica. A escala de cores representa a percentagem de observações, os círculos concêntricos referem-se ao período de pico (Tp - em segundos).



Fonte: ASA.

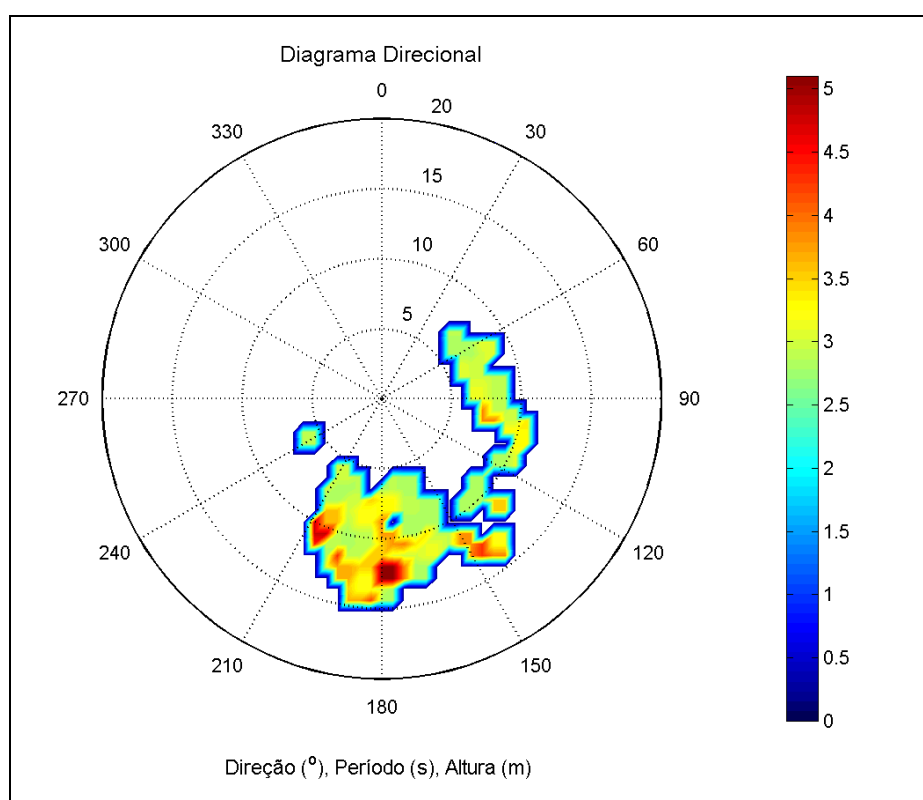
Figura II.5.1.3-43 - Histograma direcional (direção de propagação, período de pico e frequência de ocorrência) dos eventos extremos de onda selecionados pelo primeiro critério para o período de 2005 a 2007



Fonte: ASA.

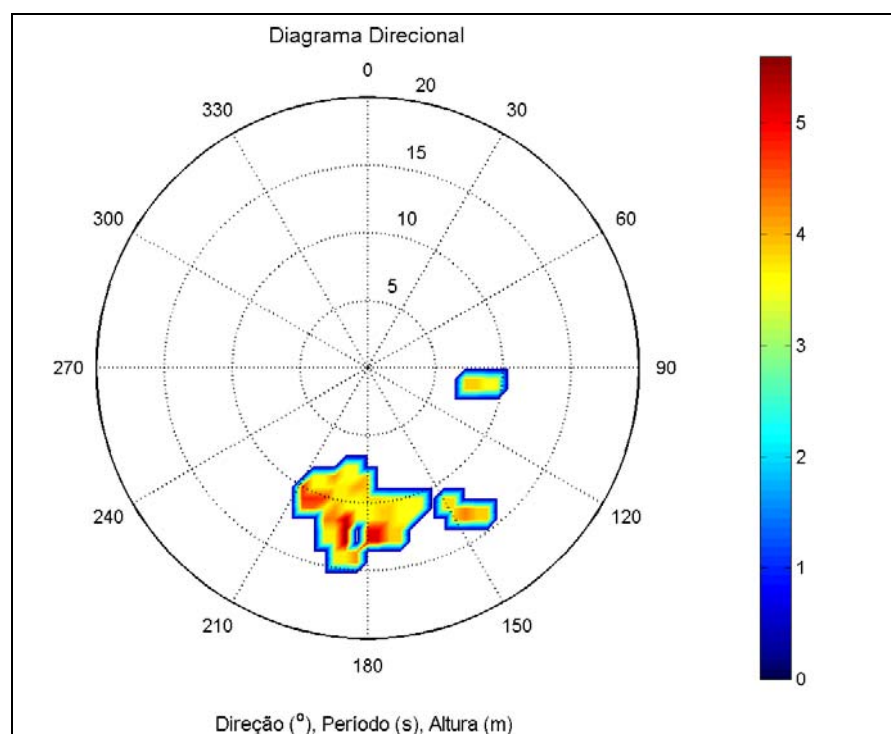
Figura II.5.1.3-44 - Histograma direcional (direção de propagação, período de pico e frequência de ocorrência) dos eventos extremos de onda selecionados pelo segundo critério para o período de 2005 a 2007

A Figura II.5.1.3-45 e a Figura II.5.1.3-46 apresentam os histogramas direcionais (para direção de propagação, período de pico e altura significativa) dos eventos extremos de onda para o primeiro e o segundo critério, respectivamente. A direção apresentada refere-se ao norte geográfico e segue a convenção meteorológica. Neste diagrama a altura significativa das ondas está indicada em metros (barra lateral), os círculos concêntricos referem-se ao período de pico (em segundos), enquanto a direção de propagação é fornecida graus.



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-45 - Histograma direcional (direção de propagação, período de pico e altura significativa) dos eventos extremos de onda selecionados pelo primeiro critério para o período de 2005 a 2007



Fonte: ASA.

Figura II.5.1.3-46 - Histograma direcional (direção de propagação, período de pico e altura significativa) dos eventos extremos de onda selecionados pelo segundo critério para o período de 2005 a 2007

O **Quadro II.5.1.3-14** apresenta a distribuição de ocorrência conjunta de altura significativa e direções das ondas para o período de 2005 a 2007. Nota-se que as alturas médias são maiores em ondas provenientes de SSW (2,6 m) e de S (2,3), sendo esta última a direção de propagação de ondas mais frequente. As alturas máximas observadas também foram de SSW (5,4 m) e de S (5,1 m).

Quadro II.5.1.3-14 - Diagrama de ocorrência conjunta da altura significativa e direção das ondas para o período de 2005 a 2007, na Baía de Santos

Obs.: a direção é medida em graus a partir do Norte geográfico, convenção meteorológica.

D I R E Ç Ã O																			
Hs (m)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Tot.	Perc.	Mea.Dir.
0,0- 0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0
0,5- 1,0	0	0	0	12	6	3	2	1	4	0	0	1	1	0	0	0	30	2,7	97
1,0- 1,5	0	1	1	58	51	40	30	18	29	11	0	1	0	1	3	0	244	22,3	112
1,5- 2,0	0	0	3	71	47	32	51	43	73	24	1	1	0	2	0	0	348	31,8	130
2,0- 2,5	0	0	1	43	11	20	30	36	71	24	3	0	0	0	0	0	239	21,8	146
2,5- 3,0	0	0	3	10	9	1	8	21	42	30	0	2	0	0	0	0	126	11,5	167
3,0- 3,5	0	0	0	4	6	3	2	4	23	15	0	0	0	0	0	0	57	5,2	168
3,5- 4,0	0	0	0	0	2	0	1	6	13	10	0	0	0	0	0	0	32	2,9	177
4,0- 4,5	0	0	0	0	0	0	1	0	4	5	0	0	0	0	0	0	10	0,9	189
4,5- 5,0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	6	0,5	193
5,0- 5,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0,2	185
Total	0	1	8	198	132	99	125	129	262	124	4	5	1	3	3	0	1094		
Porc.	0	0,1	0,7	18,1	12,1	9,0	11,4	11,8	23,9	11,3	0,4	0,5	0,1	0,3	0,3	0			
Hs méd.	0	1,3	2,2	1,7	1,7	1,7	1,8	2,1	2,3	2,6	2,1	1,9	0,9	1,6	1,2	0			
Hs máx.	0	1,3	2,9	3,1	3,9	3,4	4,3	3,9	5,1	5,4	2,4	2,9	0,9	1,7	1,3	0			
Perct. (0,9)	0	1,0	2,5	2,0	2,5	2,0	2,0	2,5	3,0	3,5	2,0	2,5	0,5	1,5	1,0	0			

Fonte: ASA.

O Quadro II.5.1.3-15 apresenta a distribuição sazonal dos eventos extremos de ondas ocorridos entre 2005 e 2007.

Quadro II.5.1.3-15 - Número de eventos extremos de ondas no verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro)

	1 °Critério	2 °Critério
	$\bar{V}_v + \sigma$	$\bar{V}_v + 2\sigma$
Verão	24	1
Outono	37	12
Inverno	54	18
Primavera	51	20

Fonte: ASA.

Estas análises mostram que os eventos extremos de onda apresentam direção de propagação proveniente de quadrantes sul e leste, sendo que os eventos de sul ocorrem em maior número e apresentam alturas significativas e períodos maiores. Além disso, os eventos extremos de onda ocorrem normalmente associados a passagens de sistemas frontais e são mais frequentes no inverno e na primavera e menos frequentes no verão.

II.5.1.3.7 - Considerações Finais

Na região da Bacia de Santos, pode-se resumir o padrão de circulação oceânica como “Sistema Corrente do Brasil” (Godoi, 2005), sistema de correntes de contorno formado pela Corrente do Brasil, fluindo para sudoeste, e pela Corrente de Contorno Intermediária, fluindo para nordeste. A Corrente do Brasil tem espessura característica de 500 m ao largo do sudeste brasileiro e transporta Água Tropical e Água Central do Atlântico Sul. A Corrente de Contorno Intermediária ocupa porções intermediárias do talude continental, com extensão vertical de pelo menos 700 m (Böebel *et al.*, 1999 *apud* Silveira *et al.*, 2000; Stramma & England, 1999), e transporta Água Intermediária Antártica. Abaixo da Corrente de Contorno Intermediária, ocupando por vezes cerca de dois quilômetros de coluna de água e com uma estrutura vertical complexa, a Corrente de Contorno Profunda flui para o sudoeste, transportando Água Profunda do Atlântico Norte (Stramma & England, 1999).

Na região da plataforma continental, há amplificação natural do sinal de maré e intensificação dos padrões meteorológicos locais, *i.e.*, brisa marinha. Sobreposto a estes sinais, existe a presença energética da passagem de sistemas frontais, com pronunciada causalidade remota. Em região oceânica, a composição da passagem de frentes e do fluxo determinado pela Corrente do Brasil é a feição preponderante.

ÍNDICE

II.5.1.4 -	Qualidade de Água e Sedimentos.....	1/57
II.5.1.4.1 -	Metodologia	2/57
II.5.1.4.2 -	Resultados	4/57

II.5.1.4 - Qualidade de Água e Sedimentos

Para a caracterização da qualidade da água e do sedimento das áreas de influência do empreendimento nos Blocos BM-S-61, BM-S-62, BM-S-68, BM-S-69 e BM-S-70, Bacia de Santos, foi realizado um levantamento dos diversos trabalhos e relatórios disponíveis, visando à obtenção de um bom conjunto informações para a compreensão do ambiente sob influência do empreendimento.

Constatou-se a existência de uma gama de dados consistente, proveniente de iniciativas pretéritas como o Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Perfuração Marítima, no Bloco BM-S-7 (2005) e o Projeto de Monitoramento do Campo de Coral (2008), ambos localizados nos arredores da área em questão, além de outros diversos estudos disponíveis na literatura científica. No primeiro caso, as coletas se deram antes, durante e depois da perfuração do Poço 1-CHEV-2-RJS, resultando em uma rica gama de dados.

Ainda com um intuito de caracterizar o “background” da região, foram considerados os dados provenientes do Relatório de Caracterização da Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002).

Este conjunto de informações é importante pela sua atualidade e ajudam no entendimento da dinâmica do ecossistema sob influência da atividade, podendo servir de base para comparações com dados a serem levantados em futuros projetos de monitoramento. O Quadro II.5.1.4-1 apresenta os parâmetros levantados nos monitoramentos supracitados:

Quadro II.5.1.4-1 - Dados Disponíveis Referentes à Região do Empreendimento

Parâmetro	Projeto	Bloco BM-S-7	Campo de Coral	Relatório de Caracterização da Bacia de Santos
ÁGUA				
pH		x		x
Sólidos dissolvidos e em suspensão		x		
Oxigênio dissolvido		x		x
Carbono Orgânico Total (COT)				x
Hidrocarbonetos Totais de Petróleo		x	x	x
HPA (Hidrocarbonetos Poliaromáticos)		x		x
n-alcanos e MCNR		x		
Fenóis			x	x
Clorofila a			x	
Nutrientes (Amônia, Nitrato, Nitrito, e Fosfato)		x	x	
Silicato			x	
Razão N:P				

Parâmetro \ Projeto	Bloco BM-S-7	Campo de Coral	Relatório de Caracterização da Bacia de Santos
Sulfetos	x		
SEDIMENTO			
Granulometria	x	x	
Teor de Carbonato	x		
Teor de Matéria Orgânica Total	x	x	
Hidrocarbonetos Totais de Petróleo	x	x	
Hidrocarbonetos Poliaromáticos	x		
n-alcanos e MCNR	x		
Metais	x	x	
Nutrientes (Amônia, Nitrato, Nitrito, e Fosfato)		x	
Razão CNP	x		

II.5.1.4.1 - Metodologia

No Quadro II.5.1.4-2 são expostas as metodologias utilizadas nos dois projetos de monitoramento, além das utilizadas em estudos isolados, como forma de munir o leitor de informações a respeito das técnicas utilizadas para obtenção dos dados de caracterização do ambiente em questão.

Quadro II.5.1.4-2 - Respectivas Metodologias de Análises de Cada Estudo Utilizado

Parâmetro \ Projeto	Bloco BM-S-7	Campo de Coral	Relatório de Caracterização da Bacia de Santos
ÁGUA			
pH	pH-metro	Determinado através de CTD, com sondas de Oxigênio dissolvido e pH acopladas	pH-metro
Sólidos dissolvidos e em suspensão	gravimetria	Determinação gravimétrica segundo método descrito em Strickland & Parsons, 1972.	-
Oxigênio dissolvido	oxímetro	-	oxímetro
Carbono Orgânico Total (COT)	-	-	Combustão catalítica à alta temperatura seguida de quantificação do CO ₂ em um detector de infravermelho não disperso.
Hidrocarbonetos Totais de Petróleo	EPA 8015	Determinação feita por cromatografia gasosa, segundo método US EPA 8015B	Cromatografia gasosa com detector de chama CG-FID (HP modelo 6890) (EPA 8015C)
HPA (Hidrocarbonetos Poliaromáticos)	EPA 8270	-	EPA 8270C
n-alcanos e MCNR	EPA 8015	-	-
Fenóis	-	Método colorimétrico: US EPA 9065	EPA 8270C

Projeto Parâmetro	Bloco BM-S-7	Campo de Coral	Relatório de Caracterização da Bacia de Santos
Clorofila a	espectrofluorimetria	Mantoura <i>et al.</i> , 1997 adaptado por Proença, 2002	-
Nutrientes (Amônia, Nitrato, Nitrito, e Fosfato)	análises colorimétricas	Determinação colorimétrica como nitrito após redução do Nitrato em coluna de Cd, segundo método descrito em Grasshoff et al, 1983. Amônia - Determinação colorimétrica após adição de fenol e hipoclorito de sódio com formação de composto colorido azul de indofenol, segundo método de Strickland & Parsons, 1972 (equivalente a APHA 4500-F).	Análises colorimétricas
Silicato	-	Determinação colorimétrica após reação com molibdato e meto-sulfito, segundo método descrito em Strickland & Parsons, 1972.	-
Razão C:N:P	-	-	-
Sulfetos		Determinação pelo método colorimétrico do azul de metileno (Hach 8131/Standard Methods 4500 S2- D)	
SEDIMENTO			
Granulometria	gravimetria	gravimetria	Holme & MCinyre (1984) e Suguio (1973)
Teor de Carbonato	gravimetria e dissolução ácida		
Teor de Matéria Orgânica Total	combustão catalítica	Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes / Embrapa Solos (Silva, 1999).	
Hidrocarbonetos Totais de Petróleo	EPA 8015	Os hidrocarbonetos foram determinados de forma fracionada (TPH Fracionado), de forma a poderem ser identificados os hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos e os TPH ORO, DRO e GRO. A determinação foi feita por cromatografia gasosa (GC/FID e GC/MS), segundo método US EPA 8015B.	Cromatografia gasosa com detector de chama CG-FID (EPA 8015C)
Hidrocarbonetos Poliaromáticos	EPA 8270		EPA 8270C
n-alcanos e MCNR	EPA 8015		
Metais	ICP-OES	Determinação por espectrometria de emissão por plasma (ICP), segundo método US EPA 3050/B6010B. Hg - Determinação por espectrofotometria de absorção atômica com geração de vapor frio, segundo método US EPA 7470A / 7471A.	Espectrofotometria de emissão de plasma e Espectrofotometria de Absorção Atômica
N total		Determinação através de método espectrofotométrico (Hach 8075)	
P total		Determinação através de método colorimétrico após digestão das amostras, conforme método SM 4500 (APHA-AWWA-WPCF, 1999).	

II.5.1.4.2 - Resultados

ÁGUA

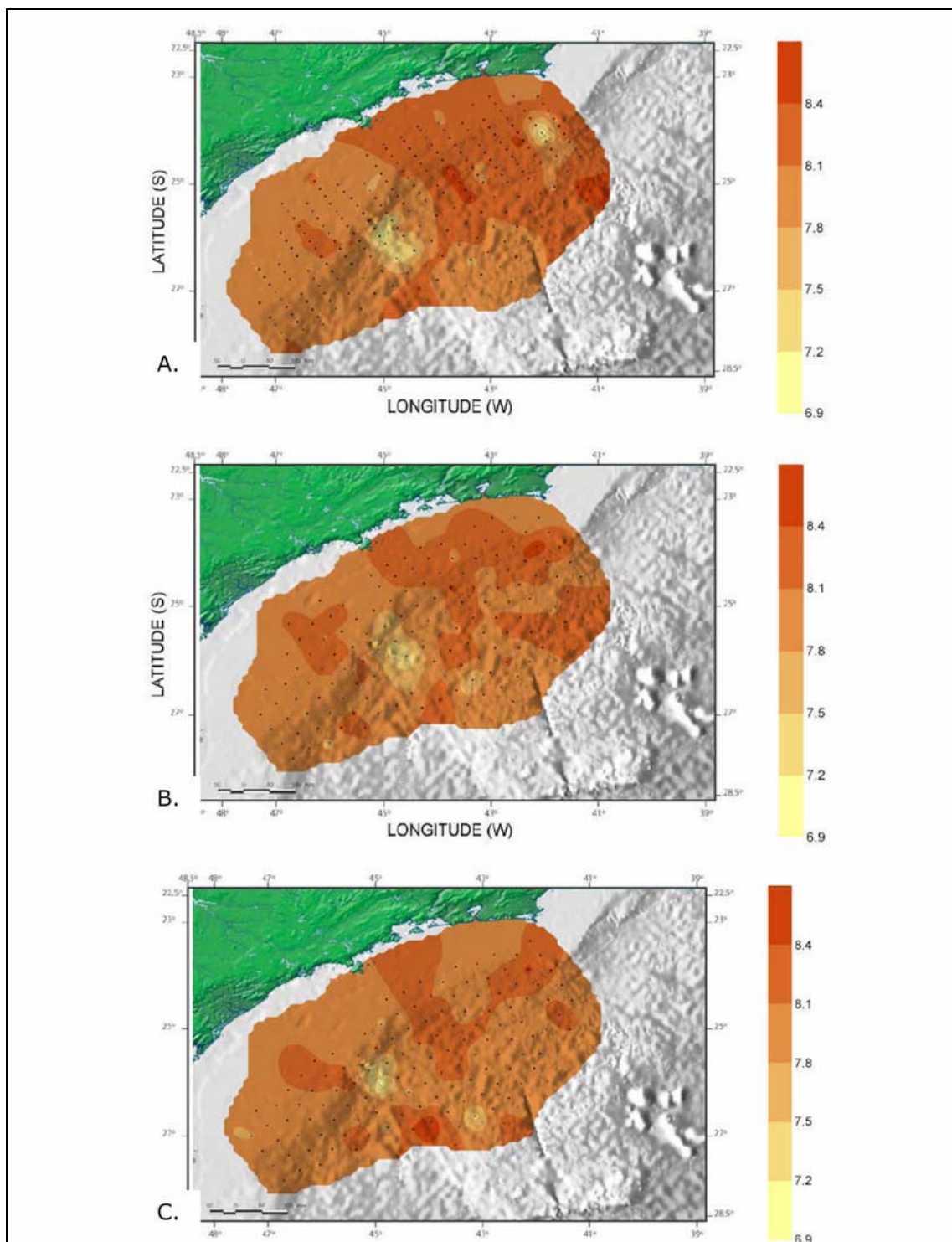
▪ pH

O pH da água do mar varia em torno de 8,2. Este valor se dá devido a presença dos íons CO_2 , HCO_3^- e CO_3^{2-} . Modificações nas concentrações de CO_2 , devido às atividades de respiração, fotossíntese e trocas entre a atmosfera e o oceano, ou em CO_2^- , devidas às precipitações, podem modificar os valores de pH (Aminot & Chaussepied, 1983).

Os valores encontrados no pré-perfuração do Bloco BM-S-7 foram de 8,36 a 8,59 no estrato superficial (10 m) e de 8,37 a 8,56 a 200 m de profundidade. Durante a campanha de perfuração o pH variou de 8,19 a 8,28 no estrato superficial (10 m) e de 8,12 a 8,17 a 200 m de profundidade. Por fim, no pós-perfuração os valores variaram de 8,49 a 8,55 no estrato superficial (10 m) e de 8,38 a 8,43 a 200 m de profundidade. Os resultados obtidos no monitoramento Bloco BM-S-7 estão de acordo com estudos prévios realizados ao longo do litoral brasileiro (ANDRADE *et al.*, 1999; NIENCHESKI *et al.*, 1999). Mais que isto, a grande maioria dos resultados de pH situa-se entre os valores mínimos e máximos definidos para a água marinha, pela resolução CONAMA 357 ($6,5 < \text{pH} < 8,5$) e também pelo Canadian Quality Guideline ($7 < \text{pH} < 8,7$).

