

II.5.1 - MEIO FÍSICO

Os subitens que compõem este diagnóstico, II.5.1.1 - Meteorologia, II.5.1.2 - Oceanografia, foram adequados seguindo as recomendações do Parecer Técnico CEGPG/IBAMA 364/13 elaborados descrevendo-se as características intrínsecas e os processos do meio físico que são influenciados ou que podem influenciar as atividades, normais ou decorrentes de acidentes, das atividades do Projeto Rota Cabiúnas.

Por se tratar de uma área de estudo de grande extensão, os processos físicos meteorológicos e oceanográficos atuantes na região do empreendimento têm diversas escalas espaciais e temporais, e podem incidir em regiões específicas desta área. Um exemplo dessa variação está no compartimento oceanográfico: considerando-se toda a área de estudo, nota-se que tanto as massas de água quanto as forçantes hidrodinâmicas são diferentes para a região mais próxima à linha de costa (plataforma continental), para o talude e para o oceano profundo. Desta maneira fez-se necessário uma caracterização compartimentada para as descrições meteorológicas e oceanográficas, todavia, focada nos aspectos importantes e que influenciam as condições na área de estudo.

Assim, o subitem II.5.1.1 - Meteorologia, foi elaborado de forma a caracterizar os mecanismos da circulação atmosférica considerando-se os sistemas de macroescala (América do Sul e Oceano Atlântico), escala regional ou mesoscala e local. Estas três escalas espaciais são importantes para o entendimento das variações atmosféricas na área de estudo.

Já para o subitem II.5.1.2 - Oceanografia, a descrição foi elaborada para os compartimentos fisiográficos plataforma continental, talude continental e oceano profundo, sendo que para cada uma destas feições foram descritos os processos oceanográficos principais e que são importantes para o completo entendimento dos movimentos e das características das águas marinhas na área de estudo.

Principalmente para os itens II.5.1.1 - Meteorologia e II.5.1.2 - Oceanografia, parâmetros como direção de ventos, correntes, ondas e as variações sazonais (estações do ano) seguiram algumas convenções, descritas a seguir:

Convenções adotadas

Ao longo do texto, as direções de ventos, ondas e correntes apresentadas em figuras e tabelas referem-se ao Norte verdadeiro, e são indicadas de acordo com seus subquadrantes. As respectivas siglas estão de acordo com a língua inglesa e estão listadas no **Quadro II.5.1-1**, que também mostra os intervalos numéricos que compõem cada um dos quadrantes. O 0° representa o Norte, com incrementos em rotação horária (90° Leste).

Quadro II.5.1-1 - *Intervalos numéricos para os quadrantes de direções, utilizados no diagnóstico do meio físico.*

Direção	Sigla	Intervalo Numérico
Norte	N	337,5° - 22,5°
Nordeste	NE	22,5° - 67,5°
Leste	E	67,5° - 112,5°
Sudeste	SE	112,5° - 157,5°
Sul	S	157,5° - 202,5°
Sudoeste	SW	202,5° - 247,5°
Oeste	W	247,5° - 292,5°
Noroeste	NW	292,5° - 337,5°

Para representar a direção das propriedades vetoriais, como no caso das velocidades do vento e correntes, foram utilizadas duas convenções: vetorial e meteorológica.

Na convenção vetorial a direção indica o destino. Por exemplo, em uma citação corrente Sudoeste, a corrente está se deslocando para o quadrante Sudoeste. A convenção meteorológica indica a origem. Assim, em uma citação vento Nordeste, o vento vem do quadrante Nordeste.

Desta maneira, a direção das correntes marinhas segue a convenção vetorial, enquanto a direção do vento e ondas segue a convenção meteorológica.

Outra convenção adotada refere-se às estações do ano. Para caracterizar a sazonalidade das propriedades, estas são descritas considerando-se a média anual e as médias nos meses de verão, outono, inverno e primavera. Os meses de verão aqui adotados são janeiro, fevereiro e março, os de outono abril, maio e

junho, inverno julho, agosto e setembro e primavera outubro, novembro e dezembro.

II.5.1.5 - Meteorologia

Para o completo entendimento de todos os processos atmosféricos que podem influenciar a área de estudo, é necessária a descrição de fenômenos de diferentes escalas espaciais. Devido às características da área de estudo, as escalas que influenciam diretamente a meteorologia são: macroescala (América do Sul e Oceano Atlântico), mesoescala (circulações regionais) e escala local (áreas costeiras influenciadas por características orográficas, por exemplo).

Para realizar a caracterização meteorológica dos fenômenos de escalas espaciais de macro e mesoescala que influenciam diretamente a área de estudo, foi necessário extrapolar os limites geográficos desta, englobando a América do Sul e o Atlântico Sul. Esta caracterização foi feita por meio de revisão bibliográfica e descritiva dos fenômenos atmosféricos importantes, selecionando os principais mecanismos de circulação atmosférica que exercem influência nas condições de tempo na área de estudo, mostrando as variações espaço-temporais mais relevantes. Foram descritas as variações mensais, sazonais e anuais dos parâmetros temperatura, pressão atmosférica, ventos, precipitação, evaporação, umidade relativa, insolação e radiação solar. Tais parâmetros foram obtidos a partir de séries recentes e históricas de dados coletados por instituições de pesquisas e estações meteorológicas localizadas na área de estudo.

Adicionalmente, foram utilizados dados do modelo meteorológico de circulação geral da atmosfera do *National Center for Environmental Prediction - NCEP* e *National Center for Atmospheric Research - NCAR*, disponibilizados pelo *Climate Diagnostics Center - CDC* da *National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA*, ambos dos Estados Unidos da América.

Desta maneira, este subitem apresenta 2 tópicos: **A) Sistemas de macroescala e mesoescala e B) Meteorologia na área de estudo**. O tópico **A** mostra os fenômenos de escalas espaciais de macro e mesoescala que influenciam diretamente a área de estudo. No tópico **B** é apresentada a metodologia adotada para descrição dos parâmetros na área de estudo,

descrevendo as características das séries obtidas, contemplando frequência de amostragem, abrangência temporal e locais de coleta. Sistemas de macroescala e mesoescala

A) Sistemas de Macroescala e mesoescala

Os sistemas de macroescala têm dimensões da ordem de algumas centenas de quilômetros e duração da ordem de um dia a meses. Neles se enquadram, por exemplo, frentes frias, ciclones e anticiclones. Esses são importantes também na definição das características climáticas e sazonais nas diversas regiões do globo, incluindo a área de estudo.

