

II.5.1.2. Oceanografia

O presente estudo aborda os aspectos oceanográficos mais relevantes da Bacia de Campos, mais precisamente, nas proximidades dos Blocos BM-C-39 e BM-C-40.

Para tanto, foram pesquisadas informações secundárias de bases regionais e globais, assim como dados coletados *in situ*, analisados através de procedimentos estatísticos, de forma a atender às exigências do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA).

Os parâmetros abordados no estudo são: temperatura, salinidade e densidade da água do mar, massas d'água, regime de correntes, clima de ondas (direção, período e altura significativa), e marés.

A. Caracterização Oceanográfica

A abordagem adotada na caracterização oceanográfica apresentada neste estudo parte de uma caracterização regional da Bacia de Campos e, sempre que possível, apresenta as características particulares das proximidades do BM-C-39 e do BM-C-40.

Para tanto, foram utilizados dados de diversas fontes, citadas a seguir:

- Dados de temperatura e salinidade disponíveis no National Oceanographic Data Center (NODC);
- Dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do produto OSTIA (Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis);
- Dados de onda oriundos de um hindcast de 10 anos realizado com o modelo WaveWatch III pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) dentro do plano de cooperação técnica INPE/PROOCEANO;
- Dados do modelo global de marés FES-2004 contendo a fase e a amplitude das principais constituintes de maré;
- Dados de correntes Análise Global do projeto MyOcean;
- Dados de correntes do Projeto DEPROAS (Dinâmica do Ecossistema de Plataforma da Região Oeste do Atlântico Sul);
- Dados de correntes do Projeto mondoOGX;
- Além de referências bibliográficas sobre a oceanografia local.

Na Tabela II.5.1.2.1, observa-se um resumo com as fontes de dados utilizadas no estudo, e as suas respectivas localizações.

Normalmente, nesta região da costa brasileira são encontradas as seguintes massas d'água: AC – Água Costeira, AT – Água Tropical, AM – Água de Mistura (água proveniente da mistura entre a AT e AC), ACAS – Água Central do Atlântico Sul, AIA – Água Intermediária Antártica, APAN – Água Profunda do Atlântico Norte (MIRANDA, 1991).

Silva *et al* (1982) desenvolveram um gabarito tentativo para as massas d'água da costa sudeste brasileira, com a seguinte classificação:

- Água Costeira (AC) – água de salinidade abaixo de 33 devido à influência de descarga fluvial.
- Água Tropical (AT) – definida por valores de salinidade maiores que 36 e de temperatura maiores que 18°C. Esta massa d'água é transportada para o sul pela Corrente do Brasil, ocupando a camada mais superficial.
- Água de Mistura (AM) – apresenta salinidade variando entre 33 e 36 e valores de temperatura acima de 18°C. Massa d'água proveniente da mistura entre AT e AC.
- Água Central do Atlântico Sul (ACAS) – apresenta um mínimo de temperatura de 6°C e um máximo de 18°C; e a salinidade oscilando entre 34,5 e 36. Massa d'água situada entre a Água Tropical e a Água Intermediária Antártica. É formada na Convergência Subtropical.
- Água Intermediária Antártica (AIA) – apresenta valores de temperatura entre 2,75°C e 5°C e de salinidade entre 34,1 e 34,5. É proveniente da Convergência Antártica e apresenta um mínimo de salinidade entre 700 e 1100 m de profundidade.
- Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) – apresenta valores de temperatura entre 2,0°C e 4°C e de salinidade entre 34,7 e 35,0. É formada no Hemisfério Norte na junção das Correntes da Groelândia e Labrador.

Estudos mais recentes incluem mais uma massa d'água ao Sistema Corrente do Brasil. Segundo Silveira (2007), entre a AIA e a APAN, encontra-se a Água Circumpolar Superior (ACS), que apresenta densidade semelhante à da APAN, sendo resultado da mistura entre a Água Circumpolar (AC) e a APAN na região da divergência antártica. Relativamente à APAN, a ACS é menos salina, tem menor teor de oxigênio dissolvido, e é mais rica em nutrientes. O autor indica que em região da Bacia de Campos, os limites termohalinos da ACS são marcados por temperaturas entre 3,31 e 3,46°C, e salinidade entre 34,42 e 34,59.

A circulação oceânica é influenciada por diversos aspectos, como a circulação atmosférica, características termohalinas, topografia de fundo e orientação da linha de costa. Esses fatores interagem para formar a dinâmica oceânica da região (FRAGOSO, 2004).

A região onde estão localizados os Blocos BM-C-39 e BM-C-40 sofre a influência da Corrente do Brasil, entre a superfície e 500 m, aproximadamente, uma corrente quente e salina que flui ao longo da costa brasileira (PETERSON; STRAMMA, 1991).

De acordo com os dados e informações disponíveis, a Corrente do Brasil flui no bordo oeste do giro subtropical do Atlântico Sul, podendo ser encontrada sobre a plataforma continental ou próxima ao talude continental (FUNDESPA/IOUSP/ PETROBRAS, 1994).

Na Figura II.5.1.2.2 é apresentada uma representação esquemática do Sistema Corrente do Brasil. Observa-se as correntes de contorno, sua atividade de mesoescala e as massas d' água transportadas por elas. Em vermelho está a Água Tropical (AT), ocupando a camada mais superficial, indo até 150 m. Logo abaixo encontra-se a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), em azul, ocupando a lâmina d' água até aproximadamente 500 m. Em seguida encontra-se a Água Intermediária Antártica (AIA), em verde, até aproximadamente 1.200 m. A Água Profunda do Atlântico Norte (APAN), em amarelo, é a massa d' água mais profunda, encontrada a 3.500 m de profundidade.

Também podem ser observados os vórtices ciclônicos e anticiclônicos que fazem parte dos Sistema: o Vórtice de Cabo Frio (VCF), o Vórtice Cabo de São Tomé (VCST) e o Vórtice Vitória (VV), respectivamente localizados ao largo de Cabo Frio - RJ, Cabo de São Tomé – RJ e Vitória – ES.

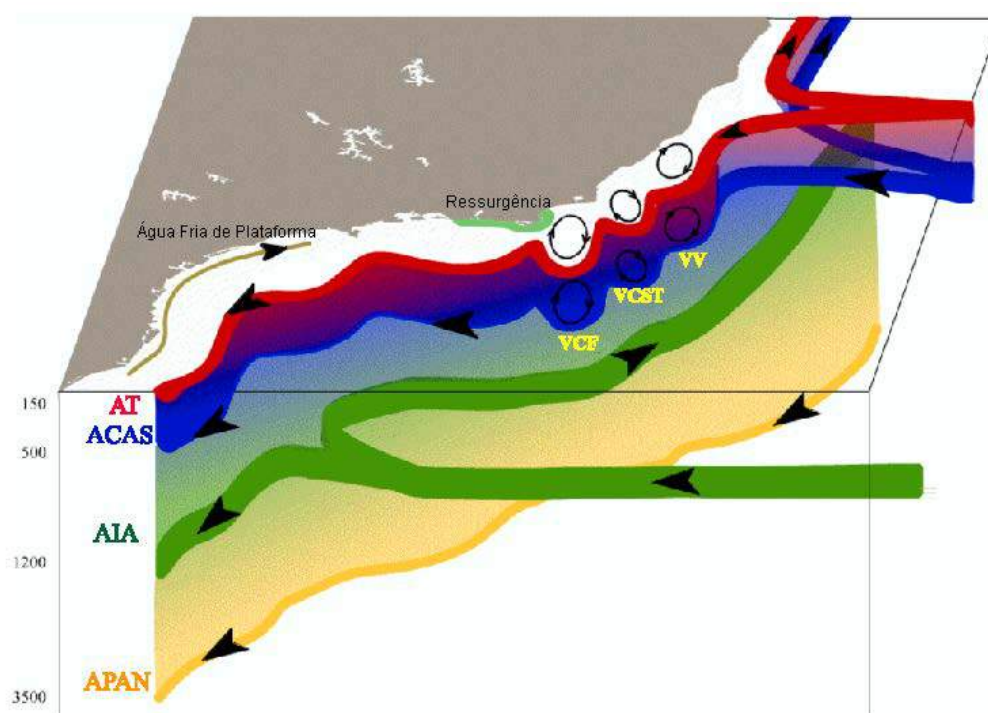


FIGURA II.5.1.2.2 – Representação esquemática do Sistema Corrente do Brasil.

Fonte: Adaptado de Godoi (2005).

Os fenômenos transientes da Corrente do Brasil (vórtices e meandros) são fatores bastante relevantes de sua dinâmica, sendo primeiro observados no final da década de 1950 (DHN, 1969, *apud* FRAGOSO, 2004). Apesar da Corrente do Brasil apresentar transporte inferior ao de outras correntes de contorno oeste, possui muitos vórtices e meandros (CALADO, 2000). Essas feições oceanográficas representam um desafio à previsão oceânica, uma vez que sua variabilidade espaço-temporal irá acrescentar um alto grau de variabilidade na circulação local, o que contribui para uma menor precisão das previsões de curto e médio período.

Segundo Silveira *et al.* (2000), uma das primeiras descrições de meandros e vórtices da CB foi realizada por Mascarenhas *et al.* (1971), que descreveram a presença de vórtices e meandros ciclônicos e anticiclônicos ao largo de Cabo Frio utilizando mapas de topografia dinâmica. Eles especulam que as feições topográficas da

região favoreceriam a geração destes vórtices e meandros. Signorini (1978) *apud* Silveira *et al.* (2000) observou um vórtice com cerca de 100 km de raio em região de águas profundas (>1.000 m) com extensão vertical de 500 m ao norte de Cabo Frio, realizando análise dinâmica em dados hidrográficos. Campos (1995 *apud* Silveira *et al.*, 2000) atribui a ocorrência destes fenômenos transientes à mudança de orientação da costa a partir de Cabo Frio e ao gradiente de batimetria, já que a plataforma ao norte de Cabo Frio é estreita e se torna mais larga e suave na Bacia de Santos. Assim, a CB que flui ao longo da quebra da plataforma, por inércia, dirigir-se-ia em direção às águas mais profundas na latitude de Cabo Frio. Utilizando o princípio de conservação de vorticidade potencial, o autor mostra que a CB iria meandrar ciclonicamente. Evidências de meandros e vórtices ciclônicos e anticiclônicos foram também detectados em imagens de satélite, sugerindo que o início da atividade ciclogênica pode ocorrer ao largo do Cabo de São Tomé (22°S). Um exemplo de meandramentos e vórtices obtidos a partir de imagens de satélite é observado na Figura II.5.1.2.3.

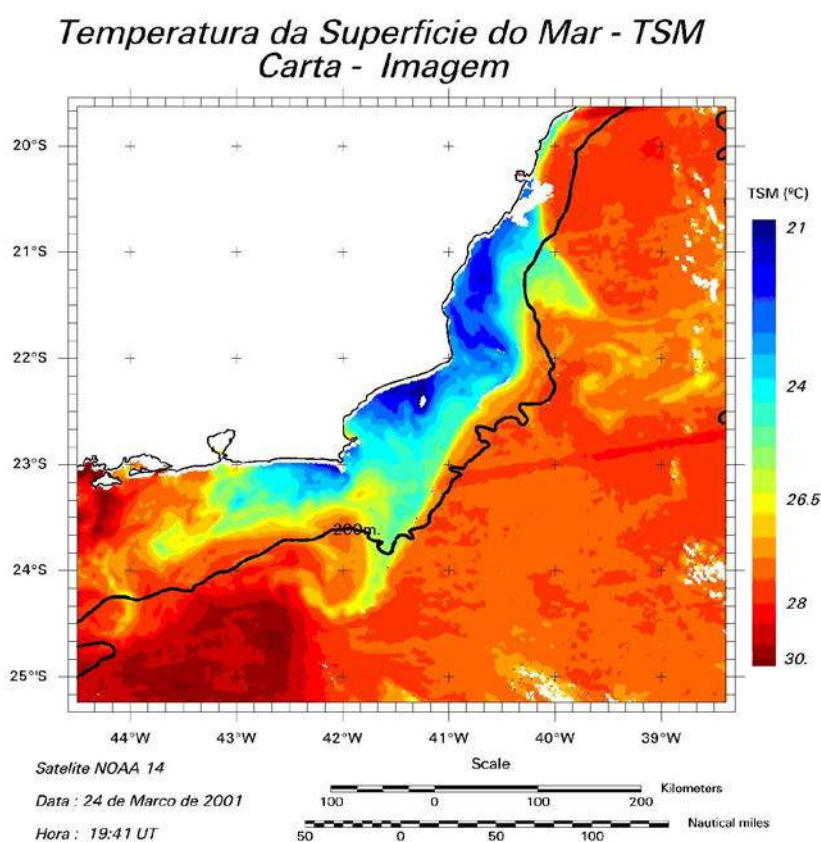


FIGURA II.5.1.2.3 – Carta-imagem da temperatura da superfície do mar processada pelo INPE do dia 24 de março de 2001 mostrando feições vorticais próximas ao Cabo de São Tomé e Cabo Frio.

Fonte: Fragoso, 2004.

Fragoso (2004) realizou uma análise mais detalhada dessas feições a partir de resultados obtidos por modelagem numérica. Nesses resultados (Figura II.5.1.2.4 a Figura II.5.1.2.7) foram encontrados vários vórtices com meia vida da ordem de alguns dias na Bacia de Campos ao longo de um ano. Alguns apresentaram deslocamentos de até dezenas de quilômetros. Um exemplo do comportamento dessas feições é apresentado a seguir.

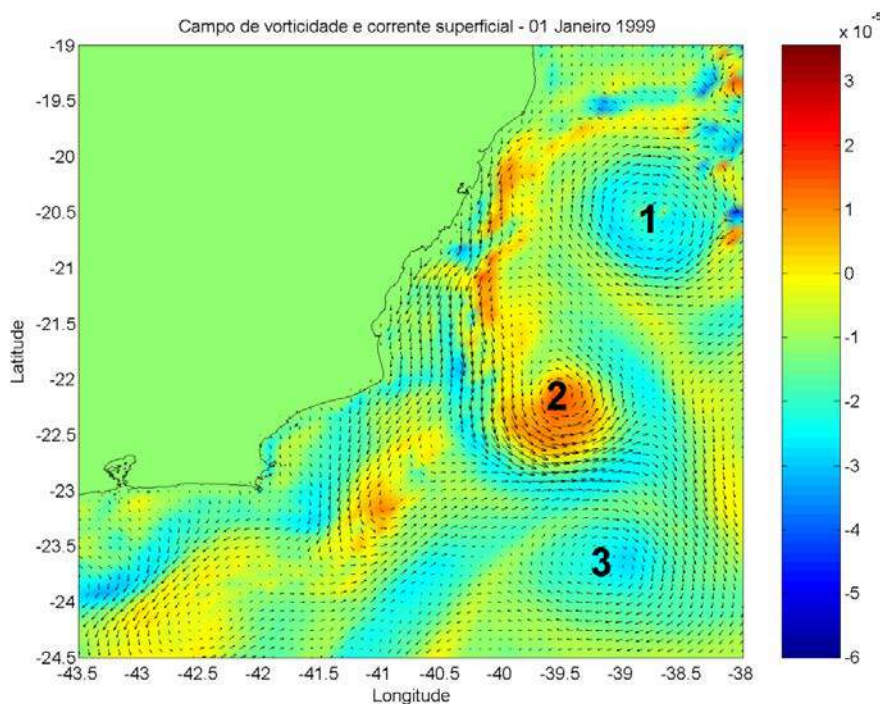


FIGURA II.5.1.2.4 – Campo de vorticidade relativa (s-1) e velocidade em superfície para 1º de janeiro de 1999 resultante do modelo numérico de Frago, 2004.

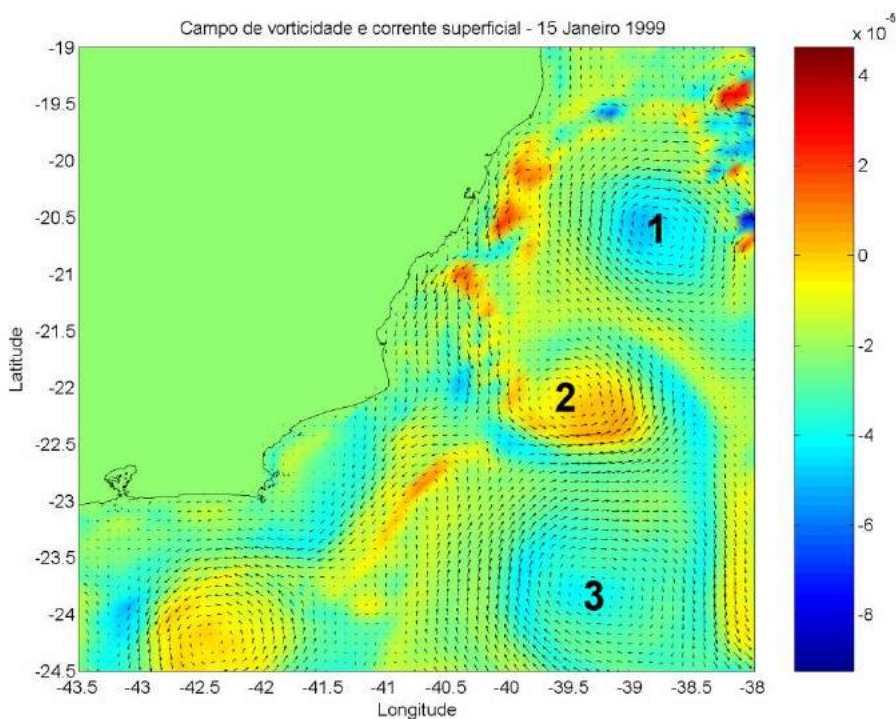


FIGURA II.5.1.2.5 – Campo de vorticidade relativa (s-1) e velocidade em superfície para 15 de janeiro de 1999 resultante do modelo numérico de Frago, 2004.

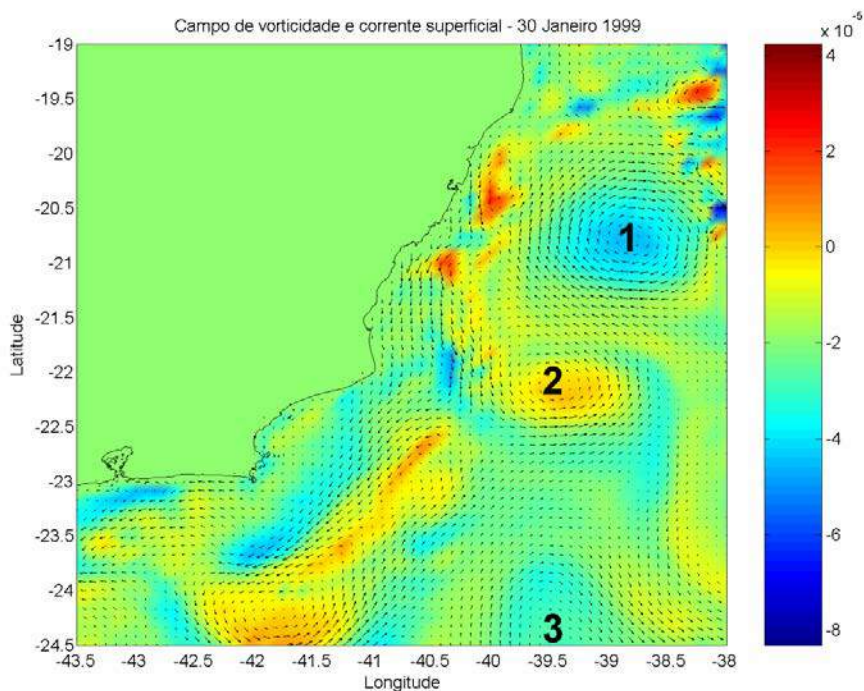


FIGURA II.5.1.2.6 – Campo de vorticidade relativa (s-1) e velocidade em superfície para 30 de janeiro de 1999 resultante do modelo numérico de Fragoso, 2004.

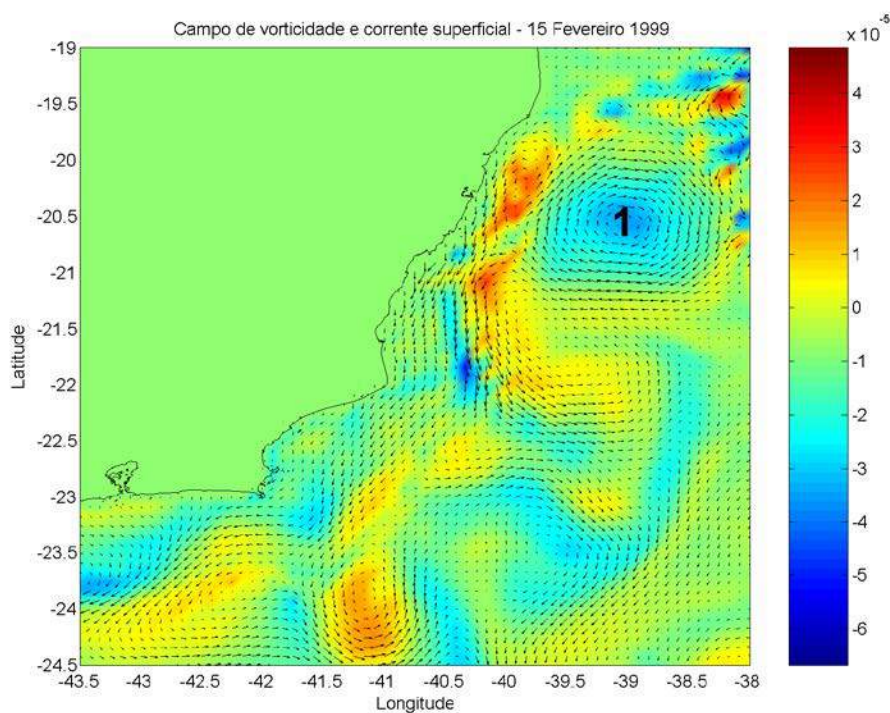


FIGURA II.5.1.2.7 – Campo de vorticidade relativa (s-1) e velocidade em superfície para 15 de fevereiro de 1999 resultante do modelo numérico de Fragoso, 2004.

A sequência de 1º de janeiro a 15 de fevereiro mostra a evolução de três vórtices marcados nas figuras como 1, 2 e 3. O vórtice 1 não apresenta variação significativa de posição, estando presente ao longo de todo o período. Esse é um vórtice de duração longa, o Vórtice de Vitória. O vórtice anticiclônico identificado com o número 2, não apresenta deslocamento significativo, mas sua intensidade gradualmente diminui, até não ser mais observado no dia 15 de fevereiro. O vórtice 3, ciclônico, ao mesmo tempo que se desloca para sul, aumenta de tamanho, mas vai se enfraquecendo, até se dissipar ainda no dia 30 de janeiro. Portanto, tem-se um vórtice de longa duração ciclônico, um anticiclônico que durou cerca de 45 dias e um ciclônico que se dissipou em 30 dias. Tal quadro representa bem a quantidade de vórtices e a diversidade de suas dinâmicas na região da Bacia de Campos e arredores.

A seguir serão apresentadas algumas estimativas de valores de transporte e de velocidade da Corrente do Brasil de acordo com a literatura.

Evans *et al.* (1983) observaram a Corrente do Brasil fluindo através dos bancos mais próximos à costa, a partir de uma pesquisa batitermográfica (XBT) e um estudo hidrográfico realizado entre as latitudes de 19° S e 25° S. O estudo desses autores permitiu localizar a corrente tanto ao norte quanto ao sul da cadeia Vitória-Trindade (20,30°S). Transportes geostróficos foram estimados para uma seção hidrográfica assumindo-se níveis de 500 e 1.000 m e valores de aproximadamente 3,8 Sv e 6,8 Sv ($1\text{ Sv} = 106\text{ m}^{3\text{s}^{-1}}$) foram registrados para o transporte através do canal nos bancos, em 20° 28' S, relativos a 500 m e 1.000m, respectivamente. A velocidade superficial observada foi igual a 0,52 m/s.

Utilizando-se relações T-S, também foram calculados transportes para seções de XBT, resultando em uma estimativa de 4,4 Sv para a latitude de 21° 40' S. A velocidade da corrente registrada nesta latitude foi de 0,61 m/s.

Lima (1997) calculou o transporte para sul da Corrente do Brasil como sendo de $5,5 \pm 2,6$ Sv na latitude de 22° S, estando de acordo com as estimativas do transporte geostrófico feitas anteriormente para a região.

Para obter informações sobre a variação espacial da estrutura térmica e localizar a Corrente do Brasil, ao norte e ao sul dos bancos submarinos da Cadeia Vitória-Trindade (20°30' S), Signorini *et al.* (1978) realizou-se, em abril de 1973 um levantamento oceanográfico na região.

A estrutura da corrente e o transporte de volume, relativos a 500 m de profundidade, foram obtidos usando-se dados hidrográficos e também medidas com XBT.

O balanço do transporte de volume, através de todas as seções entre 19° S e 22° S, indicou que a Corrente do Brasil flui através da passagem entre os bancos localizados mais próximos da costa. O transporte de volume resultante obtido foi de 2,9 Sv.

Um resumo dos resultados obtidos a partir do levantamento bibliográfico pode ser observado na Tabela II.5.1.2.2.

TABELA II.5.1.2.2 – Valores de velocidade e transporte da corrente do Brasil na região da Bacia de Campos obtidos da bibliografia.

Latitude	Prof. De Referência (m)	Transporte (Sv)	Velocidade Máxima (m/s)	Referência
21° S	600	-9,4	-	Schimid <i>et al.</i> (1995)
21° S	Numérico	-6,7	-0,83	Silveira <i>et al.</i> (2005)
21° S	Numérico	-7,9	-0,6	Silveira <i>et al.</i> (2005)
21° 40' S	500	-4,4	-0,61	Evans <i>et al.</i> (1983)
22° S	600	-5,2	-0,55	Signorini (1978)
22° S	Por fundeio	-5,5 ± 2,6	-	Lima (1997)
22° S	Numérico	-7,1	< -0,55	Lima (1997)
23° S	600	-6	-0,7	Signorini (1978)
23° S	550	0,81	-0,49	Miranda & Castro Filho (1979)
23° S	Pegasus	-11	-0,5	Evans & Signorini (1985)
23° S	Pegasus	-6	-0,7	Garfield (1990)
23° S	600/1300	-0,93	-	Stramma (1989)
23° S	Por fundeio	-1,3	-0,28	Müller <i>et al.</i> (1998)
23° 30' S	600	-9,4	-0,55	Signorini (1978)
24° S	1300	-7,5	-0,25	Fisher (1964)
24° S	600	-7,5	-0,57	Signorini (1978)
24° S	500/1000	0,53	-0,31	Evans <i>et al.</i> (1983)
24° S	600/1300	0,93	-	Stramma (1989)
24° S	750/900	0,83	-	Campos <i>et al.</i> (1995)

Fonte: Silveira (2007).

Outro fenômeno oceanográfico de grande importância na região é a ressurgência. O termo ressurgência é utilizado para designar o movimento ascendente de águas das camadas inferiores, capaz de carrear nutrientes para a zona eufótica e assim propiciar uma aceleração da cadeia trófica marinha. Sua dinâmica é capaz de gerar mudanças drásticas nas regiões onde ocorrem, alterando a biota marinha e o clima local (TORRES JR., 1995). As águas ressurgidas, provenientes de profundidades de poucas centenas de metros, são geralmente mais frias e, desta forma, as regiões de ocorrência de ressurgência apresentam temperaturas de superfície do mar anômalas em relação à média para suas respectivas latitudes (ODA, 1997).

Na região da Bacia de Campos, a ressurgência se faz presente na costa do Rio de Janeiro, principalmente na região do Cabo Frio. Torres Jr. (1995) conduziu uma revisão dos trabalhos realizados a respeito da ressurgência de Cabo Frio que, desde o trabalho pioneiro de Alard (1955) *apud* Torres Jr. (1995), vem sendo estudada, tornando-se o fenômeno oceanográfico mais investigado no Brasil. Segundo este autor, o mecanismo gerador da ressurgência de Cabo Frio está associado ao clássico mecanismo de Ekman, que cria divergência horizontal na superfície do oceano, devido aos efeitos combinados da rotação da Terra e da fricção do vento. Essa divergência induz o movimento vertical ascendente das águas subsuperficiais por conservação de massa.

A região de Cabo Frio apresenta algumas características geomorfológicas, meteorológicas e oceanográficas que permitem a ocorrência da ressurgência. A região fica sobre o domínio do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), com predominância de ventos de Nordeste. A partir de Cabo Frio ocorre a inflexão

da orientação da linha de costa de Norte-Sul para Leste-Oeste. A conjunção desses dois fatores é favorável à ocorrência da ressurgência, uma vez que o transporte de Ekman se dá à esquerda da direção do vento e, assim, a água costeira é transportada em direção ao talude (ODA, 1997).

No caso de Cabo Frio, a água ressurgida é a ACAS e a presença dessa massa d'água em camadas mais próximas à superfície na região ao largo de Cabo Frio é outro fator importante para que o mecanismo de ressurgência possa ocorrer na região (TORRES JR., 1995). A característica termohalina das águas ressurgidas nessa região é de temperaturas entre 12 e 18° C e salinidade variando entre 34,5 e 36.

A ressurgência afeta, também, as interações oceano/atmosfera na região, como o efeito na circulação de brisa marítima/terrestre que, por sua vez, também intensifica a ressurgência, resultando então num processo de retroalimentação entre as circulações oceânica e atmosférica na região (RODRIGUES, 1997; ODA, 1997).

Em relação ao regime de ondas, na costa da região sudeste brasileira, especialmente na Bacia de Campos, as condições meteorológicas têm sido divididas, basicamente, em duas situações (VIOLANTE-CARVALHO, 1998; PINHO, 2003):

- bom tempo, quando prevalece a influência do anticiclone semipermanente do Atlântico Sul (ASAS), com vento dominante de Nordeste/Leste (NE/E) e, a priori, condições de mar mais amenas.
- mau tempo, quando da passagem de sistema frontais, com ventos dos quadrantes Sudoeste/Sudeste (SW/SE) e maior agitação.

Deve-se levar em consideração, no entanto, que ventos do quadrante NE/E podem gerar ondas com altura significativa de mais de 2 m, conforme demonstrado por Candella (1997, 2008), constituindo situações de agitação que podem interferir em trabalhos no mar.

Nos itens a seguir são apresentadas, conforme solicitado pelo Termo de Referência nº 008.11, as análises dos parâmetros oceanográficos de maior interesse para essa caracterização, a saber:

- Temperatura, Salinidade e Densidade;
- Densidade e Caracterização das Massas d'água;
- Regime de Correntes;
- Regime de Ondas;
- Regime de Marés;

A.2. Temperatura, salinidade e densidade

O estudo da temperatura e salinidade nos oceanos é de extrema importância para o conhecimento das estruturas verticais de massas d'água, bem como para o entendimento do papel dos oceanos como reservatório de sal, gases e calor (FERRERO; WAINER, 2008).