Na amostragem realizada no campo de Coral, o pH mostrou valores extremamente elevados, variando entre 8,98 e 9,46. Em função disso, tais valores não foram considerados nas análises e interpretações subsequentes, pois provavelmente se devem a problemas técnicos durante a medição (p.ex.: calibração do equipamento).

Ainda com relação aos estudos disponíveis em regiões próximas, poucas variações significativas foram observadas no relatório produzido pela MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) nos valores de pH na Bacia de Santos, que variaram de 7,43 a 8,61 (Figura II.5.1.4-1). Esses valores variaram dentro da faixa considerada aceitável para as águas salinas da classe 1 (destinadas a recreação de contato primário, à proteção de comunidades aquáticas e à aquicultura e à atividade de pesca. entre 6,5 e 8,6) (CONAMA, 2005). Dados semelhantes foram registrados em volta da Plataforma de Merluza, onde os valores de pH variaram de 7,78 a 8,35 (Quadro II.5.1.4-3).



A) Superfície B) Termoclina e C) Fundo.
Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002).

Figura II.5.1.4-1 - Variação Espacial do pH na Bacia de Santos

A pequena variação de pH, entre as estações, está de acordo com estudos prévios realizados ao longo do litoral brasileiro (ANDRADE *et al.*, 1999; NIENCHESKI *et al.*, 1999). A maioria das amostragens na Bacia de Santos foi realizada no final do verão e durante o outono. A sazonalidade influencia o pH da água do mar ao alterar as trocas entre o oceano e a atmosfera, a taxa de fotossíntese e respiração e a pluviosidade. No outono, os valores de pH na região sul-sudeste apresentam valores elevados e menores variações no fundo, como descritas em Niencheski *op cit.*

O Quadro II.5.1.4-3 apresenta os valores de pH compilados para a costa brasileira por Niencheski *op cit.* Observa-se uma homogeneidade da distribuição dos valores de pH, tanto em termos de profundidade (variação vertical) quanto em termos sazonais.

Quadro II.5.1.4-3 - Valores Máximos e Mínimos de pH na Costa Brasileira

Estação do Ano		Verão				Outono				Primavera				Inverno			
Profundidade (m)		0	50	100	200	0	50	100	200	0	50	100	200	0	50	100	200
pH	Max	8,40	8,45	8,25	8,40	8,25	8,35	8,25	8,20	8,00	8,00	8,00	8,00	8,35	8,40	8,40	8,35
	Min	7,50	7,85	7,80	7,60	7,75	7,75	7,75	7,75	-	-	-	-	7,85	7,90	7,80	7,65

Fonte: Projeto REVIZEE - Oceanografia química (Niencheski *et al.*, 1999)

■ Sólidos Totais

As concentrações dos sólidos totais em suspensão (TSS) são importantes indicadores dos meios aquáticos. As partículas em suspensão diminuem a transparência da água, que por sua vez, pode reduzir a produção primária fotossintética, podendo alterar, em última análise, os recursos pesqueiros de determinada área. Além disso, partículas presentes na água formam uma superfície de contato importante para trocas físico-químicas, químicas e biológicas com a água do mar (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983).

O material particulado em suspensão (MPS) na água do mar corresponde ao material retido em filtros de porosidade de 0,45 µm. Em regiões costeiras, o aporte continental representa uma fonte de grande importância para explicar a distribuição do MPS. Em regiões oceânicas, sua distribuição é controlada pela produção autóctone de material na camada superficial, sua posterior sedimentação e decomposição na coluna d'água e pela ressuspensão de material na camada de fundo. A influência desses processos resulta em um perfil vertical típico, onde as máximas concentrações são encontradas próximas à superfície, em função da produção autóctone, e próxima ao fundo, em função da ressuspensão (CHESTER, 2003).

Em regiões oceânicas, as concentrações de sólidos totais na superfície variam, geralmente, entre 0,5 e 1 mg/L. As concentrações de TSS estão sujeitas a variações, principalmente em regiões não muito afastadas da costa, tais como variações sazonais, biológicas, tempestades ou provenientes de aportes terrígenos. Desta forma, é possível encontrar valores de 0,5 a 5 mg/L ou até centenas de miligramas por litro em estuários (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983).

Os valores de TSS encontrados no monitoramento do Bloco BM-S-7 podem ser considerados valores típicos do meio marinho. As concentrações variaram de 0,50 mg/L a 0,77 mg/L antes da perfuração, 0,42 mg/L a 0,87 mg/L durante a perfuração, e de 0,41 mg/L a 0,78 mg/L após a perfuração.

Os valores TSS na superfície das estações coletadas foram mais elevados. Isto se deve, possivelmente, ao desenvolvimento da produtividade primária na camada iluminada. Os valores de TSS não foram muito diferentes nas três campanhas e encontram-se na faixa de concentração descrita por Aminot & Chaussepied (1983) para águas oceânicas.

As diferenças entre os valores de TSS nas profundidades de 10 e 200 m estão possivelmente relacionadas ao desenvolvimento da produtividade primária na camada mais iluminada.

No campo de Coral, na região da plataforma, as concentrações de MPS se apresentaram mais elevadas, variando entre 6,3 e 23,5 mg/L na coluna d'água. Estes valores podem ser explicados pelas menores profundidades existentes no Campo de Coral, sendo o fundo marinho uma importante fonte de partículas para a coluna d'água.

▪ Teor de Sólidos Dissolvidos

Os sólidos dissolvidos são naturalmente encontrados nas águas devido ao desgaste das rochas por intemperismo. Grandes concentrações decorrem do lançamento de esgotos domésticos e despejos industriais (MMA, 2002). As variações de TSD normalmente estão relacionadas aos fatores climáticos, tais como temperatura, pluviosidade e ventos.

Dos três principais trabalhos utilizados como referência para a caracterização da área do empreendimento, o único que analisou este parâmetro foi o referente ao Monitoramento do Bloco BM-S-7. Este apresentou resultados que variaram de 45,19g/L a 49,75g/L antes da perfuração, de 36,88g/L a 39,14g/L durante a perfuração, e de 39,55g/L a 42,17g/L após a perfuração. Análises comparativas se tornam difíceis neste momento, uma vez que este parâmetro é pouco utilizado na literatura.

No monitoramento da perfuração Poço Eagle localizado na Bacia de Campos, realizado em junho de 2001, nos mesmos moldes que a perfuração do poço 1-CHEV-2-RJS, os valores registrados variaram entre 30 e 50g/L, apresentando padrões extremamente semelhantes ao encontrado nos valores da Bacia de Santos, supracitados.

▪ Oxigênio Dissolvido

Fatores de caráter físico e biológico devem ser considerados ao se analisar o conteúdo de oxigênio dissolvido nas massas de água, já que, por si só, as concentrações de oxigênio na água são insuficientes para uma caracterização do ecossistema (Niencheski *et al.*, 1999). Nas camadas de água mais próximas da superfície, o contato com o oxigênio da atmosfera é um importante fator para sua dissolução na água (Redfield *et al.*, 1963).

Desvios encontrados nas concentrações de oxigênio dissolvido podem ser atribuídos a variações na pressão atmosférica, aquecimento e resfriamento da água (Hayward & Mantyla, 1990). Um balanço dos processos biológicos de produção de oxigênio (fotossíntese) e de consumo por organismos pelágicos pode determinar a concentração de oxigênio dissolvido em determinadas profundidades (Aidar *et al.*, 1993). Outras características físicas também devem ser levadas em consideração, tais como, velocidade do vento, hidrodinamismo e mistura das camadas de água.

Nos dados derivados do monitoramento do Bloco BM-S-7, os valores encontrados antes da perfuração foram de 7,0 a 7,3 mg/L no estrato superficial (10 m) e de 6,8 a 7,13 mg/L a 200 m de profundidade, durante a perfuração o OD variou de 7,1 a 8,25 mg/L no estrato superficial (10 m) e de 7,1 a 8,26 mg/L a 200 m de profundidade e após a perfuração variou de 6,87 a 7,7 no estrato superficial (10 m) e de 6,84 a 7,68 mg/L a 200 m de profundidade.

No Campo de Coral o oxigênio dissolvido apresentou média geral de 6,5 mg/l, variando entre 5,90 e 6,80 mg/L.

A grande maioria dos resultados de oxigênio dissolvido encontrados nos trabalhos supracitados encontram-se mais elevados do que o valor mínimo definido para a água marinha, pela resolução CONAMA 357 (OD>6,0 mg/L), indicando que os teores encontrados estão de acordo com a legislação vigente para águas salinas.

Já com relação à Bacia de Santos como um todo, os teores de oxigênio dissolvido apresentados no relatório produzido por MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002, variaram entre 5,8 e 8,4 mg.L⁻¹. Esses, em geral, foram mais elevados do que os encontrados em outros estudos

realizados na costa brasileira (ANDRADE *et al.*, 1999; NIECHENSKI *et al.*, 1999). As variações encontradas, por sua vez, não demonstraram padrões latitudinais expressivos e também não indicaram potenciais alterações ambientais, sendo que as maiores concentrações foram registradas na profundidade da termoclina, e menores valores relativos na camada superficial e de fundo.

O estudo de Niencheski (*op cit*), outro na região sul da Bacia de Santos, pode ser considerado como referência para a região sul-sudeste brasileira, apresentando as distribuições espaço-temporal de Oxigênio Dissolvido nas águas adjacentes à costa, numa faixa de até 300 milhas náuticas. As amostras de água foram coletadas sazonalmente nas profundidades de 0 m, 50 m, 100 m e 200 m dentro do escopo do Programa REVIZEE (Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Economicamente Exclusiva).

O Quadro II.5.1.4-4 apresenta os valores de Oxigênio Dissolvido compilados por Niencheski (*op cit*). O trabalho indica valores máximos de Oxigênio Dissolvido de 6,40 mg l⁻¹ durante o verão, e 5,50 mg l⁻¹ durante a primavera, sendo típico o decréscimo ao longo do perfil após a profundidade de 100 m.

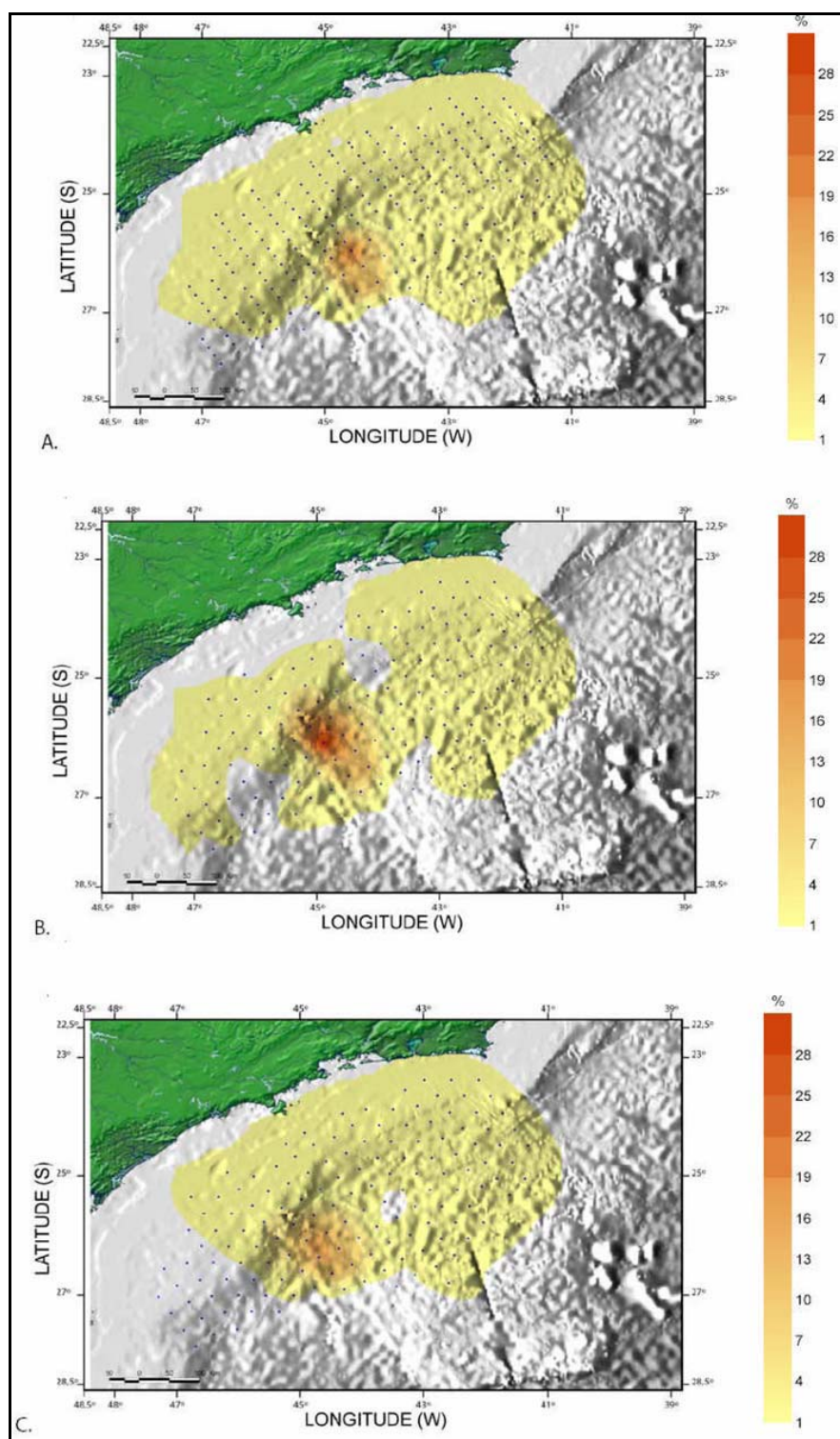
Quadro II.5.1.4-4 - Valores Máximos e Mínimos de OD na Costa Brasileira

Estação do Ano		Verão				Outono				Primavera				Inverno			
Profundidade (m)		0	50	100	200	0	50	100	200	0	50	100	200	0	50	100	200
O2 diss (mg.l ⁻¹)	Max	6,0	6,2	6,4	6,0	5,6	5,4	5,2	5,0	5,5	5,5	5,3	4,7	5,8	5,5	5,4	5,2
	Min	4,4	3,8	3,6	3,0	4,0	3,9	3,6	3,0	-	-	-	-	3,8	4,3	4,2	2,8

Fonte: Projeto REVIZEE - Oceanografia química (Niencheski et al, 1999)

▪ Carbono Orgânico Total (COT)

Dos três monitoramentos utilizados como base de dados para a presente caracterização, o único a referenciar valores de Carbono Orgânico Total Dissolvido foi o relatório produzido por MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002), onde os valores variaram de valores inferiores a 1% (limite de detecção do método) até 33,5% de Carbono Orgânico na amostra de água analisada. Os maiores valores registrados, foram encontrados ao sul do Campo de Merluza (MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002) (Figura II.5.1.4-2).



Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)
A) Superfície B) Termoclina e C) Fundo

Figura II.5.1.4-2 - Variação Espacial das Concentrações de Carbono Orgânico Total na Bacia de Santos

■ Hidrocarbonetos Totais de Petróleo

Hidrocarbonetos são os constituintes majoritários do petróleo e, por essa razão, são considerados contaminantes potenciais em áreas de exploração e produção, assim como em áreas de tratamento, transporte e transferência do óleo. Os hidrocarbonetos do petróleo compreendem os n-alcanos, os isoalcanos, os cicloalcanos e os aromáticos. Dentre os compostos aromáticos, a maioria é formada por monoaromáticos: benzeno, tolueno e outros alquilbenzenos (UNEP, 1991). Petróleo também contém uma mistura complexa de alcanos ramificados e cíclicos, que normalmente não são encontrados em organismos. Essa mistura complexa não é separada cromatograficamente e, portanto, é denominada mistura complexa não resolvida (MCNR). A presença e a quantidade de MCNR em amostras de meio ambiente podem indicar a contaminação por petróleo (Kennicutt II, 1995; Elias, 2000).

A maior fonte de hidrocarbonetos no ecossistema marinho é a antrópica, envolvendo a contribuição de efluentes urbanos e industriais, transporte e acidentes marítimos. Em geral, as fontes naturais contribuem em menor proporção com hidrocarbonetos. Mas, em áreas abertas como os oceanos, onde a influência antrópica é mínima, as fontes naturais têm importância primordial e são as principais responsáveis pelos níveis de background observados. Apesar das diminutas concentrações, o conhecimento dos níveis de background é muito importante, uma vez que permite avaliar e monitorar os impactos que as atividades antrópicas exercem no meio ambiente.

Embora os hidrocarbonetos estejam largamente espalhados nos ambientes marinho e terrestre, por aportes de várias fontes, há algumas maneiras de se reconhecer e diferenciar os de origem petrogênica (que podem ser de origem natural e antropogênica) e os de origem biogênica (Elias, 2000).

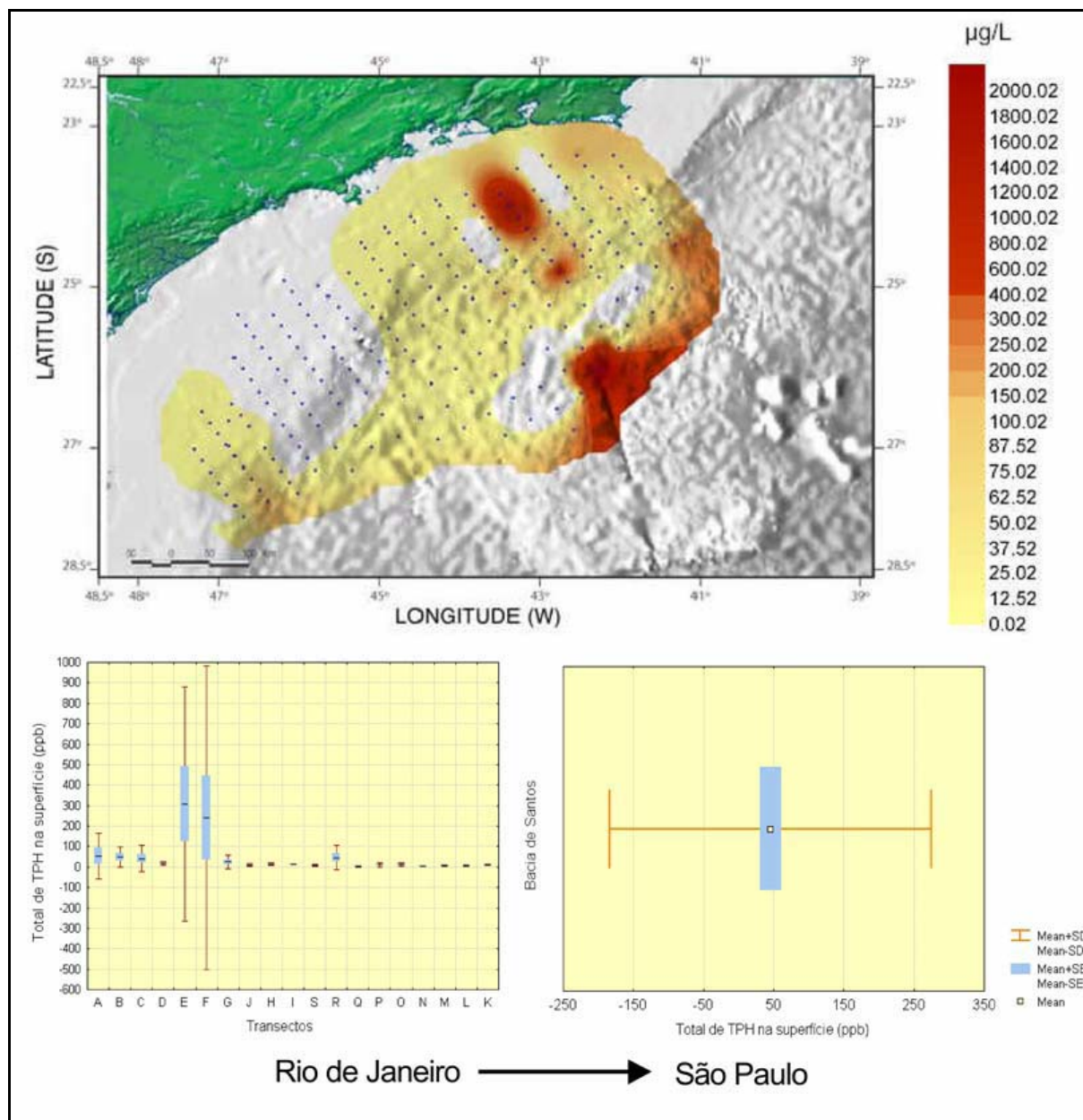
Os hidrocarbonetos lineares (n-alcanos) sintetizados por organismos marinhos (plâncton) e terrestres incluem uma série de alcanos lineares com número ímpar entre 15 e 33 átomos de carbono, embora em alguns casos n-alcanos com número par de carbono também já tenham sido observados (Elias *et al.*, 1997). Os de origem planctônica são constituídos principalmente de n-C15, n-C17, n-C19 e pristano, enquanto os de origem de plantas terrestres apresentam predominantemente os n-alcanos com número ímpar de carbono como o n-C25, n-C27, n-C29 e n-C31 (Elias *et al.*, 1997; Elias *et al.*, 2000). No petróleo não há preferência de n-alcanos ímpares ou pares, havendo uma distribuição equilibrada destes alcanos (Brassel *et al.*, 1978; Philip, 1985; Boehm & Requejo, 1986; Kennicutt II, 1995; Phillips, 1995; Elias *et al.*, 1997).

Os valores de hidrocarbonetos totais observados na água durante as campanhas de monitoramento realizadas no Bloco BM-S-7, mostraram concentrações aos 10 m, variando entre 0,048,05 a 0,670 mg/L, com média de $0,199 \pm 0,209$ mg/L antes da perfuração, entre 0,055 a 0,218 mg/L, com médias de $0,109 \pm 0,038$ mg/L durante a perfuração e entre 0,008 a 0,141 mg/L, com média de $0,088 \pm 0,039$ mg/L após a perfuração. Já a 200 m de profundidade os resultados mostraram concentrações variando entre 0,053 a 0,713 mg/L, com média de $0,257 \pm 0,235$ mg/L antes da perfuração, entre 0,057 a 129,66 µg/L, com médias de $0,099 \pm 0,020,96$ mg/L durante a perfuração e entre 0,019 a 0,165 mg/L, com média de $0,087 \pm 0,037$ mg/L após a perfuração.