Os sistemas de mesoescala têm dimensões da ordem de 1 km até cerca de 100 km. A duração característica é da ordem de 1 h a 1 dia. Nessa categoria são enquadrados os fenômenos: tornados, linhas de instabilidade, tempestades isoladas, conjuntos ou sistemas de nuvens, ilhas de calor e brisas.

As atividades do Rota Cabiúnas estão localizadas em parte na Bacia de Campos e em parte na Bacia de Santos - região Sudeste do Brasil, Oceano Atlântico. Deste modo a meteorologia na área de estudo é influenciada pela presença de dois sistemas de macroescala: o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul - ASAS e o Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul - ASPS, com destaque para o primeiro.

Esses sistemas de alta pressão (que têm ventos girando no sentido anti-horário) são responsáveis por parte das condições de tempo sobre o continente sul-americano, pois do posicionamento deles dependem os mecanismos de penetração de massas de ar provenientes do Sul e a geração de sistemas de mesoescala continentais, como o desenvolvimento de sistemas convectivos, que são responsáveis por grande parte da precipitação (VAREJÃO, 2000).

Para entender como estes centros de alta pressão atuam sobre a atmosfera na área de estudo estão apresentadas na **Fonte: NOAA (2002)**.

Figura II.5.1.5-1 e na **Fonte: NOAA (2002)**.

Figura II.5.1.5-2 os posicionamentos dos referidos anticiclones nos meses de janeiro e julho, sendo estes meses representativos das estações verão e inverno,

respectivamente. Estas figuras foram confeccionadas de acordo com Reanálises do NCEP (NOAA, 2002), a partir de dados de pressão atmosférica referentes ao período entre 1968 e 1996.

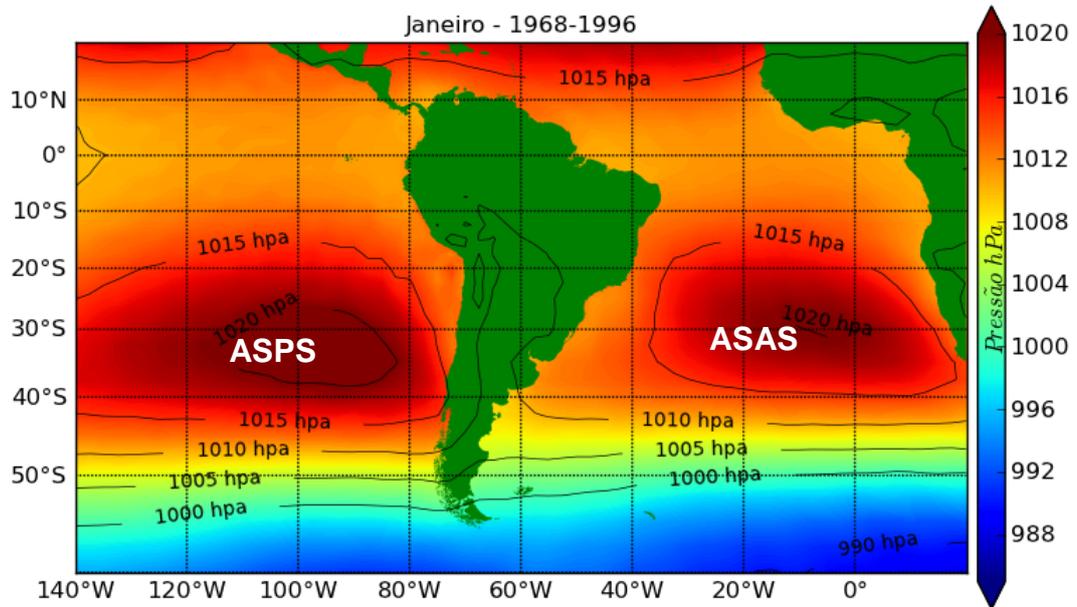


Figura II.5.1.5-1 – Pressão atmosférica indicando o posicionamento dos sistemas de Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul - ASPS e do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul - ASAS no verão.

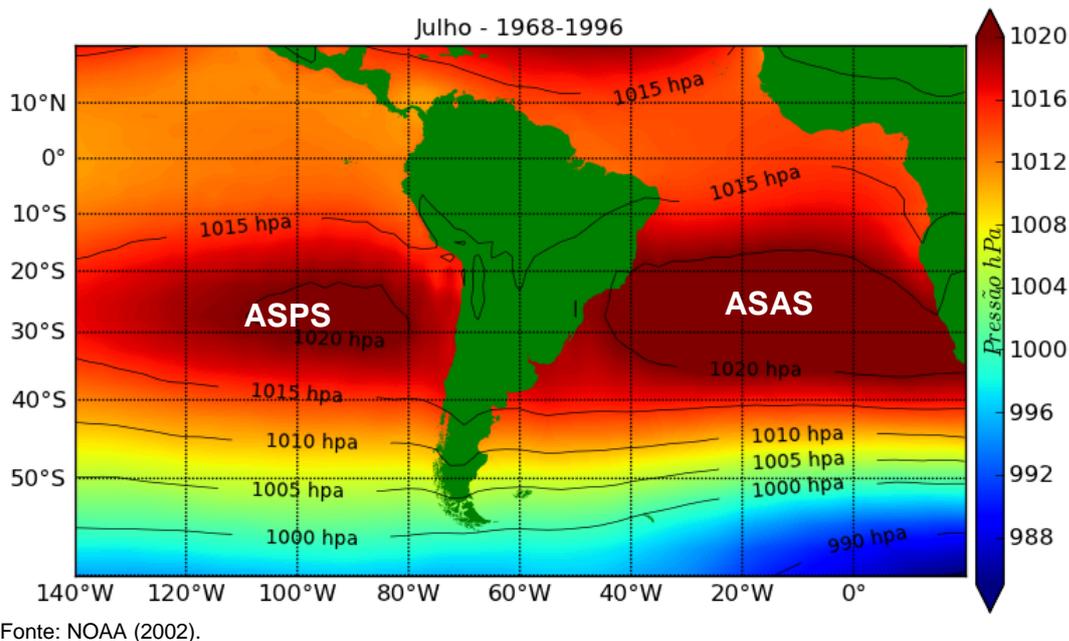


Figura II.5.1.5-2 – Pressão atmosférica indicando o posicionamento dos sistemas Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul - ASPS e do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul - ASAS no inverno.