Para avaliar a variação vertical de temperatura e salinidade, na região próxima aos Blocos BM-C-39 e BM-C-40, foram utilizados os dados da climatologia sazonal WOA09 (*World Ocean Atlas 09*) do NODC.

Os campos que compõem a base de dados da climatologia WOA09 consistem da análise objetiva dos dados históricos armazenados no NODC, coletados por diversas campanhas e equipamentos, em navios de pesquisa e de oportunidade. Esta análise objetiva utiliza dados irregularmente espaçados, gerando uma grade global com resolução espacial de $1/4^\circ$. Estes campos são tridimensionais e os dados são interpolados em 33 profundidades padrão desde a superfície até 5.500 m de profundidade. Temporalmente, esta climatologia consiste na média realizada para o período compreendido entre os anos de 1773 e 2009. Os dados da climatologia WOA09 podem ser obtidos através da sua página na internet (http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA09/pr_woa09.html). Maiores informações sobre as bases climatológicas de temperatura e salinidade pode ser obtidas em Locarnini *et al.* (2009) e Antonov *et al.* (2009).

Os dados utilizados foram extraídos de ponto de grade localizado na região dos Blocos BM-C-39 e BM-C-40, localizados em $23,125^\circ\text{S}$ e $41,125^\circ\text{W}$, conforme apresentado na Figura II.5.1.2.8.

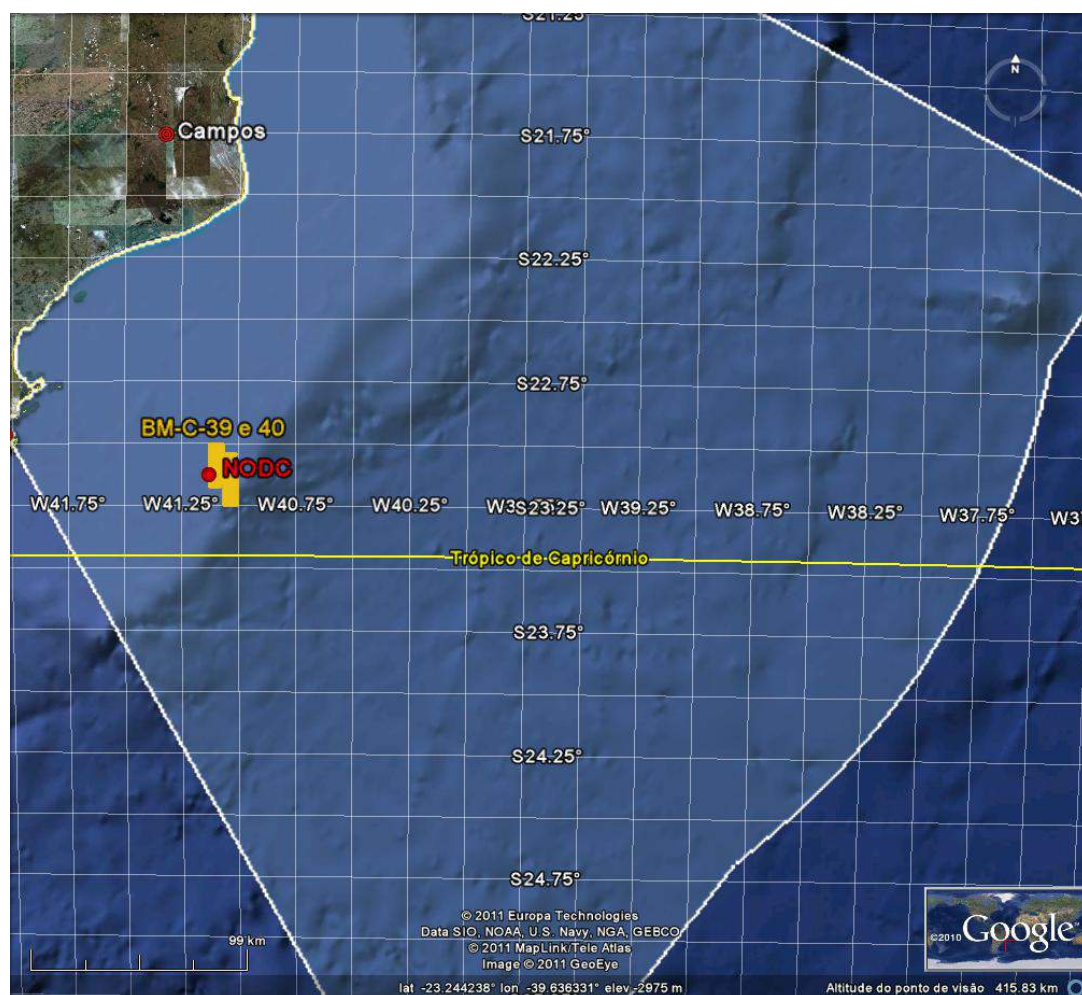


FIGURA II.5.1.2.8 – Localização do ponto de grade do WOA09 de onde foram retirados os dados de temperatura e salinidade.

Os perfis de temperatura e salinidade para as quatro estações do ano são apresentados na Figura II.5.1.2.9.

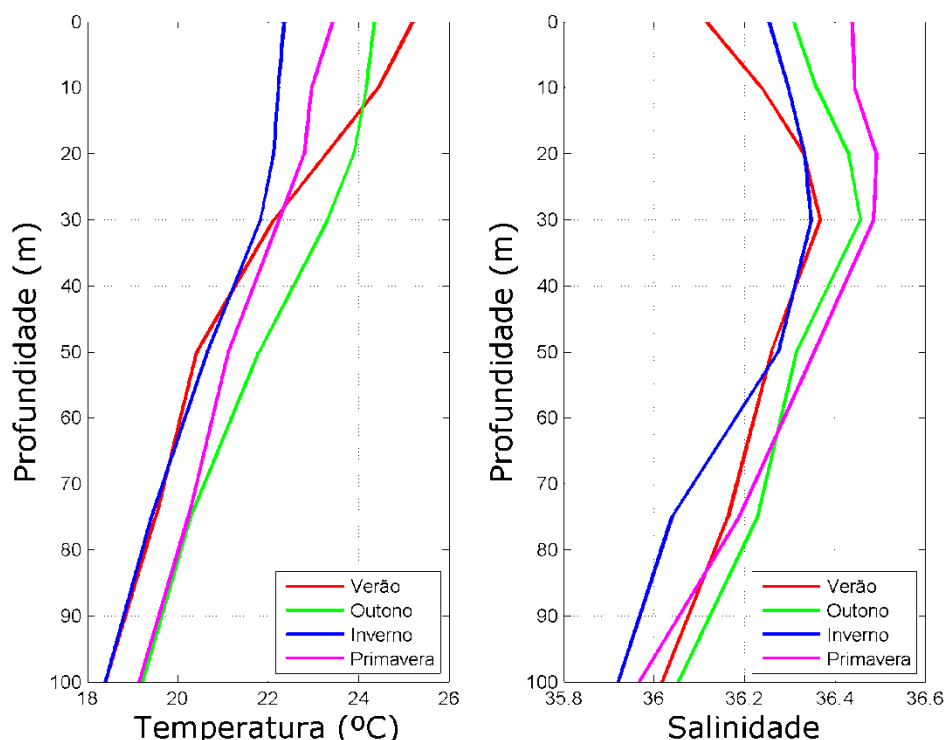


FIGURA II.5.1.2.9 – Perfis de temperatura e salinidade climatológicas para as quatro estações do ano na região dos Blocos BM-C-39 e BM-C-40.

Os dados demonstram a ocorrência de uma camada de mistura que se estende na região, desde a superfície até aproximadamente 50 m de profundidade. Abaixo da camada de mistura (região da termoclina) não há variações sazonais significativas (com exceção da salinidade para o período de inverno), sendo estas mais pronunciadas nos primeiros 50 m da coluna d'água. Isto se deve ao fato de que as águas de termoclina são formadas na região da confluência antártica durante o final do inverno, e têm suas características termohalinas conservadas ao longo do ano.

No período de verão, em superfície, ocorrem as maiores temperaturas (~ 25 °C), e no inverno, as menores (~ 22 °C). Quanto à salinidade superficial, os maiores valores ($\sim 36,4$) são observados na primavera, e os menores ($\sim 36,1$) no verão, possivelmente devido à maior pluviosidade neste período. O máximo de salinidade pode ser observado em 30 m de profundidade, atingindo valores de aproximadamente 36,5 durante a primavera.

Os perfis climatológicos de densidade potencial, elaborados com os dados de temperatura e salinidade apresentados anteriormente, nas quatro estações do ano podem ser vistos na Figura II.5.1.2.10. Nos primeiros 40 m de profundidade, como esperado, são encontradas águas mais densas no período de inverno, e menos densas no período de verão e outono, devido principalmente às menores temperaturas do inverno e maiores do verão. As menores densidades superficiais médias são verificadas no verão ($\sim 1.024,2$ kg/m³) e as maiores ($\sim 1.025,6$ kg/m³) no inverno.

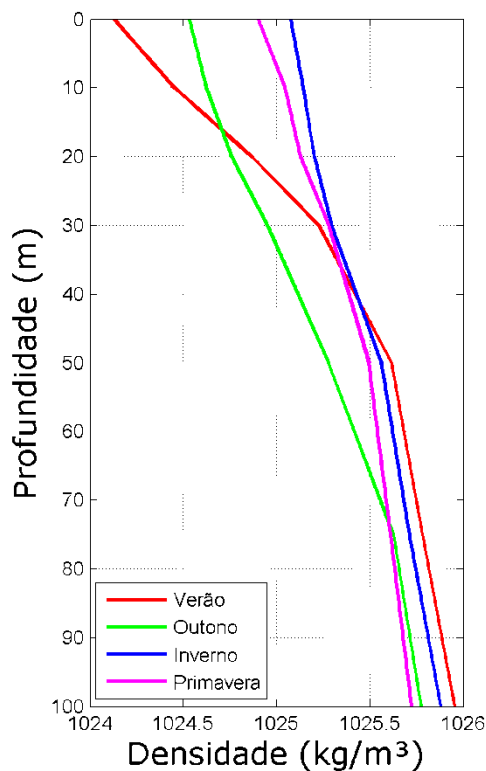


FIGURA II.5.1.2.10 – Perfis das densidades climatológicas para as quatro estações do ano na região dos Blocos BM-C-39 e BM-C-40.

A partir da climatologia sazonal do WOA09 também é possível obter uma boa estimativa da variabilidade espacial da temperatura e da salinidade climatológicas na região da Bacia de Campos.

A seguir, da Figura II.5.1.2.11 a Figura II.5.1.2.16, são apresentadas as temperaturas climatológicas nos níveis de 0, 50, 100, 200, 500 e 1.000 m, para toda a Bacia.

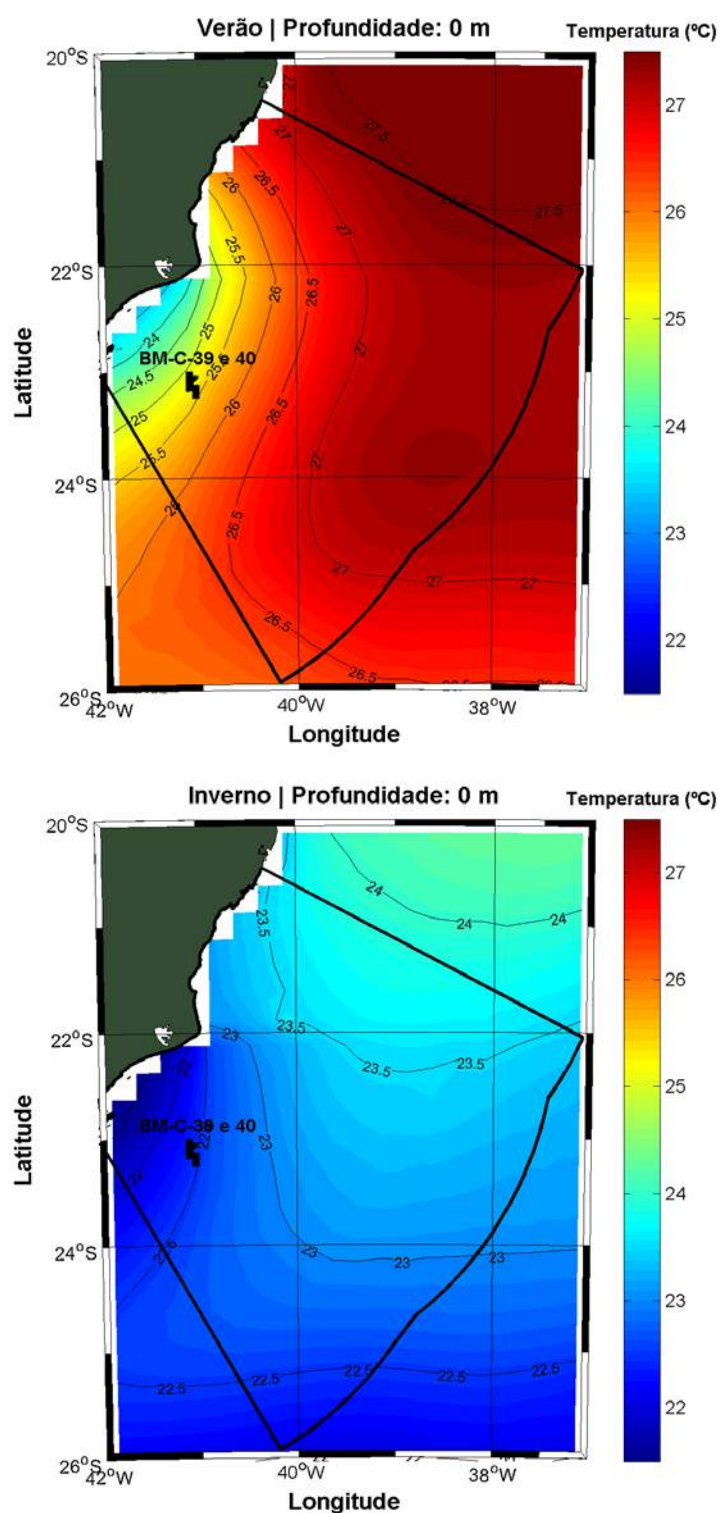


FIGURA II.5.1.2.11 – Temperatura climatológica superficial na região da Bacia de Campos para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

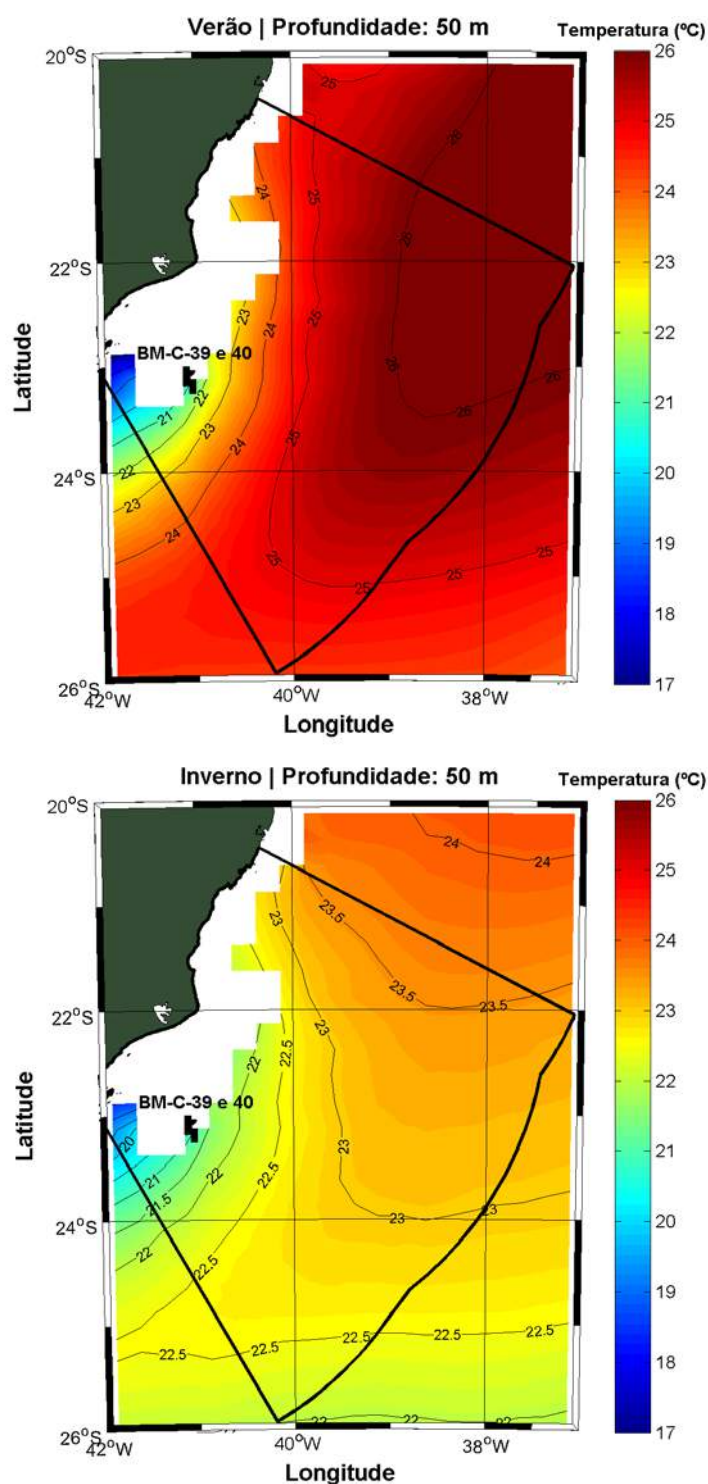


FIGURA II.5.1.2.12 – Temperatura climatológica a 50 m de profundidade na região da Bacia de Campos para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

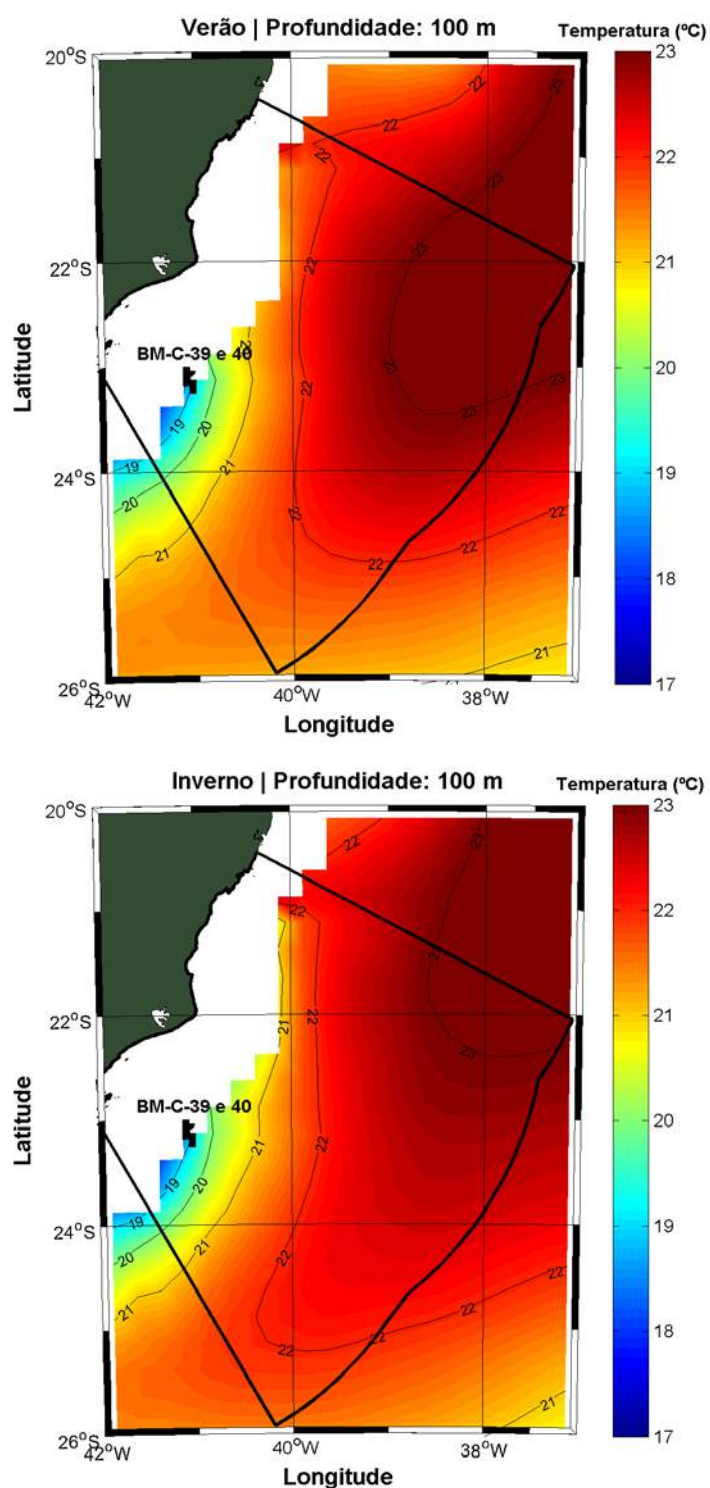


FIGURA II.5.1.2.13 – Temperatura climatológica a 100 m de profundidade na região da Bacia de Campos para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

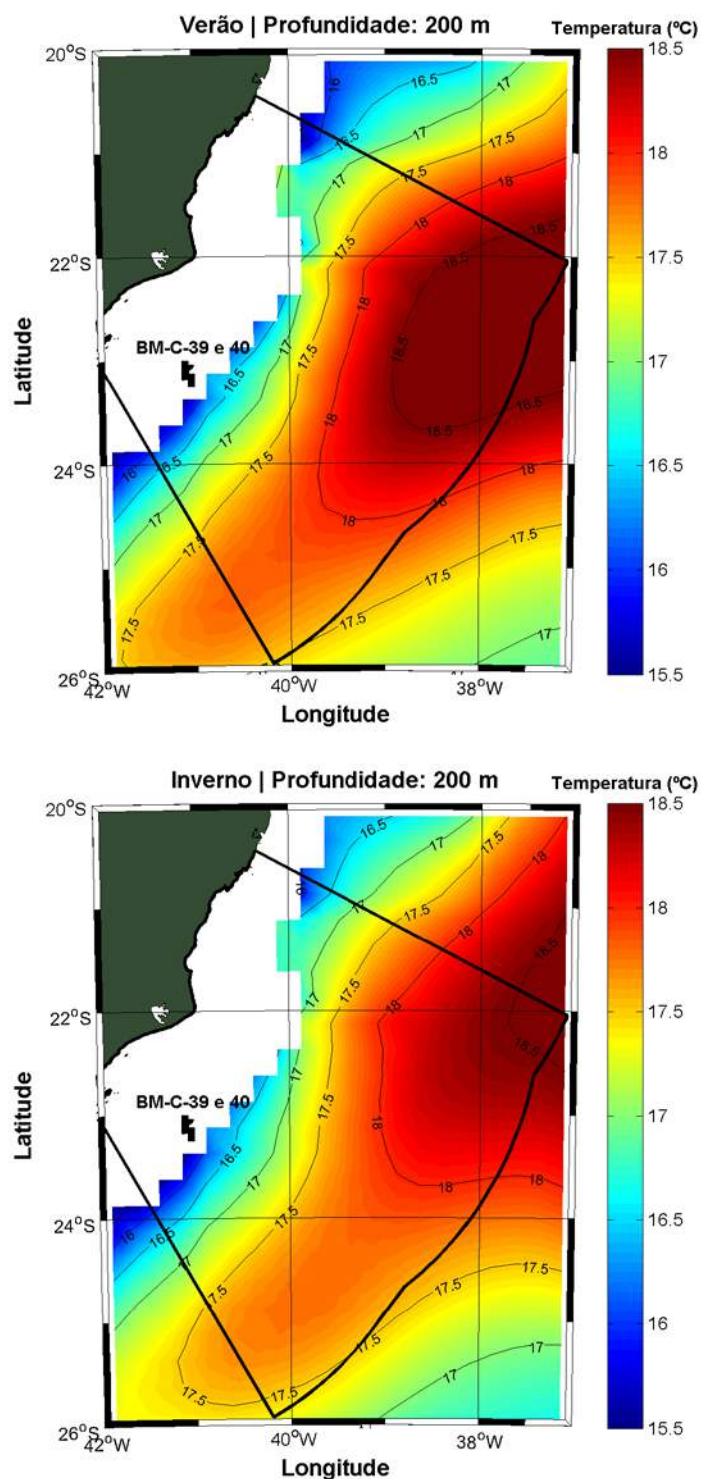


FIGURA II.5.1.2.14 – Temperatura climatológica a 200 m de profundidade na região da Bacia de Campos para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

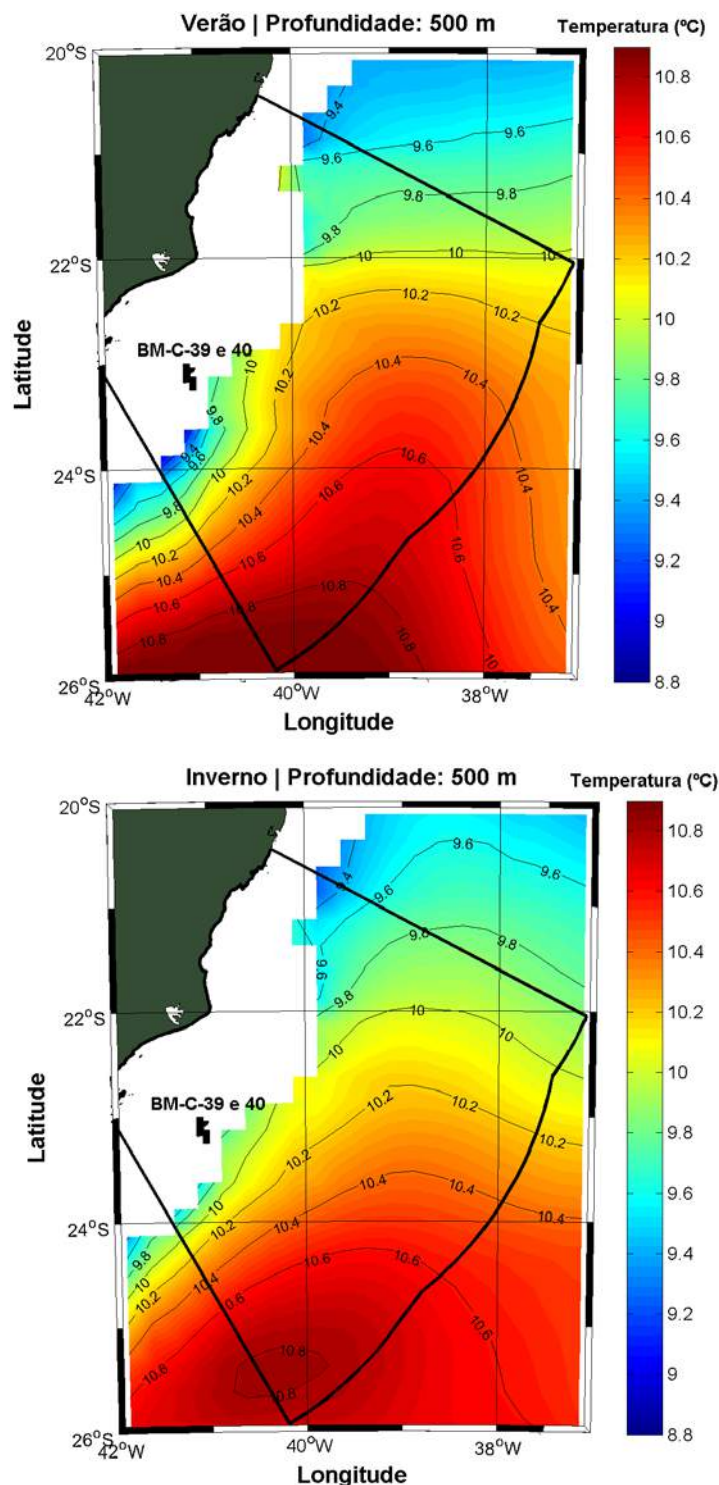


FIGURA II.5.1.2.15 – Temperatura climatológica a 500 m de profundidade na região da Bacia de Campos para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

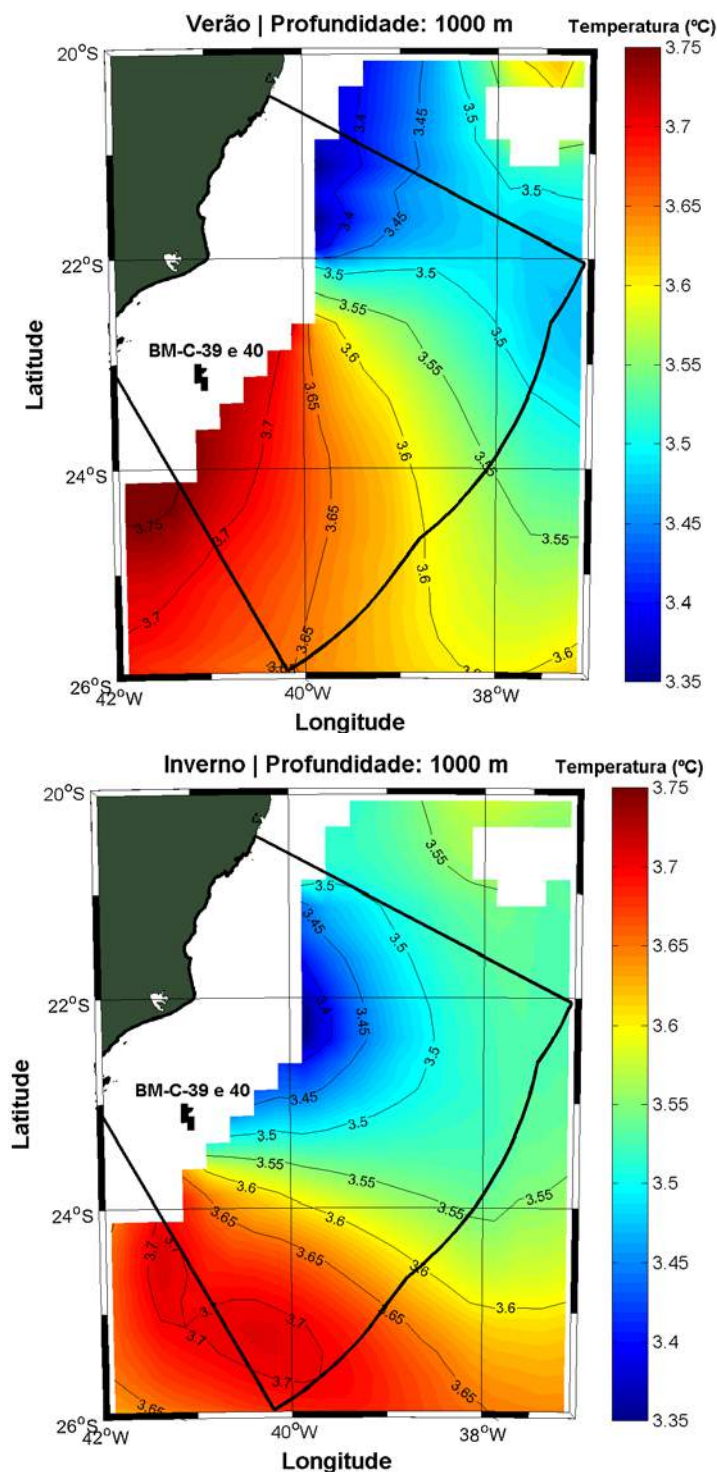


FIGURA II.5.1.2.16 – Temperatura climatológica a 1000 m de profundidade na região da Bacia de Campos para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

Como verificado anteriormente, variações sazonais mais expressivas são observadas apenas nos níveis com profundidades de até 50 m, onde são encontradas temperaturas mais elevadas em praticamente toda a Bacia de Campos durante o período de verão. Da superfície até 200 m de profundidade, pode ser verificada a presença de um núcleo de altas temperaturas na porção externa da Bacia de Campos.