Já no campo de Coral as concentrações de hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH) na coluna d'água variaram entre 0,21 e 0,47 mg/L. Com relação à legislação, a resolução 357/05 do CONAMA faz menção apenas à concentração de óleo de origem vegetal ou mineral na água de produção, mas não no corpo receptor.

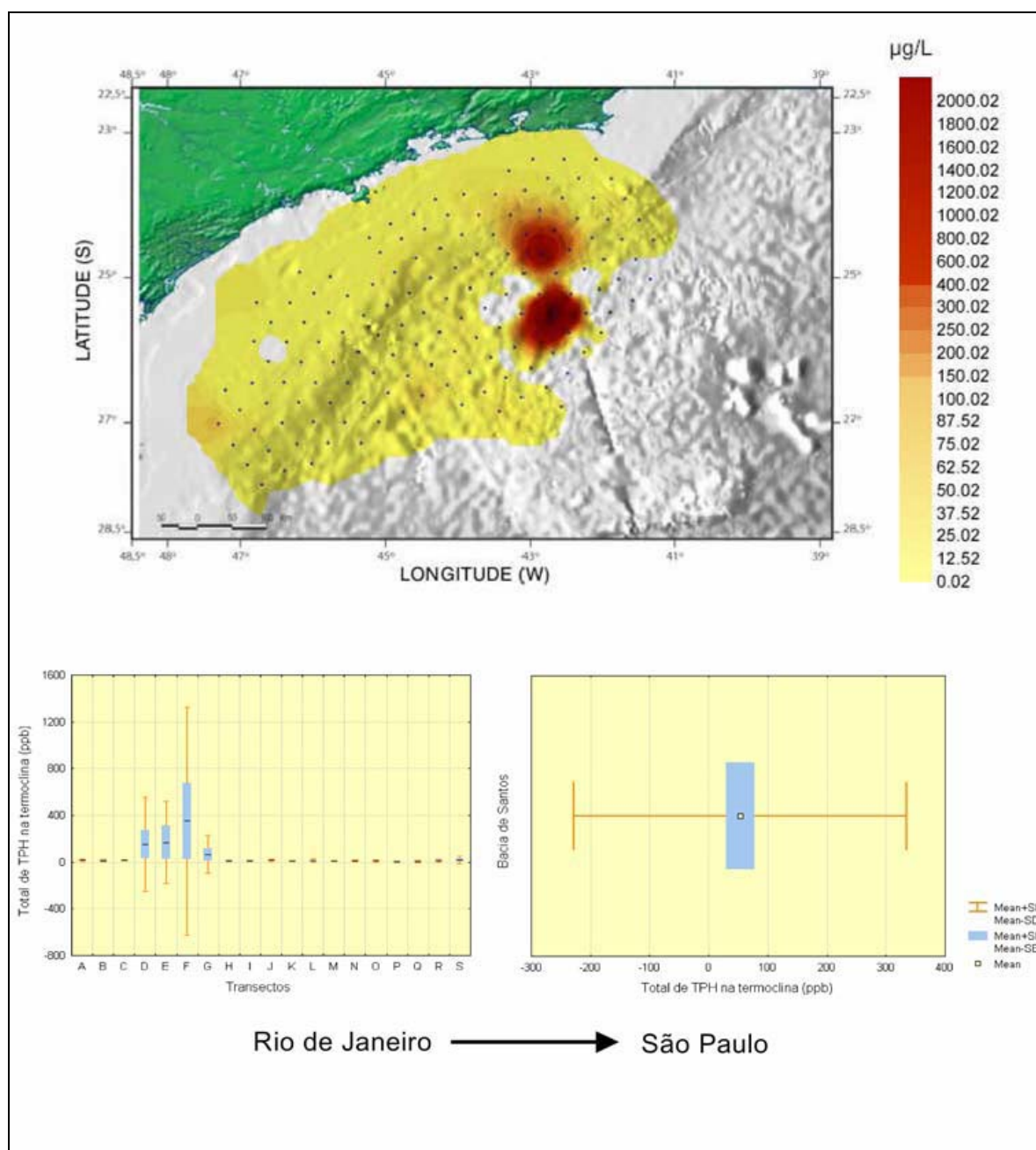
No levantamento apresentado no relatório produzido por MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002 foram observadas, em geral concentrações muito baixas de Hidrocarbonetos Totais (HTP) na Bacia de Santos. A concentração máxima de HTP registrada foi de 2706 µg.l⁻¹, com média de 64 µg.l⁻¹ (desvio padrão de 284 µg.l⁻¹). As amostras de termoclina apresentaram valor máximo de 2959 µg.l⁻¹ com média de 52 µg.l⁻¹ (desvio padrão de 285 µg.l⁻¹).

Já as amostras de fundo apresentaram valor máximo de 2836 µg.l⁻¹ com média de 91 µg.l⁻¹ (desvio padrão de 410 µg.l⁻¹). Da **Figura II.5.1.4-3** até a **Figura II.5.1.4-5** são apresentadas as distribuições espaciais dos teores de HTP nas amostras de superfície, termoclina e fundo, das águas da Bacia de Santos.



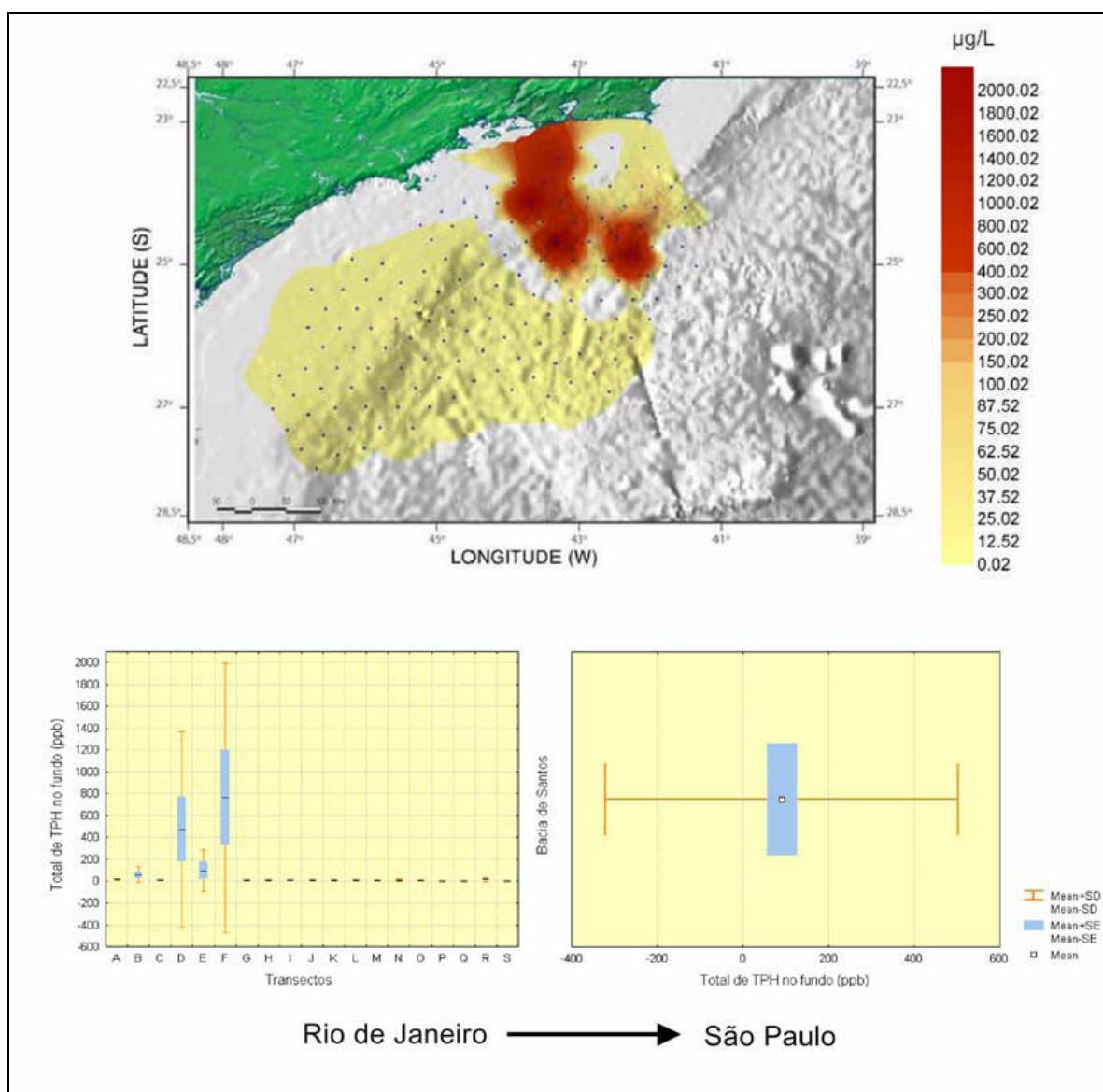
Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)

Figura II.5.1.4-3 - Variação Espacial do HTP na Bacia de Santos (Superfície)



Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)

Figura II.5.1.4-4 - Variação Espacial do HTP na Bacia de Santos (Termocline)



Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)

Figura II.5.1.4-5 - Variação Espacial do HTP na Bacia de Santos (Fundo)

■ Hidrocarbonetos Poliaromáticos

Dentre os compostos aromáticos, os HPAs encontrados em amostras ambientais podem ser de origem biogênica, fontes naturais, ou antropogênica. Os de origem biogênica e outras fontes naturais incluem os processos de biossíntese e degradação, combustão natural de florestas (Elias *et al.*, 1999; Simoneit *et al.*, 1998) e exsudação natural de petróleo (Kennicutt II *et al.*, 1994; Elias *et al.*, 1998). As principais fontes antropogênicas estão relacionadas à deposição

atmosférica (oriunda de queimadas intencionais ou combustão incompleta de combustíveis fósseis; Elias *et al.*, 2001; Simoneit *et al.*, 2001), derrames de óleo ou derivados, lançamento de dejetos de lastro de navio contaminados com óleo e derivados, efluentes industriais, esgoto urbano, escoamento de águas pluviais e efluentes ligados à exploração e produção de petróleo (NRC, 1985; Elias *et al.*, 1998).

Os valores de hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs) observados durante a implementação do projeto de monitoramento ambiental da perfuração do poço 1-CHEV-2-SPS no Bloco BM-S-7, mostraram concentrações na maioria das vezes, usuais ao meio (0,00005 mg/L). Contudo, alguns picos elevados puderam ser observados antes da perfuração (0,131 mg/L) e também após a perfuração (0,047 mg/L). A pequena concentração de hidrocarbonetos na água é natural e reflete a sua baixa solubilidade na água e sua natureza hidrofóbica, o que faz suas frações aderirem ao material particulado e serem depositadas ao sedimento (Witt, 1995). Na prática, essa é a razão da diferença da concentração de hidrocarbonetos quando se analisa esses compostos na fração particulada e dissolvida de amostras de água (Elias, 1992; Elias *et al.*, 1996).

O monitoramento do Campo de Coral, por sua vez, apresentou valores oscilando entre 0,02 e 0,06 mg/L, ou seja, bem abaixo dos valores máximos registrados no levantamento executados no BM-S-7.

Na caracterização da Bacia de Santos feita pela MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002, foram observadas concentrações de HPA concordantes com os demais estudos. A concentração máxima do total de HPA foi de 0,021µg.l⁻¹, com média de 0,0004 mg.l⁻¹ (Figura II.5.1.4-6 a Figura II.5.1.4-8).

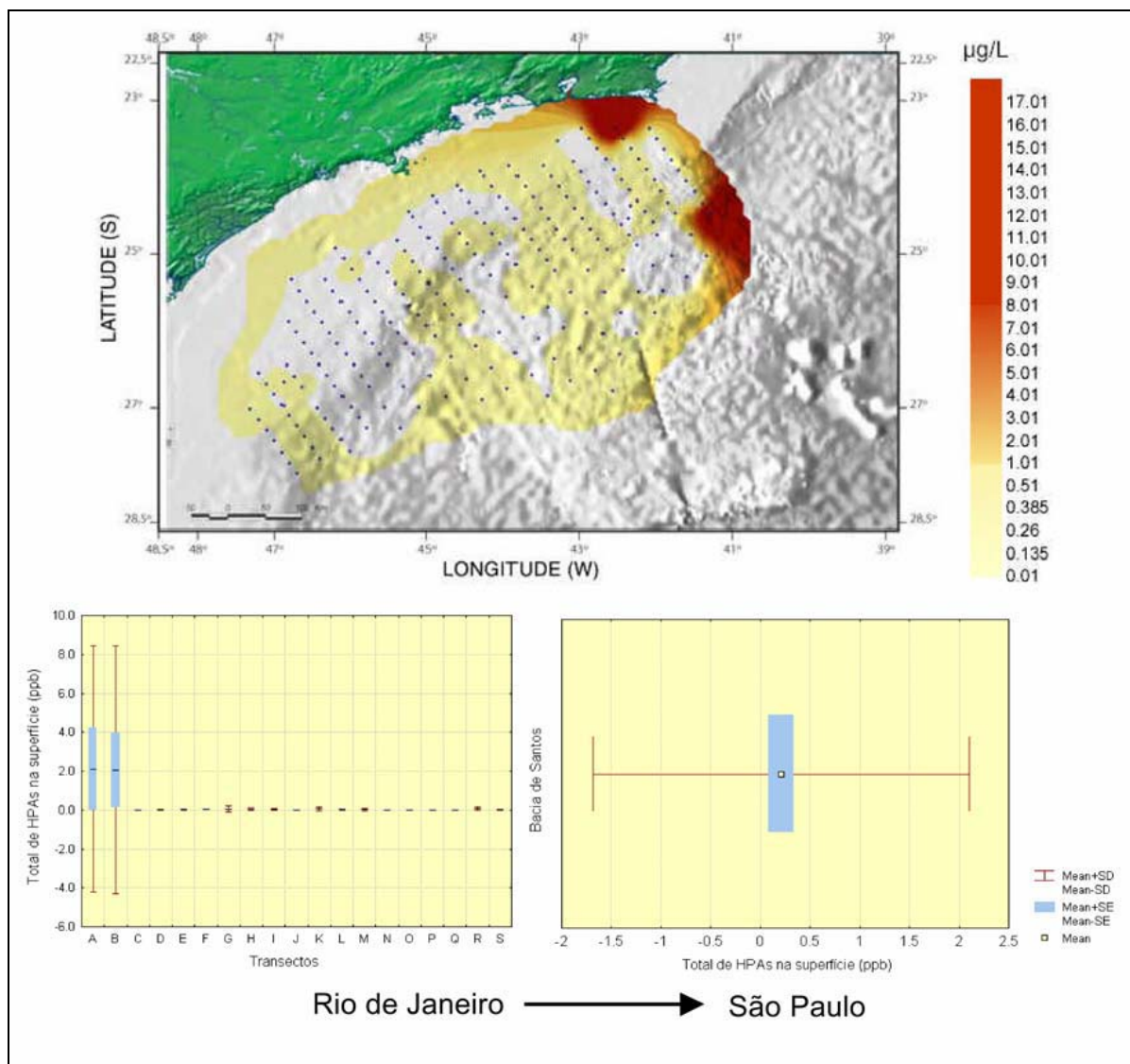
Os valores encontrados na Bacia de Santos apresentam dados semelhantes e condizentes com valores que se espera encontrar em águas de oceanos abertos não impactados. Esse fato é perfeitamente compreensível se considerarmos que a Bacia de Santos é uma área ainda preservada com relação à produção petrolífera. Cabe ressaltar que valores maiores foram encontrados nas proximidades do continente, onde uma parte significativa da malha amostral está localizada na região da Plataforma Continental (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002).

Apesar de não haver valores de referência para águas marinhas, para todos os compostos que compõem os 16 hidrocarbonetos poliaromáticos prioritários, os estudos realizados na área offshore de Campos (Projeto MAPEM, 2004), na Plataforma Continental (SP) (Bicego, 1988) e nas plataformas de Pampo e Pargo pela Petrobrás (Petrobrás 2001 e 2002) demonstraram que,

por exemplo, as concentrações nos estudos supracitados estão em consonância com as concentrações encontradas na literatura e em outros realizados na costa sudeste brasileira (Quadro II.5.1.4-5). Ressalta-se ainda, que os valores individuais dos compostos que constituem os PAHs encontram-se dentro dos limites estabelecidos na CONAMA 357 para águas salinas, excetuando-se os picos encontrados em algumas estações, que corresponderam a cinco valores acima da média em 78 medições. Excetuando-se esses valores os resultados obtidos demonstram que as concentrações de PAHs encontraram-se dentro do esperado para essa área, quando comparada com os estudos anteriores realizados no bloco e com a literatura.

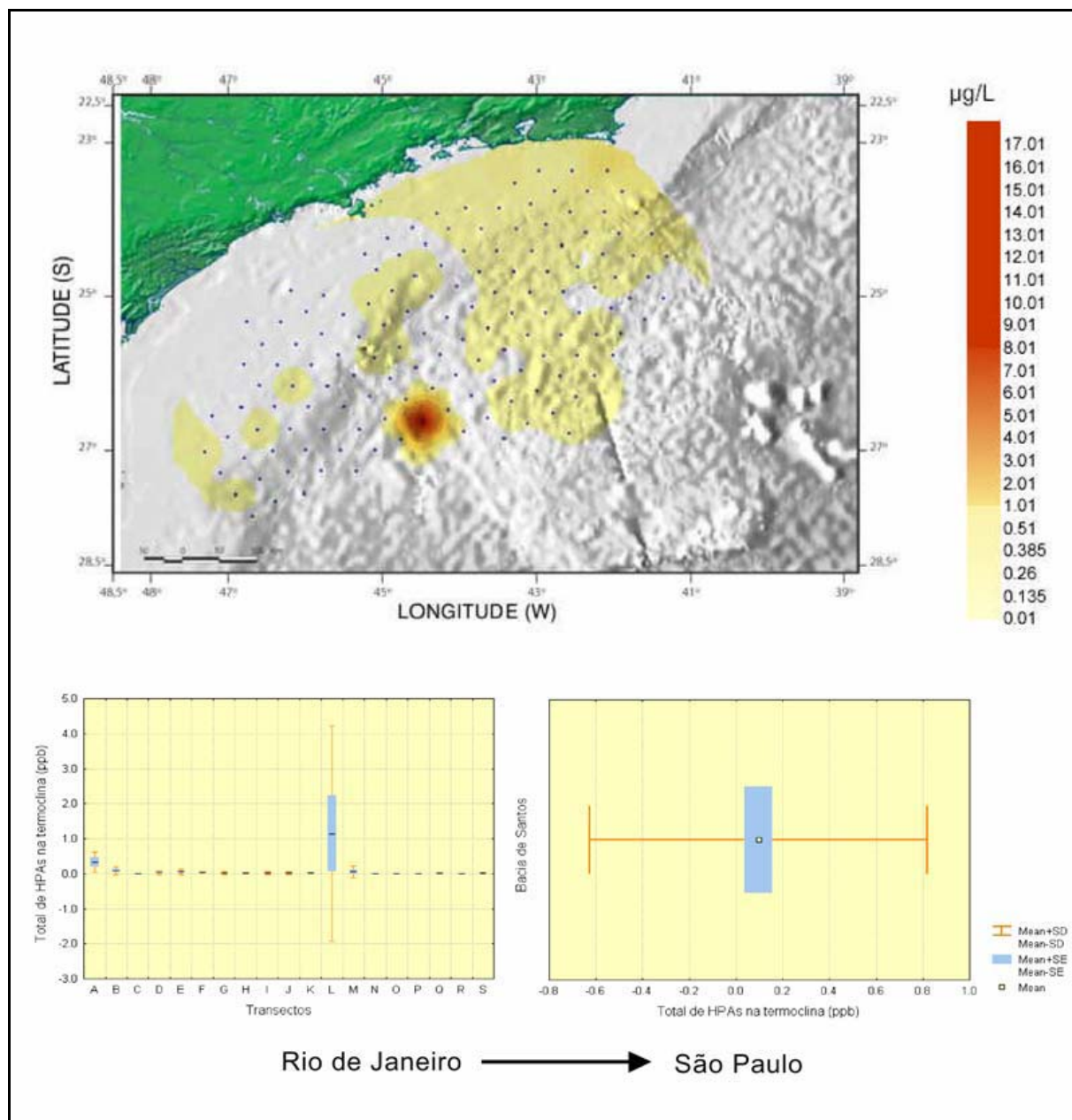
Quadro II.5.1.4-5 - Concentrações de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos-PAHs (µg/L) na água do mar obtidas no atual monitoramento, com dados pretéritos do Bloco BM-S-7 (baseline e monitoramento do poço "E") e na literatura para a região sudeste brasileira. (ND = não detectado; * limite de detecção = 0,01ppb).