O ASPS tem a circulação dos ventos em sua borda Leste induzida pela orientação da Cordilheira dos Andes, tendo portanto, sobre a América do Sul direção predominante de Sul para Norte, induzindo assim um escoamento de ar frio e seco e determinando uma condição de grande estabilidade atmosférica em baixos níveis (STULL, 2000).

O ASAS apresenta variação de seu posicionamento quando comparados os meses de verão e de inverno: no mês de janeiro, seu centro encontra-se posicionado mais próximo ao continente Africano e no mês de julho mais próximo ao continente Sul-americano. Assim, o ASAS está mais distante da área de estudo nos meses de verão e mais próximo nos meses de inverno. Esta maior penetrabilidade na área de estudo nos meses de inverno, conota uma condição de maior estabilidade atmosférica (VAREJÃO, 2000).

Portanto, para a área de estudo, as condições da meteorologia são impostas pelo ASAS, com ventos de origem Nordeste-Leste, com maiores pressões e estabilidade atmosférica nos meses de inverno. Estas condições padrões de tempo sofrem influências de perturbações ondulatórias que modificam as condições meteorológicas na área de estudo. Dentre tais sistemas destacam-se:

frentes (frias, quentes e estacionárias), ciclones extratropicais e anticiclones polares.

A área de estudo do Projeto é também influenciada pelo mecanismo conjunto El Niño/Oscilação Sul, denominado por ENSO - *El Niño-Southern Oscillation*. Este é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais no oceano Pacífico Tropical, e pela La Niña, que também é um fenômeno oceânico-atmosférico, contudo com propriedades opostas ao El Niño, e que se caracteriza por um esfriamento anormal nas águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical (CPTEC/INPE, 2012).

Estudos indicam que, para a área de estudo, as principais alterações provocadas pelo El Niño são:

- A região Sul do Brasil é afetada por um aumento de precipitação, particularmente durante a primavera no primeiro ano do evento e, posteriormente, no fim do outono e início do inverno no segundo ano do evento (CPTEC/INPE, 2012).
- O Sudeste do Brasil apresenta temperaturas mais altas, tornando o inverno mais ameno (CPTEC/INPE, 2012).

Alguns dos impactos da La Niña tendem a ser opostos aos do El Niño, mas nem sempre uma região afetada pelo El Niño apresenta impactos significativos no tempo e clima devido à La Niña. Para a área de estudo, a região Sul do Brasil é atingida por severas secas, enquanto a região Sudeste tem suas características atmosféricas alteradas com pouca previsibilidade (CPTEC/INPE, 2012).

As Frentes Frias - FF que afetam a área de estudo são geradas em latitudes médias e se caracterizam por movimentos no sentido polo–Equador (Sul para Norte), embora também existam forças de componente Oeste–Leste que promovem uma trajetória final predominante Sudoeste–Nordeste, com pequenas variações sazonais em torno dessa trajetória. No verão, as FF deslocam-se predominantemente de Sul–Sudoeste para Norte–Nordeste. No inverno, seus deslocamentos tendem a ser de Oeste–Sudoeste para Leste–Nordeste. As condições de tempo associadas a esses sistemas apresentam, normalmente, nuvens cumuliformes, com precipitações nas suas bandas frontais (VAREJÃO, 2001).

As Frentes Quentes – FQ, assim como as chamadas Linhas de Instabilidade – LI, ocorrem, em especial, nas latitudes tropicais, embora essas regiões estejam principalmente sujeitas aos mecanismos convectivos, tendo nas nuvens cumuliformes seus mais importantes agentes potencias de ocorrência de tempo meteorológico. No caso das FQ, o ar quente é que substitui o ar frio na superfície e o movimento é do Equador para os polos, no sentido Noroeste-Sudeste (VAREJÃO, 2001).

Na situação em que a massa de ar frio não consegue avançar sobre a massa de ar quente, surge a denominada Frente Estacionária - FE. A precipitação associada a este sistema é geralmente fraca e de origem estratiforme.

Durante o verão os sistemas frontais podem se manter “semiacionados” na área de estudo devido à presença de vórtices ciclônicos em altos níveis, na região Nordeste do Brasil

Nos meses de verão pode ocorrer a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A ZCAS é uma persistente faixa de nebulosidade orientada no sentido Noroeste-Sudeste, que se estende do Sul da amazônia ao atlântico Sul-Central (área de estudo do empreendimento) por alguns milhares de km, orientada no sentido NW-SE (KOUSKY, 1988, FIGUEROA (1997). A ZCAS pode ser caracterizada por sua estacionaridade por, pelo menos quatro dias, provocando assim, a alteração no regime de chuvas das regiões afetadas (QUADRO, 1994).

Os Ciclones Extratropicais - CE são áreas de baixa pressão que ocorrem sobre a área de estudo, apresentando circulação ciclônica (sentido horário dos ventos), com ventos intensos e grande índice pluviométrico. São mais comuns no inverno, embora comecem a aparecer no outono e ainda sejam encontrados na primavera. É um sistema cujo deslocamento predominante se dá no sentido Sudoeste–Nordeste e de Oeste–Leste sobre a área de estudo (STULL, 2000).