Na Tabela II.5.1.2.3, observa-se a variação da temperatura climatológica, na Bacia de Campos, em todos os níveis analisados. A tabela nos permite observar novamente que a temperatura superficial média na região é aproximadamente 3,5 °C mais quente no período de verão. Nas profundidades maiores que 50 m não são observadas diferenças maiores que 0,11 °C na média de temperatura para toda região.

TABELA II.5.1.2.3 – Variação da temperatura climatológica nos níveis de 0, 50, 100, 200, 500 e 1.000 m de profundidade.

Profundidade	Verão				Inverno			
	Mínima (°C)	Média (°C)	Máxima (°C)	D. Padrão (°C)	Mínima (°C)	Média (°C)	Máxima (°C)	D. Padrão (°C)
Superfície	23,23	26,56	27,89	0,22	21,28	22,9	24,32	0,15
50 m	16,54	24,55	26,69	0,76	18,41	22,58	24,16	0,3
100 m	15,39	21,59	23,4	0,44	14,88	21,64	23,73	0,51
200 m	13,98	17,42	18,81	0,13	13,92	17,31	18,63	0,16
500 m	8,35	10,25	11,04	0,15	8,62	10,24	10,82	0,09
1000 m	3,34	3,61	3,79	0,03	3,34	3,6	3,71	0,03

Da Figura II.5.1.2.17 a Figura II.5.1.2.22 são apresentadas as salinidades climatológicas, nas mesmas profundidades para as quais foram analisadas as temperaturas climatológicas.

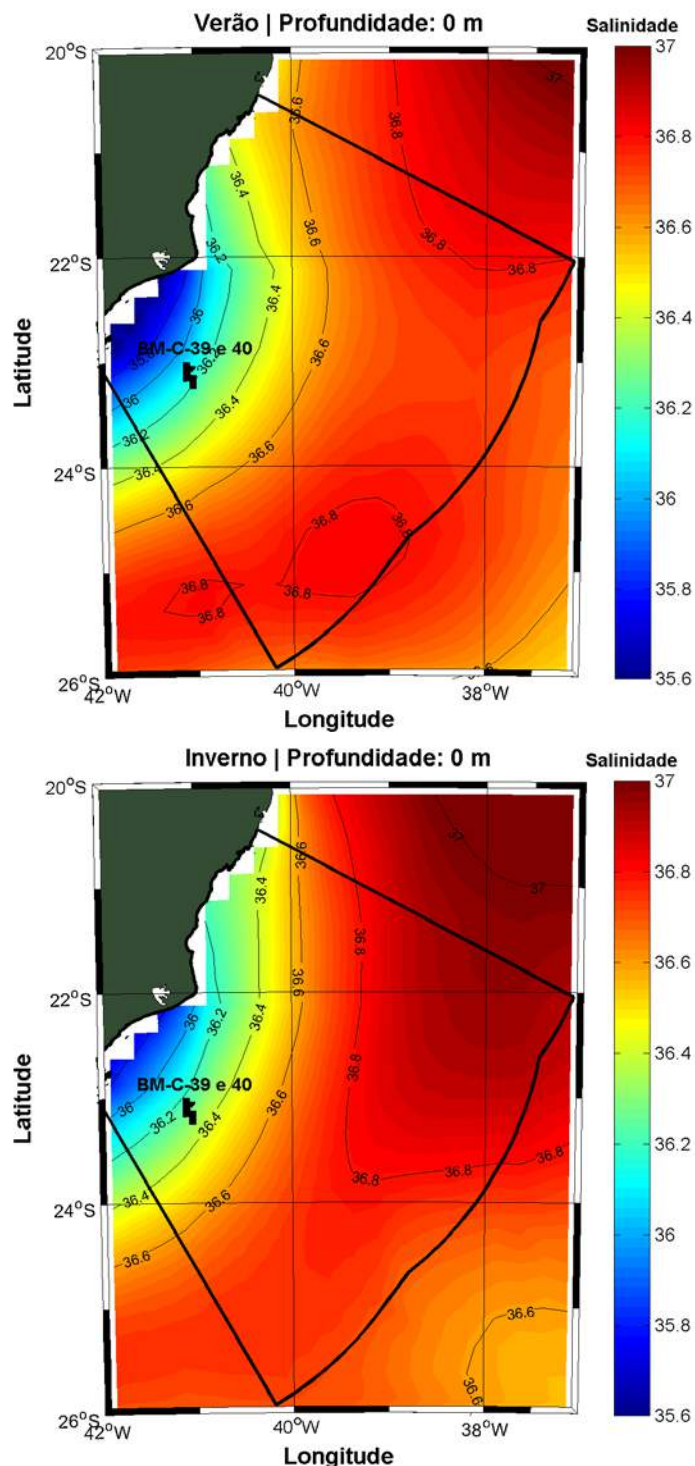


FIGURA II.5.1.2.17 – Salinidade climatológica superficial na região da Bacia de Campos para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

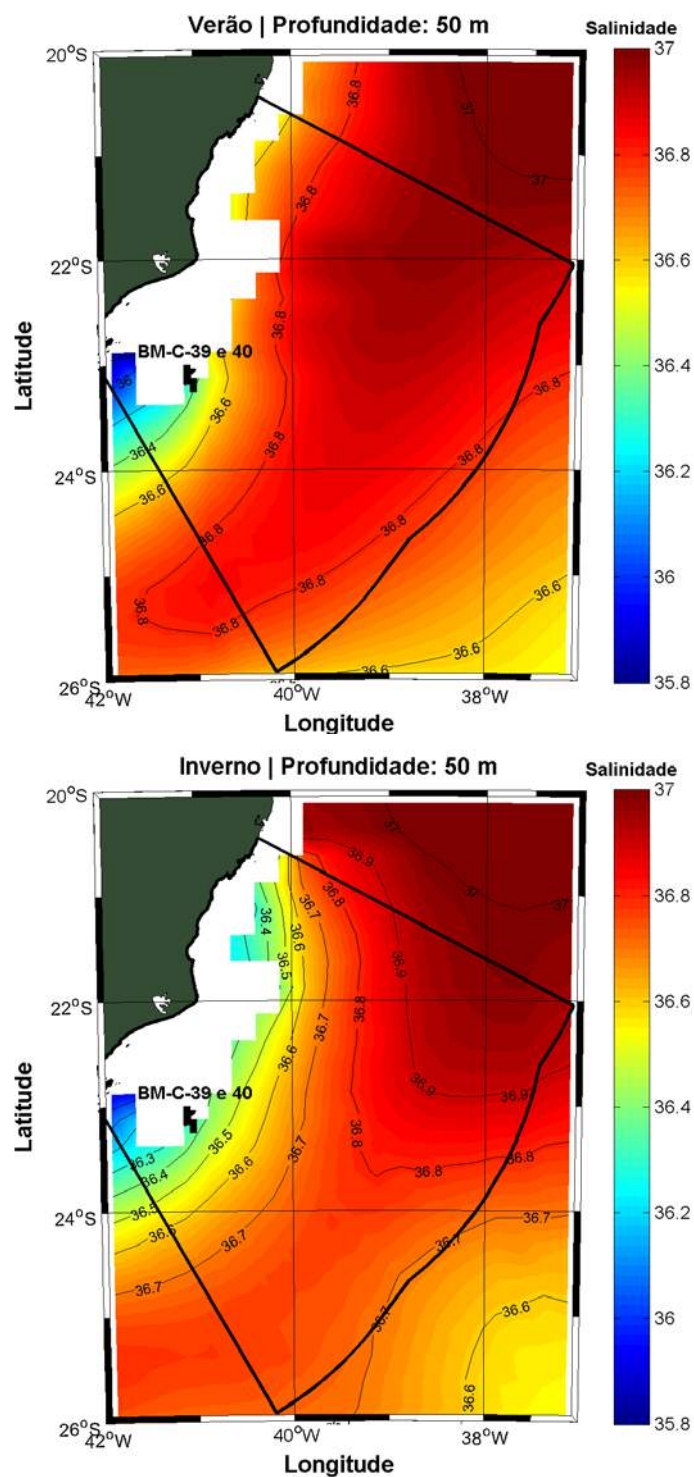


FIGURA II.5.1.2.18 – Salinidade climatológica a 50 m de profundidade na região da Bacia de Campos para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

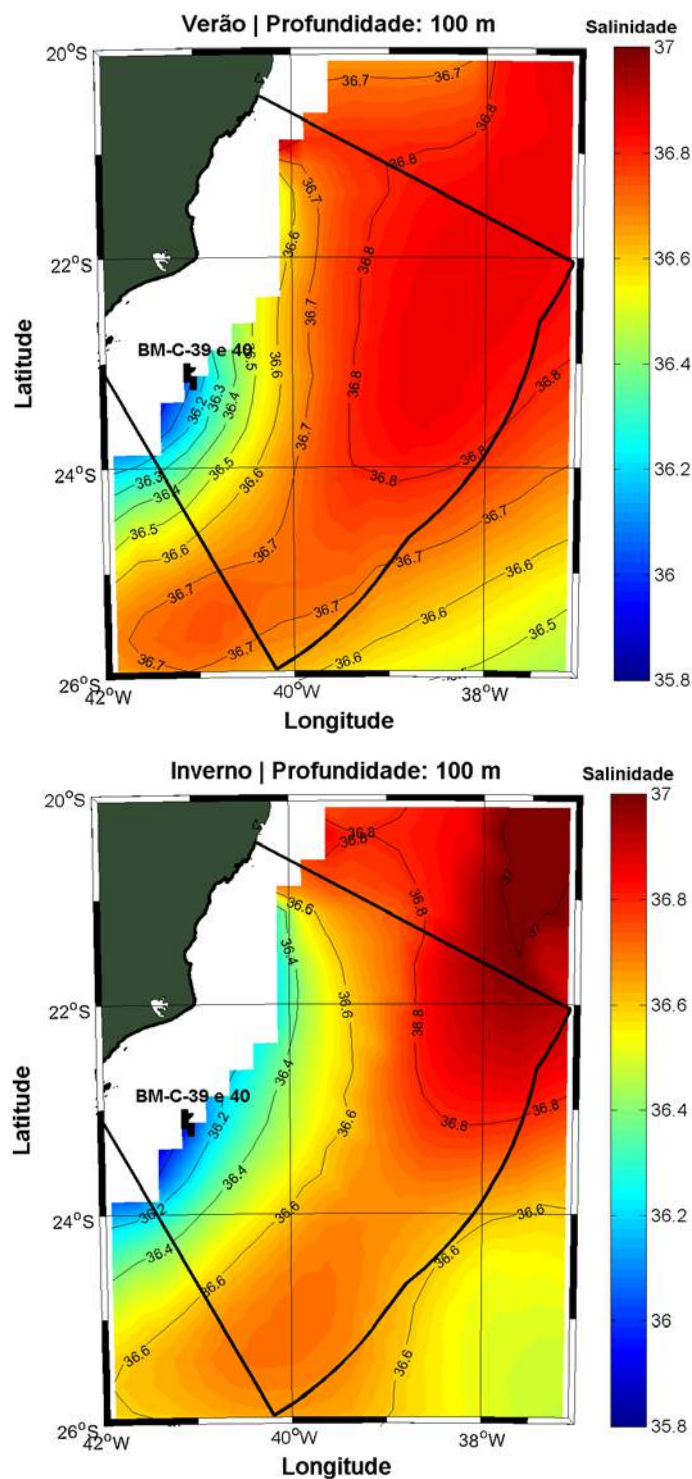


FIGURA II.5.1.2.19 – Salinidade climatológica a 100 m de profundidade na região da Bacia de Campos para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

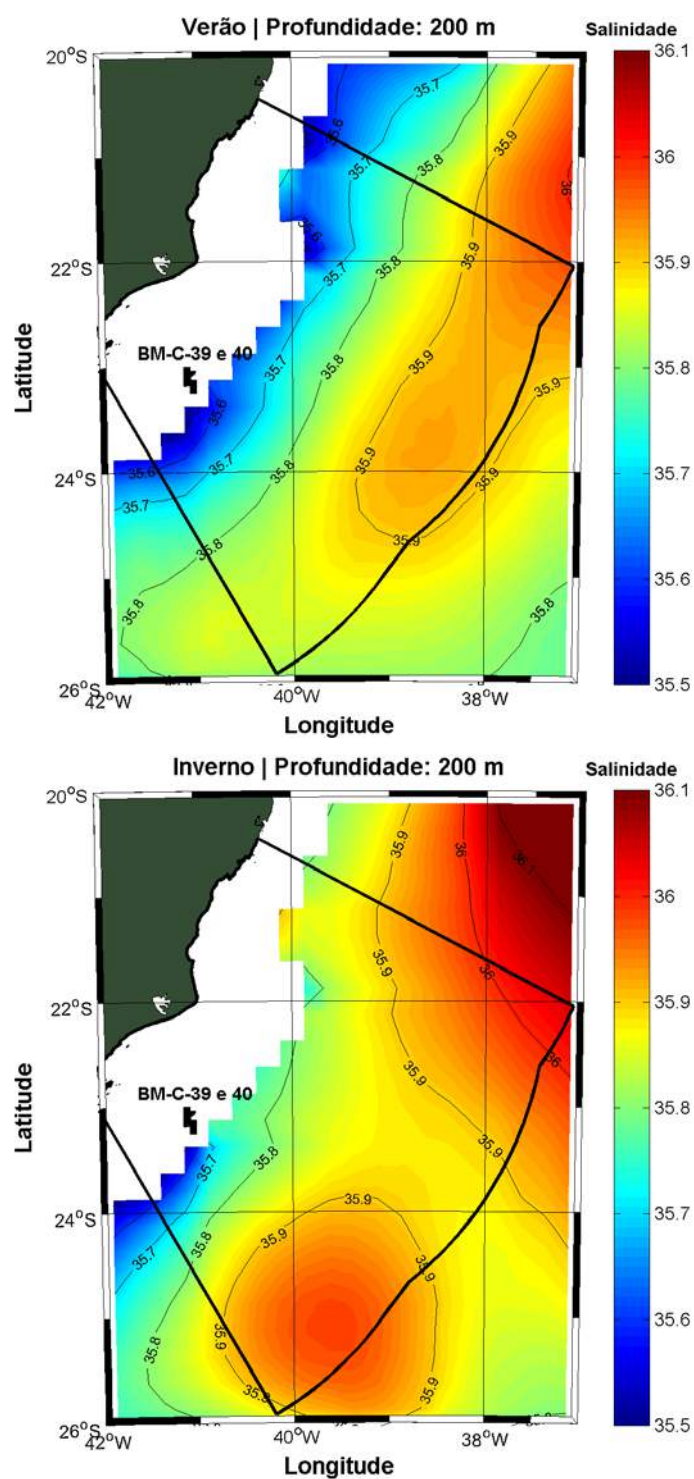


FIGURA II.5.1.2.20 – Salinidade climatológica a 200 m de profundidade na região da Bacia de Campos para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

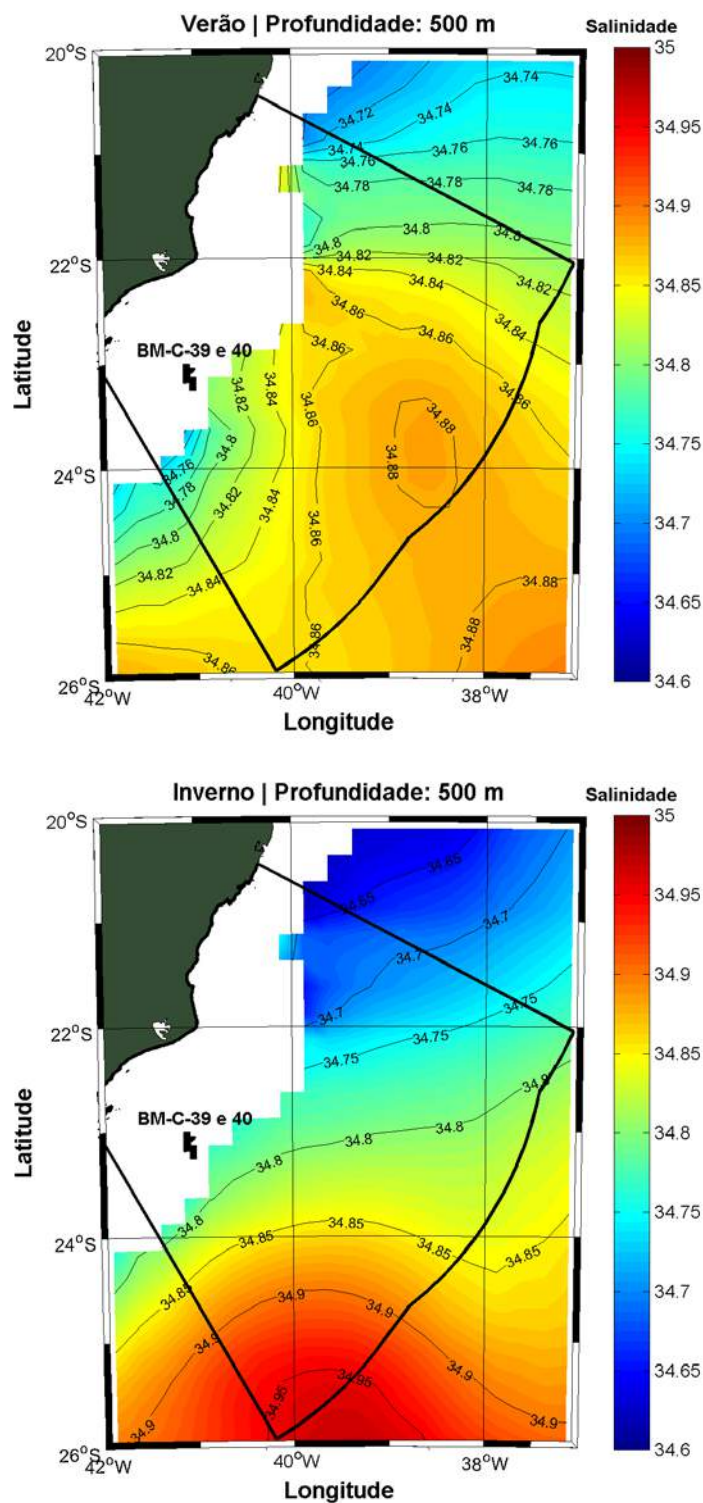


FIGURA II.5.1.2.21 – Salinidade climatológica a 500 m de profundidade na região da Bacia de Campos para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

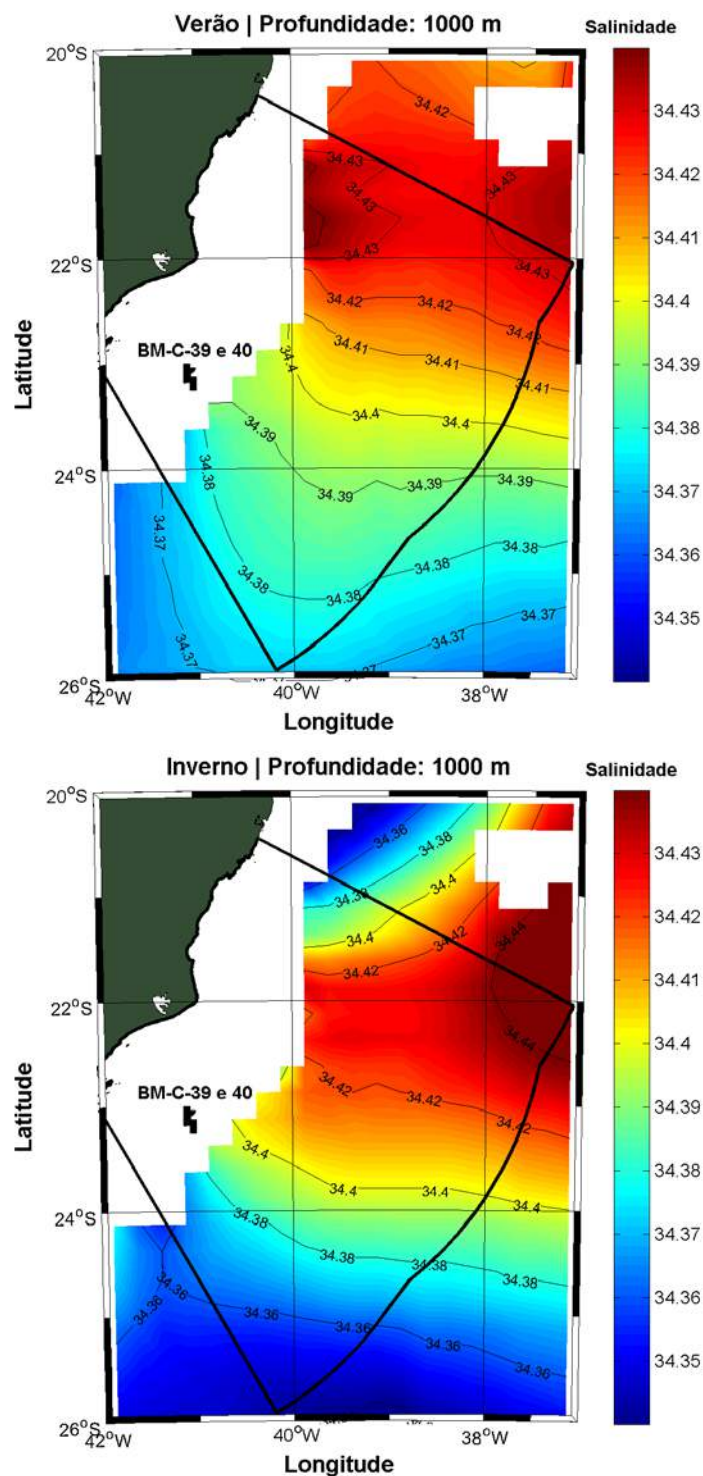


FIGURA II.5.1.2.22 – Salinidade climatológica a 1000 m de profundidade na região da Bacia de Campos para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

Para a salinidade, também não são verificadas grandes variações sazonais. De modo geral, são encontradas águas menos salinas nas proximidades da costa, e águas mais salinas associadas à região de influência da CB.

Na Tabela II.5.1.2.4, observa-se a variação da salinidade climatológica nos níveis analisados. Os maiores valores de salinidade são encontrados em 50 m de profundidade (base da camada de mistura) em ambos os períodos. Em 1.000 m de profundidade, as salinidades são mais baixas, associadas a AIA.

TABELA II.5.1.2.4 – Variação da salinidade climatológica nos níveis de 0, 50, 100, 200, 500 e 1.000 m de profundidade.

Profundidade	Verão				Inverno			
	Mínima	Média	Máxima	D. Padrão	Mínima	Média	Máxima	D. Padrão
Superfície	35,49	36,61	37,03	0,14	35,72	36,66	37,08	0,1
50 m	35,72	36,73	37,08	0,08	35,89	36,71	37,08	0,07
100 m	35,57	36,63	36,92	0,09	35,52	36,58	37,11	0,08
200 m	35,39	35,79	36	0,03	35,33	35,85	36,19	0,03
500 m	34,68	34,83	34,9	0,02	34,62	34,83	34,97	0,02
1.000 m	34,36	34,39	34,45	0,01	34,32	34,38	34,45	0,01

Da Figura II.5.1.2.23 a Figura II.5.1.2.28 são apresentadas as densidades climatológicas, nas mesmas profundidades para as quais foram analisadas as temperaturas e salinidades climatológicas.

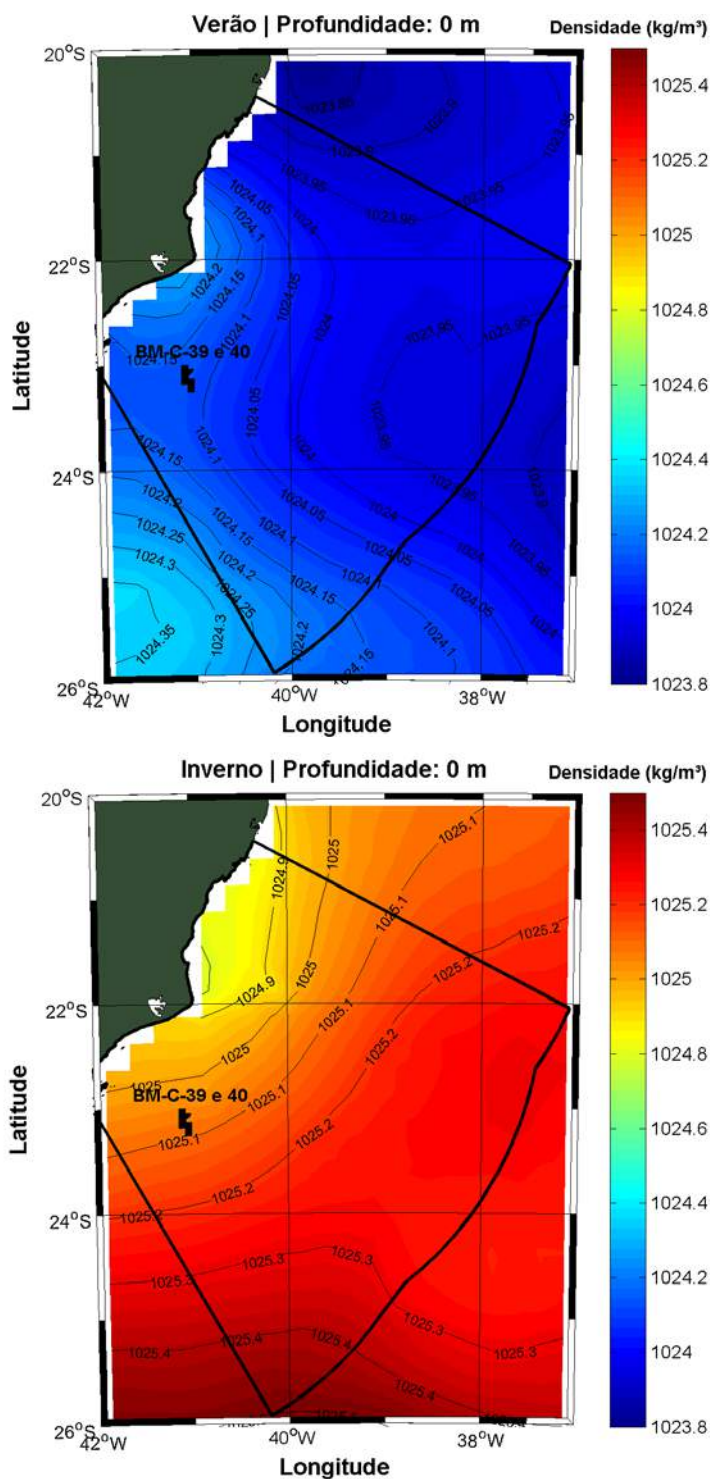


FIGURA II.5.1.2.23 – Densidade climatológica superficial na região da Bacia de Campos para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

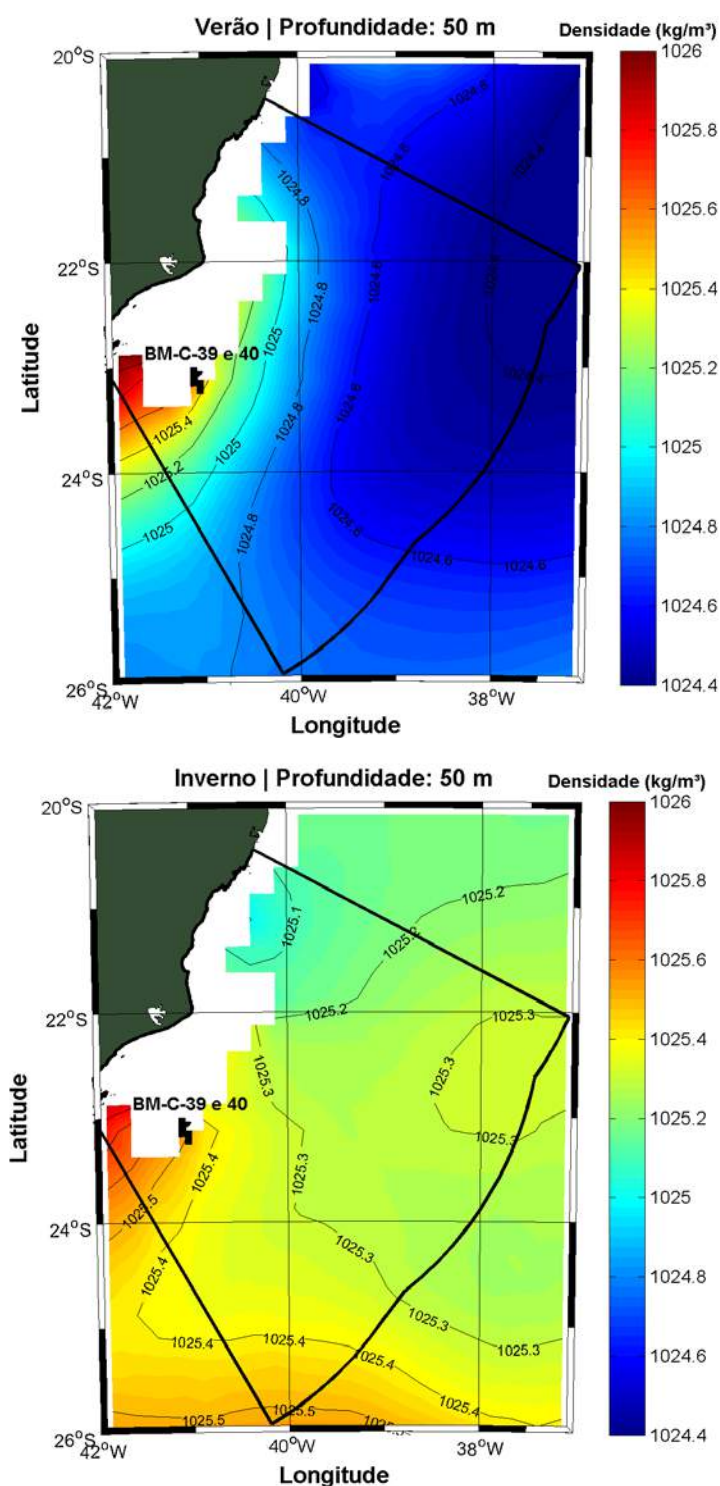


FIGURA II.5.1.2.24 – Densidade climatológica a 50 m de profundidade na região da Bacia de Campos para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