PAH - Água - Comparação com a Literatura e Dados Pretéritos				
Referência	Plataformas/Blocos/Área de Estudo	Mínimo	Máximo	Média
PETROBRAS, 2001	Pargo - verão	<0,12	1,14	0,200
	Pargo - inverno	0,08	1,21	0,460
	Pampo - verão	<0,12	2,20	0,710
	Pampo - inverno	0,06	0,86	0,190
PETROBRAS, 2002	emissário de Cabiúnas - verão - superfície	<0,12	0,55	0,303
	emissário de Cabiúnas - verão - fundo	<0,12	0,28	0,205
	emissário de Cabiúnas - inverno - superfície	0,11	0,56	0,233
	emissário de Cabiúnas - inverno - fundo	0,1	2,24	0,455
Melges-Figueiredo et al., 1992	Ilha Grande (RJ)	< 0,4	2,2	-
GEOMAP/FUNDESPA, 1994	Bacia de Campos (RJ)	<0,1	31,2	-
Carneiro, 1998	Estuário do rio Paraíba do Sul (RJ)	0,26	7,21	-
Weber & Bicego, 1991	Canal de São Sebastião	1,18	45,29	-
BIO-RIO, 1993	Área de Cabiúnas (RJ)	<0,01	0,42	-
Bicego, 1988	Plataforma Continental (SP)	0,46	14,34	-
MAPEM, 2004	Bacia de Campos	<0,03	0,33	0,03
BM-S-7	Baseline	ND*	0,06	-
Monitoramento, BM-S-7 Poço "E"	Antes	ND*	0,23	-
	Durante	ND*	0,06	-
	Após	ND*	6,3	-
Monitoramento, BM-S-7 - Poço1-CHEV-2-SPS	Antes	0,03	131,55	0,08
	Durante	0,02	0,08	0,03
	Após	ND*	47,84	3,77
Campo de Coral, 2007	Plataforma SS-11	0,02	0,06	-



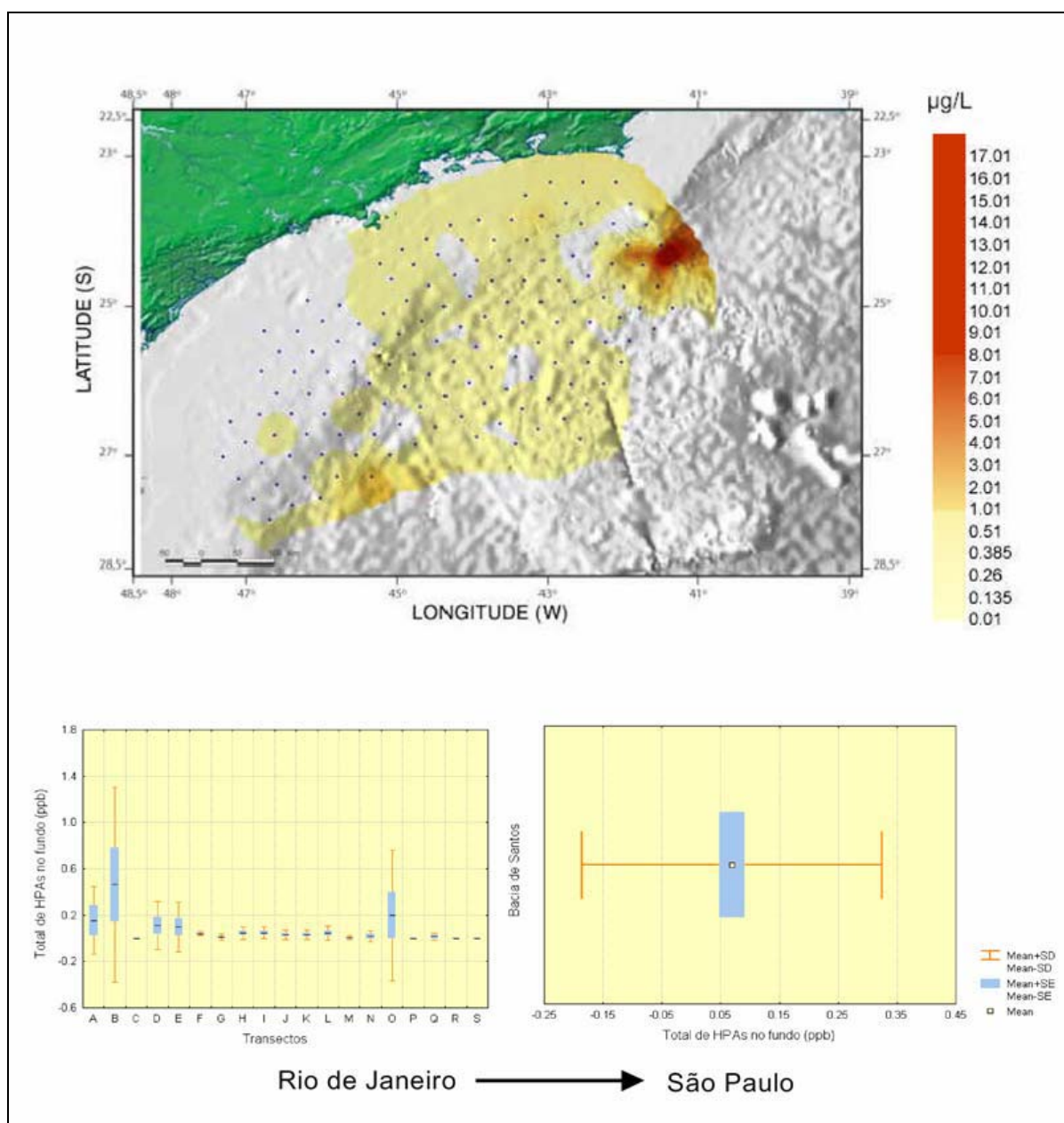
Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)

Figura II.5.1.4-6 - Variação Espacial do HPA na Bacia de Santos (superfície)



Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)

Figura II.5.1.4-7 - Variação Espacial do HPA na Bacia de Santos (Termoclina)



Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)

Figura II.5.1.4-8 - Variação Espacial do HPA na Bacia de Santos (Fundo)

■ n-Alcanos e MCRN

Quanto aos n-alcanos e a MCNR, apenas o monitoramento executado no Bloco BM-S-7 levantou dados. Considerando as concentrações de n-alcanos e MCNR encontradas na água durante o monitoramento, as mesmas podem ser consideradas como comuns ao meio marinho. Os teores observados são similares aos reportados para outros ambientes marinhos nacionais (p.ex.,

Bicego, 1991; Elias *et al.*, 1997; Elias *et al.*, 2000) e internacionais (p.ex., Cripps, 1992). Por exemplo, os teores de n-alcanos variando até 24,32µg/L, observados no Bloco BM-S-7, são similares às concentrações observadas em águas da Antártica, onde os teores entre 0,1 e 8,9µg/L são considerados como background mundial devido à ausência de fontes antrópica nessa região (Cripps, 1992). Além disso, os teores encontrados no presente monitoramento são similares aos observados anteriormente no litoral brasileiro como, por exemplo, aos teores entre 0,19 e 43,3µg/L observados na área de São Sebastião (Bicego, 1991), 1,4 e 22,9µg/L na área de Cabiúnas (Petrobras, 2000) e entre 0 e 22,5µg/L na área offshore de Campos (Projeto MAPEM, 2004).

Quadro II.5.1.4-6 - Concentrações de n-alcanos e MCNR Encontradas no Monitoramento do Bloco BMS-7

Profundidade (m)	n-alcanos (mg/L)		MCNR(mg/L)	
	10 m	200 m	10 m	200 m
Média	0,004	5,57	0,07	0,06
Desvio padrão	0,005	5,01	0,04	0,04

■ Fenóis

Comprovadamente, a partir de resultados de bioensaios (EPA, 1976 apud. Nam Koong, 1988), os fenóis são tóxicos à vida aquática, sendo sua toxicidade associada à dificuldade de assimilação de oxigênio, inibição da síntese de ATP e disfunções neurológicas. Em altas concentrações podem ser registradas hemorragias e necrose em peixes, podendo ainda ter efeitos carcinogênicos e mutagênicos. Segundo Crompton (1997) são consideradas críticas concentrações de 0,001 mg/l de fenóis em água do mar para camarões (*Palaemon elegans* e *P. adsperus*), caranguejos (*Rhithropanopeusharrisi tridentatus*) e anfípodos (*Pontogammarus maeoticus*).

Existem diversos dados na literatura sobre a toxicidade do fenol com atenção principal nos testes de toxicidade estáticos. Segundo a USEPA (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTIVE AGENCY, 1980b, apud Damato, 2001), os resultados de testes de toxicidade aguda, realizados para determinar a CL50, 96h de fenol para espécies de peixes de água doce dos Estados Unidos indicaram valores oscilando entre 5,02 mg/L (*Salmo gairdneri*) e 67,5 mg/L (*Pimephales promelas*).

Ainda segundo a USEPA (1980b, apud Damato, 2001), os resultados obtidos com duas espécies de microcrustáceos, *Daphnia magna* e *Daphnia pulex* empregadas em testes de toxicidade

aguda com fenol, revelaram que a CE50, 48h para *D. magna* situou-se entre 9,6 e 100,0 mg/L, e para *D. pulex* esses valores situaram-se entre 18,0 e 93,0 mg/L.

Existem várias fontes antropogênicas de fenóis para o ambiente marinho, podendo ser introduzidos pelo processo de craqueamento térmico ou catalítico do petróleo e em geral não são observados em efluentes de óleo não processado, podendo ser introduzidos através de aditivos como agentes desemulsificantes (CDTN, 1990). Geralmente ocorre a presença desses compostos em rejeitos de refinarias de petróleo, de indústrias químicas de fabricação de resinas e em despejos domésticos (Nam-Koong, 1988).

Além da origem antrópica, os compostos fenólicos podem ser gerados pela decomposição de tecido vegetal de origem continental, também sendo observadas altas concentrações de fenóis em carvão mineral (Marvell e Logan, 1955), bem como podem se originar da degradação de alguns pesticidas organoclorados (Nam-Koong, 1988).

Os fenóis, assim, como os sulfetos, são substâncias caracteristicamente presentes em águas de produção de petróleo, sendo de extrema importância a sua avaliação em regiões de atividade petrolífera. Os dados registrados no presente estudo estão de acordo com as concentrações relatadas em estudos anteriores nesta região, onde foram encontrados índices de no máximo 0,010 mg/l (PETROBRAS, 2001).

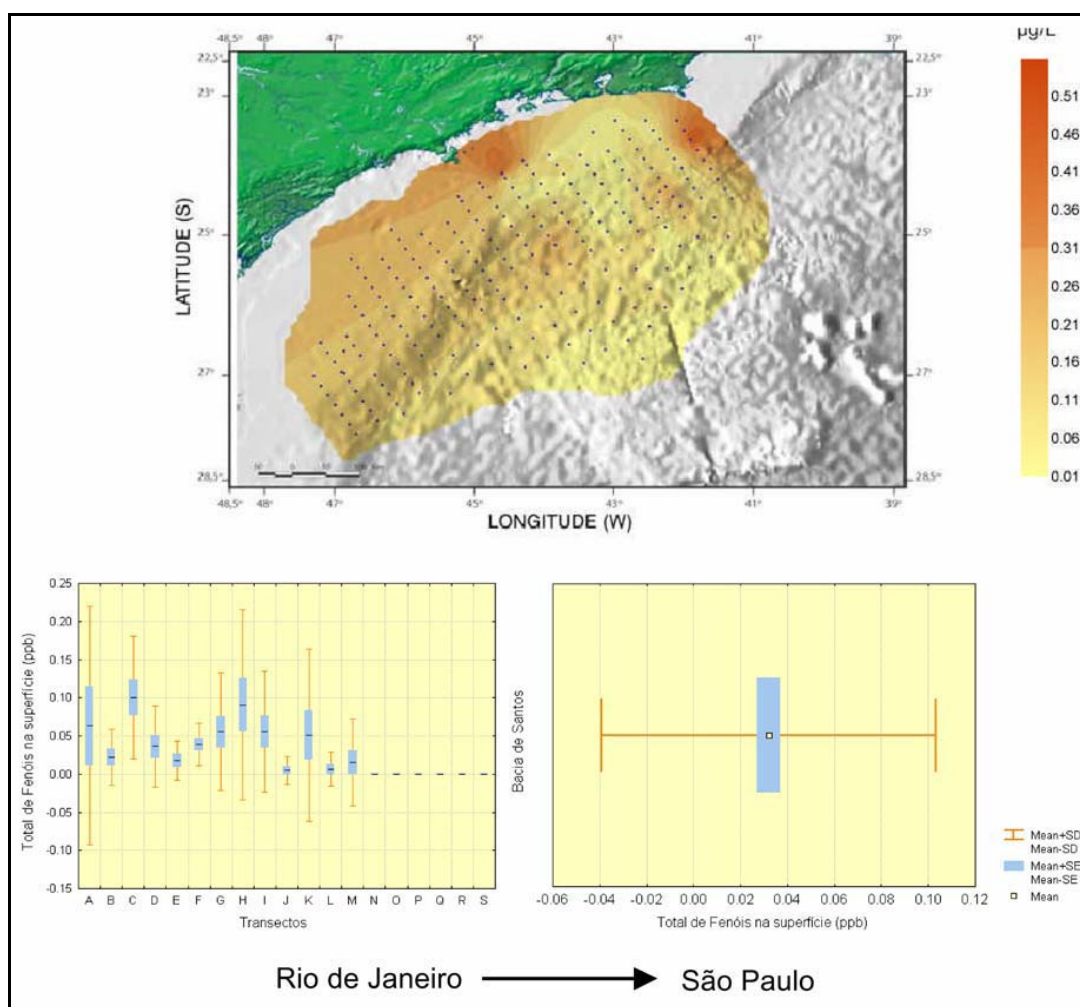
Para a análise das concentrações de Fenóis na coluna d'água, foram utilizados os dados levantados no monitoramento do Campo de Coral, em outubro de 2007 e do Relatório de Caracterização da Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002). Os valores levantados no primeiro caso variaram entre ND e 0,054 mg/L, sendo que a média de todos os dados levantados foi de 0,017 mg/L.

As análises realizadas por MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002 apresentaram teores de Fenóis nas amostras de água de superfície, termoclina e fundo, bastante semelhantes e com tendências similares. Em geral, as maiores concentrações foram observadas ao norte da Bacia de Santos (**Figura II.5.1.4-9**), em águas que recebem influência da Bacia de Campos. A distribuição espacial dos teores de Fenóis mostra uma homogeneidade nas águas de superfície para toda bacia com uma leve tendência de maiores concentrações ao norte da Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002).

A concentração de Fenóis na água de superfície foi 0,47 µg.l⁻¹ com uma média de 0,03 µg.l⁻¹ e desvio padrão de 0,07 µg.l⁻¹ (**Figura II.5.1.4-9**). Na termoclina foram observados teores de

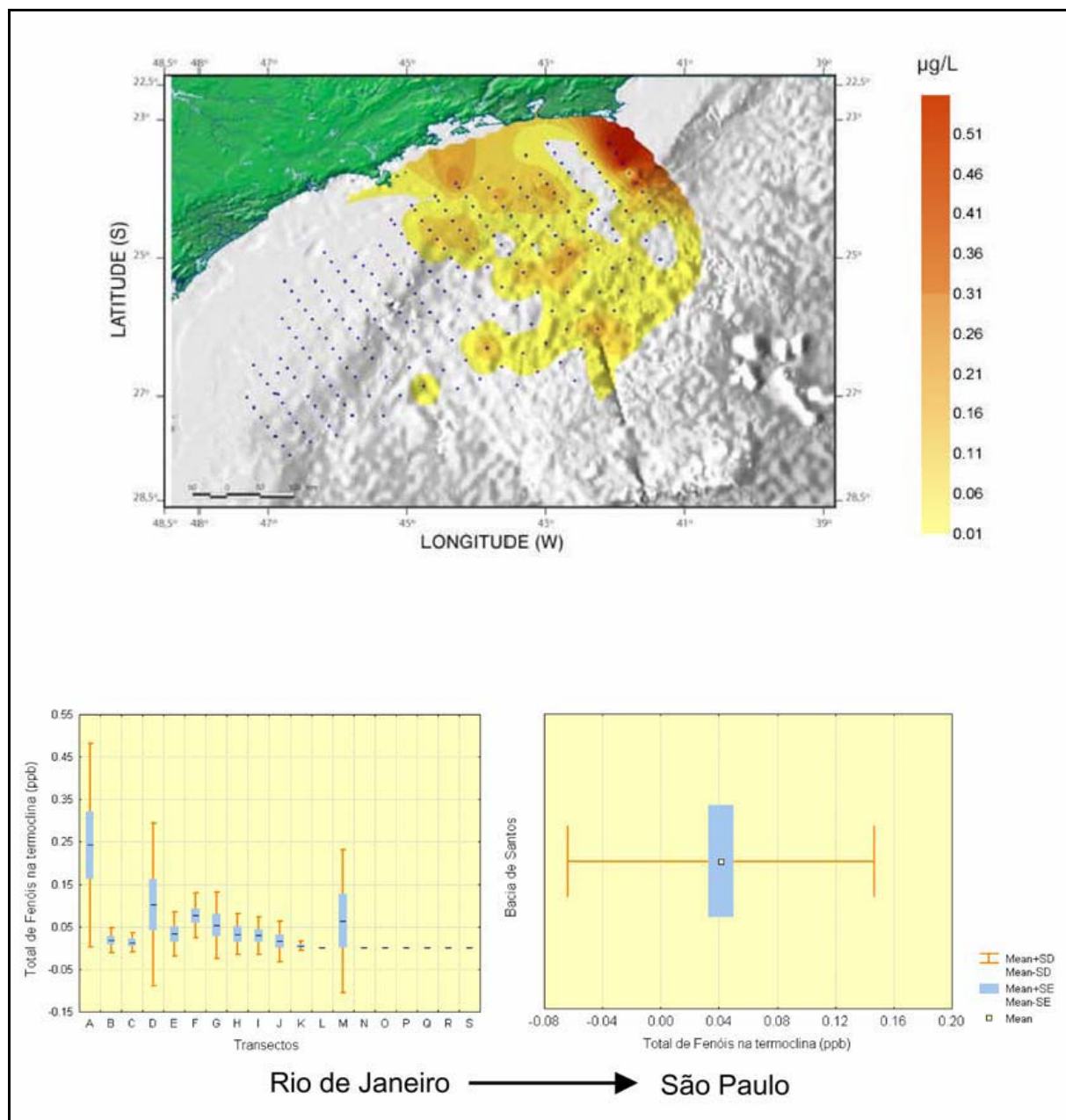
Fenóis de até $0,63 \mu\text{g.l}^{-1}$ com uma média de $0,04 \mu\text{g.l}^{-1}$ e desvio padrão de $0,11 \mu\text{g.l}^{-1}$ (Figura II.5.1.4-10). Os maiores teores foram detectados nas amostras de fundo, onde as concentrações de Fenóis variaram até $0,97 \mu\text{g.l}^{-1}$ com média de $0,03 \mu\text{g.l}^{-1}$ e desvio padrão de $0,11 \mu\text{g.l}^{-1}$ (Figura II.5.1.4-11).

A distribuição espacial total de fenol na superfície da água se mostrou bastante homogênea sem anomalias significativas. No entanto, a distribuição espacial das amostras de meia água, termoclina e de fundo mostrou uma tendência de valores mais elevados ao norte da bacia em água sob influência da Bacia de Campos.



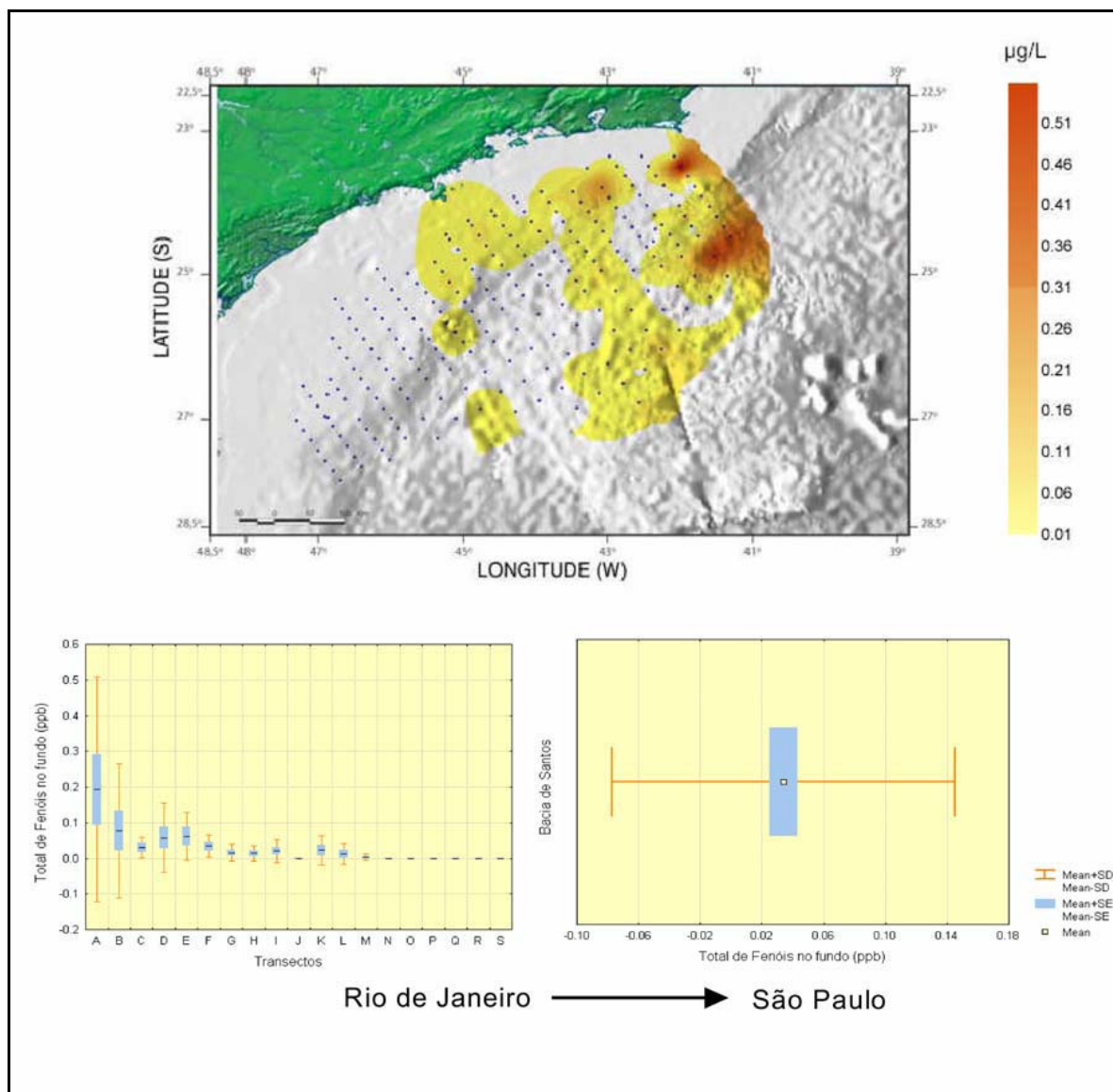
Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)

Figura II.5.1.4-9 - Variação Espacial dos Fenóis na Bacia de Santos (Superfície)



Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)

Figura II.5.1.4-10 - Variação Espacial dos Fenóis na Bacia de Santos (Termoclina)



Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)

Figura II.5.1.4-11 - Variação Espacial dos Fenóis na Bacia de Santos (Fundo)

■ Produtividade primária (clorofila a)

O fitoplâncton é composto de organismos unicelulares autotróficos, eucarióticos e procarióticos, que respondem rapidamente às mudanças ambientais, especialmente quanto à riqueza em sais nutritivos, transparência e temperatura da água. São, portanto, bons indicadores das condições ambientais do ecossistema pelágico.