Os Anticiclones Polares que ocorrem na área de estudo constituem-se numa massa de ar frio que tem origem no continente Antártico. O Anticiclone Polar Migratório - APM é caracterizado por ser uma extensa área de alta pressão, constituída de ar muito frio, denso e seco. O APM apresenta um alto grau de estabilidade em sua porção central devido à subsidência, proporcionando condições de céu claro e boa visibilidade. À medida que se desloca para latitudes

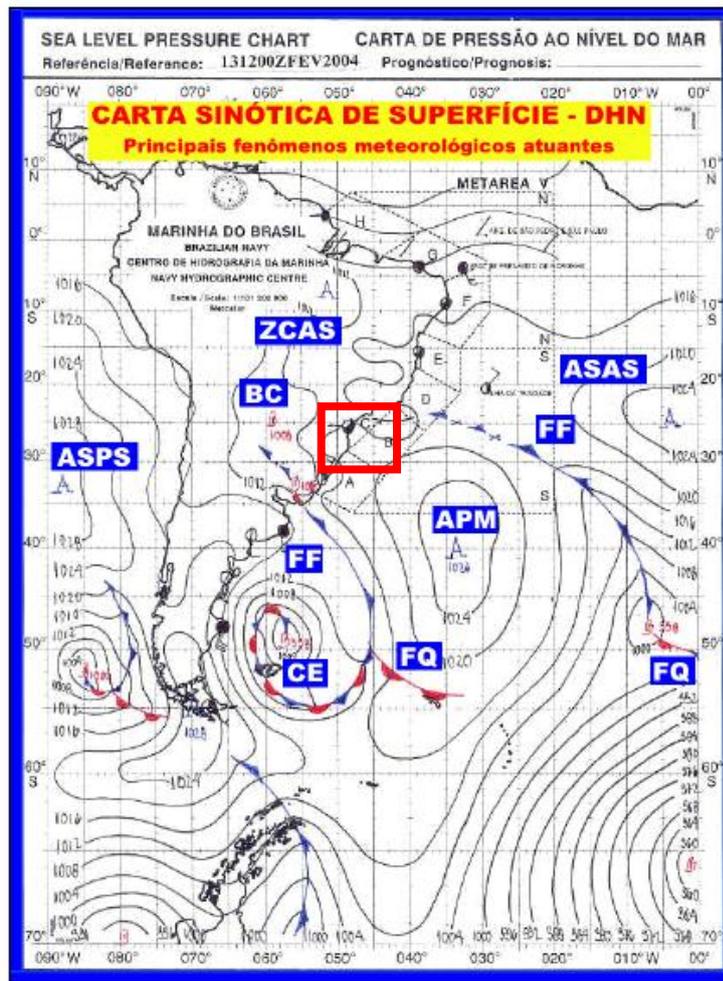
mais baixas, um APM absorve calor e umidade da superfície do mar, relativamente mais quente, mudando gradativamente suas características iniciais e se tornando cada vez mais instável, de acordo com sua trajetória (STULL, 2000).

Durante o inverno, um APM se apresenta mais frequente e intenso e com dimensões superiores àquelas normalmente identificadas no verão. Ao atingir o continente, APM sofre grandes efeitos de atrito, face à topografia acidentada da superfície, sujeitando-se a frequentes bloqueios em seu deslocamento, enfraquecendo-se ou dissipando-se ao entrar em contato com a convergência da baixa continental ou com o ASAS (STULL, 2000).

A Alta da Bolívia - AB ocupa, preferencialmente, a Região Centro-Oeste, de 10° S a 25° S e de 52° W a 72° W, com centro posicionado em torno de 17° S/ 62° W. É gerada no verão, a partir da liberação de calor latente pelo forte aquecimento convectivo da atmosfera sobre a Região do Chaco, formando uma área de baixa pressão denominada “Baixa do Chaco”, que afeta diretamente o Sul da Região Centro-Oeste e parte do estado de São Paulo. No inverno, entretanto, a “baixa continental” posiciona-se no extremo Noroeste do continente Sul-americano (VAREJÃO, 2001).

A **Fonte: Marinha** do Brasil

Figura II.5.1.5-3 mostra uma carta sinótica meteorológica de superfície com as ilustrações dos principais fenômenos meteorológicos descritos que atuam sobre a área de estudo.



Fonte: Marinha do Brasil

Figura II.5.1.5-3 - Carta Sinótica ilustrativa de 12:00Z (horário do Meridiano de Greenwich), do dia 13/02/2004, com indicações dos principais sistemas meteorológicos, que correspondem a: ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul; BC – Baixa do Chaco; ASPS – Alta Subtropical do Pacífico Sul; FF – Frente Fria; APM – Anticiclone Polar Migratório; FQ – Frente Quente; ASAS – Alta Subtropical do Atlântico Sul; CE – Ciclone extratropical. O quadrado vermelho indica a localização aproximada das atividades do Projeto Rota Cabiúnas. As isolinhas indicam a pressão em hPa.

A área de estudo também está submetida aos chamados Sistemas Convectivos de Mesoescala - SCM ou de Escala Regional, que são definidos como qualquer agrupamento de nuvens convectivas com forma linear ou circular

e que, em algum estágio do ciclo de vida, contenha núcleos convectivos nas regiões adjacentes (DURIGON & FOSTER, 2004).

No espectro dos SCM, destacam-se as Linhas de Instabilidade Tropicais - LIT, os Complexos Convectivos de Mesoescala - CCM e os sistemas de circulações locais (STULL, 2000).

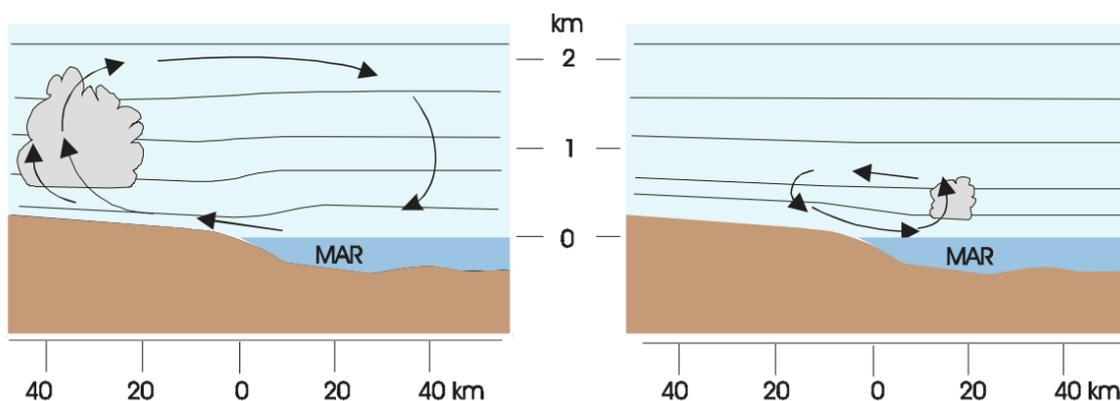
As LIT são depressões barométricas, na forma de linhas organizadas em pequenas dorsais, associadas aos sistemas de alta pressão originários do interior do continente, em especial nos meridianos de 45° a 40° W, sendo muito frequentes durante o verão e raras durante o inverno (STULL, 2000). A formação e existência das LIT coincidem com a grande disponibilidade de umidade na Amazônia. Esta umidade, em função do ASAS sobre a área de estudo e da barreira formada pela Cordilheira Andina, é transportada, predominantemente, para Sudeste (VAREJÃO, 2001).