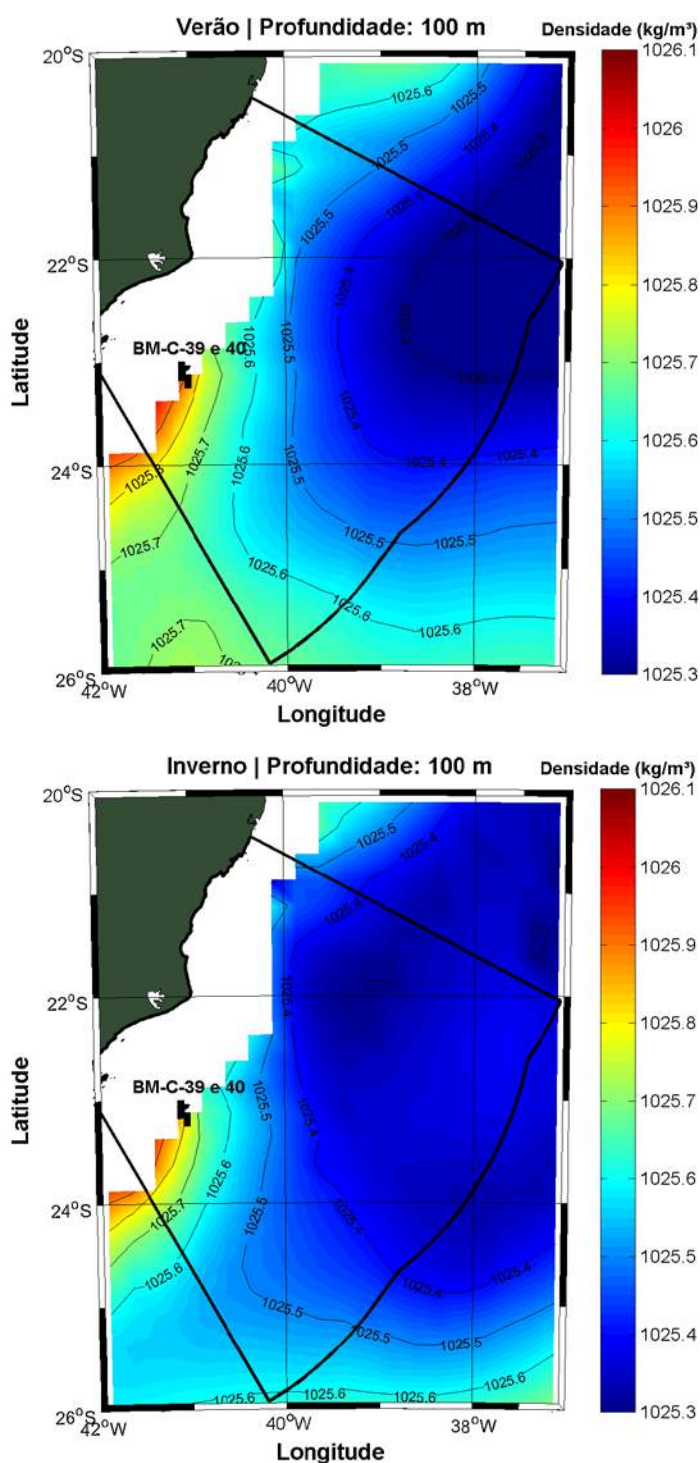


FIGURA II.5.1.2.25 – Densidade climatológica a 100 m de profundidade na região da Bacia de Campos para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

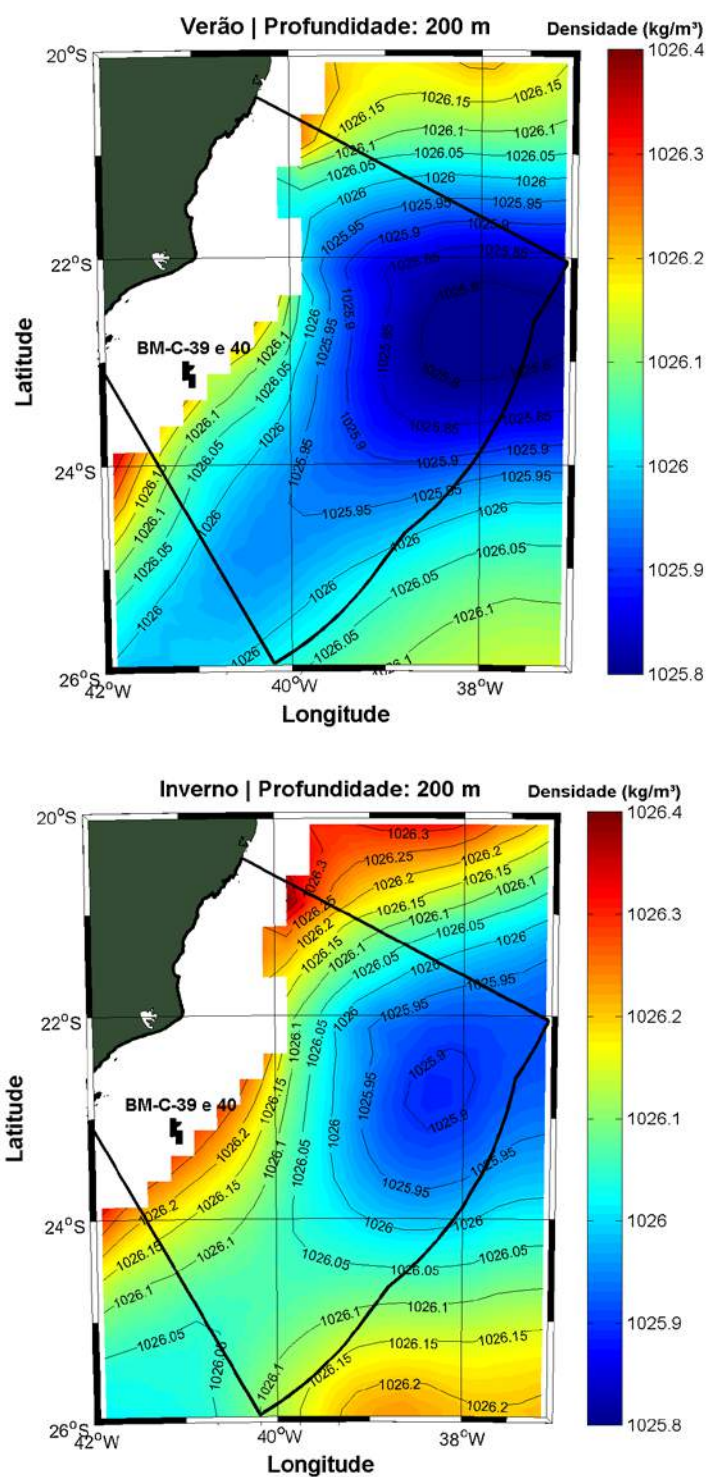


FIGURA II.5.1.2.26 – Densidade climatológica a 200 m de profundidade na região da Bacia de Campos para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

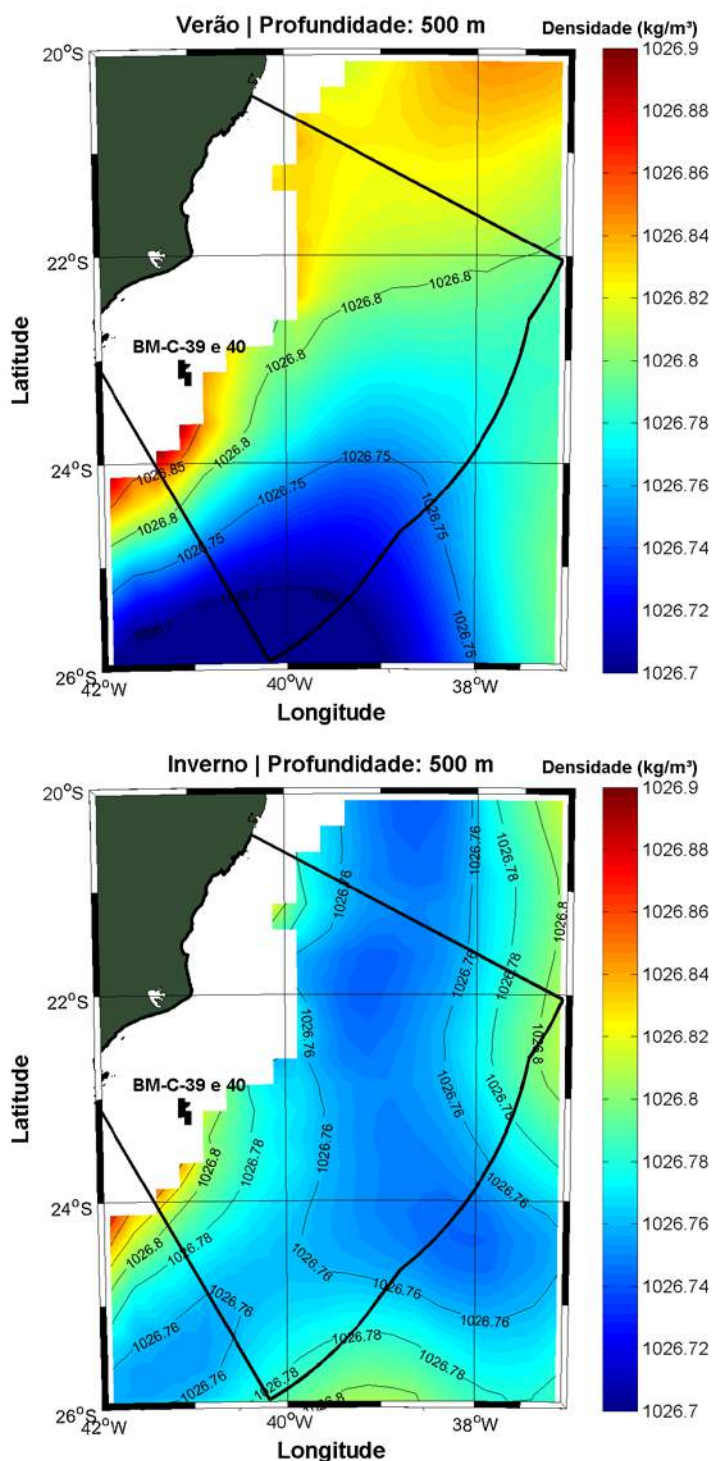


FIGURA II.5.1.2.27 – Densidade climatológica a 500 m de profundidade na região da Bacia de Campos para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

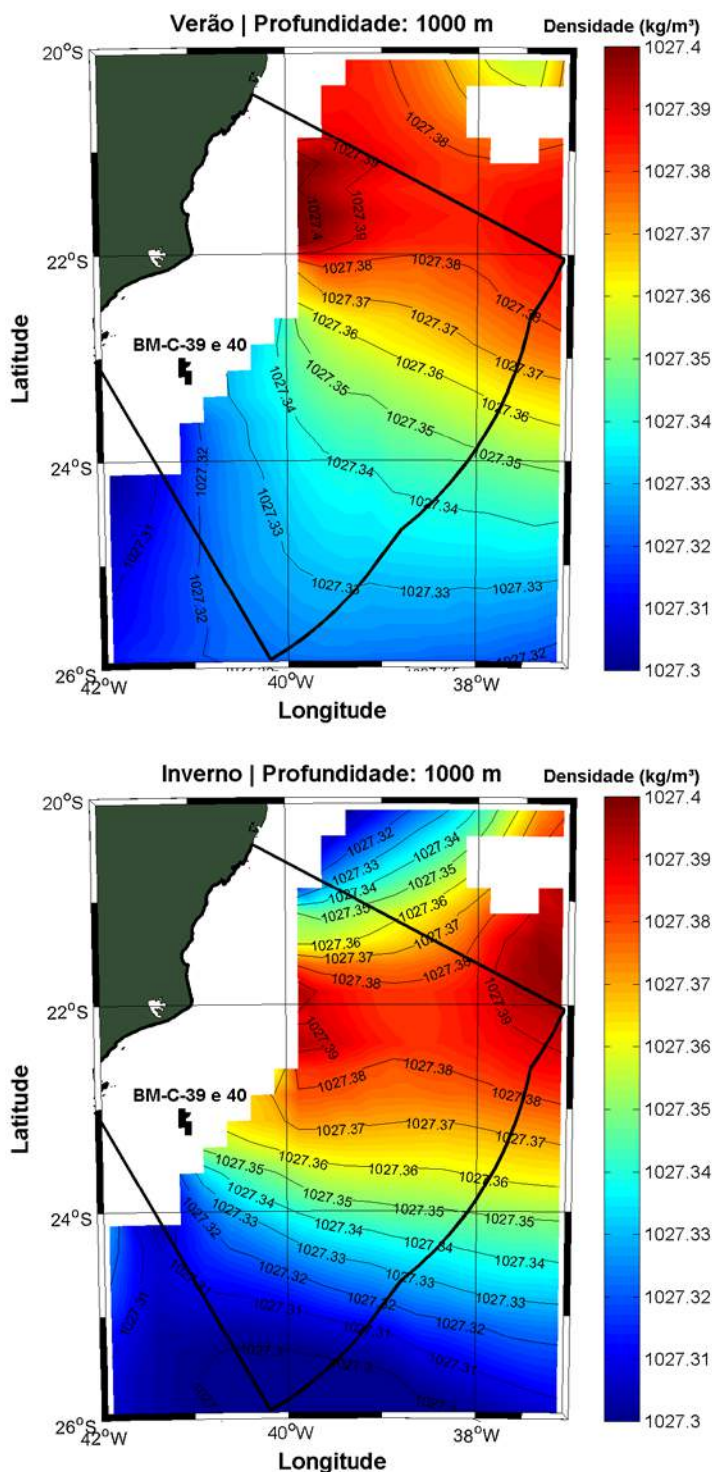


FIGURA II.5.1.2.28 – Densidade climatológica a 1.000 m de profundidade na região da Bacia de Campos para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

Variações sazonais relevantes nos campos de densidade são verificadas apenas nos primeiros 50 m da coluna d'água, devido à presença de águas mais frias na Bacia de Campos durante o inverno, tornando mais densas as águas mais superficiais neste período.

Na Tabela II.5.1.2.5 observa-se a variação da densidade climatológica nos níveis analisados. Como esperado, são observadas águas mais densas na região superficial durante o período de inverno, devido à presença de águas mais frias. Novamente as variações sazonais nos valores são restritas aos primeiros 50 m da coluna d'água.

TABELA II.5.1.2.5 – Variação da densidade (kg/m^3) climatológica nos níveis de 0, 50, 100, 200, 500 e 1.000 m de profundidade.

Profundidade	Verão				Inverno			
	Mínima	Média	Máxima	D. Padrão	Mínima	Média	Máxima	D. Padrão
Superfície	1023,8	1024,1	1024,4	0,02	1024,8	1025,2	1025,5	0,06
50 m	1024,3	1024,8	1026,2	0,13	1025,0	1025,3	1025,9	0,03
100 m	1025,2	1025,6	1026,3	0,05	1025,3	1025,5	1026,4	0,06
200 m	1025,8	1026,0	1026,5	0,03	1025,9	1026,1	1026,5	0,02
500 m	1026,7	1026,8	1027,0	0,02	1026,7	1026,8	1026,9	0,01
1000 m	1027,3	1027,3	1027,4	0,01	1027,3	1027,3	1027,4	0,01

A seguir, da Figura II.5.1.2.29 a Figura II.5.1.2.34 são apresentadas seções verticais de temperatura potencial, salinidade e densidade potencial, respectivamente. Nestas seções, podemos observar águas quentes e relativamente menos salinas na região superficial da porção mais interna da plataforma continental, relacionada à Água de Mistura. Temperaturas superficiais mais elevadas são encontradas na região oceânica, devido à presença da Água Tropical. Um núcleo de alta salinidade pode ser observado sobre o talude continental, entre a superfície e 200 m de profundidade associado ao fluxo da Corrente do Brasil. O núcleo de baixa salinidade associado à AIA pode ser observado entre 600 e 1.200 m de profundidade, nas duas estações. De uma forma geral, as seções de densidade seguem o comportamento da temperatura.

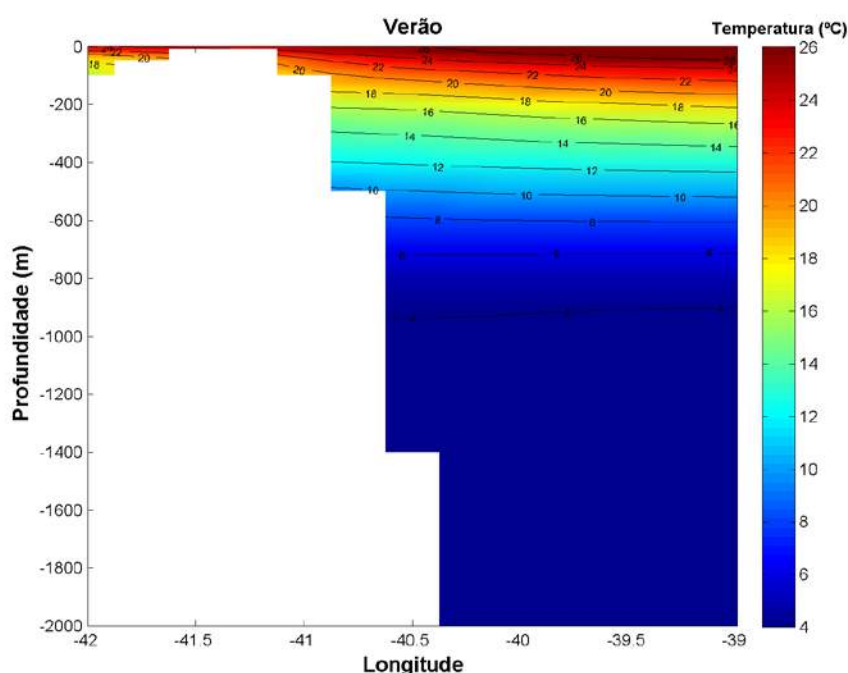


FIGURA II.5.1.2.29 – Seção vertical de temperatura climatológica na latitude de 23,125° S para o período de verão.

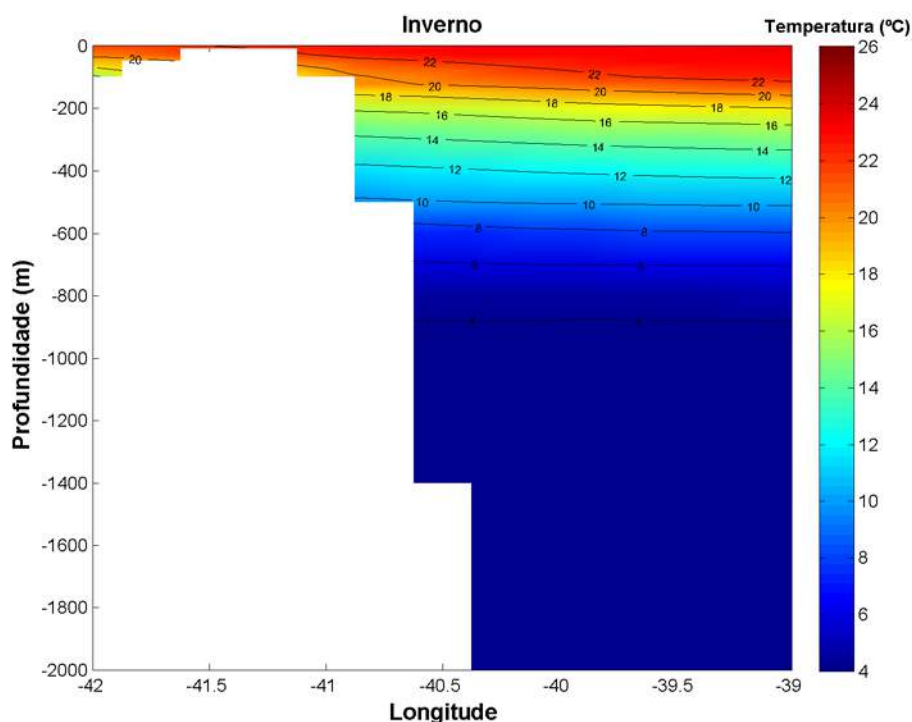


FIGURA II.5.1.2.30 – Seção vertical de temperatura climatológica na latitude de 23,125° S para o período de inverno.

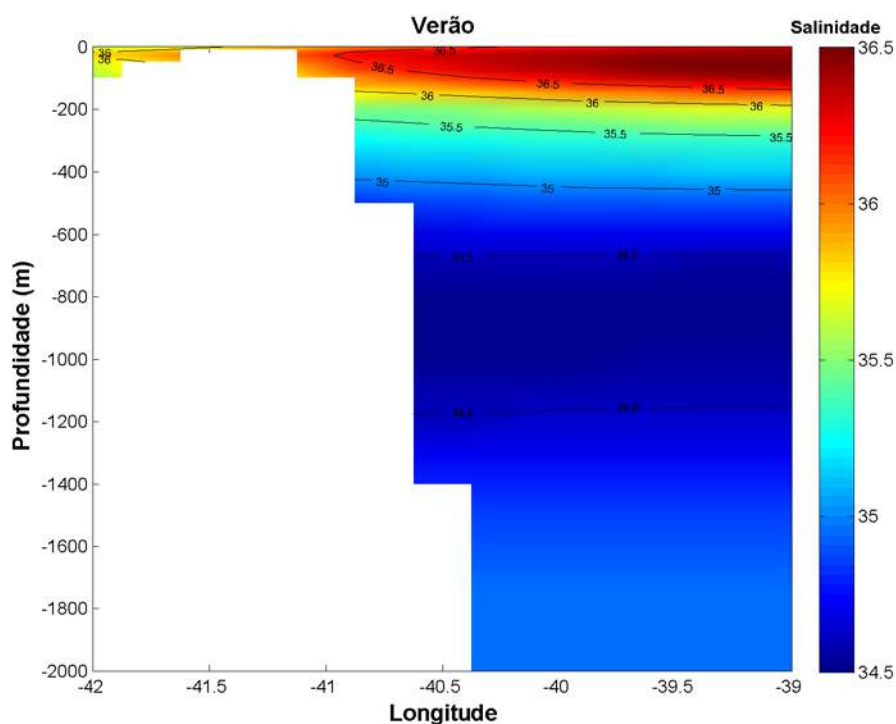


FIGURA II.5.1.2.31 – Seção vertical de salinidade climatológica na latitude de 23,125° S para o período de verão.

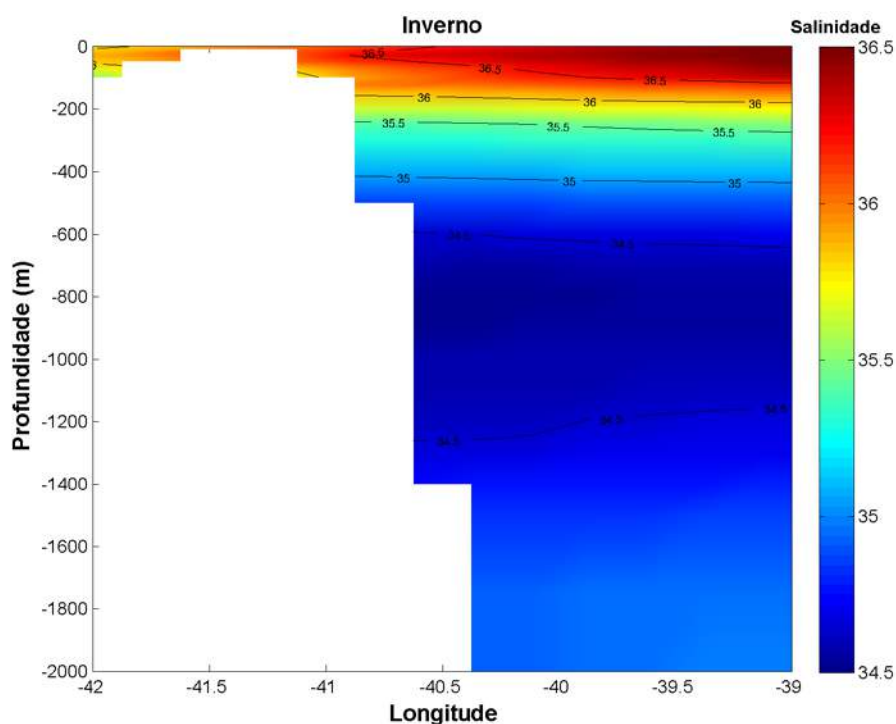


FIGURA II.5.1.2.32 – Seção vertical de salinidade climatológica na latitude de 23,125° S para o período de inverno.

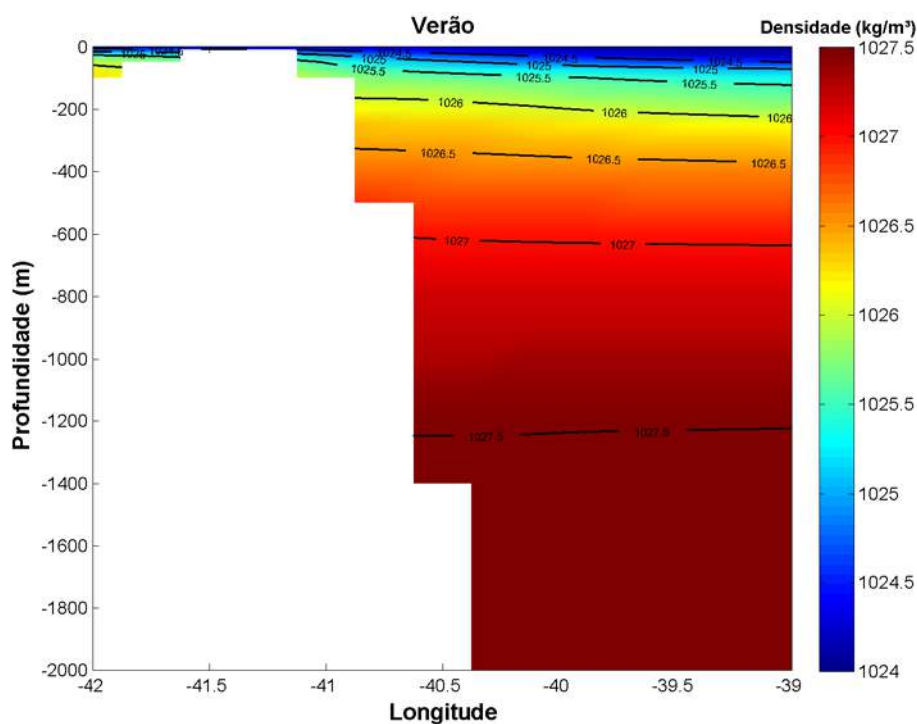


FIGURA II.5.1.2.33 – Seção vertical de densidade climatológica na latitude de 23,125° S para o período de verão.

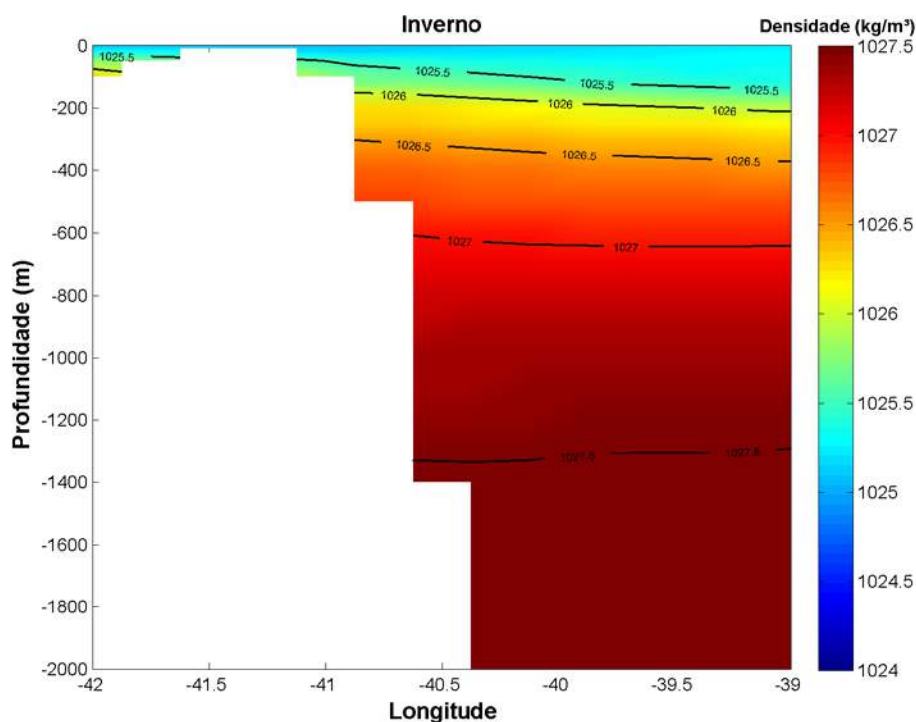


FIGURA II.5.1.2.34 – Seção vertical de densidade climatológica na latitude de 23,125° S para o período de inverno.

Para o estudo da variabilidade sazonal da TSM foram utilizados dados satelitais disponibilizados pelo NCOF (*National Center for Ocean Forecast*). O produto OSTIA (*Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis*) abrange todo o globo e possui alta resolução (~6 km). O produto é oferecido diariamente, sendo resultado da combinação de diversos sensores infravermelhos e micro-ondas, além de dados *in situ* por meio de processo de Análise Objetiva. Este produto tem oferecido dados acurados de TSM, com um erro médio quadrático menor que 0,6°C, em alta resolução e disponibilizados em tempo quase real (STARK *et AL* 2007).

A seguir, na Figura II.5.1.2.35 e na Figura II.5.1.2.36, são apresentadas as médias sazonais (verão e inverno) para o ano de 2009 na região da Bacia de Campos.