A comunidade microalgal, que atua como produtor primário, exerce importante papel nas interações bióticas e abióticas de qualquer ecossistema aquático (Joseph & Joseph, 2002).

As comunidades fitoplanctônicas compõem a base das cadeias alimentares marinhas e a determinação de suas biomassas permitindo a avaliação trófica do ecossistema pelágico (Neveux *et al.*, 1989; Fiala *et al.*, 2002).

A clorofila a é um pigmento presente em todos os organismos fotoautotróficos, constituindo-se em um parâmetro bioquímico mais freqüentemente utilizado em oceanografia devido à sua função fotossintética, tornando-a um indicador da biomassa fitoplanctônica (Jeffrey & Mantoura, 1997).

As intrusões industriais na região do oceano profundo, como a prospecção de petróleo, envolvem amplas atividades que podem resultar em graves impactos ambientais. A cada estágio, os impactos devem ser profundamente avaliados (Ahnert & Borowski, 2000).

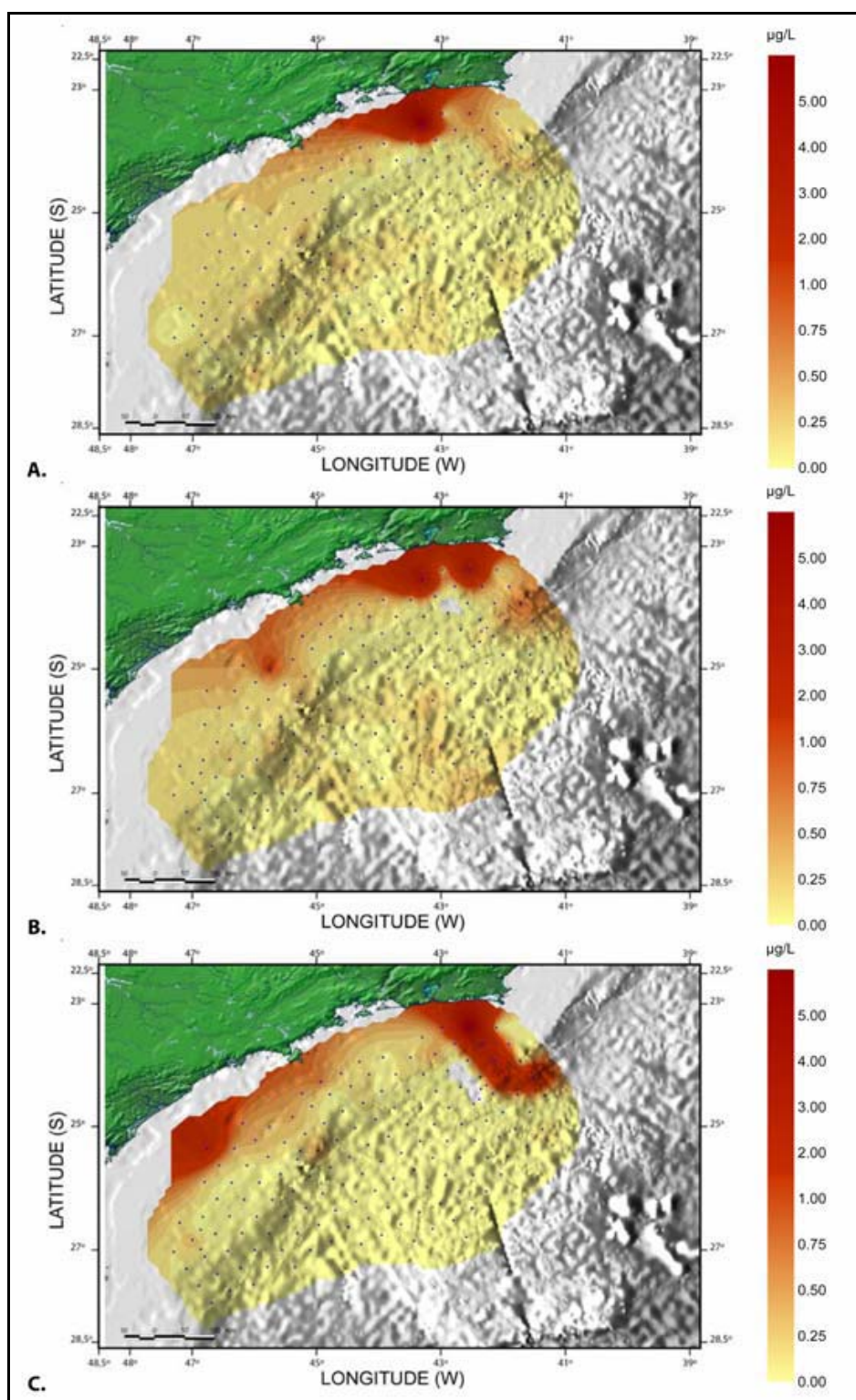
As concentrações de pigmentos nas águas (a 10 e 200 m de profundidade) obtidas, antes, durante e após a perfuração do poço 1-CHEV-2-SPS indicaram águas extremamente pobres em biomassa clorofiliana. Os valores registrados oscilaram entre 0,01 e 0,36 µg/L, sendo que os maiores valores foram sempre registrados mais próximo a superfície.

No Campo de Coral os valores obtidos no monitoramento da plataforma SS-11 também foi baixa variando de 0,10 a 0,47 µg/L evidenciando características de um ambiente oligotrófico.

Em estudo da MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) as concentrações de Clorofila a na Baía de Santos variaram de 0,0403 a 6,308 µg.L⁻¹ a 10 m de profundidade, de 0,0157 a 4,1543 µg.L⁻¹ junto à termoclina e de 0,0026 a 6,0472 µg.L⁻¹ próximo ao fundo, ou à profundidade de 200 m nas estações profundas (Figura II.5.1.4-12).

Uma outra área de maiores concentrações de Clorofila a foi observada junto à costa do estado de São Paulo, apenas próximo ao fundo. O restante da bacia mostrou-se bastante homogêneo, raramente atingindo concentrações superiores a 0,5 mg. L⁻¹.

As concentrações de Clorofila a por volume de água do mar medidas na Bacia de Santos indicaram águas oligotróficas, isto é, pobres em biomassa fitoplanctônica, como já havia sido assinalado por MACHADO *et al.*, (1998). Os meios oligotróficos são geralmente caracterizados por uma fraca produção fitoplanctônica em ambiente estratificado e pobre em sais minerais.



Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)

A) superfície (10 m); B) meia água (termoclina); C) fundo ou 200 m de profundidade

Figura II.5.1.4-12 - Variação Espacial da Concentração de Clorofila a ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) na Bacia de Santos

■ Nutrientes (Amônia, Nitrato, Nitrito e Fosfato)

Os nutrientes e em especial o nitrogênio, no meio marinho, são fatores que limitam o crescimento da biomassa fitoplanctônica. As razões entre as concentrações molares do nitrogênio, fósforo e silício na camada eufótica das águas marinhas e os processos determinantes do seu enriquecimento por esses elementos, são capazes de induzir não somente alterações na densidade das comunidades fitoplanctônicas, como também dar subsídios para explicar a composição qualitativa dessas comunidades, a competição e a exclusão de algumas espécies (Dugdale & Holm Hansen, 1967; Ryther & Dunstan, 1971; Mann, 1982).

Na campanha realizada antes da perfuração no Bloco BM-S-7, as concentrações de amônio variaram de 0,004 mg/L e 0,014 mg/L, nitrito de 0,013 mg/L e 0,079 mg/L, nitrato entre 0,022 mg/L e 0,817 mg/L e fosfato entre 0,003 mg/L e 0,050 mg/L. (Quadro II.5.1.4-7).

Durante a perfuração as concentrações de amônio variaram de 0,004 mg/L e 0,011 mg/L, nitrito de 0,010 mg/L e 0,019 mg/L, nitrato entre 0,042 mg/L e 0,644 mg/L, fosfato entre 0,013 mg/L e 0,077 mg/L e silicato de 0,048 mg/L e 0,289 mg/L (Quadro II.5.1.4-7).

Na campanha realizada após a perfuração as concentrações de amônio variaram de 0,007 mg/L e 0,012 mg/L, nitrito de 0,010 mg/L e 0,017 mg/L, nitrato entre 0,047 mg/L e 0,109 mg/L e fosfato entre 0,024 mg/L. (Quadro II.5.1.4-7).

No Campo de Coral as concentrações de amônio variaram de 0,009 mg/L e 0,128 mg/L, nitrito de 0,023 mg/L e 0,07 mg/L, nitrato entre ND e 0,375 mg/L e fosfato entre 0,003 mg/L e 0,008 mg/L (Quadro II.5.1.4-7).

As concentrações de Amônio, relatadas na caracterização feita pela MMA/ PETROBRAS/ AS/PEG, 2002 (Quadro II.5.1.4-7), foram relativamente baixas na maior parte das estações analisadas, variando de 0,003 mg.l-1 a 0,060 mg.l-1. Este resultado é esperado, pois nitrogênio amoniacal é uma forma reduzida, e em sistemas aeróbicos tende a se oxidar em nitrito e em seguida em nitrato, através do ciclo do Nitrogênio, principalmente nas camadas superiores. Concentrações mais elevadas podem ser observadas na camada mais profunda, em pontos mais próximos do continente, porém de uma forma geral, não parece haver uma tendência de aumento ou diminuição das concentrações espacialmente.

O Nitrito foi encontrado em baixas concentrações, variando de 0,002 mg.l-1 a 0,07 mg.l-1 como pode ser observado na Figura II.5.1.4-14. O Nitrito é uma forma intermediária entre a

amônia e o nitrato no ciclo do Nitrogênio, e em ambientes aeróbicos, tende a se oxidar como nitrato. Desta forma, podemos observar uma tendência na variação de nitrito semelhante ao nitrato. Valores baixos também foram registrados ao redor da Plataforma de Merluza (MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002), onde variaram desde abaixo do limite de detecção que é 0,0005 mg.l-1 até 0,009 mg.l-1 (**Quadro II.5.1.4-7**).

No oceano aberto, as concentrações de Nitrito geralmente são muito baixas, havendo um pequeno aumento nas águas mais próximas da costa (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983).

Os valores encontrados para a região estão de acordo com os encontrados por outros autores para a região sul-sudeste do Brasil (BRANDINI, 1990; AIDAR *et al.*, 1993, Metzler *et al.*, 1997, MOSER, 1997). Estes autores também encontraram valores baixos de Nitrito (**Quadro II.5.1.4-7**).

Comumente aos valores de Amônia e Nitrito são somados os valores de Nitrato, dando origem ao Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID). Como as concentrações de Amônia e Nitrito são relativamente baixas em regiões oceânicas, os valores de NID são relacionados diretamente ao nitrato dissolvido.

Foram encontrados pela MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002 valores de Nitrato variando de 0,066 mg.l-1 a 0,835 mg.l-1 (**Figura II.5.1.4-15**). Verificou-se que as concentrações de Nitrato na superfície e na termoclina tendem a ser semelhantes, o que deve estar relacionado a uma termoclina bem definida. As concentrações mais elevadas encontram-se em regiões mais próximas da costa, principalmente na região de São Paulo. Aidar *et al.*, (1993) encontraram valores de NID tanto próximos de zero quanto acima de 0,7 mg.l-1 na região de Ubatuba e em região equivalente no estudo do MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002 encontrou-se valores de 0,01 mg.l-1 a 0,8 mg.l-1.

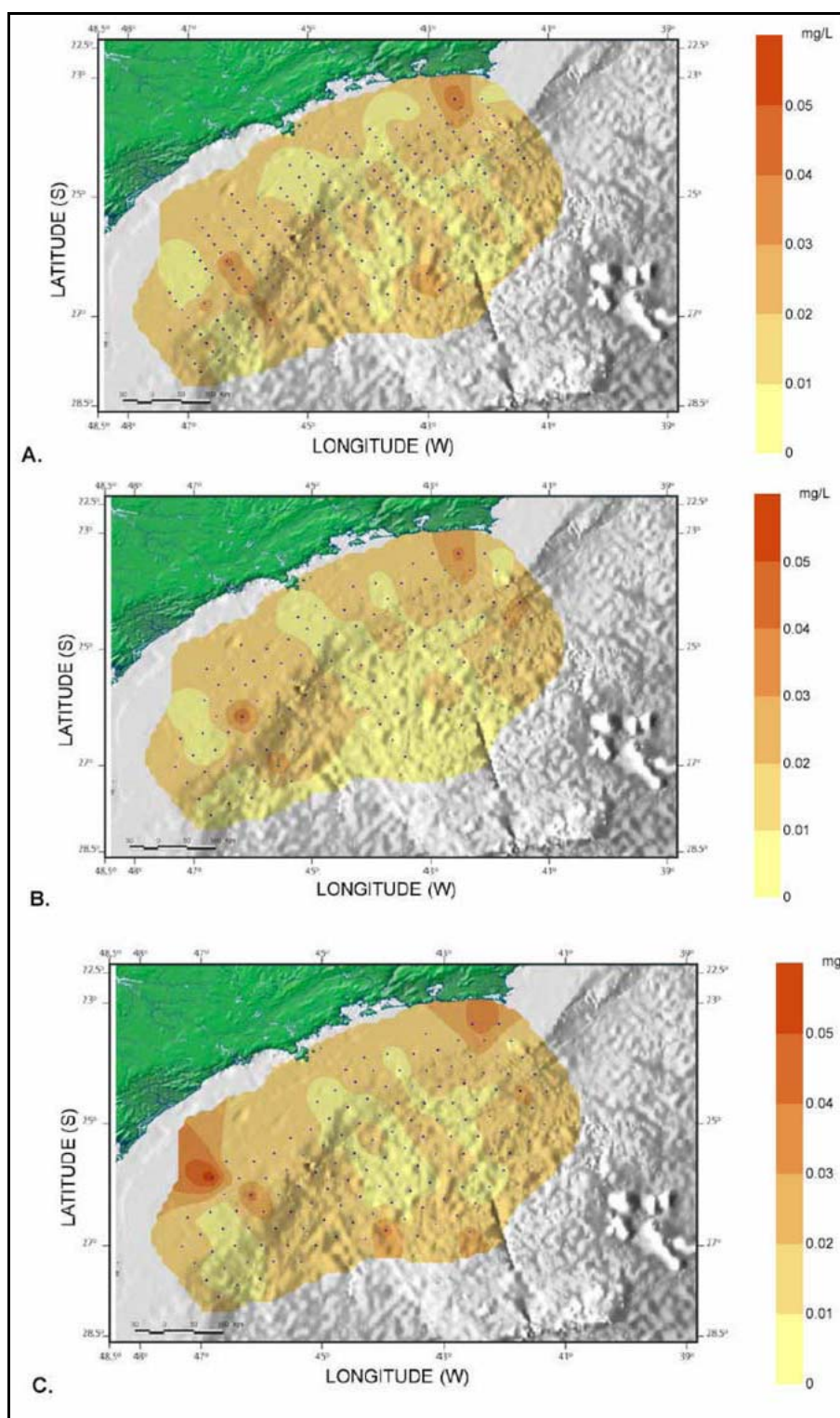
No relatório produzido por MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002, as concentrações de Fosfato, assim como as concentrações de Nitrito e Amônia, se mostraram relativamente baixas, variando de não detectado a 0,165 mg.l-1, apresentando geralmente valores em torno de 0,02 mg.l-1 (**Figura II.5.1.4-16**). As principais fontes de Fosfato são de origem continental e sua rápida absorção pelos produtores primários quase sempre resulta em baixas concentrações deste íon em águas superficiais.

O **Quadro II.5.1.4-7** mostra os teores de nutrientes encontrados na água durante os monitoramentos, os quais podem ser considerados normais para a região estudada,

comparando com estudos realizados anteriormente em regiões próximas ao empreendimento.

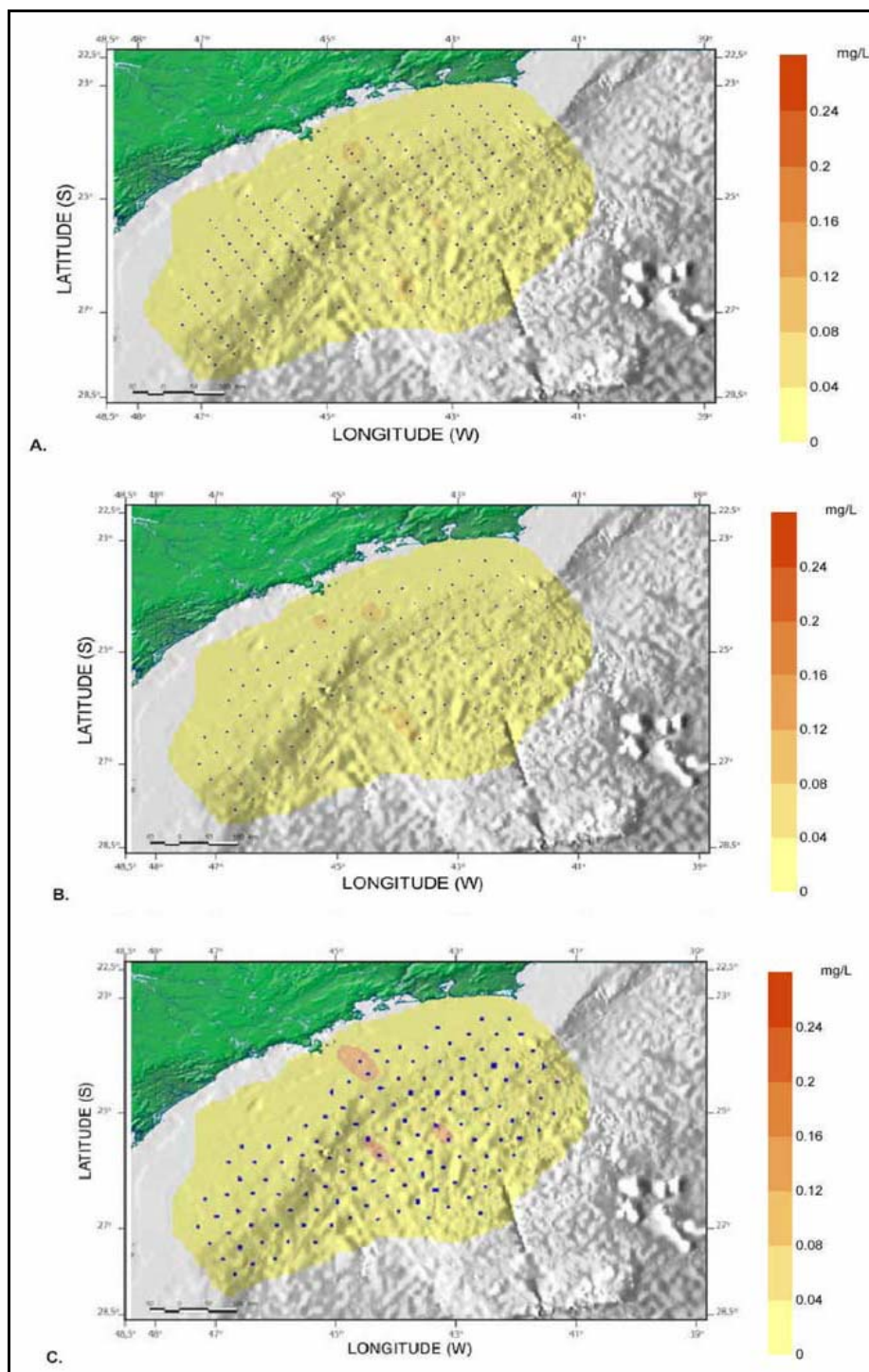
Quadro II.5.1.4-7 - Concentrações de nutrientes (mg/L) obtidas na água (mínimo e máximo), no atual monitoramento e em esforços realizados no Bloco BM-S-7 anteriormente pela Chevron Brasileira de Petróleo.