Os CCM constituem-se conjuntos de nuvens cúmulos-nimbos cobertos por densa camada de cirrus que podem ser facilmente identificados em imagens de satélites, como sendo sistemas de nuvens aproximadamente circulares e com um crescimento explosivo num intervalo de tempo de 6 a 12 h. Durante o verão, tais sistemas surgem, preferencialmente, nas regiões serranas da região Sul, onde os fluxos de calor e umidade provenientes da região amazônica passam a fornecer condições necessárias para que esses sistemas cresçam. A trajetória de um CCM tem início, geralmente, a Leste dos Andes, a aproximadamente 25° S, e sobre os vales dos rios Paraná e Paraguai (VAREJÃO, 2001).

Já as circulações locais podem ser de dois tipos: brisa marítima e terrestre e circulação do tipo vale-montanha, sendo que a primeira é a relevante para a área de estudo.

A brisa marítima e terrestre (**Figura II.5.1.5-4**), é um fenômeno de mesoescala, gerada pelo aquecimento diferenciado entre o oceano e o continente, devido à diferença de calor específico destes. Durante o dia, a terra aquece de forma mais rápida que a água do oceano, e o ar ascende. O ar sobre o oceano, mais frio e mais denso do que o ar sobre a terra, desloca-se para a terra, iniciando a brisa marítima. À noite, a terra resfria-se mais rapidamente que o oceano, provocando uma circulação atmosférica em sentido oposto (brisa terrestre). Assim, quanto maior o contraste entre as temperaturas do ar sobre a

terra e sobre o oceano, mais intensos são os ventos. Durante a noite, o contraste de temperatura é geralmente menor do que durante o dia. Logo, a brisa terrestre é mais fraca do que a brisa marítima. Pelo mesmo motivo, a brisa marítima tende a ser mais intensa no verão do que no inverno.



Fonte: Varejão (2001).

Figura II.5.1.5-4 – Seção vertical da atmosfera próxima à costa mostrando as brisas marítima (esquerda) e terrestre (direita). As linhas horizontais representam isóbaras esquemáticas e as setas, a direção do vento.

B) Meteorologia na área de estudo

A meteorologia da área de estudo foi caracterizada pelos parâmetros temperatura, pressão atmosférica, ventos, precipitação, evaporação, umidade relativa, insolação e radiação solar. Tais parâmetros foram obtidos a partir de séries recentes e históricas de dados coletados por instituições de pesquisas e estações meteorológicas na área de estudo.

A descrição destes parâmetros, quando possível, foi correlacionada com os sistemas de macro e mesoescalas descritos no tópico anterior. Ao final deste tópico é apresentado um estudo sobre as frentes frias que passam sobre a área de estudo, com análise estatística destes sistemas frontais, contemplando as variações anuais e sazonais, suas durações médias e o intervalo entre dois eventos consecutivos, abordando-se de forma quali-quantitativa a influência sobre a área de estudo.

A seguir é apresentada a metodologia utilizada para a obtenção dos dados utilizados nesta caracterização e o tratamento dado a estes.

Metodologia

Para a obtenção dos dados utilizados na caracterização meteorológica da área de estudo deu-se preferência para dados que apresentem abrangência temporal e histórica relevantes (séries maiores e mais recentes) e que estão nos limites geográficos desta área de estudo.

O **Quadro II.5.1.5-1** mostra as propriedades dos dados utilizados na caracterização meteorológica, bem como a fonte e localização das estações e pontos de modelagem, enquanto que a **Figura II.5.1.5-5** apresenta a localização dos pontos de amostragem dos parâmetros listados.

Quadro II.5.1.5-1 - Dados utilizados na caracterização meteorológica da área de estudo.

Parâmetros	Fonte	Coordenadas (SIRGAS 2000)		Intervalo de amostragem	Abrangência temporal
		Lat (°S)	Lon (°W)		
Temperatura atmosférica;	METAR ¹ - Macaé (SBME)	22,333	41,766	1 h	1996-1997 1999-2005 2007-2012
Pressão atmosférica;	METAR ¹ - Rio de Janeiro (SBGL)	22,800	43,250		1996-2012
Umidade Relativa;	METAR ¹ - Santa Cruz (SBSC)	22,933	43,716		1996-2005 2007-2012
Ventos	METAR ¹ - Cabo Frio (SBCB)	22,916	42,083		1996 2009-2012
Precipitação	NCEP/NCAR ²	25,500	43,400	6 h	1961-2011
	INMET ³	Macaé (RJ)		Médias mensais	1979-2011
Radiação Solar	NCEP/NCAR ²	25,500	43,400	Climatologia mensal	1961 – 1990
Insolação	INMET ³	Ubatuba (SP)		6 h	1961-2011
Evaporação	NCEP/NCAR ²	21,904	43,125	6 h	1961-2011
	NCEP/NCAR ²	23,809	46,875		
	INMET ³	Florianópolis (SC) Rio de Janeiro (RJ)		Climatologia mensal	1961-1990

¹ - METAR: "METeoro logical Aerodrome Report" (Relatório Meteorológico de Aeródromo). Dados disponíveis em <http://www.wunderground.com//>

² - Modelo meteorológico do National Centers for Environmental Prediction (NCEP) e National Center for Atmospheric Research (NCAR). Dados disponíveis em <http://www.esrl.noaa.gov/psd>.