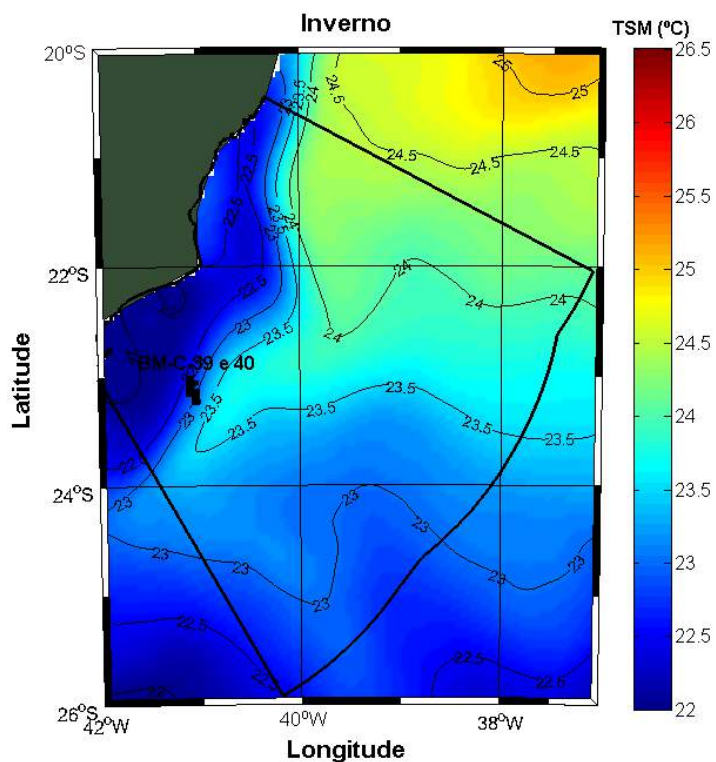


FIGURA II.5.1.2.36 –

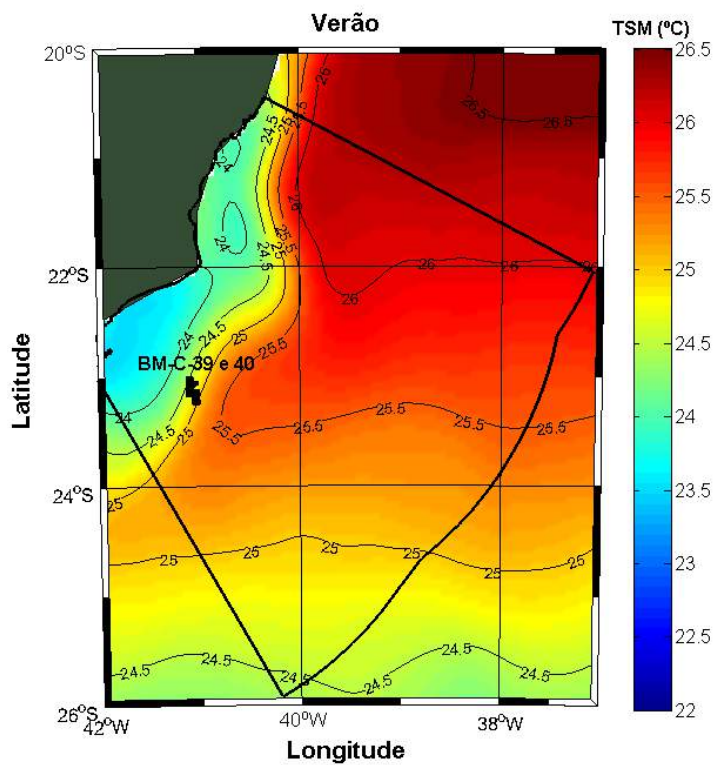


FIGURA II.5.1.2.35 – TSM média sazonal na região da Bacia de Campos para o período de verão (janeiro a março).

A grande vantagem da utilização do sensoriamento remoto para obtenção de dados de temperatura é que devido à elevada sensibilidade dos sensores que estão em operação, pequenas variações em áreas extensas podem ser capturadas, principalmente quando comparados a resultados obtidos a bordo de navios (SOUZA *et al.*, 2005).

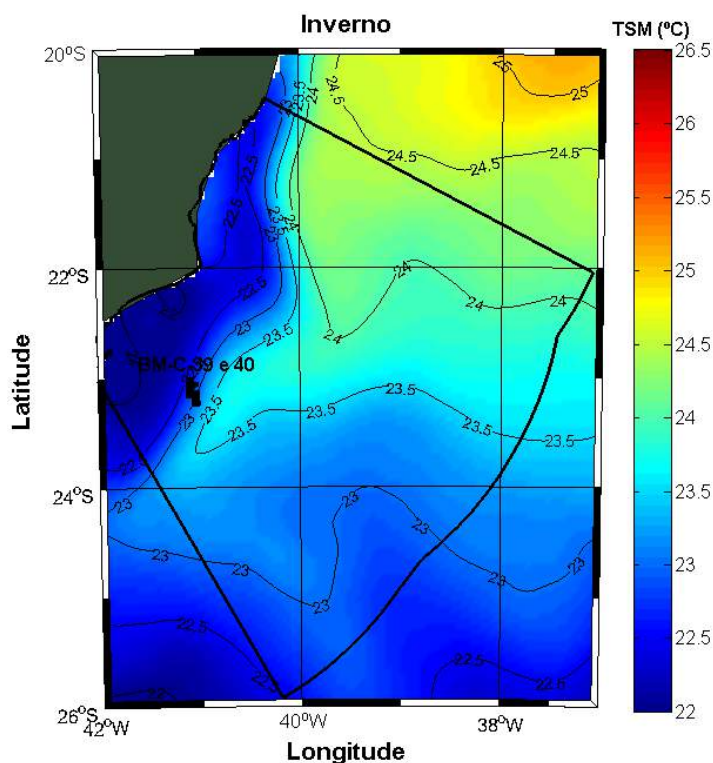


FIGURA II.5.1.2.36 – TSM média sazonal na região da Bacia de Campos para o período de inverno (julho a setembro).

As médias sazonais da TSM apresentam-se coerentes com os dados da climatologia WOA09. O período de verão apresenta águas superficiais mais quentes em relação ao período de inverno. Na área dos Blocos BM-C-39 e BM-C-40, a TSM média, para o verão de 2009, esteve entre ~24,5 e 25°C, e entre ~22,5 e 23°C para o período de inverno.

A.3. Massas d'água

Uma avaliação das massas d'água presentes na região dos Blocos BM-C-39 e BM-C-40 pode ser feita com os dados dos perfis de temperatura e salinidade disponíveis no NODC, coletados entre os anos de 1926 e 2011.

Estes dados pertencem à base conhecida como WOD09 (*World Ocean Database 2009*), e correspondem aos dados históricos armazenados no NODC, coletados por diversas campanhas e equipamentos por todo o globo. Uma descrição completa sobre esta base de dados pode ser encontrada em Boyer *et al.* (2009).

Na Figura II.5.1.2.37 é apresentada a localização dos Blocos BM-C-39 e BM-C-40 e das estações de coleta dos dados apresentados. Os dados obtidos foram tratados, e observações com valores inferiores ou superiores a três vezes o desvio padrão para cada profundidade foram descartadas.

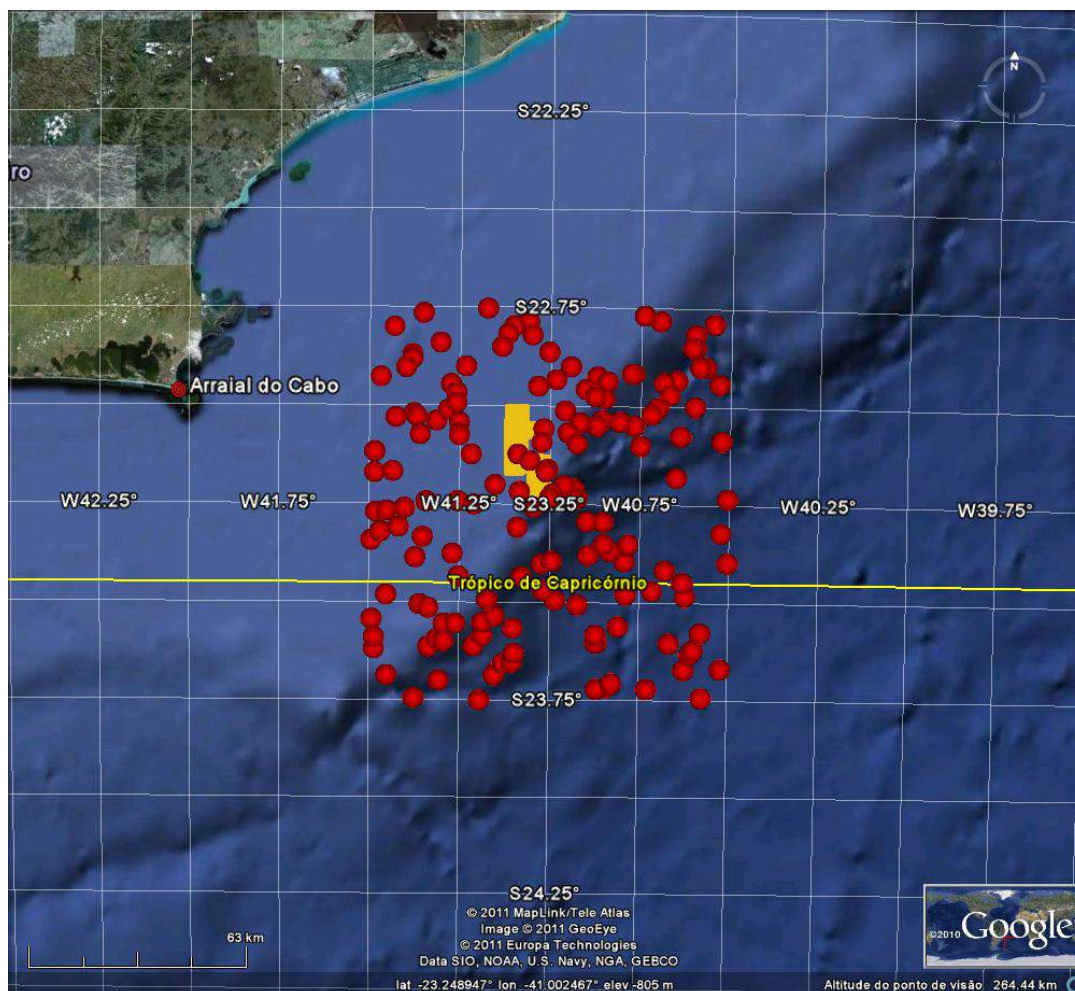


FIGURA II.5.1.2.37 – Localização das estações de coleta dos dados de temperatura e salinidade obtidos do NODC.

Na Figura II.5.1.2.38 é apresentado o diagrama TS espalhado elaborado com os dados do NODC. As cores são referentes às profundidades dos dados.

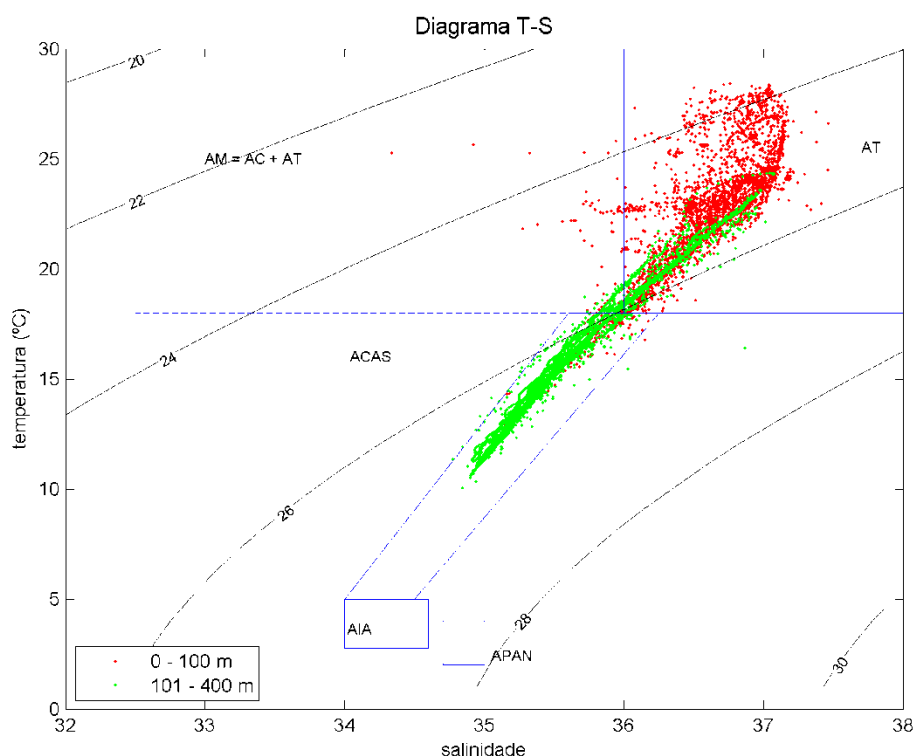


FIGURA II.5.1.2.38 – Diagrama TS espalhado para a região dos Blocos BM-C-39 e BM-C-40, elaborado com os dados do NODC. A linha em azul representa o gabarito elaborado por Silva et al (1982).

Foram verificadas águas pertencentes à AM, AT e ACAS na região. As análises foram limitadas à profundidade de 400 m, profundidade máxima aproximada na área do bloco, impedindo a verificação de massas d'água mais profundas, como a AIA e a APAN. Entretanto, deve-se ressaltar que em regiões mais profundas, próximas ao bloco, estas massas d'água encontram-se presentes.

Para avaliar a distribuição vertical das massas d'água em relação à costa na região dos Blocos BM-C-39 e BM-C-40, na Figura II.5.1.2.39 e na Figura II.5.1.2.40 são apresentadas as seções verticais de densidade para o período de verão e inverno, elaboradas com os dados do WOA09 apresentados na seção anterior. Nesta figura, as linhas isopícnas representam as interfaces entre as massas d'água apresentadas. Nesta figura, podemos ver que não há grandes variações quanto à profundidade das massas d'água comparando o verão e o inverno. No verão, entretanto, as águas superficiais são um pouco mais densas do que as do inverno.

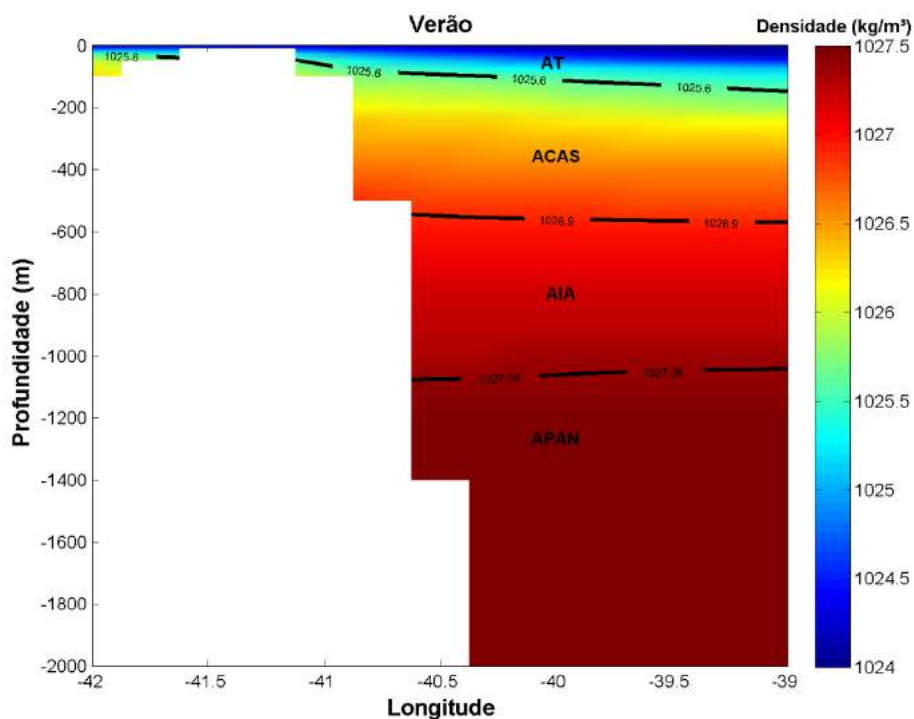


FIGURA II.5.1.2.39 – Seção vertical de densidade na latitude de 23,125°S para o período de verão. As linhas isopicnais representam os limites entre as massas d'água.

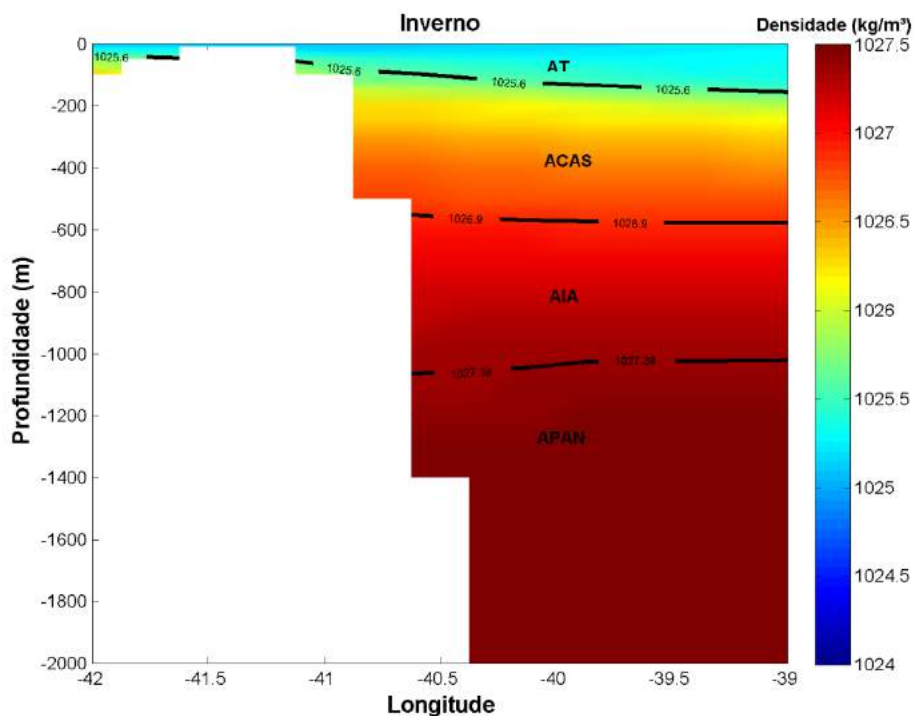


FIGURA II.5.1.2.40 – Seção vertical de densidade na latitude de 23,125°S para o período de inverno. As linhas isopicnais representam os limites entre as massas d'água.

A.4. Regime de correntes

Para análise dos campos de circulação na região da Bacia de Campos foram utilizados os dados da Análise Global do projeto *MyOcean* para o período compreendido entre abril de 2010 e abril de 2011. O projeto *MyOcean* disponibiliza diariamente os resultados da análise global do estado dos oceanos, com resolução de $1/6^\circ$. O sistema de previsão utiliza o modelo NEMO (*Nucleus for European Models of the Ocean*) versão 3.1, forçado pelos campos atmosféricos obtidos da Análise do ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). O modelo assimila dados de correntes, elevação da superfície e TSM obtidos de satélites, além de dados de temperatura e salinidade obtidos *in situ* passando por um criterioso controle de qualidade (LARNICOL *et al.*, 2006).

Nas Figuras II.5.1.2.41, II.5.1.2.42 e II.5.1.2.43 são apresentados os campos médios elaborados a partir de todo o período analisado (média anual), para o período de verão (dezembro a fevereiro) e para o período de inverno (junho a agosto), respectivamente.

Observa-se a CB, caracterizada pelos valores mais altos de intensidade, fluindo na direção S/SW ao longo da Bacia de Campos durante todo o ano.

O padrão direcional médio apresentado pelo fluxo da CB não apresentou variações significativas entre os três períodos analisados. Entretanto, no período de verão, a CB encontra-se mais intensa, com velocidades médias superiores a 0,8 m/s na porção norte da Bacia de Campos.

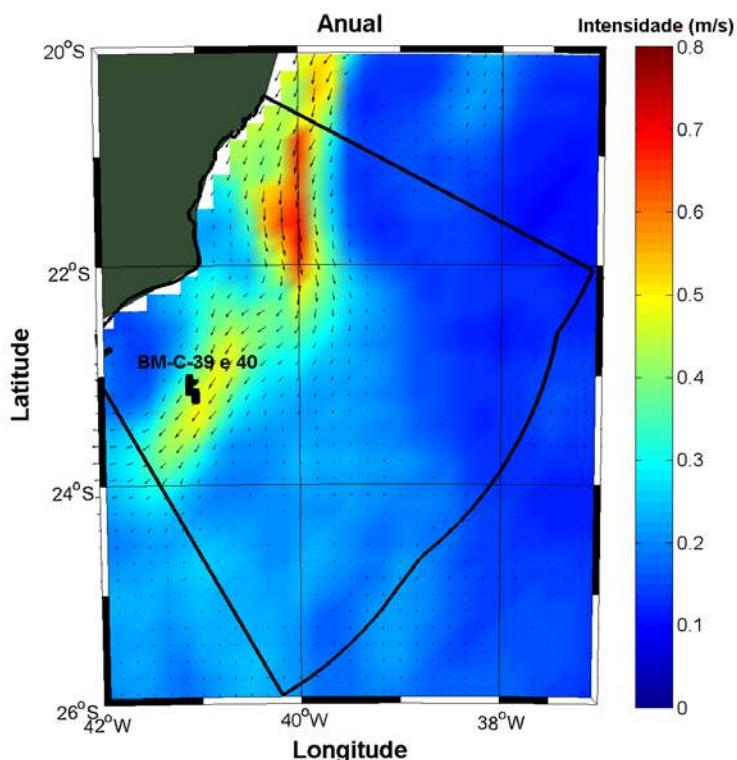


FIGURA II.5.1.2.41 – Campo médio anual das velocidades de corrente na região da Bacia de Campos.

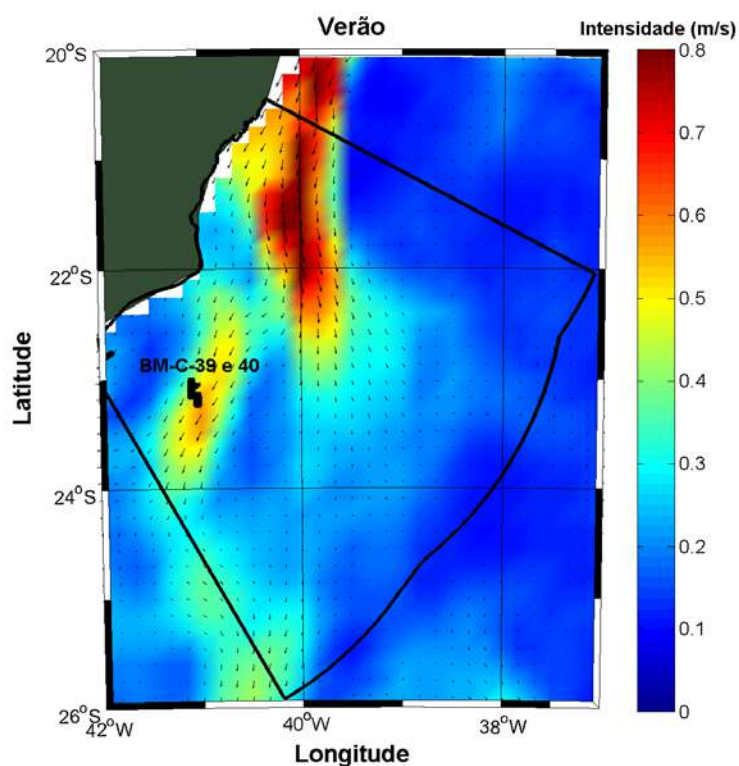


FIGURA II.5.1.2.42 – Campo médio sazonal de verão das velocidades de corrente na região da Bacia de Campos.

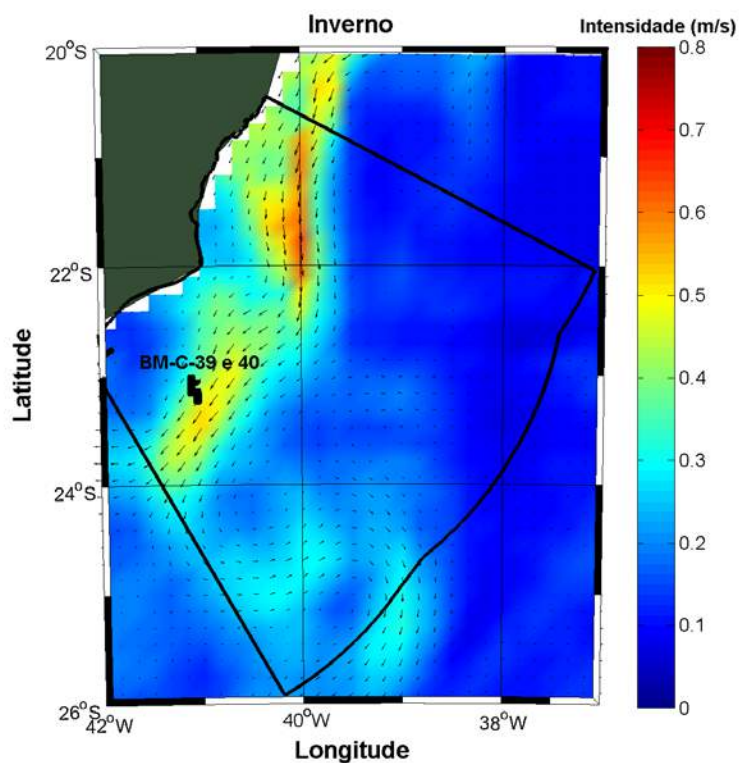


FIGURA II.5.1.2.43 – Campo médio sazonal de inverno das velocidades de corrente na região da Bacia de Campos.

Para avaliação das correntes na região dos Blocos BM-C-39 e 40, foram extraídos os dados do ponto de grade do MyOcean mais próximo, localizado em 23,17 ° S e 41,00 ° W (Figura II.5.1.2.44).

A série temporal de correntes superficiais (Figura II.5.1.2.45), demonstra correntes para SW, associadas à CB ao longo de todo o período (13/04/2010 – 13/04/2011), intercaladas com poucos períodos de inversão, provavelmente associados à passagem de sistemas frontais.

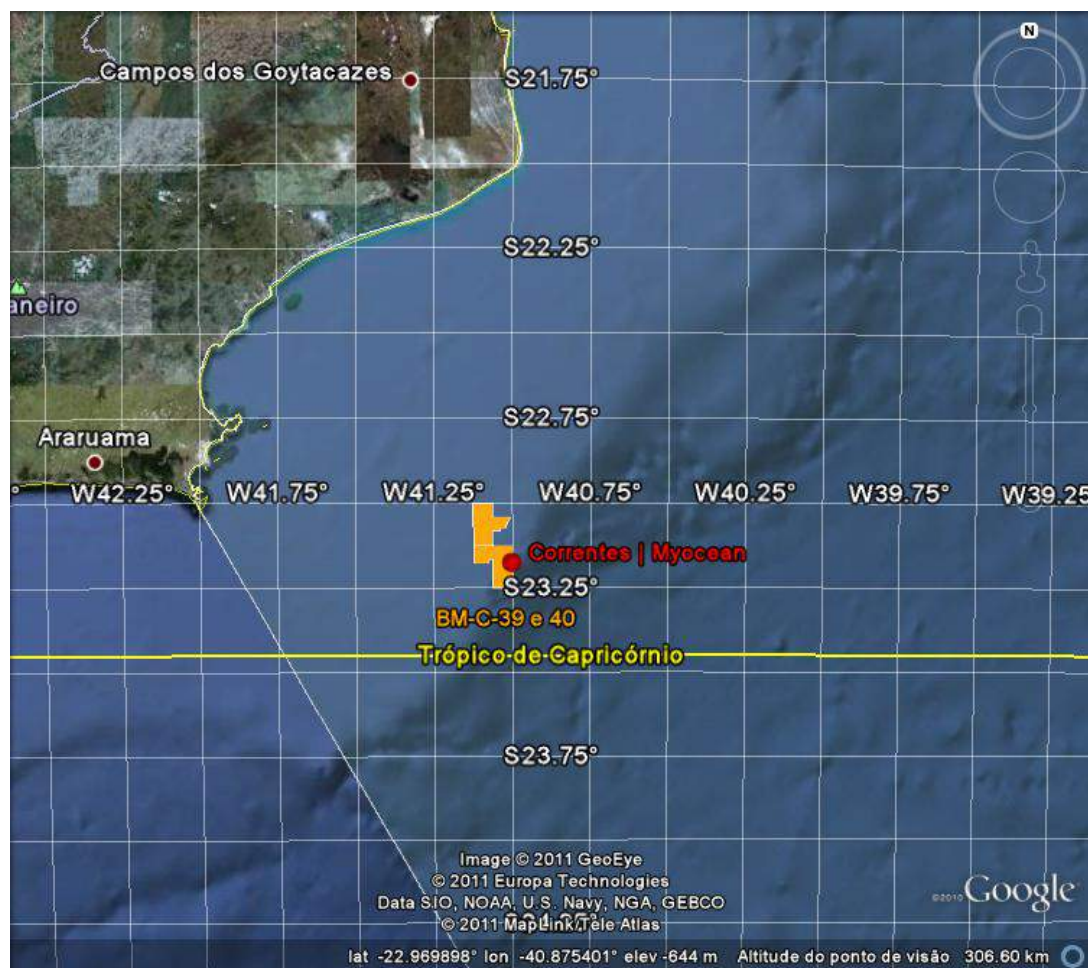


FIGURA II.5.1.2.44 – Localização do ponto de grade do MyOcean, no qual foram utilizados os resultados para análise pontual do regime de correntes.

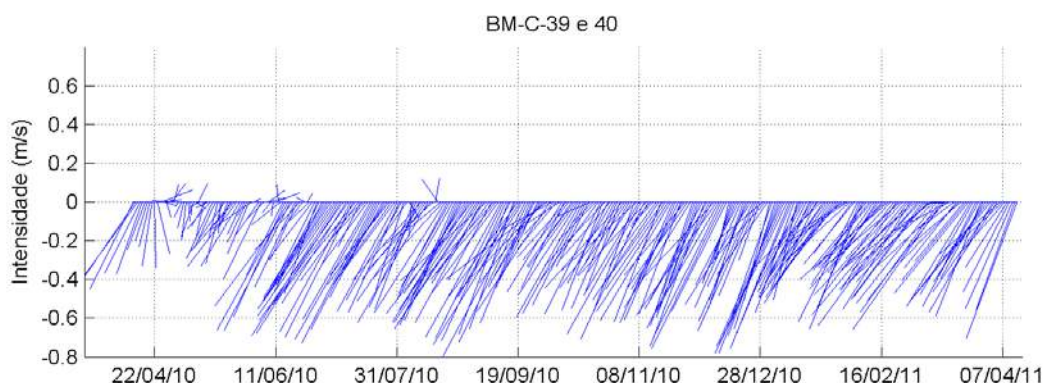


FIGURA II.5.1.2.45 – Série temporal de correntes superficiais na região dos Blocos BM-C-39 e 40.