Esforço	Nitrito		Nitrato		Fosfato		Amônio	
	mín. (mg/L)	máx. (mg/L)	mín. (mg/L)	máx. (mg/L)	mín. (mg/L)	máx. (mg/L)	mín. (mg/L)	máx. (mg/L)
Poço 1-CHEV-2-SPS - antes	0,013	0,079	0,022	0,817	0,003	0,050	0,004	0,014
Poço 1-CHEV-2-SPS - durante	0,010	0,019	0,042	0,644	0,013	0,077	0,004	0,014
Poço 1-CHEV-2-SPS - após	0,010	0,017	0,047	0,109	0,024	0,090	0,007	0,012
Poço "E" - antes	0,008	0,011	0,056	0,230	0,005	0,045	0,005	0,016
Poço "E" - durante	0,018	0,009	0,030	0,250	0,008	0,048	0,004	0,009
Poço "E" - após	0,008	0,100	0,038	0,180	0,003	0,015	0,002	0,007
Baseline BM-S-7	0,011	0,027	0,027	0,524	0,007	0,079	0,023	0,050
Campo de Coral	0,0023	0,007	ND	0,375	0,003	0,008	0,009	0,128
Baseline Bacia de Santos	0,002	0,07	0,066	0,835	N.D.	0,165	0,003	0,060



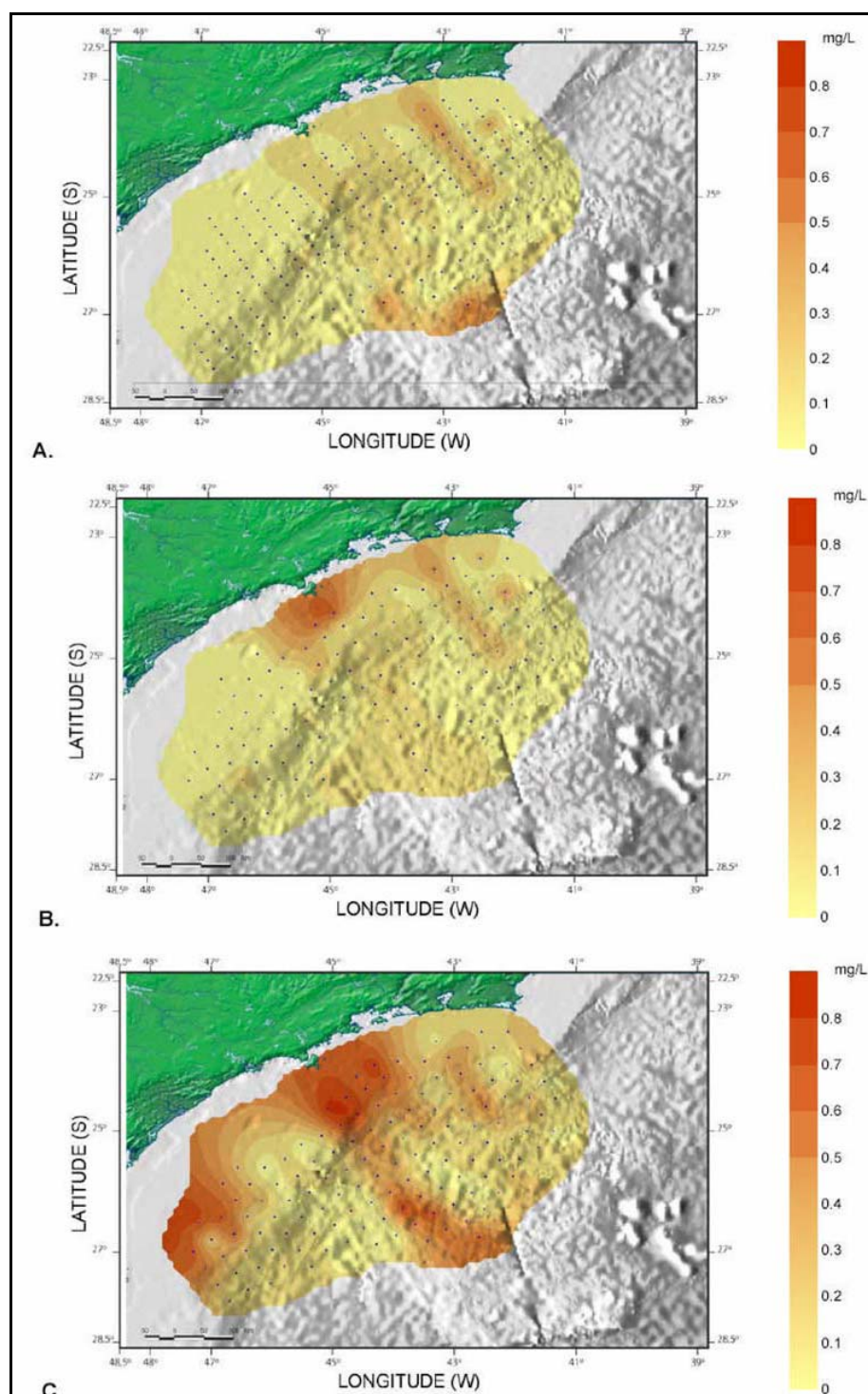
Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)
A) Superfície B) Termoclina e C) Fundo

Figura II.5.1.4-13 - Variação Espacial de Amônia na Bacia de Santos



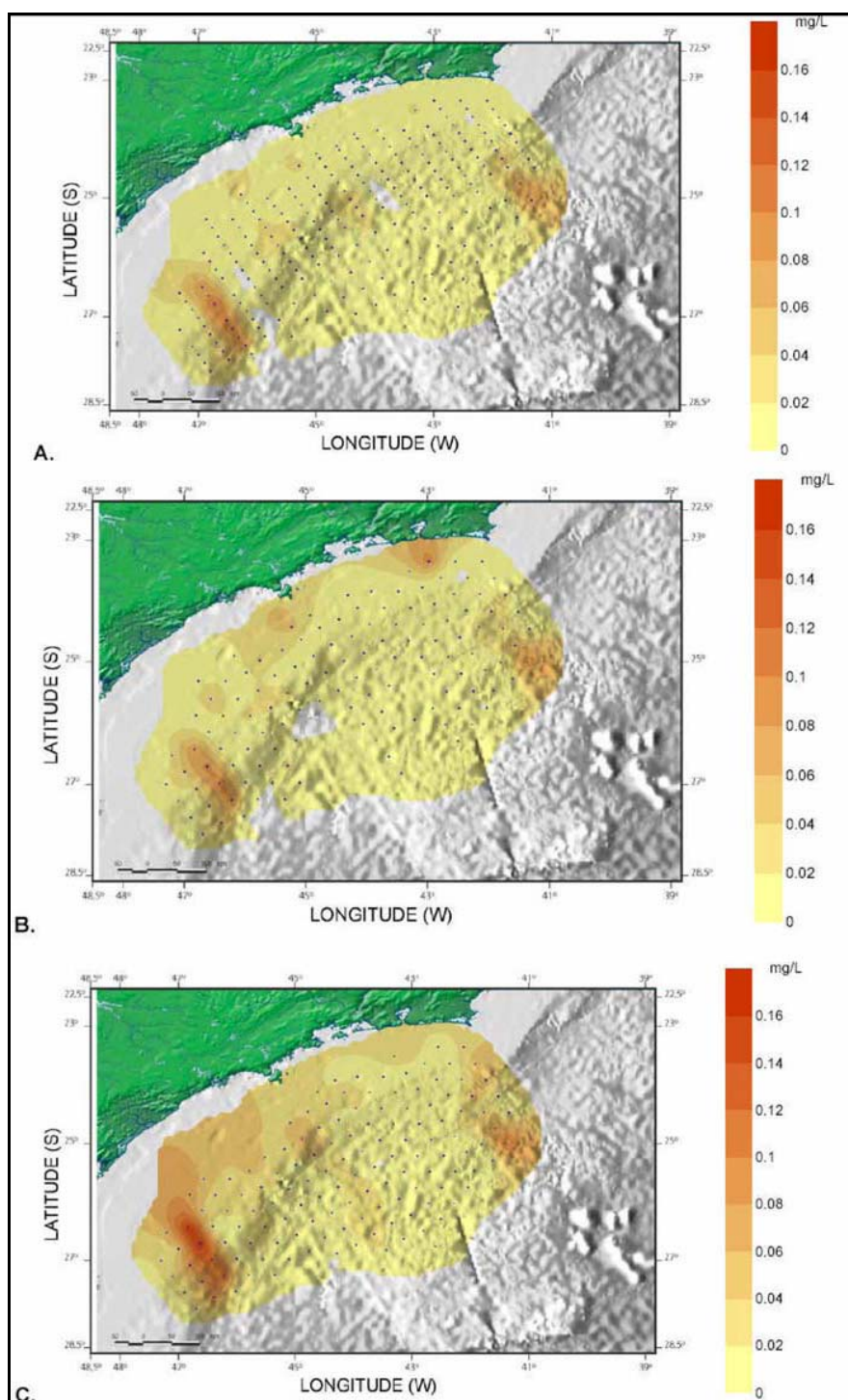
Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)
A) Superfície B) Termoclina e C) Fundo

Figura II.5.1.4-14 - Variação Espacial Nitrito na Bacia de Santos



Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)
A) Superfície B) Termoclina e C) Fundo

Figura II.5.1.4-15 - Variação Espacial Nitrato na Bacia de Santos



Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)
A) Superfície B) Termoclina e C) Fundo

Figura II.5.1.4-16 - Variação Espacial de Fósforo na Bacia de Santos

As concentrações de amônio em todos os monitoramentos foram relativamente baixas na maior parte das estações analisadas. Este resultado é esperado, pois o nitrogênio amoniacal é uma forma reduzida e em sistemas aeróbicos tende a se oxidar em nitrito e depois em nitrato, através do ciclo do nitrogênio, principalmente, nas camadas superiores. As concentrações de nitrito também demonstraram baixos valores. Este fato também é usual ao meio marinho, uma vez que o nitrito é uma forma intermediária entre a amônia e o nitrato no ciclo do nitrogênio, e em ambientes aeróbicos tende a se oxidar a nitrato. No oceano aberto, as concentrações de nitrito geralmente são muito baixas, havendo um pequeno aumento nas águas mais próximas da costa (Aminot & Chaussepied, 1983). Já, o nitrato geralmente encontra-se em maiores concentrações, sendo que os valores encontrados para a região estão em consonância com os encontrados por outros autores para a região sul-sudeste do Brasil (Brandini, 1990; Aidar *et al.*, 1993, Metzler *et al.*, 1997 Moser, 1997).

No sedimento, o processo de regeneração do íon fosfato é muito intenso e, dependendo da profundidade, movimentos advectivos poderiam disponibilizar este fosfato para a coluna d'água.

Os valores mais elevados de nutrientes no fundo podem estar ligados à contribuição do sedimento ou subida de água de fundo durante a formação de vórtices ciclônicos, o que representa a presença da ACAS. De fato, Nogueira *et al.* (1999) encontraram valores maiores de nutrientes na plataforma sudeste, sugerindo a influência da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) aflorando e disponibilizando assim maiores concentrações de nutrientes para a coluna d'água. Gaeta (1999), estudando a plataforma na costa de São Paulo, no Projeto COROAS, encontrou valores mais altos de nutrientes mais elevados em direção a costa. Mais que isto, pode-se observar através os dados oceanográficos coletados durante o baseline, a formação de uma camada de água superficial homogênea (AT), uma termoclina bem definida e a presença de ACAS, explicando assim a estratificação observada das concentrações dos nutrientes e suas condições superficiais basicamente oligotróficas.

■ Silicato

As principais fontes de silicatos para os oceanos são as águas dos rios e o desgaste de rochas antárticas. Calcula-se que estes dois processos introduzem anualmente 2.10^{14} g e 4 a 5.10^{14} g de silício dissolvido.

A água do mar é subsaturada em relação ao teor de silicato dissolvido. A concentração média do Si na água do mar é 1 mg.L-1 e o valor de saturação é 50 mg.L-1. Quando a concentração

da sílica é maior que 26 ppm, ela precipita como silicato de magnésio hidroxilado ($\text{Mg}(\text{OH})_2\text{SiO}_4$) e há incorporação pelos organismos.

Apenas o monitoramento do Bloco BM-S-7 apresentou resultados relativos ao Silicato encontrados os quais variaram entre 0,008 e 0,289 mg/L.

Esforço	Silicato	
	mín. (mg/L)	máx. (mg/L)
Poço 1-CHEV-2-SPS - antes	0,008	0,017
Poço 1-CHEV-2-SPS - durante	0,048	0,289
Poço 1-CHEV-2-SPS - após	0,029	0,112
Poço "E" - antes	0,008	0,070
Poço "E" - durante	0,023	0,035
Poço "E" - após	0,021	0,118
Baseline BM-S-7	0,054	0,159

▪ Razão N:P

A razão molar entre o nitrogênio inorgânico dissolvido e o fósforo inorgânico dissolvido (razão molar N:P) é referida ao valor de 16:1 (Redfield *et al.*, 1963), e pode fornecer uma idéia da demanda biológica destes nutrientes em relação à oferta (Quadro II.5.1.4-8).

Os valores da razão N:P, relativos ao monitoramento ambiental do projeto de perfuração do poço 1-CHEV-2-SPS, na Bacia de Santos são apresentados na Quadro II.5.1.4-8.

Quadro II.5.1.4-8 - Razões Molares N:P, nas profundidades de 10 m e 200 m, obtidas durante as campanhas realizadas antes, durante e após a perfuração do poço 1-CHEV-2-SPS, Bloco BM-S-7, Bacia de Santos.

Razões Molares N/P -Água						
Estações	Antes		Durante		Após	
	10 m	200 m	10 m	200 m	10 m	200 m
1	16,4	17,0	5,4	8,7	2,4	1,1
2	7,4	23,0	22,3	9,1	3,0	1,4
3	31,3	6,9	7,2	6,6	2,3	1,2
4	6,6	15,1	5,5	8,2	1,8	1,1
5	25,7	24,4	13,9	13,7	2,5	1,4
6	31,2	12,3	6,2	7,9	2,1	1,3
7	24,8	15,4	7,8	11,0	2,6	2,0
8	17,3	15,8	5,8	7,4	2,6	2,2
9	12,6	13,6	6,5	3,1	2,3	1,2
10	9,4	10,4	11,0	16,0	2,8	1,5
11	13,9	9,8	3,0	11,3	3,3	1,9
12	12,1	13,1	7,3	8,1	2,7	1,7
13	10,8	21,4	5,2	5,7	2,0	1,2

De acordo com os valores apresentados na maioria das vezes o N se mostrou o elemento limitante.

▪ Sulfetos

A produção de petróleo no ambiente marinho pode resultar na contaminação das águas situadas no entorno das instalações de extração. As principais fontes de contaminação são a liberação da água de produção no mar e em casos de acidentes com derramamento de óleo na água. Em qualquer caso, são lançados no ambiente, vários compostos, geralmente de alta toxicidade, como os sulfetos.

Para os sulfetos, contaminante potencialmente associado à atividade de exploração de petróleo, no Campo de Coral as concentrações estiveram sempre abaixo do limite de detecção do método analítico usado para sua quantificação ($< 2,0 \mu\text{g/l}$). O critério de qualidade para enquadramento em uma água salina classe 1 (CONAMA 357/05), estabelece como $2 \mu\text{g/l}$ de sulfetos, de forma que todas as amostras estão dentro do critério de qualidade preconizado.

Sedimento

▪ Granulometria

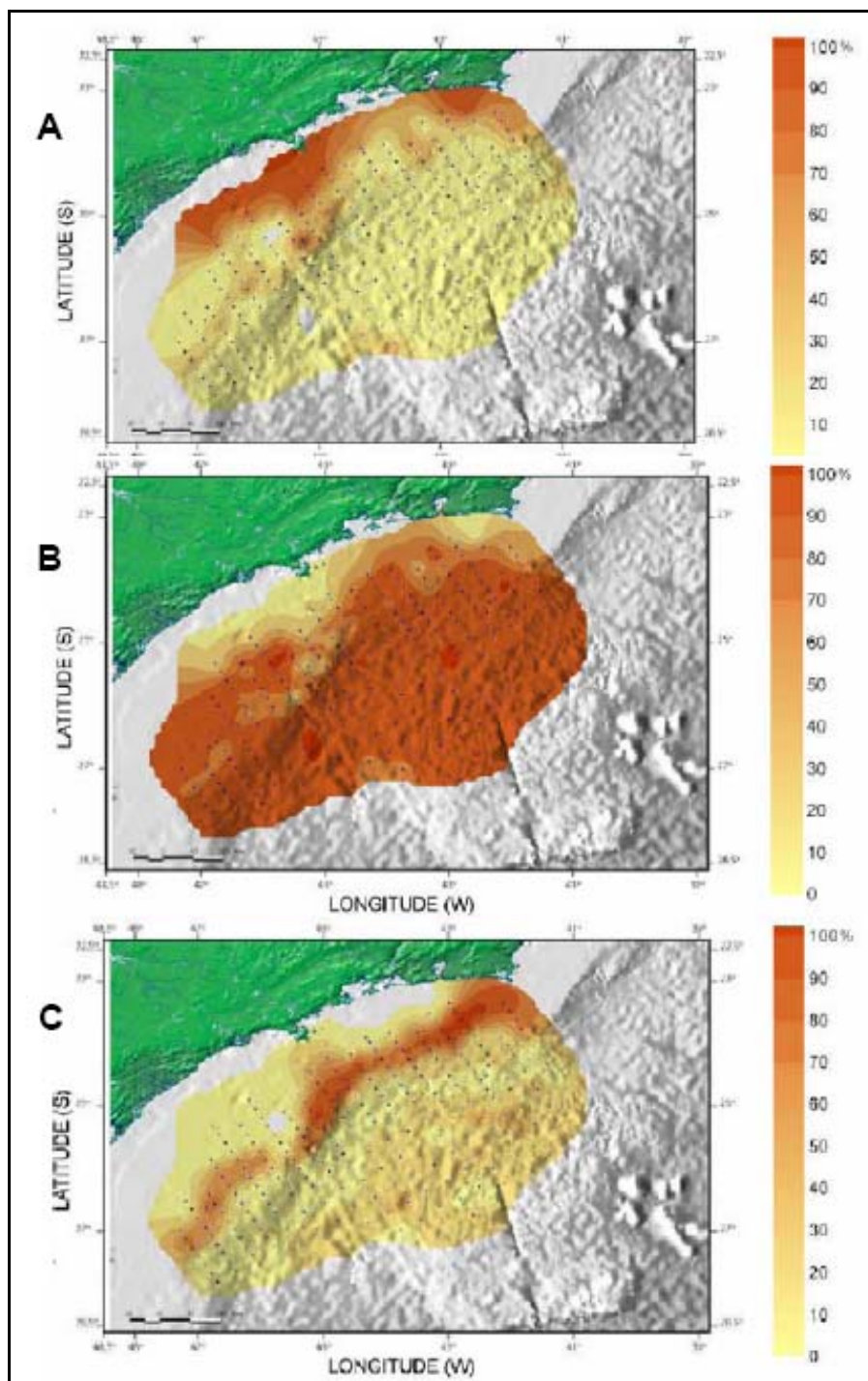
Como um dos principais fatores que influenciam a granulometria do fundo oceânico é a própria hidrodinâmica local assim como as fontes, entende-se que estas características são particulares de cada área em questão.

Os dados obtidos em monitoramentos pretéritos de regiões adjacentes porém, podem indicar, ainda que de forma limitada, a propensão ao acúmulo ou não de finos e etc.

Geralmente, a Bacia de Santos possui sedimentos finos, onde a fração lamosa está diretamente associada às alterações batimétricas. Na região da plataforma interna, ocorre uma tendência de acréscimo da fração mais grosseira no sedimento. Porém é importante ressaltar a presença de uma faixa carbonática ao longo das isóbatas de 100 e 150 m de profundidade.

No caso dos monitoramentos do Bloco BM-S-7, os valores registrados indicaram o predomínio de areia muito fina, silte e argila. Já no Campo de Coral, os sedimentos se distribuíram homoganeamente em todas as classes granulométricas.

No estudo de caracterização da Bacia de Santos, produzido por MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002), fica evidente que há um predomínio de silte e argila (90,1% das amostras), sendo que o predomínio de silte, de 89,2%, foi muito superior a argila, de 0,9%. O cascalho foi encontrado em 3,3% das estações, e areia muito grossa em 7,5%, a areia grossa em 11,7%, a areia média em 14,9%, a areia fina em 18,2% e a areia muito fina em 5,6%. As areias predominam em somente 9,9% das estações. A maior contribuição é da areia muito fina com 5,6%, e a areia fina 3,3% (**Figura II.5.1.4-17**).



Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)

A) Fração arenosa, B) Fração Lamosa, C) Fração Carbonática

Figura II.5.1.4-17 - Variação espacial da granulometria na Bacia de Santos

■ Teor de Carbonatos

No monitoramento executado no Bloco BM-S-7, os valores percentuais referentes aos teores de carbonatos variaram entre 10,42% e 19,01% para os carbonatos.

Já no Campo de Coral verificou-se uma alta concentração de carbonatos em todas as amostras sugerindo que o sedimento é formado principalmente por detritos biogênicos, o que explica esta grande variabilidade na distribuição das classes granulométricas.

■ Teor de Matéria Orgânica Total

A matéria orgânica presente no sedimento é composta por uma mistura de diferentes classes de materiais, que possuem uma vida média no sedimento, que pode variar de segundos a milhares de anos. Desta maneira, o tempo de residência destas diferentes frações que compõe a matéria orgânica no sedimento é dependente da qualidade de matéria que se deposita no substrato (Soertaert *et al.*, 1996). Vários estudos atestam que a qualidade e o tipo de matéria orgânica disponível no sedimento são de suma importância na estruturação das comunidades bentônicas (Fabiano & Danovaro, 1999), bem como para as estratégias tróficas dominantes em um determinado ambiente.

Os valores percentuais de matéria orgânica, obtidos através do Monitoramento do Campo de Coral variaram entre os limites de 8,02 e 14,73%. As concentrações de matéria orgânica no sedimento, próximas a 10% podem ser consideradas altas, se comparadas com os valores obtidos por Pires-Vanin *et al.* (1995) no litoral norte de São Paulo; Klein *et al.* (2001) na plataforma interna entre os estados de São Paulo e Santa Catarina; e Fiori & Soares-Gomes (2002) na plataforma externa na Bacia de Campos.

■ Hidrocarbonetos Totais de Petróleo - HTP

Os hidrocarbonetos são compostos orgânicos que apresentam ampla distribuição nos ambientes aquáticos, pois são originados de processos naturais e antrópicos. Os compostos naturais são produzidos pela atividade biológica de plantas e animais e resultam da combustão natural de biomassa e das transformações diagenéticas de matéria orgânica (GESAMP, 1993; Hunt, 1996). As fontes antrópicas de hidrocarbonetos para o mar estão associadas à introdução de petróleo e seus derivados e à combustão incompleta de matéria orgânica. O aporte de produtos petrogênicos pode se dar através do escoamento urbano, de efluentes industriais e domésticos, da navegação, do transporte e da produção em áreas offshore, além de resultar de acidentes diversos (GESAMP, 1993; Bouloubassi *et al.*, 2001; Readman *et al.*,

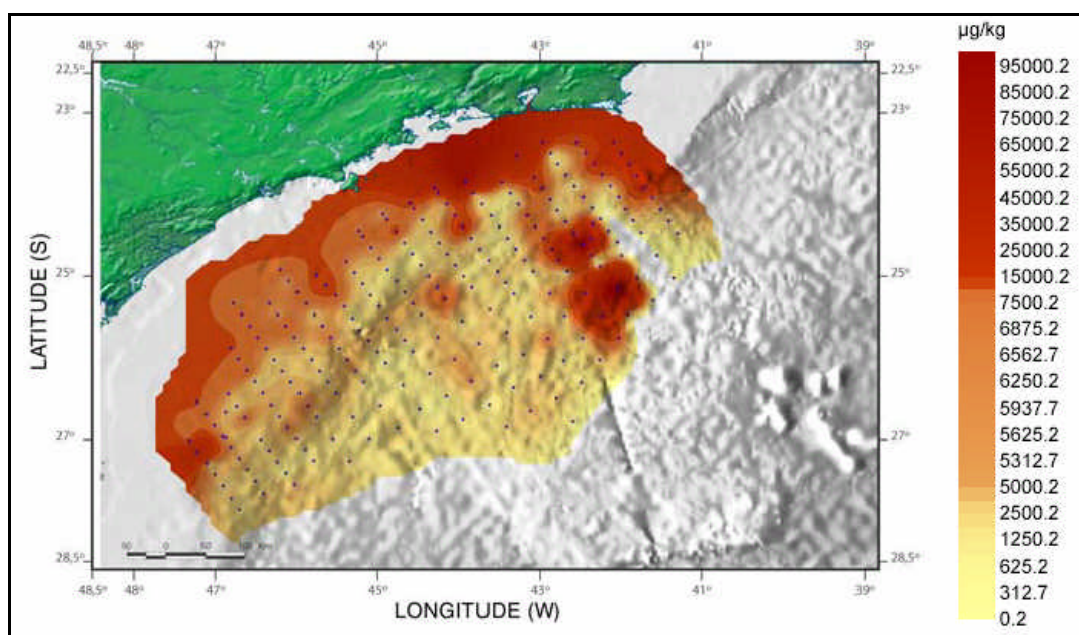
2002; NRC, 2003). Uma parte significativa de hidrocarbonetos, principalmente de compostos aromáticos, está associada à queima incompleta de matéria orgânica, como o petróleo e derivados, madeira, carvão e lixo, entre outros materiais. Tais hidrocarbonetos, chamados pirogênicos ou pirolíticos, chegam aos mares através do transporte atmosférico e posterior deposição seca ou úmida. Desta forma, podem ser encontrados em regiões oceânicas a grandes distâncias da costa (Lipiatou *et al.*, 1993; Dachs *et al.*, 1999) ou das fontes.