³ - INMET – Instituto Nacional de Meteorologia – INMET(2002)

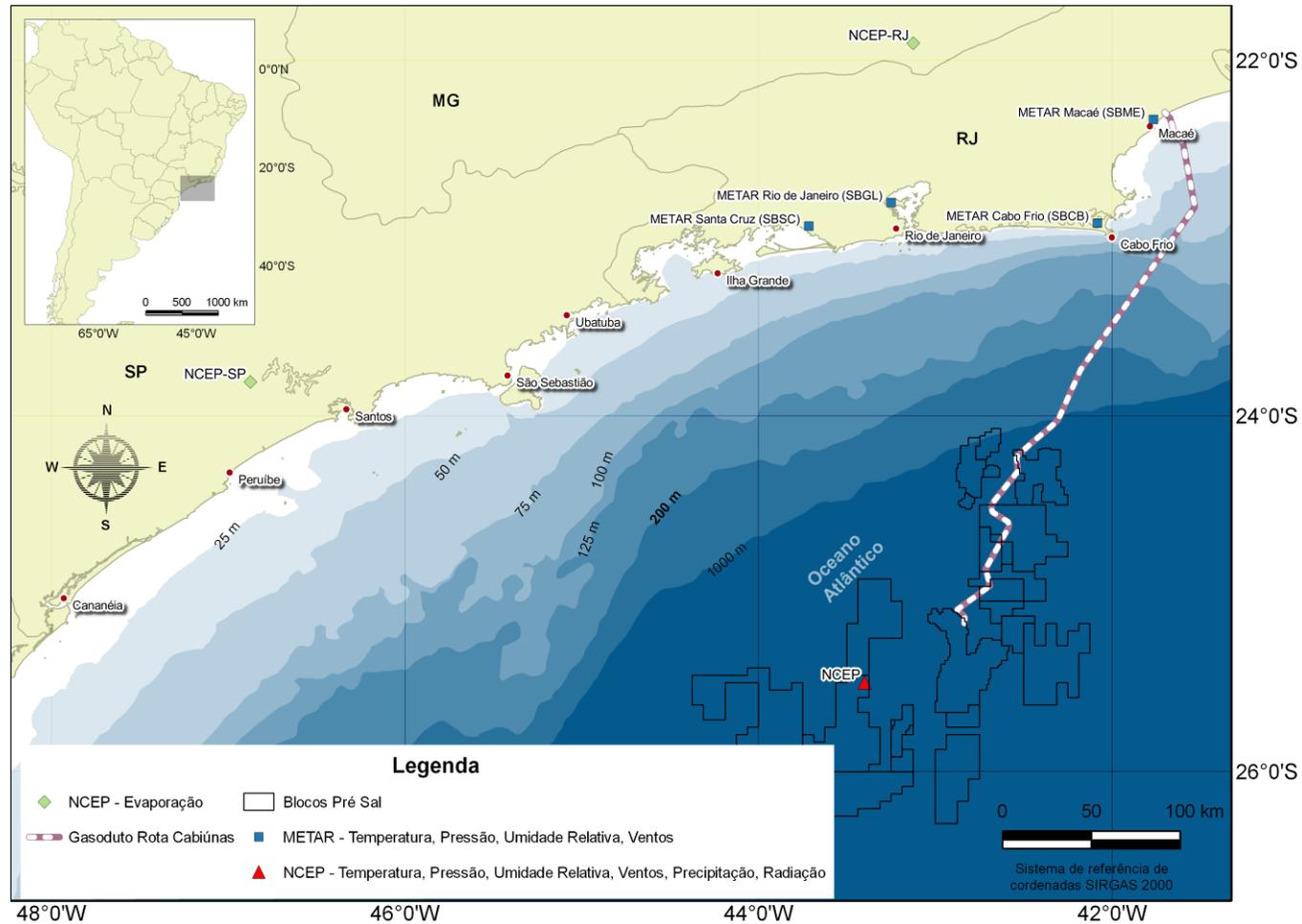


Figura II.5.1.5-5 – Localização dos pontos de amostragem dos parâmetros utilizados para a caracterização meteorológica da região de estudo

Além dos dados apresentados no **Quadro II.5.1.5-1**, para descrever a variação espacial ao longo de toda a área de estudo, foram utilizados dados de diversos pontos de grade (todos disponíveis para a região) da reanálise do NCEP para os parâmetros temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa, precipitação, ventos e radiação solar.

O parâmetro evaporação potencial é calculado, neste modelo, somente sobre os continentes e, desta maneira, não se pode obter sua variação espacial sobre a área de estudo. Os dados utilizados para esta caracterização espacial englobaram anos de 1961 a 2011, com intervalo temporal de 6 h. Foram confeccionados mapas com a variação espacial em média anual, média dos meses de verão e média dos meses de inverno.

Para cada um dos parâmetros analisados foram selecionados os valores mínimos e máximos, além de serem calculados os valores médios e respectivos desvios-padrão. Estas seleções e cálculos foram realizados para se verificar as variações histórica mensal e interanual.

Exclusivamente para o parâmetro vento foi realizado um estudo de análise de eventos extremos. Também foram analisados estatisticamente os sistemas frontais que passaram sobre a área de estudo, contemplando as variações anuais e sazonais da quantidade de frentes, suas características quanto as alterações de ventos, temperatura e pressão, durações médias e o intervalo entre dois eventos consecutivos, abordando-se de forma quali-quantitativa a influência destes sistemas frontais.