A estatística básica mensal das correntes na região (Tabela II.5.1.2.6) demonstra que as correntes, em média, foram mais intensas (0,63 m/s) no mês de setembro, que também deteve a intensidade máxima observada, 0,91 m/s.

TABELA II.5.1.2.6 – Estatística básica mensal das correntes superficiais na região dos Blocos BM-C-39 e BM-C-40.

Mês	Mínima (m/s)	Média (m/s)	Máxima (m/s)	D. Padrão (m/s)
Janeiro	0,34	0,58	0,86	0,15
Fevereiro	0,29	0,51	0,79	0,14
Março	0,14	0,52	0,80	0,14
Abril	0,07	0,38	0,75	0,20
Maio	0,03	0,18	0,42	0,11
Junho	0,02	0,30	0,76	0,23
Julho	0,21	0,59	0,82	0,17
Agosto	0,10	0,50	0,74	0,19
Setembro	0,40	0,63	0,91	0,14
Outubro	0,15	0,44	0,68	0,15
Novembro	0,15	0,54	0,78	0,16
Dezembro	0,29	0,56	0,84	0,15
Total	0,02	0,48	0,91	0,21

Para análise das correntes em profundidade na região dos Blocos BM-C-39 e BM-C-40, foram utilizados dados coletados por correntômetros acústicos do projeto DEPROAS (Dinâmica do Ecossistema de Plataforma da Região Oeste do Atlântico Sul) em quatro níveis de profundidade: 23, 85, 155 e 195 m (Figura II.5.1.2.46). O fundeio foi instalado na quebra da Plataforma Continental (profundidade nominal de 200 m) na região de Cabo Frio (23.75°S e 41.8°W) em dois períodos diferentes. O primeiro, indo de julho de 2002 a novembro de 2002, e o segundo, de janeiro de 2003 a maio de 2004. A Figura II.5.1.2.47 apresenta a localização do fundeio utilizado.

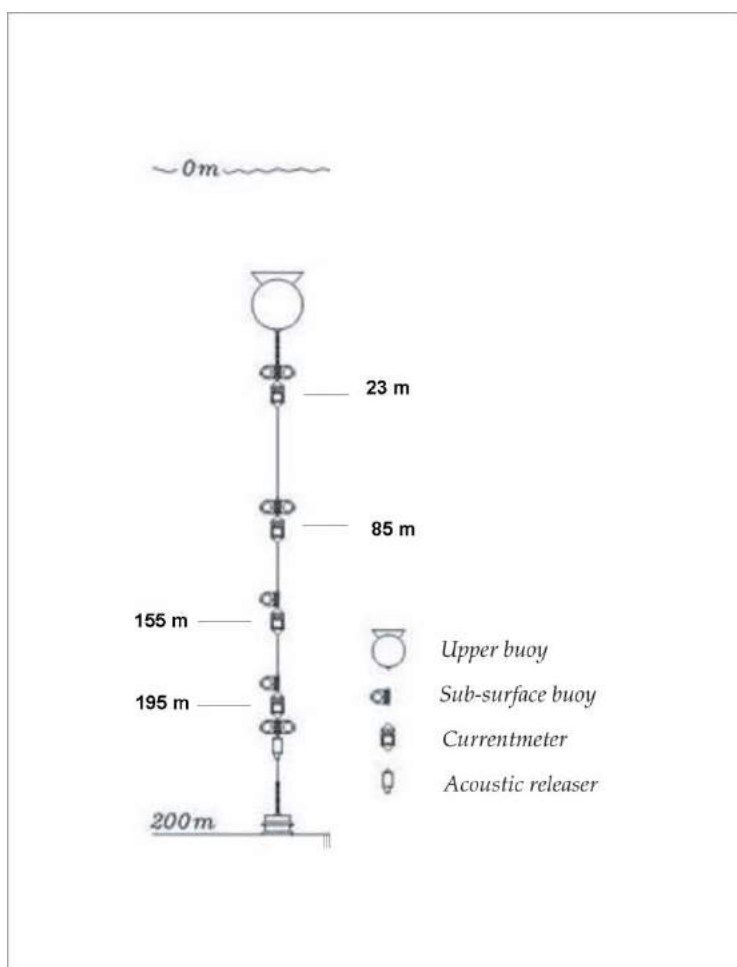


FIGURA II.5.1.2.46 – Ilustração esquemática da estrutura do fundeio.

Fonte: http://www.io.usp.br/dof/lío/campo/fund_deproas/fundeios.htm



FIGURA II.5.1.2.47 – Localização do fundo do DEPROAS utilizado em relação aos Blocos BM-C-39 e 40.

No nível de 23 m (mais próximo a superfície), a distribuição das direções e velocidades das correntes (Figura II.5.1.2.48) demonstra uma clara predominância das direções W e SW. As velocidades mais frequentes estão entre 20 e 40 cm/s. Esta distribuição reflete o domínio da Corrente do Brasil que flui nessa região, tendendo a seguir as isóbatas.

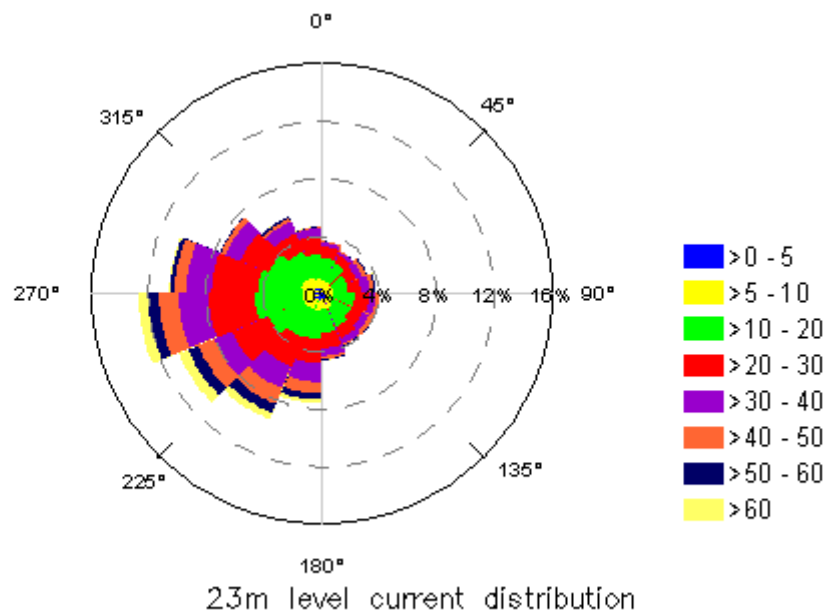


FIGURA II.5.1.2.48 – Rosa de correntes para o nível de 23 m. Velocidades em cm/s.

Fonte: DEPROAS.

Para o nível de 85 m (Figura II.5.1.2.49), Além das direções W e SW, também há a ocorrência significativa de correntes rumo a SE e E. As velocidades mais recorrentes estão situadas entre 10 e 30 cm/s. Estes fluxos para E/SE podem estar associados ao movimento de água da costa em direção ao oceano, quando da ocorrência de eventos de ressurgência, porém, esta conclusão deve ser confirmada por estudos mais detalhados.

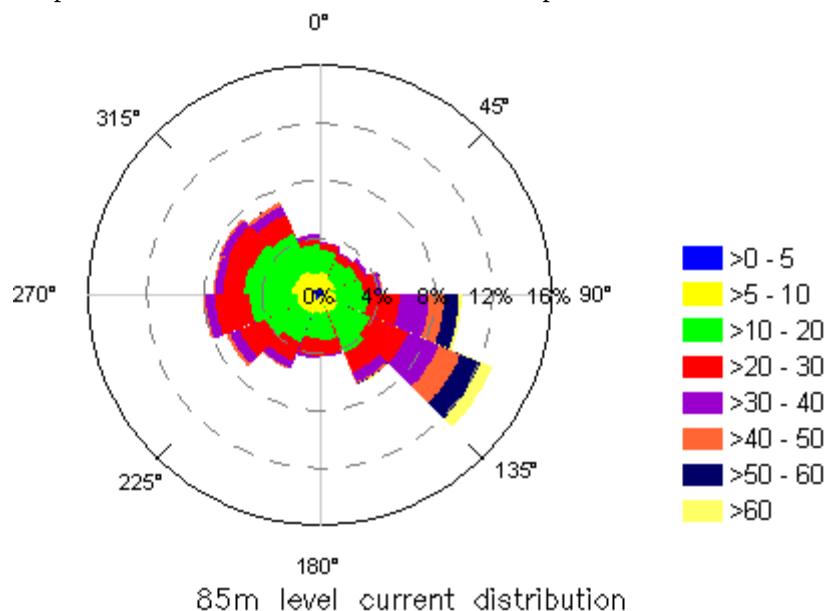


FIGURA II.5.1.2.49 – Rosa de correntes para o nível de 85 m. Velocidades em cm/s.

Fonte: DEPROAS.

Em 155 m de profundidade (Figura II.5.1.2.50), a direção SE é predominante e velocidades entre 20 e 40 cm/s são as mais comuns nesta profundidade. Correntes para E e S também são verificadas, mas em frequências muito menores.

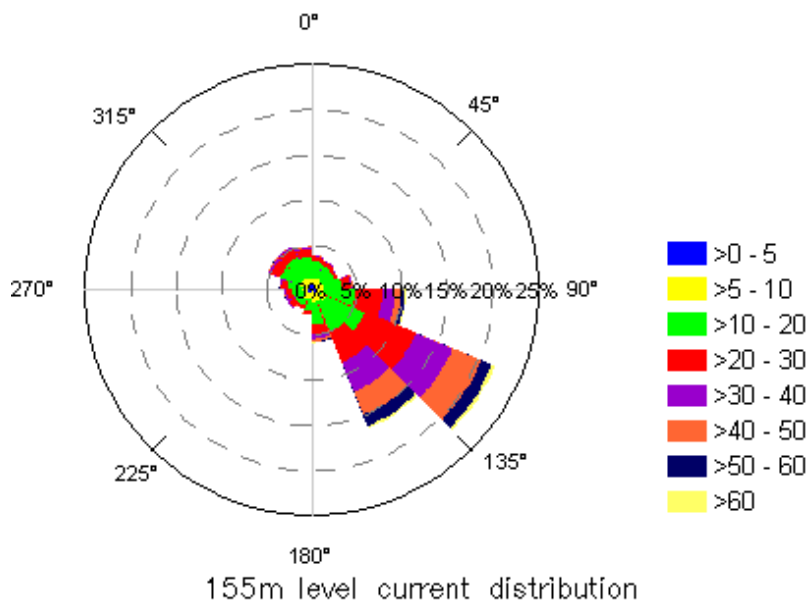


FIGURA II.5.1.2.50 – Rosa de correntes para o nível de 155 m. Velocidades em cm/s.

As direções E/SE e S/SW são dominantes no nível de 195 m (Figura II.5.1.2.51). Correntes para N também são significativas, e intensidades entre 10 e 30 cm/s são as mais frequentes.

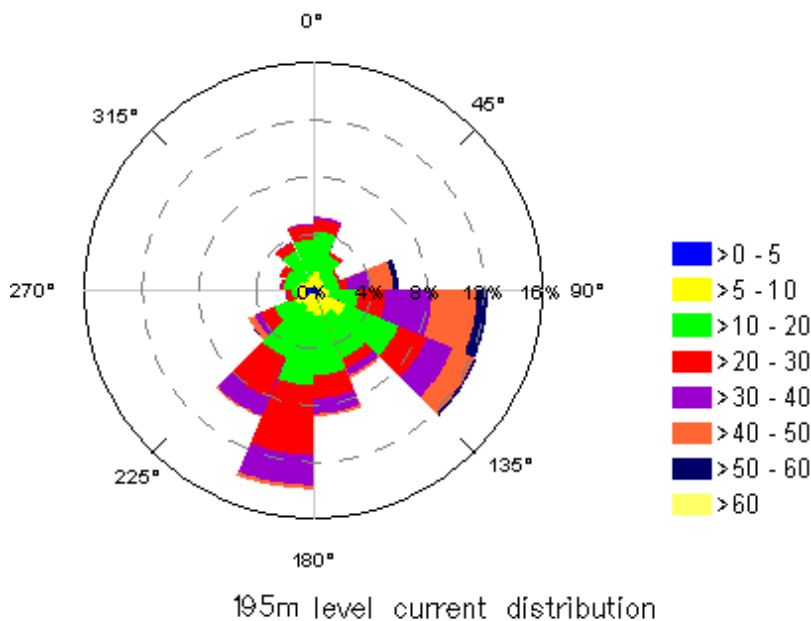


FIGURA II.5.1.2.51 – Rosa de correntes para o nível de 195 m. Velocidades em cm/s.

A Tabela II.5.1.2.7 apresenta um resumo dos resultados obtidos para as quatro profundidades. Em média, há um pequeno decréscimo das velocidades com o aumento da profundidade. Entretanto, este decréscimo é mais acentuado em relação aos máximos observados, passando de 0,94 m/s em 23 m de profundidade para 0,60 m/s no nível de 195 m.

TABELA II.5.1.2.7 – Estatística básica de correntes para os quatro níveis analisados.

Profundidade (m)	Mínima (m/s)	Média (m/s)	Máxima (m/s)	D. Padrão (m/s)
23	0,0009	0,24	0,94	14,76
85	0,0008	0,20	0,77	12,64
155	0,0012	0,21	0,85	13,45
195	0,0023	0,20	0,60	12,05

Para avaliar a distribuição vertical das correntes na região dos Blocos BM-C-39 e BM-C-40, foram elaboradas seções verticais da componente meridional das correntes na latitude de 23 °S, obtidas dos dados do *MyOcean*. As seções para todo o período, assim como para o período de verão e inverno podem ser observadas nas Figuras II.5.1.2.52, II.5.1.2.53 e II.5.1.2.54. Nestas seções verifica-se a presença da Corrente do Brasil fluindo na direção S sobre a região da quebra da plataforma continental e do talude, desde a superfície, até 250 m de profundidade. Abaixo deste nível encontra-se o fluxo da Contra-Corrente Intermediária (CCI), fluindo para N entre 500 e 1.500 m de profundidade. Durante o inverno, em média, o núcleo da CB encontrou-se mais intenso, com velocidades superficiais médias de até 0,4 m/s.

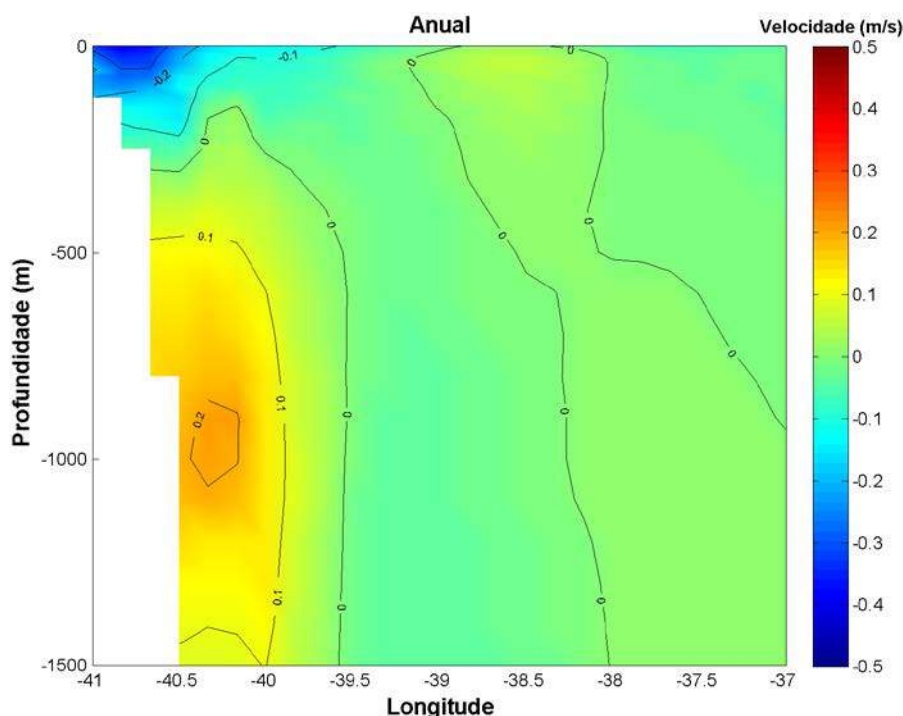


FIGURA II.5.1.2.52 – Seção vertical das correntes na latitude de 23 ° S para todo o período analisado.

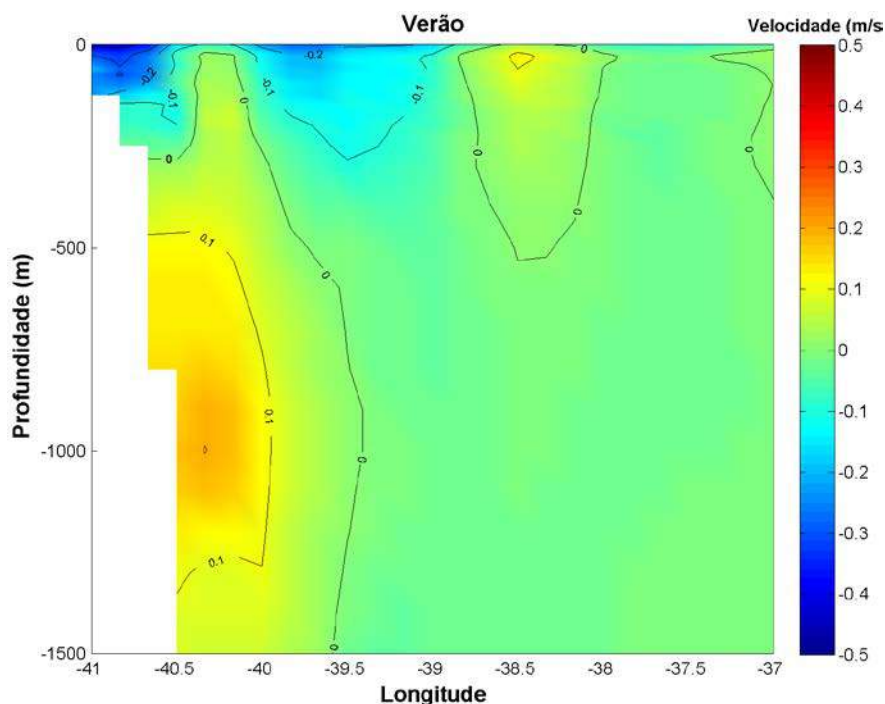


FIGURA II.5.1.2.53 – Seção vertical das correntes na latitude de 23 ° S para o período de verão.

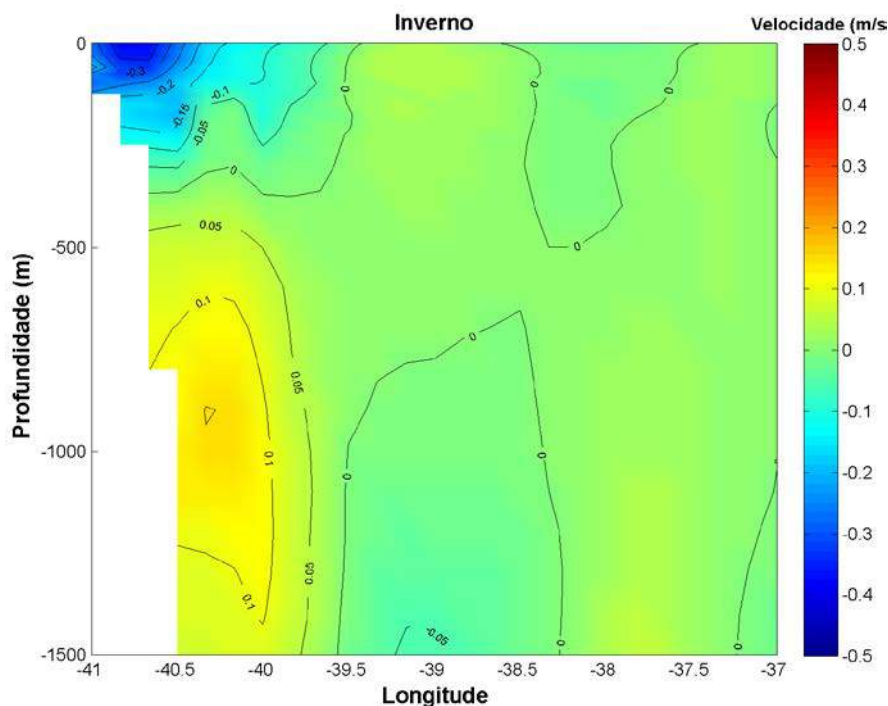


FIGURA II.5.1.2.54 – Seção vertical das correntes na latitude de 23 ° S para o período de inverno.

De forma complementar, são apresentados dados de correntes superficiais na região dos Blocos BM-C-39 e BM-C-40, obtidos do Projeto mondoOGX. Para o presente estudo foram analisados 10 derivadores, lançados entre os dias 4 de março de 2011 e 10 de julho de 2011, nas coordenadas de 23° 02' S e 41° 03' W, na região dos blocos (Figura II.5.1.2.55).

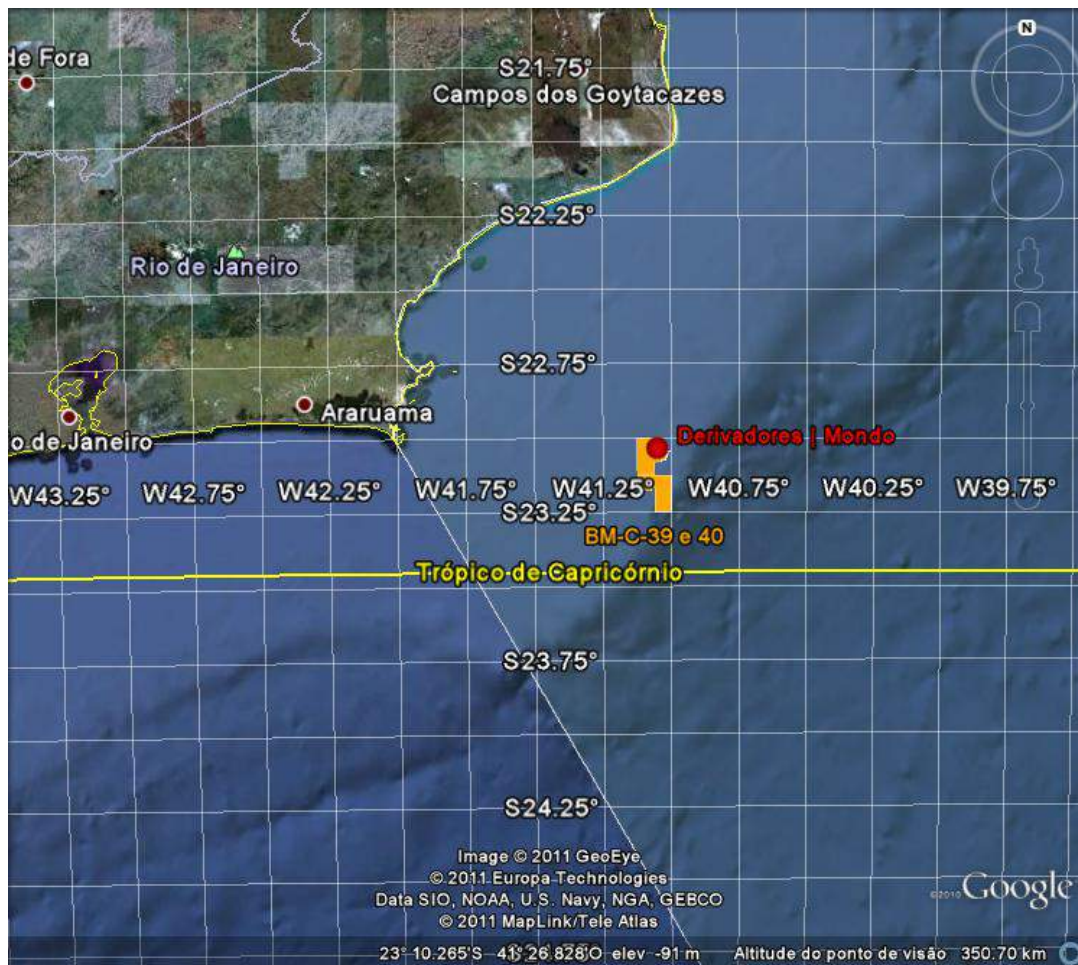


FIGURA II.5.1.2.55 – Localização do ponto de lançamento dos derivadores do Projeto mondoOGX.

Os derivadores lançados no projeto são do tipo SVP-WOCE, cujo nome deriva do programa no qual foram usados, WOCE – *World Ocean Circulation Experiment*, sendo compostos por duas partes principais: a bóia de superfície, onde se encontra toda a parte eletrônica do equipamento, e uma vela, responsável por “sentir” as correntes e forçar a deriva do equipamento sem o efeito direto dos ventos.

As trajetórias realizadas por todos os derivadores lançados durante o projeto podem ser observadas na Figura II.5.1.2.56.

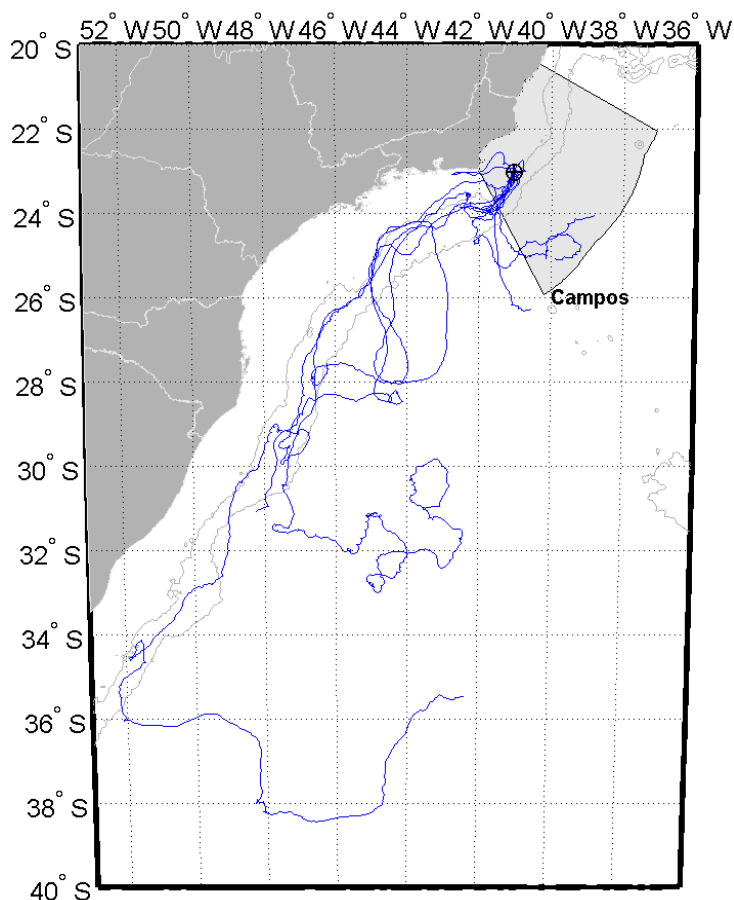


FIGURA II.5.1.2.56 – Trajetórias percorridas pelos derivadores lançados durante o Projeto mondoOGX. As linhas em cinza representam as isobatimétricas de 200 e 2.000 m. A área destacada representa a Bacia de Campos.

Para as estimativas de velocidade foi utilizado o método de caixas; em que regiões do mar são divididas em blocos pré-determinados, e os dados gerados pelos derivadores analisados são agrupados dentro de cada região, seguindo a metodologia proposta por Assireu (2003). A resolução da caixa escolhida neste estudo possui cerca de 2° de lado (tanto em latitude quanto em longitude).

Com o intuito de minimizar possíveis erros, para as estimativas da velocidade do fluxo principal da CB, foram selecionadas somente as trajetórias realizadas nas quais as velas ainda estavam acopladas ao equipamento.

A posição média de cada caixa encontra-se em 23,5° S e 41,8° W (Figura II.5.1.2.57), contendo estas 1027 informações de correntes.

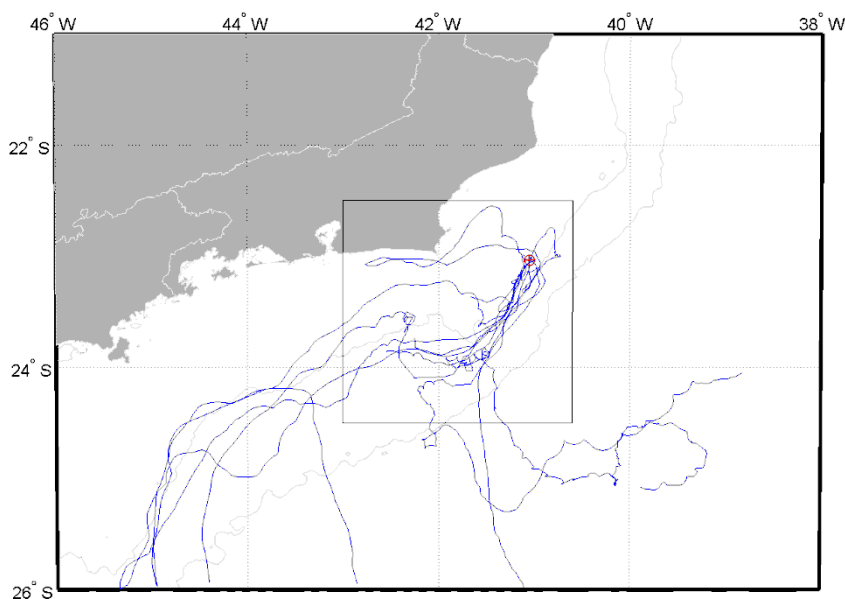


FIGURA II.5.1.2.57 – Localização da caixa escolhida e as trajetórias dos derivadores referentes aos lançamentos na Bacia de Campos. O ponto vermelho indica o local de lançamento dos derivadores.

Em geral, os derivadores descrevem trajetórias majoritariamente na direção SW, seguindo o fluxo principal da Corrente do Brasil. Na região analisada é observado um meandramento da corrente. Alguns estudos efetuados na região, como os de Campos *et al.* (1996) e Cirano (1995), especulam sobre os fatores dinâmicos que poderiam causar esse meandramento. Campos *et al.* (1996) atribuíram a ocorrência de vórtices e meandros às mudanças de orientação da costa e do gradiente da topografia de fundo.