O grande interesse pelos hidrocarbonetos aromáticos, tanto petrogênicos quanto pirogênicos, se justifica pelos seus reconhecidos efeitos tóxicos, mutagênicos e carcinogênicos (Kalf *et al.*, 1997; Law *et al.*, 1997; Witt, 2002).

Os valores de hidrocarbonetos totais (TPH) observados no sedimento durante a campanha de monitoramento realizada antes da perfuração do poço 1-CHEV-2-SPS, no Bloco BM-S-7 mostraram concentrações variando entre 7.771,3µg/kg, na estação 11, e 13.695,9µg/kg, na estação 7, e entre 2.485,7 e 139.659,9µg/kg nas estações 8 e 9, respectivamente, da campanha realizada após a perfuração.

Os resultados apresentados na caracterização da Bacia de Santos produzidos por MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) mostraram um aumento nos níveis de HTP nos sedimentos mais próximos à costa. As concentrações variaram de 403 a 127.598 µg.kg-1 com uma média de 6.760 µg.kg-1 (desvio padrão = 14.162 µg.kg-1), conforme a **Figura II.5.1.4-18**, que indica a distribuição geográfica dos HTP nos sedimentos da Bacia de Santos.

Os níveis mais altos foram registrados ao norte da Bacia, na região compreendida entre a desembocadura das Baías de Sepetiba e de Guanabara. De forma geral, os teores de HTP encontrados estão muito baixos e inferiores aos teores encontrados em sedimentos de áreas de exploração de petróleo.



Fonte: MMA/Petrobras/AS/PEG, 2002.

Figura II.5.1.4-18 - Distribuição Horizontal das Concentrações de THP no Sedimento da Bacia de Santos

■ Hidrocarbonetos Poliaromáticos - HPA

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) são grupos de poluentes orgânicos persistentes prioritários onipresentes em vários sistemas ambientais e resultam em grande preocupação devido à sua toxicidade, carcinogenicidade e mutagenicidade (U.S.EPA, 1993). HPAs são emitidos e formados principalmente durante a combustão incompleta (fonte pirogênica) de matéria orgânica a partir de diferentes fontes, tais como motores de combustão, aquecimento, geração de poderosos combustíveis fósseis, as atividades industriais e queimadas (Broman *et al.*, 1991; Heemken *et al.*, 2000). HPAs petrogênicos derivados da não-combustão são também fontes de contaminação (Naes e Oug, 1997).

O ecossistema aquático é um dos maiores sumidouros de contaminação de HPAs (Tao *et al.*, 2003), que tem recebido mais atenção devido à sua característica lipofílica e efeito da bioconcentração (Haitzer *et al.*, 1998). HPAs podem entrar no ambiente aquático através da deposição atmosférica e industrial, descarga de águas residuais, além da poluição causada pelos navios petroleiros, (Heemken *et al.*, 2000). Sistemas aquáticos, não só são importantes sumidouros, no ciclo mundial de HPAs, mas também são fontes secundárias de contaminação (Sanders *et al.*, 1996).

Os valores registrados para o Bloco BM-S-7 variaram entre 0,632 e 25,092($\mu\text{g}/\text{kg}$), sendo que a grande maioria dos dados levantados se apresentaram abaixo do limite de 3,182 $\mu\text{g}/\text{kg}$, com exceção de dois pontos.

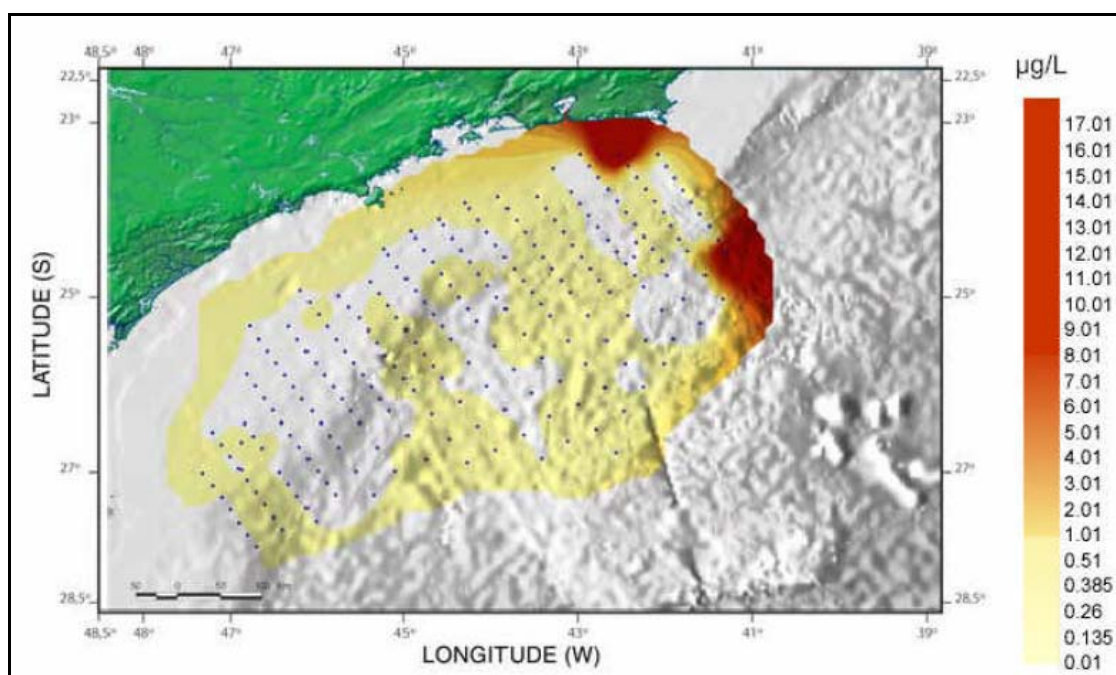
Poucas agências internacionais estipulam teores orientadores de PAHs em sedimentos marinhos. A agência de Ambiental Canadense (Canadian Sediment Quality Guideline) considera o teor de 766 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (somatório de apenas 12 dos 16 HPAs) como teor orientador para sedimentos marinhos. Por outro lado, a Divisão de Proteção e Restauração Costeira da NOAA (National Oceanic and Atmosphere Agency) considera o teor de 1684,06 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (somatório dos 16 PAHs) como valor orientador de threshold (TEL) para biota marinha.

Quando se comparam os teores encontrados nas duas campanhas de monitoramento da perfuração do poço 1-CHEV-2-SPS com o limite da TEL (threshold effect level) estabelecidos pelas agências internacionais para alguns compostos do PAH no sedimento marinho, conclui-se que os teores encontrados estão bem abaixo dos limites da TEL estabelecidos por essas agências (**Quadro II.5.1.4-9**).

Já no monitoramento do Campo de Coral, os valores variaram dentro dos limites de 1400 e 10200 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Para efeito de comparação, as concentrações de hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs) em regiões consideradas sem contaminação variam entre 0,008 e 0,50 mg/kg. Já em regiões sujeitas à influência de plataformas de produção de petróleo, como as plataformas de Pargo e Pampo da Petrobras, na plataforma sudeste do Brasil, concentrações de hidrocarbonetos aromáticos variaram entre 0,006 e 2,1 mg/kg (TOLDO JR & AYUP-ZOUAIN, 2004). Para a agência de proteção ambiental americana, concentrações de hidrocarbonetos poli-aromáticos totais superiores 4,02 mg/kg indicam contaminação (EPA, 1996).

No monitoramento de Coral parte dos dados mostraram concentrações superiores ao limite preconizado pela EPA, o que já mostra uma possível influência das atividades de exploração de petróleo na região.

A concentração total de HPAs, apresentados no estudo produzido por MMA/ PETROBRAS/ AS/PEG (2002) variou de <0,1 até 130,6 $\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ (ppb) com média 12,1 $\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ (ppb) e desvio padrão de 11,2 $\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$. Os teores obtidos na área podem auxiliar na estimativa de um nível mínimo de background da Bacia de Santos. Desta forma, o teor médio de 12,1 $\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ (ppb), e desvio padrão de 11,7 $\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$, pode ser considerado como o background local (**Figura II.5.1.4-19**). É importante ressaltar que esse valor está muito abaixo dos valores reportados na literatura para as regiões do Brasil e áreas de exploração de óleo.



Fonte: MMA/Petrobras/AS/PEG, 2002.

Figura II.5.1.4-19 - Distribuição horizontal das concentrações de HPA no sedimento da Bacia de Santos

Quadro II.5.1.4-9 - Comparação dos resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAH) no sedimento, em peso seco, nas amostras de sedimento do entorno do poço 1-CHEV-2-SPS, Bloco BM-S-7, Bacia de Santos, antes e após sua perfuração, com dados disponíveis na literatura. ND-não detectado

PAH - Sedimento - Comparação com a Literatura		
Área de estudo	Σ PAH (µg/kg)	Referência
BM-S-7 (antes da perfuração)	0,632-3,182 *a	Monitoramento Ambiental da Atividade de Perfuração Marítima do Poço 1-CHEV-2-RJS, Bloco BM-S-7
BM-S-7 (após a perfuração)	0,822-25,092 *a	
Campo de Coral	1400 - 10200	Relatório de Monitoramento Ambiental do Campo de Coral
Santos e São Vicente (SP-Brasil)	872,4-6.025*a	Martins, 2004
Rios Barigui/Iguaçu (PR-Brasil) - 40 dias após o acidente de jul/00	9-532*a	
São Sebastião (SP-Brasil) - 10 dias após o acidente de nov/00	3,2-155*a	
São Sebastião (SP-Brasil) - 120 dias após o acidente de nov/00	4,2-192*a	
ETE Cabiúnas (RJ-Brasil)	8,3-310 *a	PETROBRAS, 2002
plataforma de Pargo (RJ-Brasil)	6-2.095 *a	PETROBRAS, 2001
plataforma de Pampo (RJ-Brasil)	61-207 *a	
Santos (porto e regiões industriais, SP-Brasil)	80-42.390 *b	Nishigima, 2001
Cananéia (região de mangue, SP-Brasil)	ND*b	
Rio Paraíba do Sul (RJ-Brasil)	5.481-46.664 *b	Torres et al., 1999

PAH - Sedimento - Comparação com a Literatura		
Rio Guandu (RJ-Brasil)	662-8.091 *b	
estuário do Rio Paraíba do Sul	854 *a	Carneiro, 1998
Arraial do Cabo (RJ-Brasil)	77-162 *a	IEAPM, 1997
Canal de São Sebastião (SP-Brasil)	<2-257 *a	Zanardi, 1996
região costeira México/EUA	ND-1.930 *a	Zamora, 1996
plataforma MAI-686 (Golfo do México)	8-58 *a	Kennikut II, 1995
plataforma UM-A85 (Golfo do México)	12-6.400 *a	
plataforma A-389 (Golfo do México)	11-1238 *a	
Baía de Tampa (Flórida-EUA)	200-4.300*d	Sherblom et al., 1995
Yuandang (China)	3.600-61.000 *d	Hong et al., 1995
Porto Victoria (China)	1.200-14.000 *d	
Baía de Casco (Maine), região costeira (EUA)	16-20.798 *a	Kennikut II et al., 1994
Golfo Pérsico (Kuwait)	1.300-175.000 *d	Fowler et al., 1993
plataforma Hidalgo (Bacia de Sta. Maria)	30-1.500 *a	Hyland et al., 1990
plataforma Julius (Califórnia, EUA)	20-360 *a	
Santos (região industrial, SP-Brasil)	ND *d	Bicego, 1988
Mar Cáspio-Azerbaijão	338-2988 *a	Tolosa et al., 2004
Mar Cáspio-Irã	94-2789 *a	Tolosa et al., 2004
Mar Cáspio-Rússia	6-345 *a	Tolosa et al., 2004
Mar Cáspio-Cazaquistão	7-294 *a	Tolosa et al., 2004
Costa do Mar Negro	7-638 *d	Readman et al., 2002
Costa Ocidental da Austrália	1-3200 *d	Burt & Ebel, 1995
Bacia de Santos	N.D.-130,6	MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)

Observações: ND - não detectado; *a - obtidos através da técnica de GC-EM; *b - obtidos através da técnica de HPLC; *c - obtidos através da técnica CG-DIC; *d - técnica não informada; ppb - partes por bilhão (ng/g ou µg/kg) Fontes: Gabardo et al. (2001), Nishima et al. (2001), PETROBRAS (2001), Meniconi et al. (2002), PETROBRAS (2002) e Martins (2004), Tolosa et al. (2004).

Comparando-se os resultados de hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs) encontrados, com estudos de baseline e monitoramento realizados na Bacia de Santos, percebe-se que os teores são similares aos encontrados na maioria das outras amostras analisadas na Bacia de Santos, sendo inclusive abaixo da maioria dos teores encontrados em outros estudos.

Deve-se ressaltar que, mesmo os teores de HPA mais elevados realizada após a perfuração do poço 1-CHEV-2-SPS tendo sido mais elevados do que os das demais amostras da campanha realizada antes da perfuração, ou mesmo daquelas coletadas na campanha, estes são cerca de 60 vezes mais baixos do que a concentração definida como aquela a partir da qual podem começar a ser observados efeitos na biota (TEL - threshold effect level), pela NOAA (National Oceanic and Atmosphere Agency). Portanto, mesmo após a perfuração do poço 1-CHEV-2-SPS,

o sedimento não pode ser considerado impactado e/ou contaminado por hidrocarbonetos poliaromáticos.

■ n-alcanos e MCNR

Dentro da bibliografia levantada o único trabalho que levantou dados de n-alcanos e MCNR foi o monitoramento do Bloco BM-S-7, cujas concentrações de n-alcanos variaram de 547,6µg/kg a 867,4µg/kg antes da perfuração, e de 287,5µg/kg a 7.566,3µg/kg após a perfuração, enquanto as da fração de MCNR (mistura complexa não resolvida) variaram de 4,8 mg/kg a 8,2 mg/kg antes a perfuração e de 1,1 mg/kg a 130,9 mg/kg após a perfuração.

Dentre os n-alcanos, observou-se um predomínio daqueles de maior peso molecular (entre n-C27 e n-C33), tanto antes quanto após a perfuração do poço 1-CHEV-2-SPS. Além disso, a maior contribuição desses compostos nas amostras mais afastadas do local da perfuração, na fase após a perfuração, conforme discutido anteriormente, indicando uma contribuição de material orgânico natural retrabalhado nesses locais.

Além disso, o acentuado teor de MCNR nas mesmas amostras, comparado ao observado nas outras amostras, indica a presença de um material orgânico intemperizado. Nesse sentido, as altas concentrações, observadas nas estações mais distantes do local de perfuração, podem ser atribuídas a uma contribuição de material orgânico natural e retrabalhado, cujas elevadas concentrações são muito provavelmente devidas a processos naturais e sem relação com a atividade exploratória do bloco.

Quadro II.5.1.4-10 - Comparação dos resultados de hidrocarbonetos (n-alcenos e MCNR) no sedimento, em peso seco, das amostras de sedimento do entorno do poço 1-CHEV-2-SPS, Bloco BM-S-7, Bacia de Santos, antes e após sua perfuração, com dados disponíveis na literatura. ND-não detectado. NA-não analisado

TPH - sedimento - comparação com a literatura			
Área de Estudo	Σ n-alcenos (µg/kg)	MCNR (mg/kg)	Referência
BM-S-7 (antes da perfuração)	547,6-867,4	4,8-8,2	presente estudo
BM-S-7 (após a perfuração)	287,5-7.566,3	1,1-130,9	
Santos e São Vicente (SP-Brasil)	4.520-40.760	ND-393	Martins, 2004
São Sebastião (SP-Brasil) - 10 dias após o acidente de nov/00	80-1.770	ND-8,6	
São Sebastião (SP-Brasil) - 120 dias após o acidente de nov/00	130-3.070	ND-23,3	
ETE Cabiúnas (RJ-Brasil)	371-4.449	3-26	PETROBRAS, 2002
Plataforma de Pargo (RJ-Brasil)	906-2.241	11-61	PETROBRAS, 2001
Plataforma de Pambo (RJ-Brasil)	847-2.366	9-72	
Santos (porto e regiões industriais, SP-Brasil)	1.080-4.290	NA	Nishigima, 2001
Cananéia (região de mangue, SP-Brasil)	4.370-157.900	NA	
Arraial do Cabo (RJ-Brasil)	942-2.878	NA	IEAPM, 1997
Canal de São Sebastião (SP-Brasil)	177-7.027	NA	Zanardi, 1996
Região costeira México/EUA	800-70.600	ND-220	Zamora, 1996
Baía de Todos os Santos (BA)	740-93.000	ND-324	Tavares, 1996
Porto de Alexandria (Egito)	7.000-143.000	54-1.214	ABoul-Kassim & Simoneit, 1995
Plataforma MAI-686 (Golfo do México)	72-9.568	0-119	Kennikut II, 1995
Plataforma UM-A85 (Golfo do México)	68-13.960	0-381	
Plataforma A-389 (Golfo do México)	63-15.927	0-400	
Baía de Tampa (Flórida-EUA)	ND	NA	Sherblom et al., 1995
Yuandang (China)	370-3.100	NA	Hong et al., 1995
Porto Victoria (China)	310-20.300	NA	
Bacia de Campos (RJ-Brasil)	<160-5.500	NA	GEOMAP/FUNDESPA, 1994
Baía de Casco (Maine), região costeira (EUA)	151-10.078	2-335	Kennikut II et al., 1994
Golfo Pérsico (Kuwait)	170-23.000	NA	Fowler et al., 1993
Plataforma C (Golfo do México)	300-23.900	18-893	Chapman et al., 1991
Plataforma Hidalgo (Bacia de Sta. Maria)	700-2.800	NA	Hyland et al., 1990
Plataforma Julius (Califórnia, EUA)	800-15.000	NA	
Santos (região industrial, SP-Brasil)	ND-547.260	NA	Bicego, 1988

Observações: MCNR - mistura complexa não resolvida; ppb - partes por bilhão (ng/g ou µg/kg)

Fontes: Gabardo et al. (2001), Nishima et al. (2001), Petrobras (2001), Meniconi et al. (2002), Petrobras (2002) e Martins (2004).

Conforme pode ser observado no **Quadro II.5.1.4-10**, os resultados referentes ao somatório de n-alcenos encontrados durante o baseline estão em consonância com os dados disponíveis na literatura. Quando comparamos esses resultados com outros estudos de baseline na Bacia de Santos, percebe-se que, excetuando-se os teores encontrados após a perfuração nas radiais

a 500 e 1000 m do poço, os outros teores são similares aos encontrados na maioria das outras amostras analisadas na Bacia de Santos.

▪ Metais Traços

A análise química da composição mineral contida nos sedimentos marinhos é uma ferramenta importante nos estudos de monitoramento uma vez que a contribuição de alguns metais no sedimento, por exemplo, ferro e manganês, podem ser indicativos do tipo de rocha originária do sedimento. Assim, torna-se fundamental realizar um levantamento desses metais, e de outros, para a melhor compreensão de como os mesmos estão presentes no ambiente e se são oriundos de processos naturais ou antrópicos.

Para este parâmetro, os dados levantados têm sua origem nos monitoramentos do BM-S-7, do Campo de Coral e da Caracterização da Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)). Os valores registrados em ambos os monitoramentos estão expostos na **Quadro II.5.1.4-11**.

De uma forma geral, os valores obtidos no monitoramento do Campo de Coral estiveram abaixo dos valores levantados para o bloco BM-S-7.

A maioria das concentrações de metais foi quantificada em teores normalmente obtidos para o sedimento, com valores de TEL (Threshold Effect Level) abaixo do limite mínimo estabelecido para o sedimento marinho pela NOAA (National Oceanic and Atmosphere Administration). Exceções podem ser observadas para o Ni que registrou alguma concentração acima, no Monitoramento do BM-S-7, sendo o limite de TEL estabelecido pela NOAA de 15,9 mg/Kg no pré-drilling e pós-drilling, para o Cd que no pré-drilling teve em todas as estações teores acima do estabelecido pelo NOAA, que é de 0,676 mg/Kg em todas as estações e para o As, que após a perfuração registrou algumas concentração acima, sendo o limite de TEL estabelecido pela NOAA de 7,24 mg/ kg (**Figura II.5.1.4-20**).

Apesar de altos, quando comparados aos reportados para sedimentos internacionais, esses teores são comparáveis aos teores reportados em outros trabalhos realizados na área offshore do território brasileiro (**Quadro II.5.1.4-11**). Isso indica que os sedimentos marinhos da área offshore do Bloco BM-S-7 apresentam teores de Ni e Cd acima dos estipulados pelas agências internacionais como a concentração a partir da qual podem começar a ser observados efeitos na biota (TEL). Ressalta-se ainda, que comparando os teores obtidos nas campanhas com outros estudos realizados na costa brasileira, o mesmo encontra-se em consonância com os teores encontrados em outras áreas.