Temperatura atmosférica

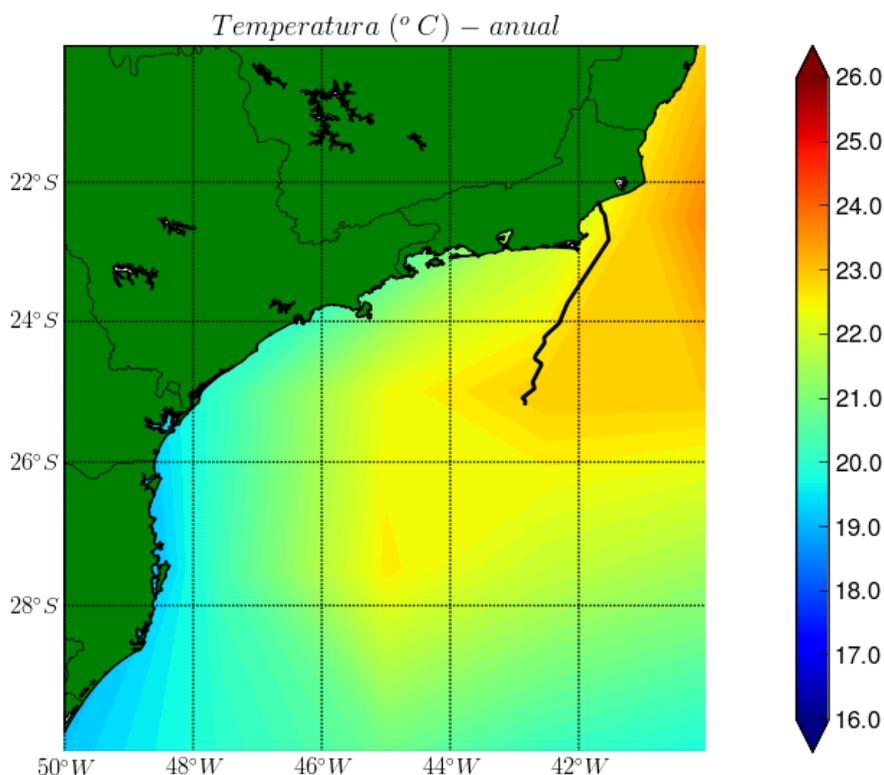
Para caracterizar a temperatura atmosférica na área de estudo foram utilizados dados espaciais do modelo de circulação geral do NCEP/NCAR, e pontuais coletados nas cidades de Macaé, Cabo Frio, Rio de Janeiro e Santa Cruz além de um ponto de grade proveniente do modelo do NCEP/NCAR na região dos blocos do Pré-Sal da Bacia de Santos, indicando o ponto mais profundo do gasoduto Rota Cabiúnas.

Esta variação da temperatura atmosférica foi analisada em termos espaciais para o período anual, e nos meses de verão, outono, inverno e primavera. Nas

localidades listadas acima, foram analisadas as estatísticas básicas (mínima, média, máxima e desvio padrão) para as variações mensais e interanuais.

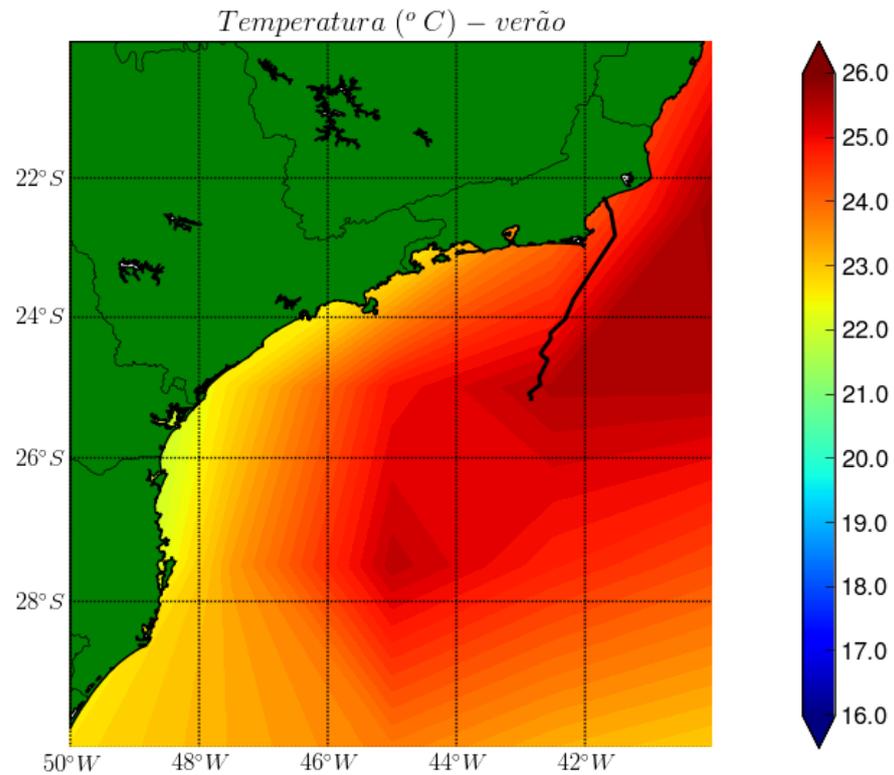
Estas análises são importantes para se determinar qual é a temperatura média na área de estudo, como ela varia espacialmente, quais são os meses mais quentes, os mais frios, aqueles que sofrem maiores variações, se a temperatura ao longo dos anos analisados se manteve constante ou apresenta alguma tendência de aquecimento ou resfriamento. Estas informações podem indicar períodos mais frios que, por exemplo, afetem a degradação de condensado em um possível acidente ambiental

As figuras a seguir mostram a caracterização da temperatura atmosférica de forma espacial entre 1961 e 2011, para o período anual, verão, primavera, outono e inverno, respectivamente (**Figura II.5.1.5-6 a Figura II.5.1.5-10**).