A estatística básica das velocidades de correntes (Tabela II.5.1.2.8), obtidas dos derivadores demonstraram correntes com velocidades médias de 0,31 m/s e velocidades máximas de 1,06 m/s.

TABELA II.5.1.2.8 – Estatística básica de correntes superficiais obtidas dos derivadores.

Mínima (m/s)	Média (m/s)	Máxima (m/s)	D. Padrão (m/s)
0,01	0,31	1,06	0,17

A.5. Regime de ondas

Devido à escassez de medições de ondas na costa brasileira, especialmente de campanhas de longa duração, a modelagem numérica torna-se essencial para caracterização do estado do mar ao longo do litoral e áreas *off-shore* do Brasil. Nesse relatório será empregada a reconstituição da agitação marítima realizada com o modelo de ondas *WaveWatch III*, em escala global, resolução de 1° em longitude e latitude, forçado por ventos oriundos da Reanálise da NOAA/NCEP, para o período de 1° de fevereiro de 1997 a 31 de dezembro de 2009, com resultados gravados a cada 6 horas.

Informações e documentação de todas as versões do modelo de ondas *WaveWatch III* podem ser encontradas no seguinte endereço eletrônico: <http://polar.ncep.noaa.gov/waves/wavewatch/>. Para o estudo em questão, foi utilizada a versão 2.22 e informações técnicas referentes à utilização e instalação do modelo encontram-se em Tolman (2002).

O ponto de grade utilizado tem coordenadas 23°S; 040°W, cuja localização pode ser observada na Figura II.5.1.2.58.

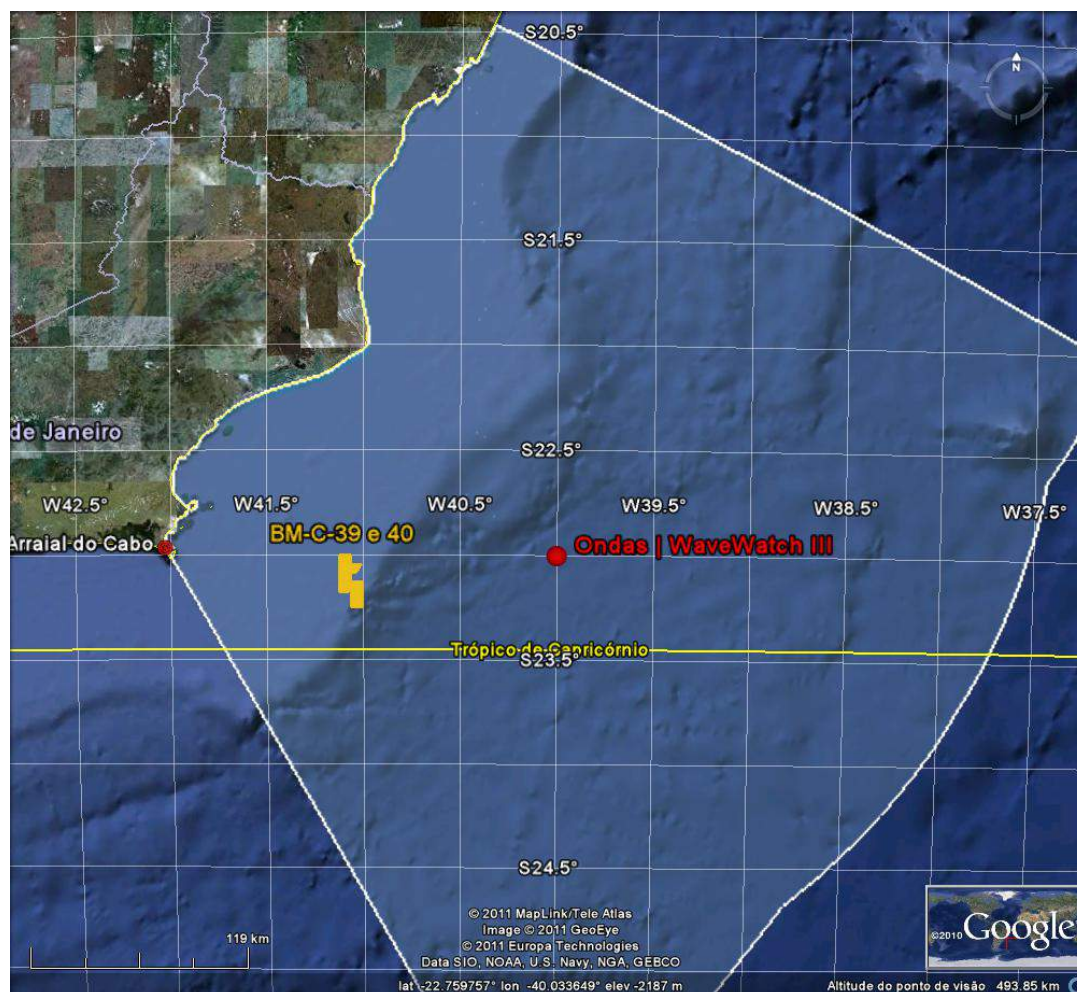
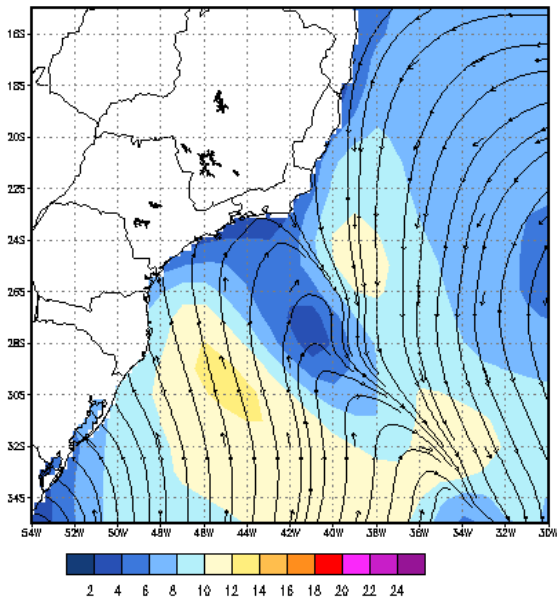


FIGURA II.5.1.2.58 – Localização do ponto para o qual foram utilizados os resultados do modelo *WaveWatch III* neste relatório.

A Figura II.5.1.2.59 (a) representa um exemplo de um campo de vento gerado a partir de um ciclone extratropical, associado a uma frente fria, enquanto a Figura II.5.1.2.59 (b) ilustra o estado do mar nas regiões sudeste e sul do Brasil.

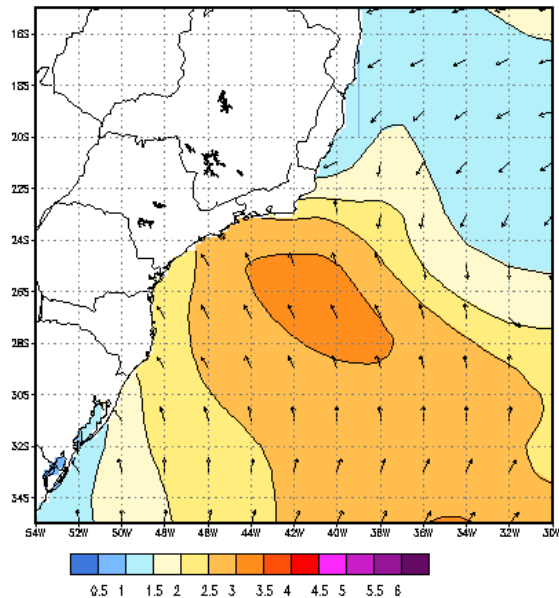
Na Figura II.5.1.2.60 (a) é possível verificar um campo de vento gerado pelo ASAS e, na Figura II.5.1.2.60 (b), vê-se o campo de alturas significativas por ele gerado.

MODELO WAVE-WATCH III/ATLASUL VEL. (m/s) E DIR. DO VENTO
ANALISE:20/DEC/2004 00UTC (SEGUNDA) +36h SUL E SUDESTE
VALIDO PARA:21/DEC/2004 12UTC (TERÇA)



(a)

MODELO WAVE-WATCH III/ATLASUL ALT. (m) E DIR. DA ONDA
ANALISE:20/DEC/2004 00UTC (SEGUNDA) +66h SUL E SUDESTE
VALIDO PARA:22/DEC/2004 18UTC (QUARTA)

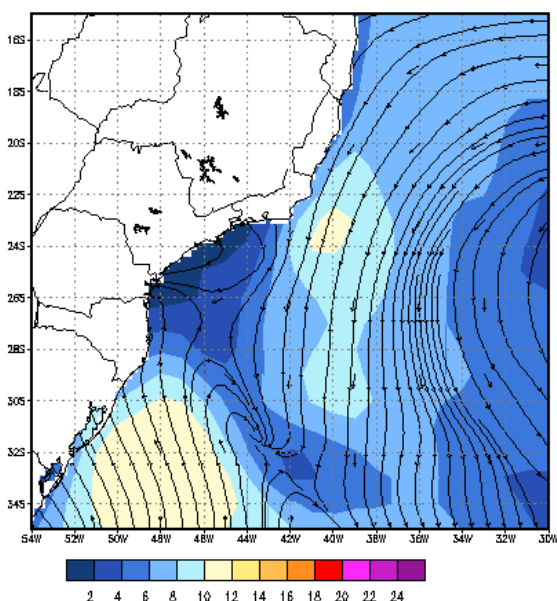


(b)

FIGURA II.5.1.2.59 – Exemplo de passagem de uma frente fria pela Bacia de Santos. Nesse evento, os ventos se SW associados foram fracos, como pode ser visto na previsão de para 36 horas (a). Porém, com a evolução do sistema, ventos fortes de SE geraram ondas com altura significativa entre 3 e 3,5 m (b).

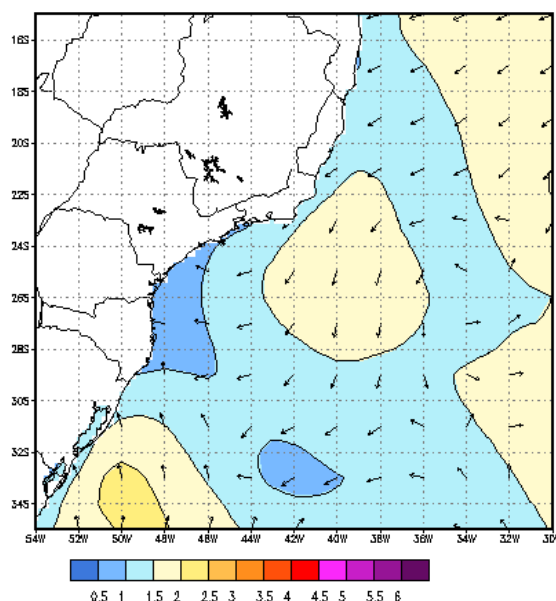
Fonte: ATLASUL.

MODELO WAVE-WATCH III/ATLASUL VEL. (m/s) E DIR. DO VENTO
ANALISE:20/DEC/2004 00UTC (SEGUNDA) +24h SUL E SUDESTE
VALIDO PARA:21/DEC/2004 00UTC (TERÇA)



(a)

MODELO WAVE-WATCH III/ATLASUL ALT. (m) E DIR. DA ONDA
ANALISE:20/DEC/2004 00UTC (SEGUNDA) +24h SUL E SUDESTE
VALIDO PARA:21/DEC/2004 00UTC (TERÇA)



(b)

FIGURA II.5.1.2.60 – Exemplo de atuação do vento de NE, associado ao ASAS (a), levando ao desenvolvimento de um mar local de até 2 m (b).

Fonte: ATLASUL.

As nomenclaturas *swell* e *wind sea*, equivalentes a marulho e vaga, são amplamente utilizadas na literatura técnica, mesmo em língua portuguesa, para designar ondas fora da ou sob a influência do vento e serão empregadas neste estudo.

No diagrama de dispersão de altura x direção das ondas (Figura II.5.1.2.61), pode-se verificar que existem duas direções predominantes para as maiores ondas, ENE e SSW, tanto para a altura significativa, nesse caso, comparada com a direção média dos registros, quanto para as distribuições de altura de *swell* e *wind sea*. Na rosa de ondas relativa à direção média, pode-se notar que há uma distribuição entre SW e S.

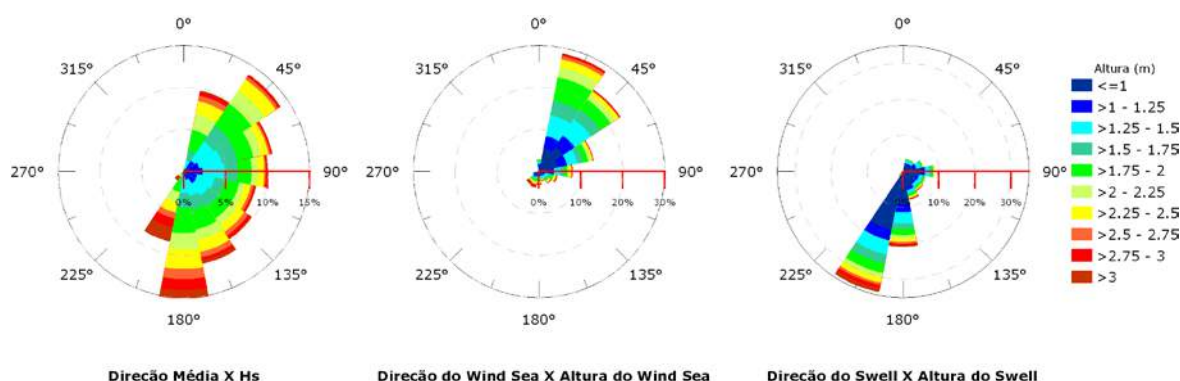


FIGURA II.5.1.2.61 – Diagrama de dispersão para altura e direção para Hs (esquerda), Wind sea (centro) e swell (direita).

Pela localização do ponto, praticamente não há ondas de oeste, embora ondas de formação local possam ser geradas dessa direção. Os máximos de altura estão associados ao quadrante S. Da Tabela II.5.1.2.9 a Tabela II.5.1.2.11, são apresentados esses resultados. A maioria dos registros para ondas do tipo *swell* são provenientes de S (52,09%), com alturas entre 0,5 e 1,5 m (54,26%). Para ondas do tipo *wind sea*, a maioria dos registros são provenientes de NE (~50%), com alturas entre 1 e 2 m (55,5%).

TABELA II.5.1.2.9 – Correlação entre altura significativa e direção média.

Direção ->		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq (%)
Hs											
0,00	0,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
0,50	1,00	2	65	174	101	29	2	1	0	374	1,98
1,00	1,50	42	1006	1229	945	616	39	3	3	3883	20,58
1,50	2,00	178	1894	1348	1326	1463	137	10	7	6363	33,72
2,00	2,50	240	1572	692	797	1525	184	3	4	5017	26,59
2,50	3,00	83	401	232	381	919	150	3	2	2171	11,51
> 3,00		21	68	57	108	547	259	0	0	1060	5,62
Total		566	5006	3732	3658	5099	771	20	16	18868	
Freq (%)		3,00	26,53	19,78	19,39	27,02	4,09	0,11	0,08		

TABELA II.5.1.2.10 – Correlação entre altura e direção do swell.

Direção ->		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq (%)
Hswell											
0,00	0,50	134	128	295	419	1864	129	1	0	2970	15,84
0,50	1,00	20	431	1210	802	2404	309	2	0	5178	27,62
1,00	1,50	46	650	921	684	2303	389	0	1	4994	26,64
1,50	2,00	45	270	449	323	1536	347	0	0	2970	15,84
2,00	2,50	12	53	128	170	885	237	0	0	1485	7,92
2,50	3,00	0	2	28	88	474	106	0	0	698	3,72
> 3,00		0	0	2	28	299	122	0	0	451	2,41
Total		257	1534	3033	2514	9765	1639	3	1	18746	
Freq (%)		1,37	8,18	16,18	13,41	52,09	8,74	0,02	0,01		

TABELA II.5.1.2.11 – Correlação entre altura e direção do wind sea.

Direção ->		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq (%)
Hsea (m)											
0,00	0,50	71	191	102	63	61	102	31	5	626	4,84
0,50	1,00	282	1118	408	166	178	188	40	18	2398	18,55
1,00	1,50	447	2023	737	224	167	156	14	4	3772	29,18
1,50	2,00	441	1869	549	236	166	133	4	2	3400	26,31
2,00	2,50	247	981	242	132	136	107	1	0	1846	14,28
2,50	3,00	66	237	84	70	69	63	0	0	589	4,56
> 3,00		10	38	35	37	53	121	0	0	294	2,27
Total		1564	6457	2157	928	830	870	90	29	12925	
Freq (%)		12,10	49,96	16,69	7,18	6,42	6,73	0,70	0,22		

Na Figura II.5.1.2.62, pode ser visualizada a distribuição de período por altura para *swell* e *wind sea*. Embora as duas distribuições sejam, praticamente, normais, nota-se que aquela referente ao *swell* (a) possui ocorrências em períodos mais elevados, maiores que 18 s, embora as maiores alturas (> 3 m) estejam concentradas entre 10 e 14 s. Para o *wind sea* (b), as maiores ondas (> 3 m) estão associadas a períodos de 7 a 11 s, típicos de tempestades na região sudeste do Brasil (CANDELLA, 2008), podendo-se perceber, em pouquíssimas oportunidades, a ocorrência de períodos de até 15 s, com ondas de, aproximadamente, maiores que 3 m. Os detalhes dessa distribuição podem ser vistos nas Tabelas II.5.1.2.12 e II.5.1.2.13. De maneira geral, as ondas do tipo *wind sea* apresentaram maiores alturas, associadas a menores períodos de ondas, entre 1 e 2 m (55,5 %) e entre 4 e 8 s (~81 %), enquanto o *swell*, entre 0,5 e 1,5 m (54,26 %) e 8 e 12 s (~63 %).

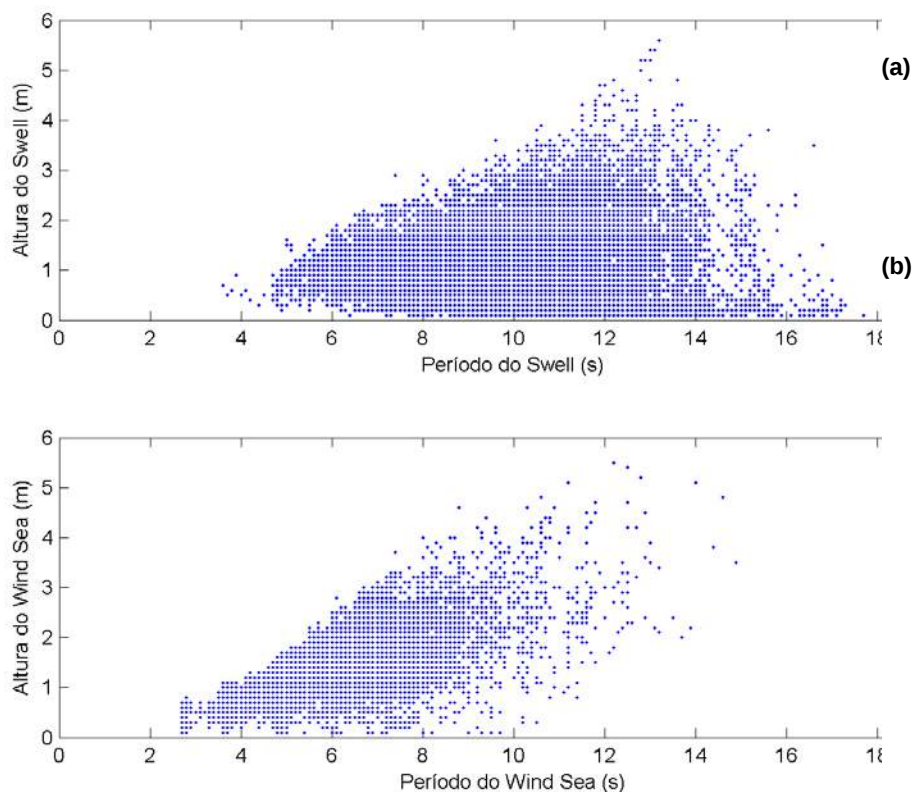
**FIGURA II.5.1.2.62 – Diagrama de dispersão para altura e período de pico para *swell* (a) e *wind sea* (b).**

TABELA II.5.1.2.12 – Correlação entre altura e período (T) do swell.

Tswell (s) -> Hswell		2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-28	Total	Freq (%)
0,00	0,50	0	24	299	951	904	537	211	40	2966	15,83
0,50	1,00	4	176	1454	1785	1303	373	71	12	5178	27,63
1,00	1,50	0	122	1283	1643	1431	457	56	2	4994	26,65
1,50	2,00	0	8	468	1.002	981	455	55	1	2970	15,85
2,00	2,50	0	0	78	412	686	268	40	1	1485	7,92
2,50	3,00	0	0	1	102	375	190	29	1	698	3,72
> 3,00		0	0	0	18	198	200	34	1	451	2,41
Total		4	330	3583	5913	5878	2480	496	58	18742	
Freq (%)		0,02	1,76	19,12	31,55	31,36	13,23	2,65	0,31		

TABELA II.5.1.2.13 – Correlação entre altura e período (T) do wind sea.

Direção -> Hswell (m)		2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	Total	Freq (%)
0,00	0,50	400	127	84	12	3	0	0	0	626	4,84
0,50	1,00	674	1344	340	36	4	0	0	0	2398	18,55
1,00	1,50	41	2579	966	165	21	0	0	0	3772	29,18
1,50	2,00	0	1719	1403	246	30	2	0	0	3400	26,31
2,00	2,50	0	110	1388	290	46	12	0	0	1846	14,28
2,50	3,00	0	0	356	184	44	5	0	0	589	4,56
> 3,00		0	0	58	140	73	19	4	0	294	2,27
Total		1115	5879	4595	1073	221	38	4	0	12925	
Freq (%)		8,63	45,49	35,55	8,30	1,71	0,29	0,03	0,00		

Deve-se levar em consideração que *swell* são ondas que, praticamente não recebem energia do vento local. Portanto, podem apresentar menor contribuição no espectro, caso o vento local esteja, por exemplo, em sentido contrário à sua propagação, dando lugar a espectros multimodais, tanto em duas (frequência x energia), quanto em três dimensões (frequência x energia x direção). Na Figura II.5.1.2.63, é apresentado um exemplo de espectro polar, retirado do sítio ATLASUL (<http://www.lamma.ufrj.br/spo>), no qual pode-se perceber grande concentração de energia trazida pelas ondas de longo períodos, acima de 10 s, caracterizando um *swell* de S/SW. Na figura também podem ser observada uma pequena contribuição de ondas típicas de *wind sea*, com direção NE, e períodos entre 5 e 10 s.

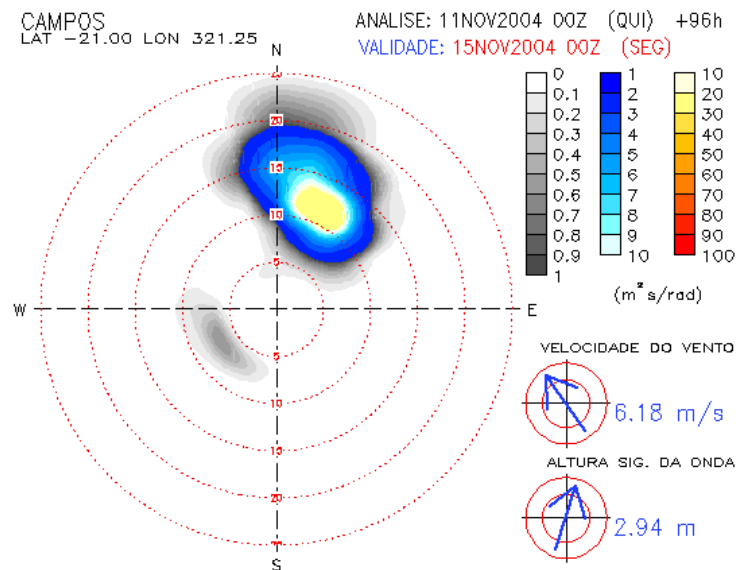


FIGURA II.5.1.2.63 – Espectro Direcional de Ondas para um ponto na Bacia de Campos, ilustrando a presença de um forte swell de SW.

Fonte: Projeto ATLASUL (www.atlasul.com.br).

Na Figura II.5.1.2.64 são apresentados a correlação entre direção e período de pico para *swell* e *wind sea*. Para o *swell*, os maiores períodos estão associados com as direções S e SW. Estas ondas são geradas pela evolução de sistemas frontais, onde tanto o ciclone extratropical, quanto o anticiclone polar, podem formar longas pistas, gerando, assim, ondas com período elevado.

Os maiores períodos de *wind sea* estão associados à direção sul, enquanto aqueles mais comumente relacionados ao ASAS (10 a 12 s) distribuem-se entre as direções E e N. Os resultados detalhados dessa figura podem ser vistos nas Tabelas II.5.1.2.14 e II.5.1.2.15.

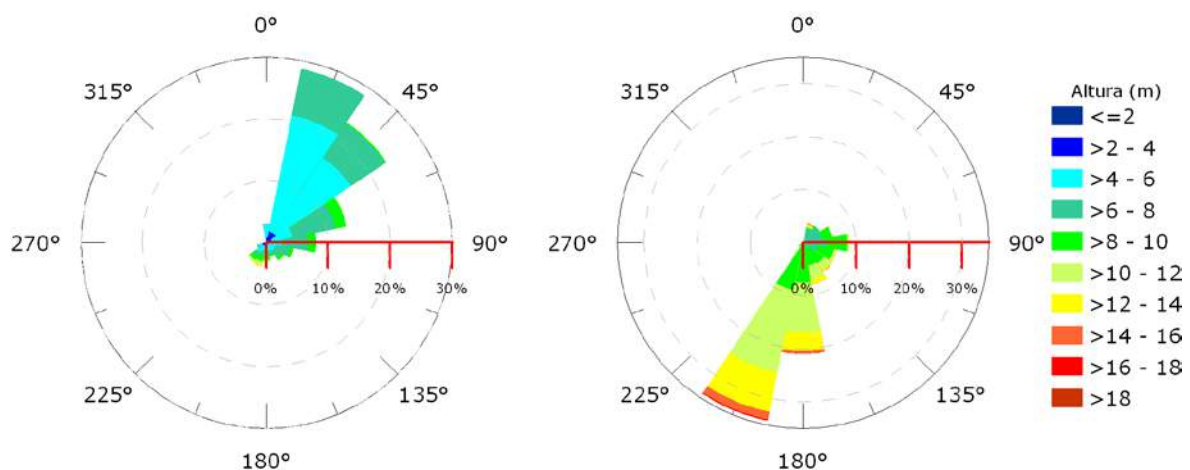


FIGURA II.5.1.2.64 – Diagrama de dispersão para direção e período de pico para *swell* (a) e *wind sea* (b).

TABELA II.5.1.2.14 – Correlação de direção e período para o *swell*.

Direção -> Hswell (m)		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq (%)
2	4	0	0	0	2	0	1	1	0	4	0,02
4	6	50	214	28	11	13	11	2	1	330	1,76
6	8	71	1095	1379	519	358	161	0	0	3583	19,11
8	10	5	212	1445	1249	2468	534	0	0	5913	31,54
10	12	46	12	178	533	4380	729	0	0	5878	31,36
12	14	50	0	3	175	2063	189	0	0	2480	13,23
14	16	28	1	0	25	428	14	0	0	496	2,65
> 16		7	0	0	0	55	0	0	0	62	0,33
Total		257	1534	3033	2514	9765	1639	3	1	18746	
Freq (%)		1,37	8,18	16,18	13,41	52,09	8,74	0,02	0,01		

TABELA II.5.1.2.15 – Correlação de direção e período para o *wind sea*.

Direção -> Hswell		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq (%)
2	4	182	391	126	107	93	144	56	16	1115	8,63
4	6	991	3551	481	274	259	281	29	13	5879	45,49
6	8	387	2330	1128	373	191	181	5	0	4595	35,55
8	10	4	181	408	153	172	155	0	0	1073	8,30
10	12	0	4	14	21	93	89	0	0	221	1,71
12	14	0	0	0	0	20	18	0	0	38	0,29
14	16	0	0	0	0	2	2	0	0	4	0,03
16		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Total		1564	6457	2157	928	830	870	90	29	12925	
Freq (%)		12,10	49,96	16,69	7,18	6,42	6,73	0,70	0,22		

O histograma de altura significativa (Figura II.5.1.2.65-a) indica que os valores típicos desse parâmetro são de 1,5 a 2,5 m, mas alturas de até 5,5 m podem ser observadas. Seja em medições, seja em modelagem, valores de Hs inferiores a 1,0 são bastante raros, como indicado no gráfico. Grande parte do *swell* (Figura II.5.1.2.65-b) possui altura reduzida, entre 0,5 e 1,0 m. Já para o *wind sea* (Figura II.5.1.2.65-c), as maiores ocorrências são para as classes centradas em 1,0 e 1,5 m.

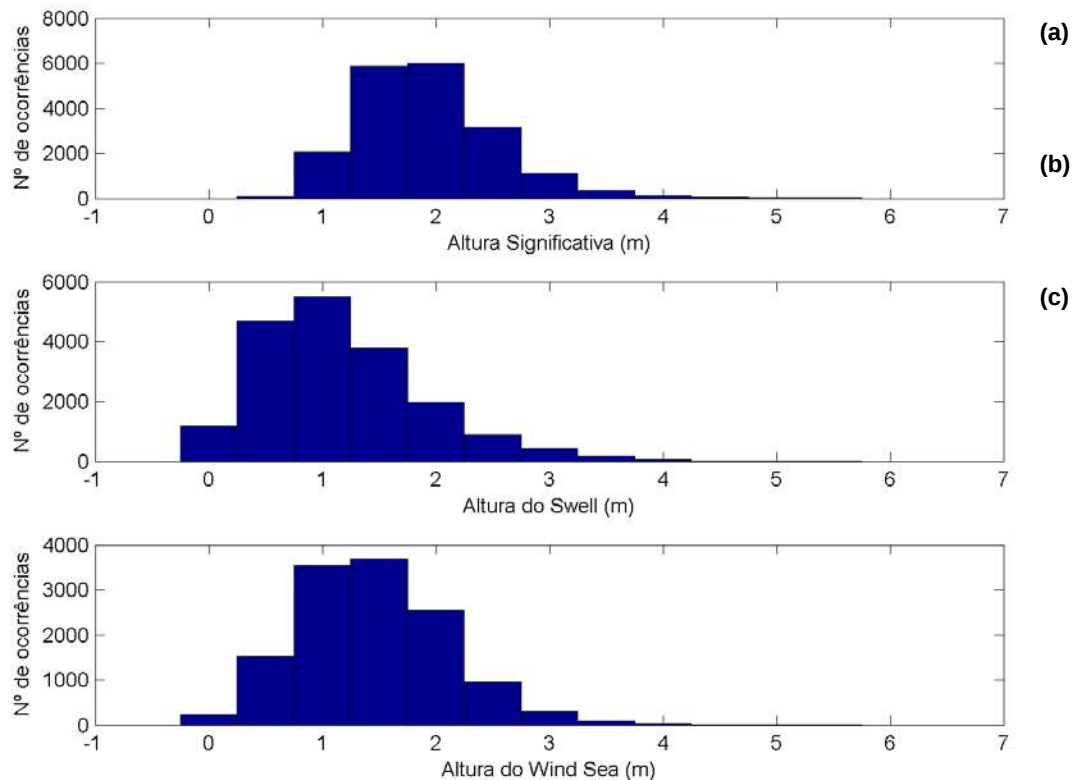


FIGURA II.5.1.2.65 – Distribuição de alturas para altura significativa (a), *swell* (b) e *wind sea* (c), em classes de 0,5 m.