Portanto, os teores de metais encontrados no sedimento durante as campanhas, podem ser considerados normais para a região estudada, mesmo se considerarmos os teores de Ni, Cd e As, que em algumas estações tiveram teores mais elevados que o TEL estabelecido pela NOAA. Outro fator, a ser considerado, é que os valores de referência estabelecidos pela NOAA, são realizados através de experimentos realizados em uma comunidade faunística específica e não aquela que verdadeiramente habita os substratos do bloco em questão. Dessa forma, esses teores têm que ser encarados como referência, sendo os valores de TEL apenas indicativos de que concentrações muito mais elevadas que os valores de referência podem começar a causar algum efeito na biota, o que não foi o caso deste monitoramento.

Já no Campo de Coral, quatro dos onze metais analisados apresentaram resultados abaixo dos limites de detecção do método. Os demais se apresentaram dentro da média ou abaixo das demais referências levantadas.

Quadro II.5.1.4-11 - Concentrações de Metais (mg/Kg) Obtidas no Sedimento, no Atual Monitoramento, em Diferentes Regiões da Costa Brasileira e nos Esforços Pretéritos da Chevron Brasileira de Petróleo no Bloco BM-S-7

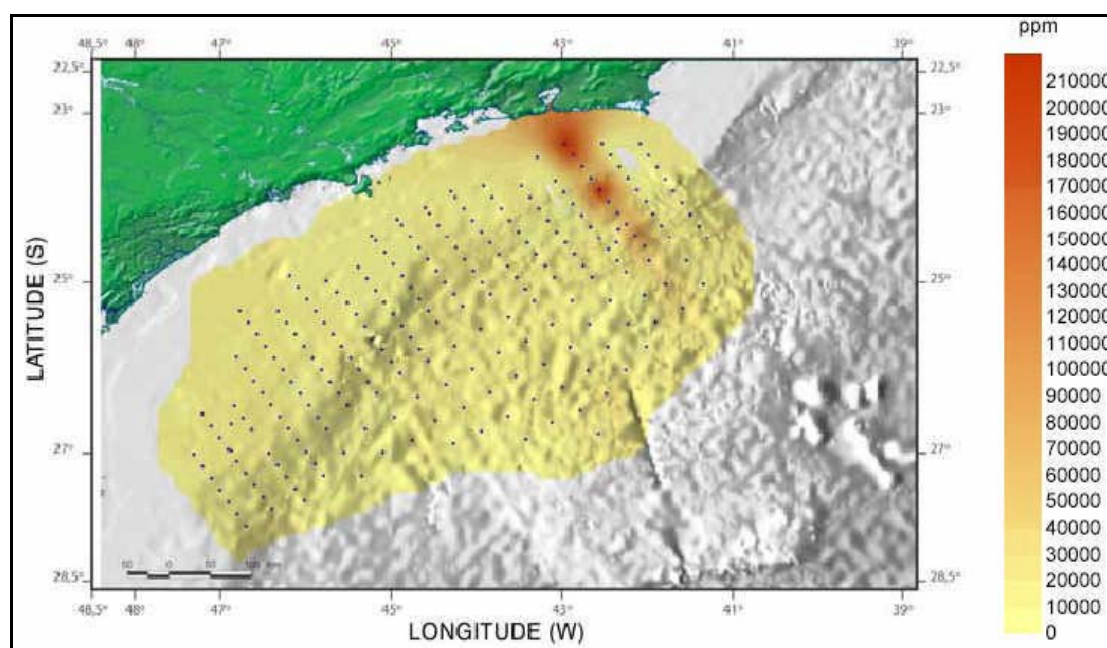
Metais - Sedimento - Comparação com a Literatura e Dados Pretéritos													
Referência		Cr	Cu	Fe	Cd	Mn	Ni	Pb	V	Zn	Ba	As	Hg
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Vegueria, 2002	mín.	20,7	-	11000	-	137	18,7	6,3	30,3	17	58,4	3,8	-
	máx.	43,1	-	17300	-	297	34	25,5	47,8	222	363	14,1	-
	mín.	17,6	-	9600	-	110	7,3	9,4	22,8	12	340	4,85	-
	máx.	33	-	14000	-	290	16,3	17,8	33,8	154	819	10,7	-
IEAPM/ UENF, 1997	média	32	-	12400	-	170	16,2	9,2	37,5	30,5	158	-	-
Carvalho, 1992	mín.	63	-	-	-	20	25	-	-	63	-	-	-
	máx.	84	-	-	-	110	36	-	-	147	-	-	-
MAPEM, 2004	mín.	35,7	-	11800	-	304	19,9	14,7	52,6	41,4	135	9,1	-
	máx.	79,4	-	54600	-	1490	46,7	35,5	110	102	4610	48,1	-
poço 1-CHEV-2-SPS - antes	mín.	17,2	6,3	18899	3,8	844	14,6	5,83	32,2	38,8	21,1	NQ	NQ
	máx.	21,3	10,5	25526	5,13	2087	22,1	7,87	40,3	48,1	48,1	NQ	NQ
Poço 1-CHEV-2-SPS - após	mín.	23,2	11,7	19018	NQ	220	15,5	9,3	28,1	40,6	41,6	7,38	0
	máx.	30,1	16,5	24860	NQ	2840	32,8	13,6	47,8	54,6	257	8,38	0
poço "E" - antes	mín.	17,6	0,952	-	<0,20	<0,50	9,16	4,56	21,7	20,4	7,19	0,27	0,461
	máx.	26,5	4,5	-	<0,20	<0,50	11,6	5,92	31,9	30,7	22,4	1,2	1,92
poço "E" - durante	mín.	21,6	2,29	-	0,252	533	10	6,89	25,3	26,8	12,7	<0,20	<0,30
	máx.	33,2	5,14	-	0,625	1170	13,4	33,4	34,8	34,3	295	<0,20	<0,30
poço "E" - após	mín.	23,2	0,676	-	0,388	329	7,94	5,63	25,1	20,3	11,5	ND	ND
	máx.	26,9	2,6	-	0,584	4980	12,7	12,2	32	30,5	1200	ND	ND
Baseline BM-S-7	mín.	21,3	6,8	-	0	64,5	12,2	5	25	34,2	84	0,5	-
	máx.	31,3	16,6	-	0	2660	32,7	10	25	71,4	108	0,7	-
Campo de Coral	mín.	20,4	ND	9450	ND	80,6	2,2	ND	15,6	0,6	ND	-	ND
	máx.	4,5	ND	3230	ND	390,3	10,6	ND	26,9	37,5	220,9	-	ND

Coordenador:

Técnico:

Os valores obtidos por MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002), estão reapresentados nas figuras a seguir. Neste estudo os teores de ferro foram altos em toda Bacia de Santos, com variações não ordenadas por toda área amostrada. O teor médio obtido desse elemento no conjunto amostrado foi de 16.427,02 mg.kg-1 (1,64%), com desvio padrão $sd=25.902,77$.

Os sedimentos coletados em áreas próximas aos poços de petróleo estão com valores dentro da média, e pode-se concluir que a presença de Fe no sedimento, esta muito mais ligado ao tipo de rochas, à quantidade de carbonatos e argilas presentes. (Figura II.5.1.4-20).



Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

Figura II.5.1.4-20 - Variação Espacial do Ferro na Bacia de Santos

Quanto ao mercúrio, de acordo com o estudo elaborado por MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002), pode-se deduzir que há uma tendência à contaminação ambiental nas áreas centrais da Bacia de Santos, possivelmente proveniente de despejos industriais. Ocorreu uma grande variação de ausência de teores na faixa de 4,0 mg.kg-1. Os dados registrados no relatório da PETROBRAS/Sampling Científica (2002) registraram valores abaixo do limite de detecção. Conforme Figura II.5.1.4-21.

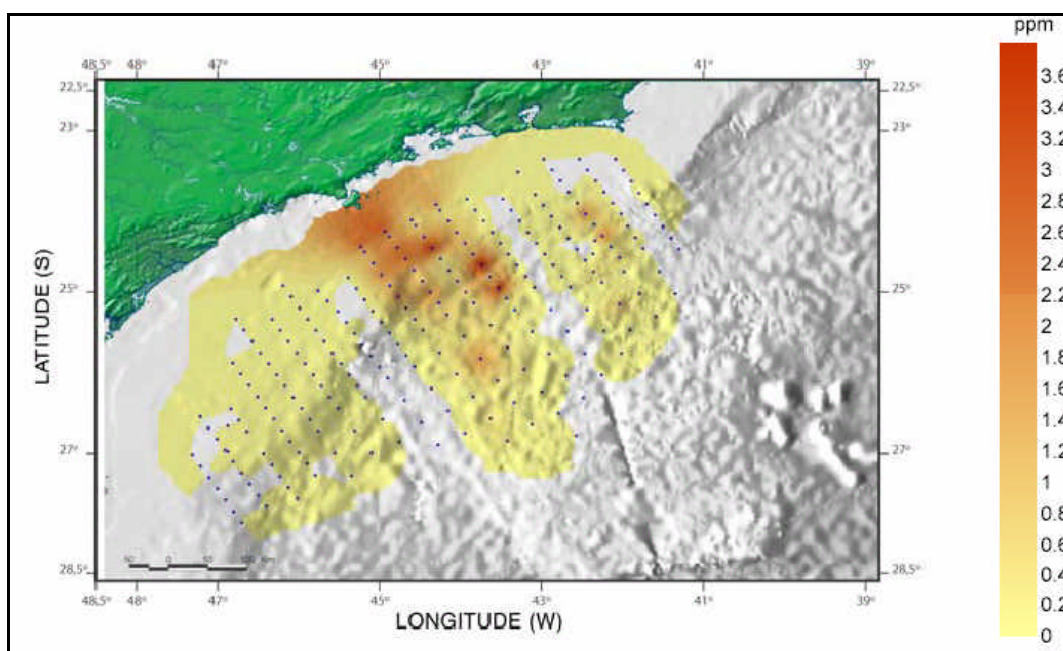
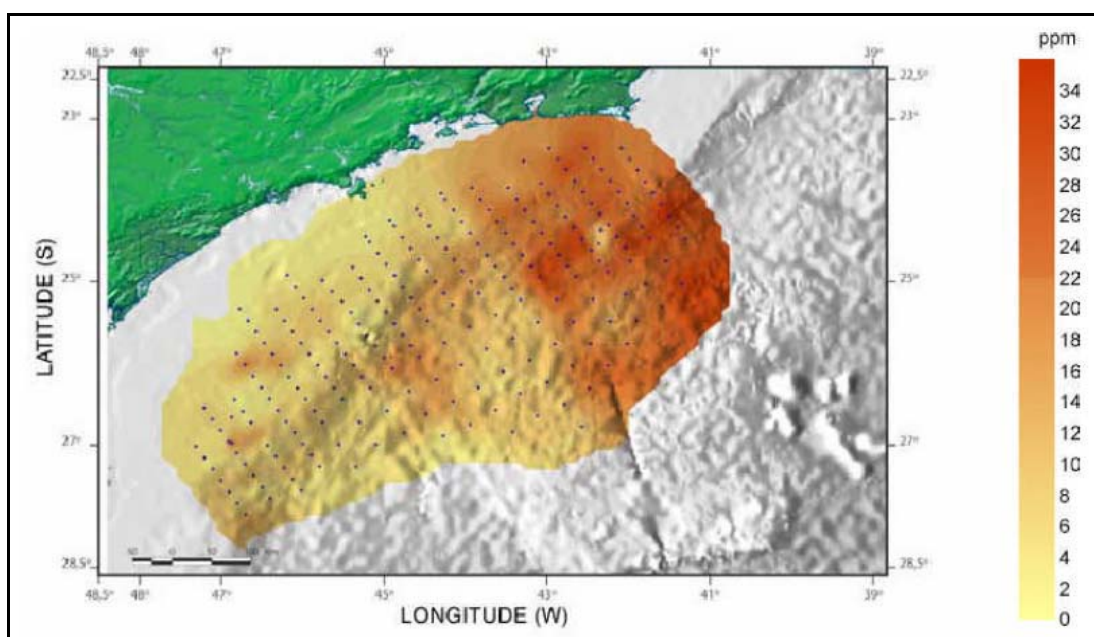


Figura II.5.1.4-21 - Variação Espacial do Mercúrio na Bacia de Santos

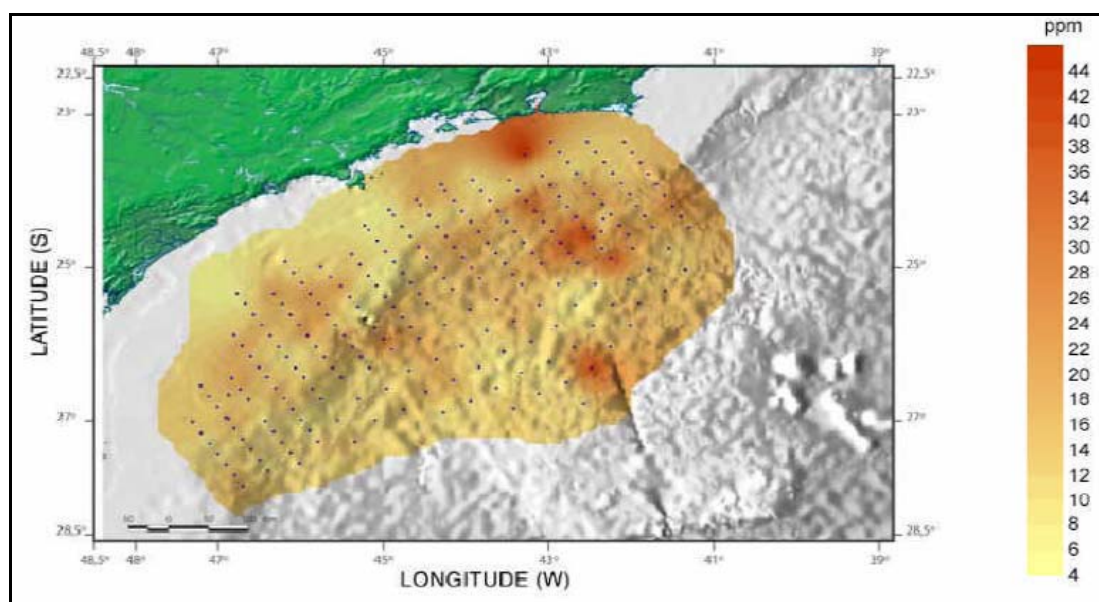
De acordo com MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002), em toda Bacia de Santos foi obtido um valor médio de Níquel de $13,30 \text{ mg. kg}^{-1}$ com desvio padrão de $8,32 \text{ mg. kg}^{-1}$. O níquel (Figura II.5.1.4-22) mostrou tendência de diminuição ao sul, na Bacia de Santos.

O níquel, do mesmo modo que o vanádio, é adotado como indicador de descartes de óleos em ambiente marinho, deste modo, existe a possibilidade de contribuição de descartes especialmente nas áreas ao norte da Bacia de Santos.



Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

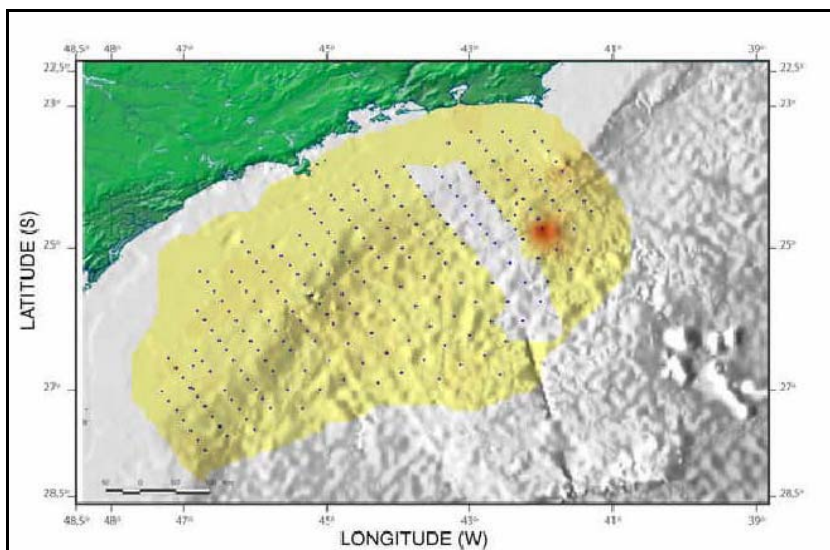
Figura II.5.1.4-22 - Variação Espacial de Níquel na Bacia de Santos



Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

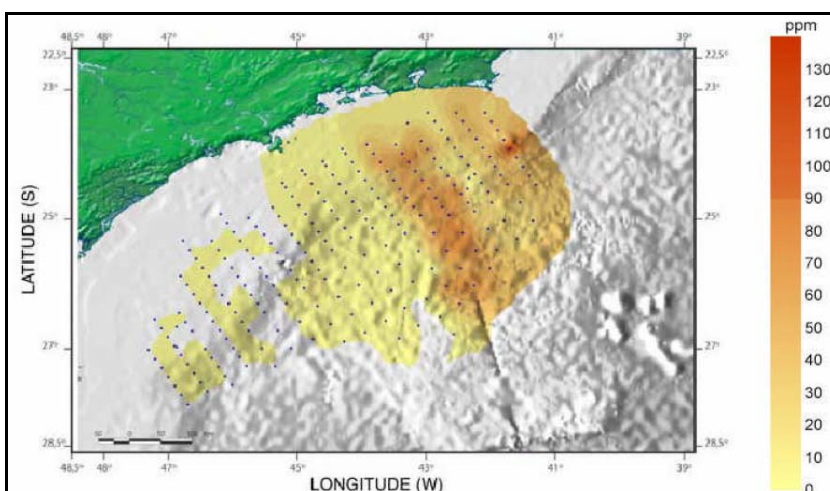
Figura II.5.1.4-23 - Variação Espacial do Cromo na Bacia de Santos

O valor médio obtido de zinco no relatório elaborado por MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) foi de 19,13 mg kg⁻¹. As concentrações encontradas, não apresentaram grandes variações na porção sul da Bacia de Santos. (Figura II.5.1.4-24).



Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

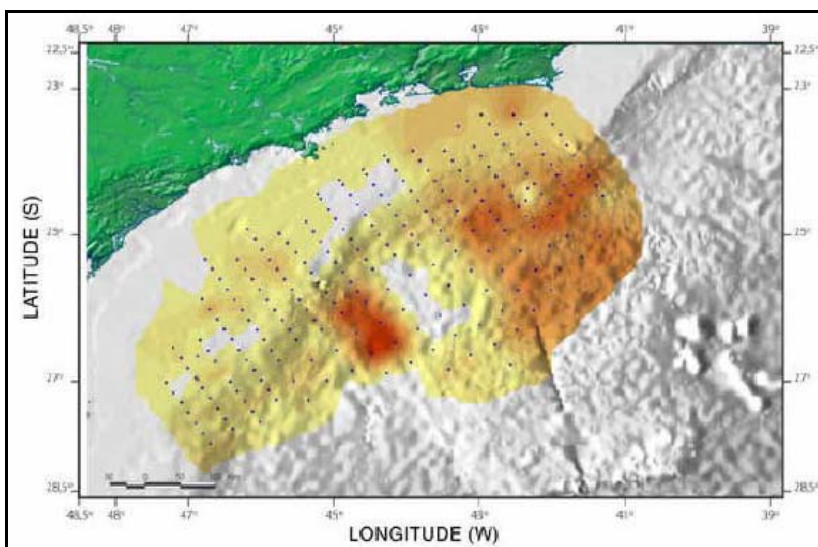
Figura II.5.1.4-24 - Variação Espacial do Zinco na Bacia de Santos



Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

Figura II.5.1.4-25 - Variação Espacial do Chumbo na Bacia de Santos

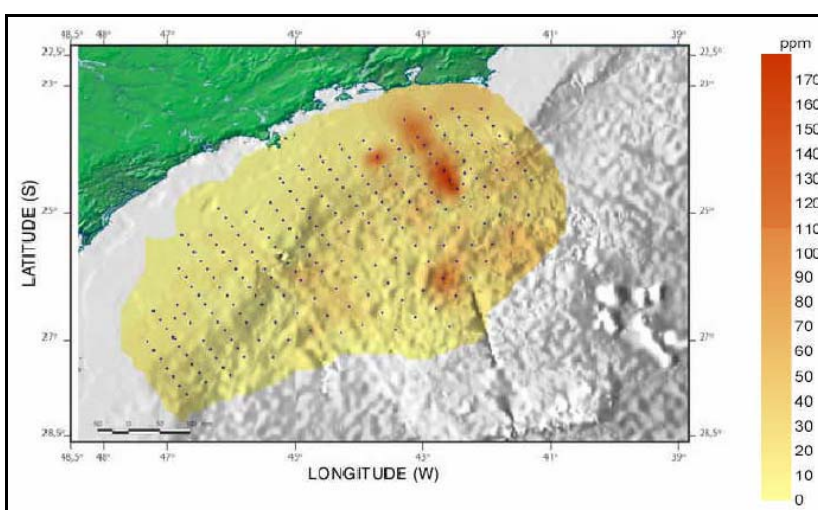
Quanto ao cobre, o teor médio encontrado no estudo do MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) na Bacia de Santos foi de 5,7 mg.kg⁻¹.



Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

Figura II.5.1.4-26 - Variação Espacial do Cobre na Bacia de Santos

O estudo produzido por MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) apresenta um valor médio para o Vanádio de suas amostras em torno de $26,01 \text{ mg.kg}^{-1}$. Os valores encontrados possuem variações ao longo da Bacia de Santos, onde as concentrações registradas para a região centro sul, da bacia de Santos os mais baixos. O Vanádio em águas do mar é um forte indicador de impactos ambientais decorrentes de descartes de óleo, da mesma forma que o Níquel. (Figura II.5.1.4-27)



Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG 2002

Figura II.5.1.4-27 - Variação Espacial do Cobre na Bacia de Santos

Quanto ao Cádmio, o estudo realizado por MMA/Petrobras/AS/PEG (2002) apresenta concentrações abaixo do limite de detecção do método, que variou de 0,2 a 0,5 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