As séries temporais das alturas significativas (Figura II.5.1.2.66-a), alturas de *swell* (Figura II.5.1.2.66-b) e alturas do *wind sea* (Figura II.5.1.2.66-c) apresentam um claro ciclo sazonal nos valores dos três parâmetros.

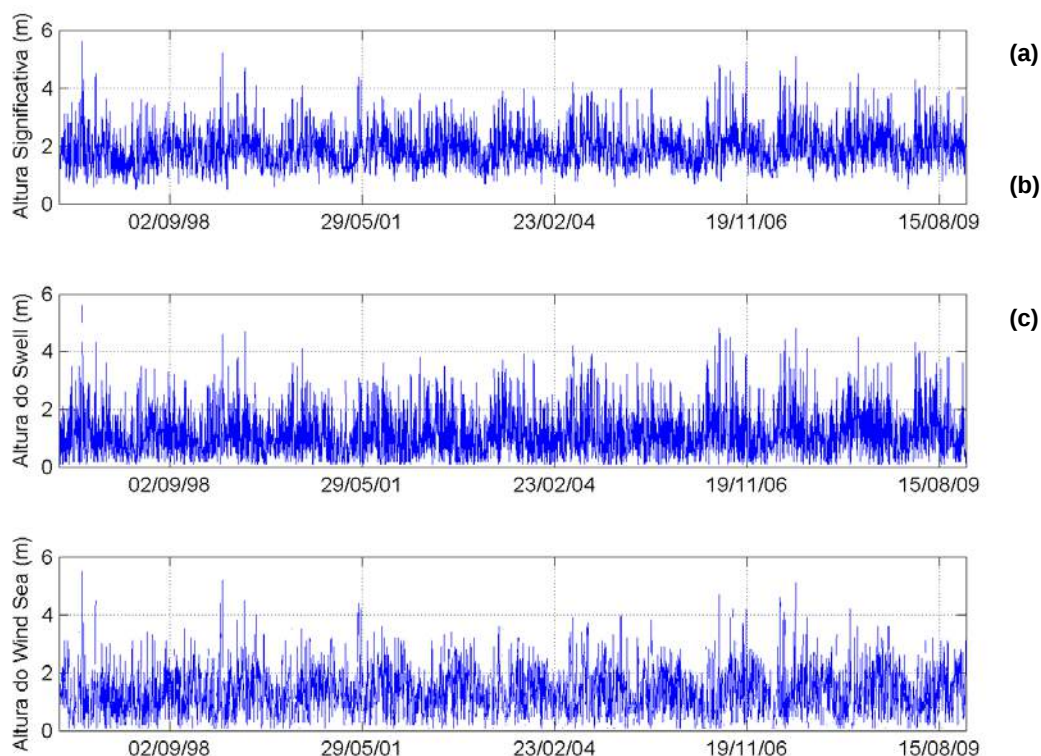


FIGURA II.5.1.2.66 – Série temporal de altura significativa (a), altura do swell (b) e altura do wind sea (c).

Na Figura II.5.1.2.67, evidencia-se o ciclo sazonal da altura significativa média (a), sendo observados dois picos principais, em maio e setembro. No mesmo gráfico, percebe-se que as alturas tendem a ser maiores no período central do ano, entre o fim do outono (maio) e meados da primavera (novembro).

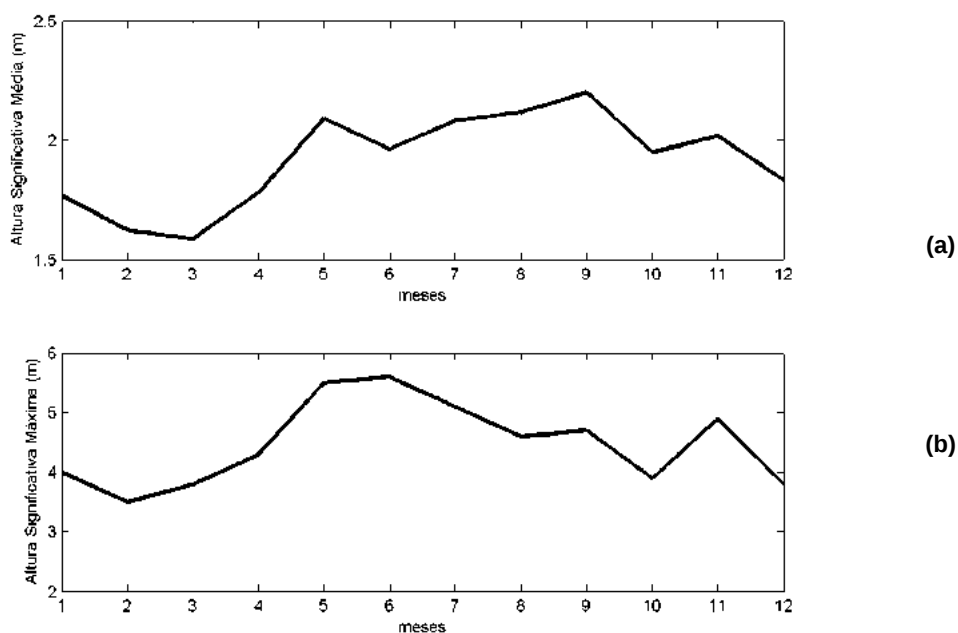


FIGURA II.5.1.2.67 – Valores médios (a) e máximos (b) mensais da altura significativa.

O gráfico referente às alturas médias do *swell* (Figura II.5.1.2.68-a) indicam maiores valores no período de inverno, com alturas máximas (Figura II.5.1.2.68-b) de até 5,5 m provocadas por tempestades de inverno no Atlântico Sul.

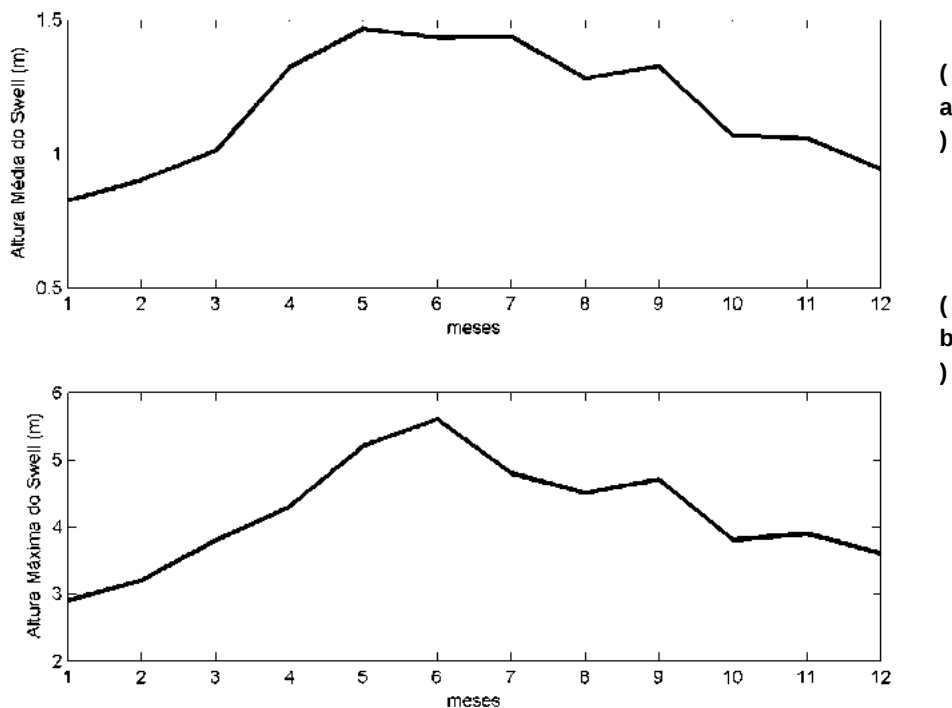


FIGURA II.5.1.2.68 – Valores médios (a) e máximos (b) mensais do *swell*.

Assim, como nas séries temporais mostradas na Figura II.5.1.2.67-a, o comportamento das alturas médias (Figura II.5.1.2.69-a) e máximas (Figura II.5.1.2.69-b) do *wind sea* é análogo ao da altura significativa, indicando que o estado de mar na região da Bacia de Campos é dirigido, principalmente, por este parâmetro.

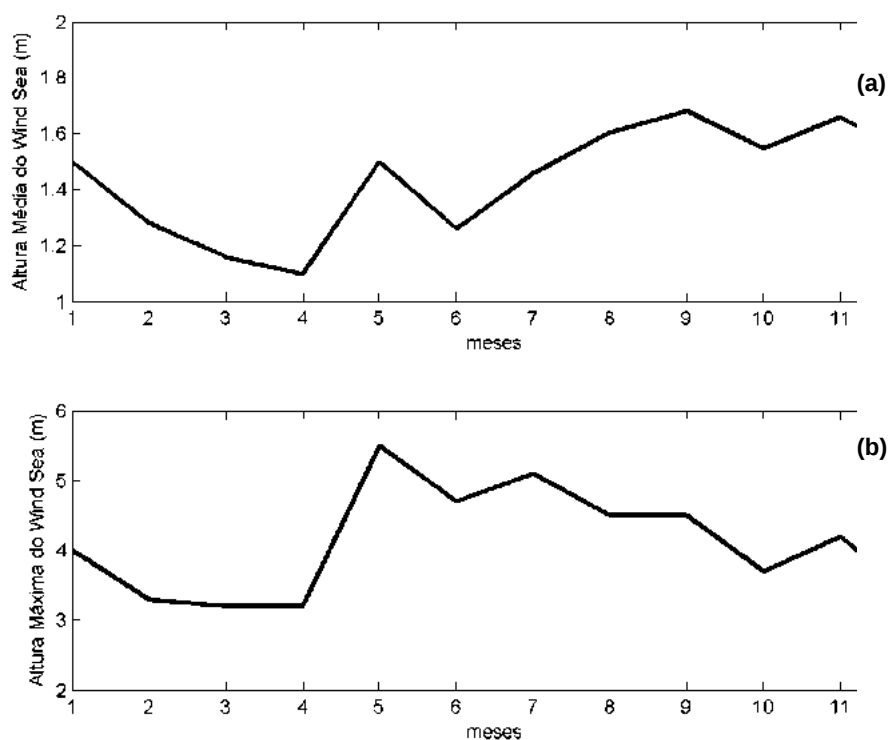


FIGURA II.5.1.2.69 – Valores médios (a) e máximos (b) mensais do *wind sea*.

A Tabela II.5.1.2.16 apresenta os valores médios e máximos mensais de *Hs*, altura do *swell* e altura do *wind sea*. Novamente verifica-se que o período compreendido entre o final do outono e início da primavera é o mais propício a ocorrência de extremos de ondas na região da Bacia de Campos.

TABELA II.5.1.2.16 – Valores médios e máximos mensais e máximos para altura significativa, *swell* e *wind sea*.

mês	Hs		Swell		Wind Sea	
	média	máxima	média	máxima	média	máxima
janeiro	1,8	4,0	0,8	2,9	1,5	4,0
fevereiro	1,6	3,5	0,9	3,2	1,3	3,3
março	1,6	3,8	1,0	3,8	1,2	3,2
abril	1,8	4,3	1,3	4,3	1,1	3,2
maio	2,1	5,5	1,5	5,2	1,5	5,5
junho	2,0	5,6	1,4	5,6	1,3	4,7
julho	2,1	5,1	1,4	4,8	1,5	5,1
agosto	2,1	4,6	1,3	4,5	1,6	4,5
setembro	2,2	4,7	1,3	4,7	1,7	4,5
outubro	2,0	3,9	1,1	3,8	1,5	3,7
novembro	2,0	4,9	1,1	3,9	1,7	4,2
dezembro	1,8	3,8	0,9	3,6	1,5	3,3

Em resumo, a agitação marítima com características de *wind sea* (mar de formação local) na área da Bacia de Campos tem, basicamente, 3 fontes principais: o anticiclone semipermanente do Atlântico Sul (ASAS), que pode gerar ondas das direções norte a leste; a passagem de sistemas frontais, que produzem, em geral, ondas de sul e sudoeste; e a evolução desses sistemas frontais, onde o deslocamento do anticiclone polar, aliado àquele do ciclone extratropical, tendem a formar ondas principalmente da direção S.

Segundo os resultados da simulação, as mesmas fontes podem formar *swell*, tendo, porém, maior contribuição de SW.

A.6. Regime de marés

Podemos classificar a maré quanto ao seu período, ou seja, pode-se determinar se a maré é diurna, semi-diurna, mista principalmente diurna ou mista principalmente semi-diurna (POND; PICKARD, 1978).

Para classificar a maré, calcula-se um fator que leva em consideração a amplitude das principais componentes diurnas e semi-diurnas. Segundo Pond & Pickard (1978), esse fator é definido por:

$$F = \left(\frac{(K_1 + O_1)}{(M_2 + S_2)} \right)$$

De acordo com essa classificação temos:

$F = 0$ a $0,25$: Maré semi-diurna, ou seja, a maré cujo período é de aproximadamente 12h. Neste caso, tem-se duas marés altas e duas marés baixas em 24 horas. A altura de uma preamar é praticamente igual a outra, o mesmo acontecendo com a baixamar.

$F = 0,25$ a $1,5$: Maré mista, principalmente semi-diurna, ou seja, a maré com grandes diferenças de altura entre suas preamares e baixamares. Essa maré é, na maioria das vezes, semi-diurna, podendo ser diurna em algumas épocas do ano.

$F = 1,5$ a $3,0$: Maré mista, principalmente diurna, ou seja, a maré com grandes diferenças de altura entre suas preamares e baixamares. Essa maré é, na maioria das vezes, diurna, podendo ser semi-diurna em algumas épocas do ano.

$F > 3,0$: Maré diurna, ou seja, a maré cujo período é de 24h, aproximadamente. Nesse caso, tem-se apenas uma maré alta e uma maré baixa em 24 horas.

Para a caracterização da maré na região dos Blocos BM-C-39 e BM-C-40, foram utilizadas as constantes harmônicas obtidas do modelo global de marés FES-2004 (de “*Finite Element Solutions*”). Esta é uma versão completamente revisada do modelo hidrodinâmico global de marés iniciado por Le Provost *et al.* (1994). Esta nova versão é baseada na resolução das equações barotrópicas de maré em uma nova grade global de elementos finitos (~1 milhão de nodos), que permitem a resolução independente de dados *in situ* e de sensoriamento remoto. A acurácia destas soluções têm sido otimizada pela assimilação de dados de marégrafos e de altimetria (TOPEX/POSEIDON e ERS-2). São disponibilizados dados de amplitude e fase de 15 constituintes de maré em uma grade com resolução de $1/8^\circ$. Uma descrição mais detalhada do FES-2004 pode ser obtida em Lyard *et al.* (2006).

A partir destes, foram então retirados os dados de fase e amplitude de sete componentes (M2, S2, N2, K2, K1, O1 e Q1) para o ponto localizado na latitude 23,125° S e longitude 41,125° W.

A localização desse ponto na Bacia de Campos pode ser observada na Figura II.5.1.2.70 e as constantes harmônicas encontram-se na Tabela II.5.1.2.17.

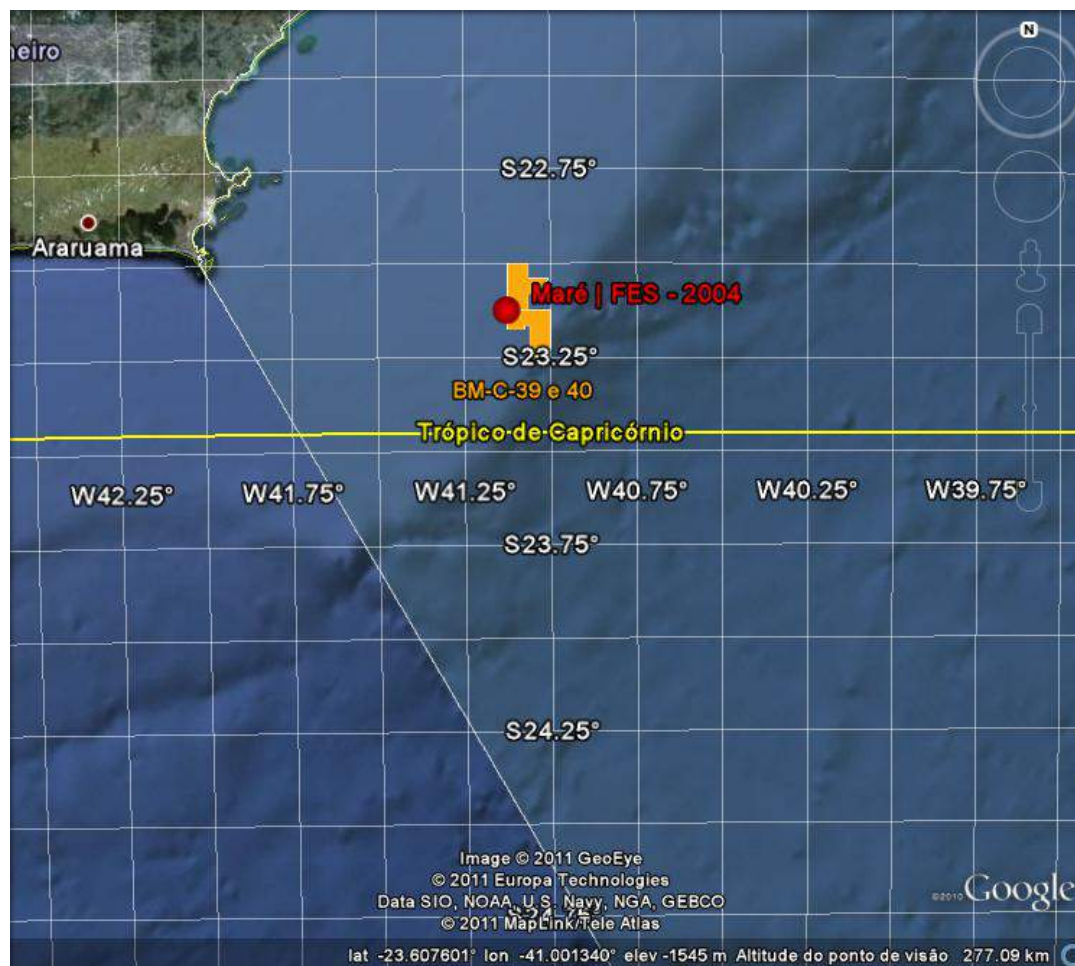


FIGURA II.5.1.2.70 – Posicionamento do ponto de grade do FES-2004 utilizado.

TABELA II.5.1.2.17 – Constantes harmônicas obtidas pelo modelo global de maré FES-2004 no ponto de latitude 23,125° S e longitude 41,125° W.

Componente	Nome	Amplitude (m)	Fase (em relação à Greenwich)
Q1	lunar elíptica diurna	0,02	98,94
O1	lunar principal diurna	0,10	131,73
K1	luni-solar principal diurna	0,06	200,27
N2	lunar elíptica semi-diurna	0,05	185,19
M2	lunar principal semi-diurna	0,34	168,27
S2	solar principal semi-diurna	0,16	179,60
K2	luni-solar semi-diurna	0,04	181,28

Exemplos dos campos de amplitude e fase da componente M_2 (mais significativa na região) podem ser vistos nas Figuras II.5.1.2.71 e II.5.1.2.72. A amplitude da componente M_2 na região da Bacia de Campos apresenta um gradiente em direção ao norte da Bacia (menores valores ao sul, e maiores ao norte). Na região dos Blocos BM-C-39 e BM-C-40, a componente M_2 apresenta amplitude de aproximadamente 0,34 m e fase de $\sim 168^\circ$.

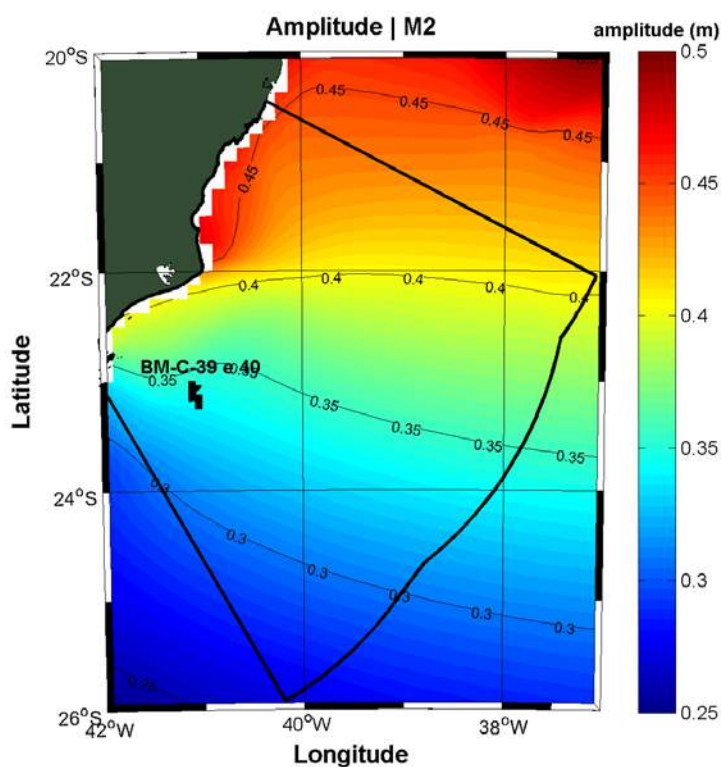


FIGURA II.5.1.2.71 – Amplitude da componente M_2 para região da Bacia de Campos.

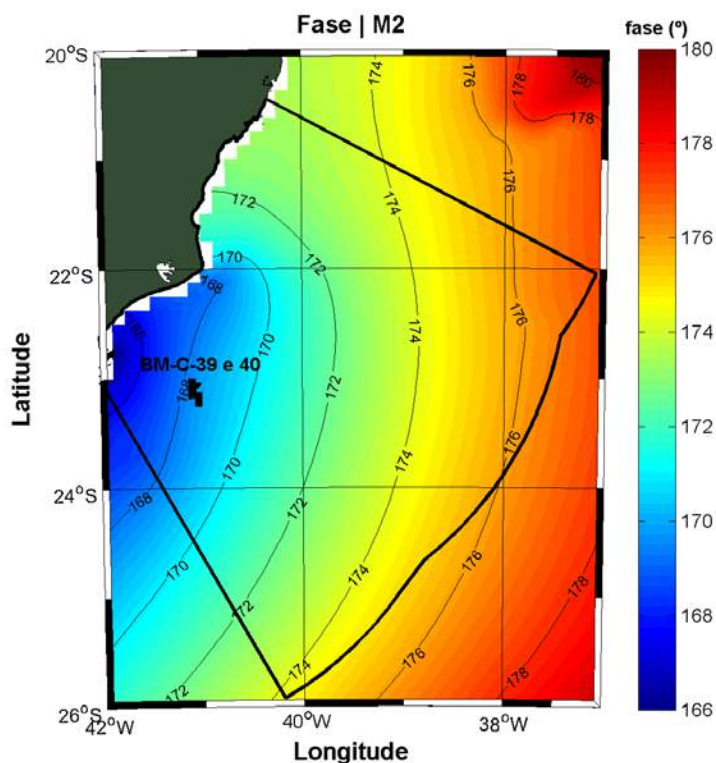


FIGURA II.5.1.2.72 – Fase da componente M2 para região da Bacia de Campos.

Utilizando os valores apresentados na Tabela II.5.1.2.17, podemos concluir que na região de interesse temos: $F = (0,06+0,10) / (0,34+0,16) = 0,32$ – maré mista predominantemente semi-diurna.

Podemos calcular também, segundo a formulação de Pond e Pickard (1978), a média da amplitude das marés de sizígia, que nesse caso será:

$2(M2+S2) = 100$ cm, para os dados do FES-2004 e;

Portanto, podemos classificar a maré na região como sendo mista predominantemente semi-diurna com desigualdade e com amplitudes médias de maré de sizígia variando em torno de 100 cm.

Na Figura II.5.1.2.73 é apresentada a série de elevação para todo o ano de 2010. Foram verificadas alturas máximas de aproximadamente 0,61 m, e mínimas de -0,71 m. Através da figura, podemos concluir que as marés de quadratura na região possuem amplitudes médias da ordem de 50 cm.

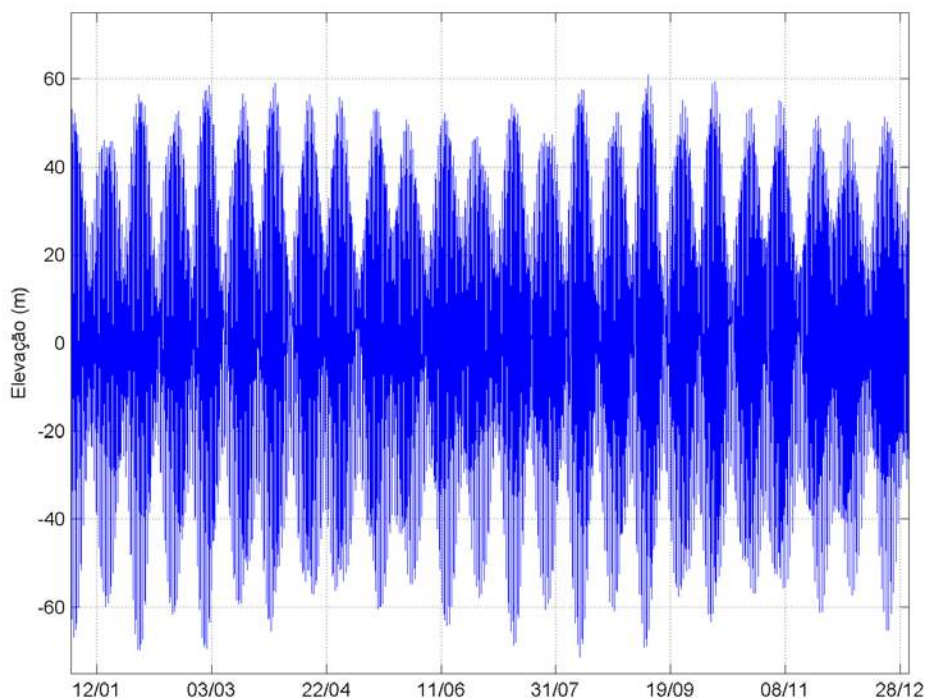


FIGURA II.5.1.2.73 – Elevação da superfície do mar (cm) para todo o ano de 2010.

A.7. Condições Extremas

As regiões sul e sudeste do Brasil são, freqüentemente, influenciadas pela passagem de sistemas frontais. A influência desses sistemas no oceano é expressa em alterações substanciais no regime de ondas, seja em função de efeitos locais ou de fenômenos sinóticos, tais como a chegada de grandes ondulações geradas, por exemplo, em altas latitudes.

As condições extremas de ondas observadas na região podem estar associadas a 3 sistemas sinóticos diferentes: ASAS, passagem de Sistemas Frontais ou deslocamento do anticiclone polar.

No caso de domínio do ASAS, ondas com direções de NE-E podem chegar a até 4,0 m de Hs, configurando um cenário crítico para operações no mar. Entretanto, as condições mais severas de mar observadas na região estão associadas à evolução de Sistemas Frontais, onde ondulações de SW a SE podem atingir a região com 5 m de Hs. A maior passagem de sistemas frontais na região durante o período de inverno e de primavera, faz com que esses períodos sejam mais propícios a ocorrência de eventos extremos de ondas.

No regime hidrodinâmico, os valores máximos de velocidades de correntes observados na região próxima aos Blocos BM-C-39 e BM-C-40, através dos dados do DEPROAS, do MyOcean e do mondoOGX, foram respectivamente de 0,94 m/s, 0,91 m/s e 1,06, indicando que as velocidades máximas de corrente na região são da ordem de 1 m/s. As três bases de dados analisadas indicam um fluxo preferencial para SW associado à CB.

B. Considerações finais

A análise dos dados oceanográficos da região da Bacia de Campos, mais especificamente próximo aos Blocos BM-C-39 e BM-C-40, mostrou a presença da AM, da AT e da ACAS. Não foram verificadas massas d'água mais profundas, pois os blocos estão situados em região com profundidade máxima de aproximadamente 400 m.

Os dados de correntes mostram que a região é influenciada principalmente pela Corrente do Brasil, com velocidades médias variando entre 0,18 e 0,63 m/s e velocidades máximas da ordem de 1,0 m/s, associadas a um fluxo preferencial para SW. A região também está sujeita à variabilidade espaço-temporal dos vórtices associados, como verificado nas referências bibliográficas.

As condições de ondas observadas na região podem estar associadas a 3 sistemas sinóticos diferentes: o ASAS, passagem de Sistemas Frontais ou deslocamento do anticiclone polar.

No caso de domínio do ASAS, ondas com direções de NE-E podem chegar a até 4,0 m de Hs, configurando um cenário crítico para operações no mar. Entretanto, as condições mais severas de mar observadas na região estão associadas à evolução de Sistemas Frontais, onde ondulações de SW a SE podem atingir a região com 5,0 m de Hs.

Tanto o regime de ondas quanto o de correntes são forçados pelo regime de ventos, dependendo principalmente da atuação de sistemas meteorológicos como o ASAS e a passagem de sistemas frontais. Entretanto, deve-se ressaltar que o regime de correntes depende de outros fatores, sendo o efeito do vento observado de forma mais direta na região sobre a plataforma continental.

As marés na região dos Blocos BM-C-39 e BM-C-40 são mistas e predominantemente semidiurnas, com amplitudes médias de maré de sizígia da ordem de 1,00 m, e amplitudes médias de quadratura de aproximadamente 0,50 m.