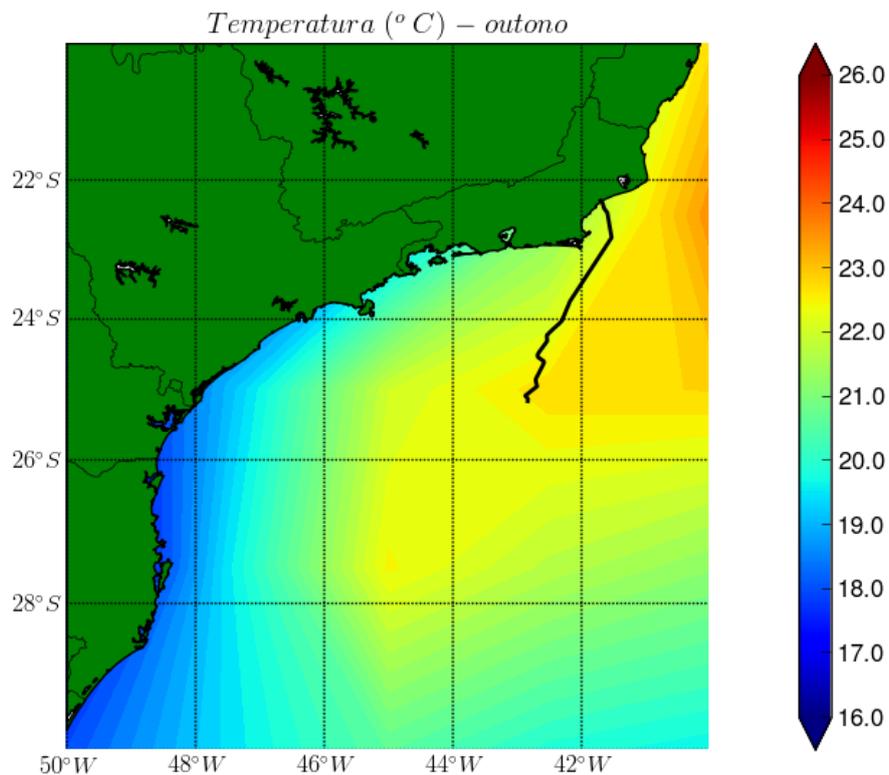
Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-6 – *Temperatura atmosférica em superfície (°C) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média anual. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.*



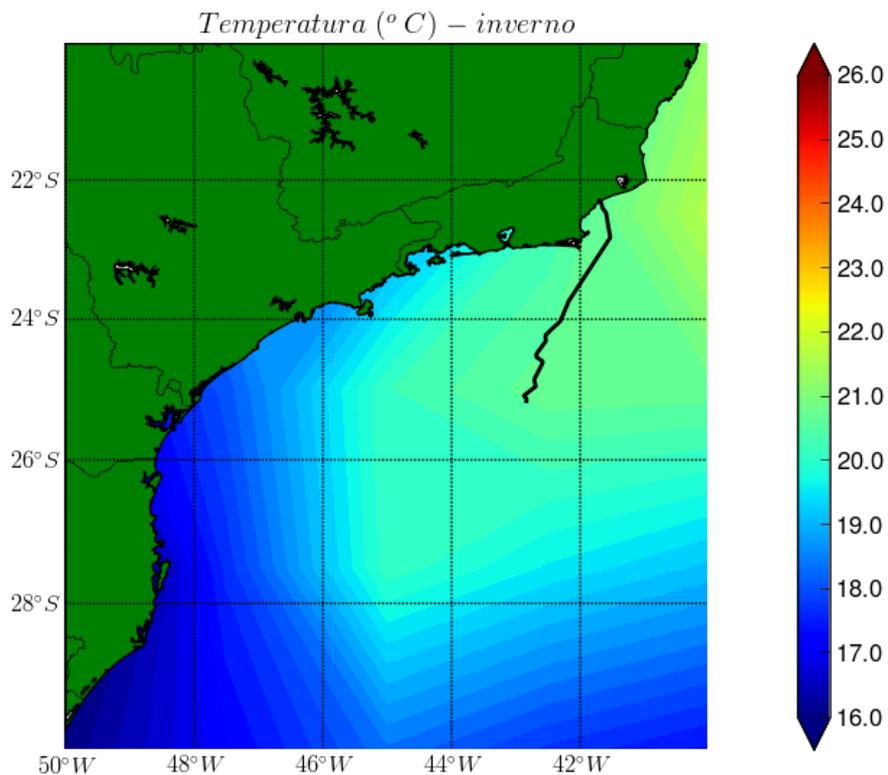
Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-7 – *Temperatura atmosférica em superfície (°C) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média para os meses de verão. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.*



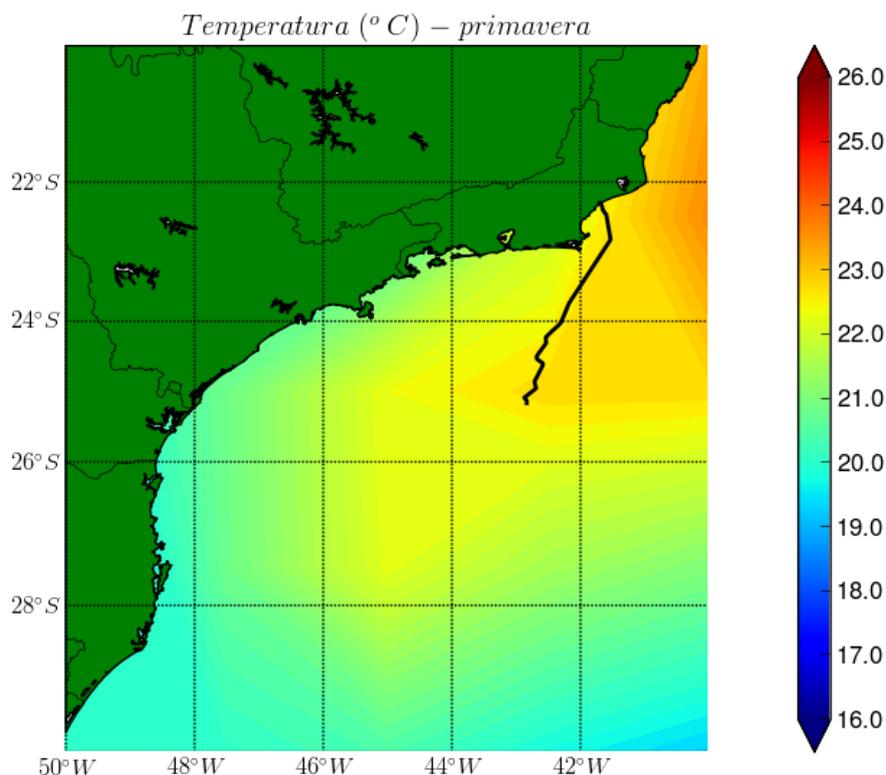
Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-8 – *Temperatura atmosférica em superfície (°C) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média para os meses de outono. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.*



Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-9 – *Temperatura atmosférica em superfície (°C) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média para os meses de inverno. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.*



Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

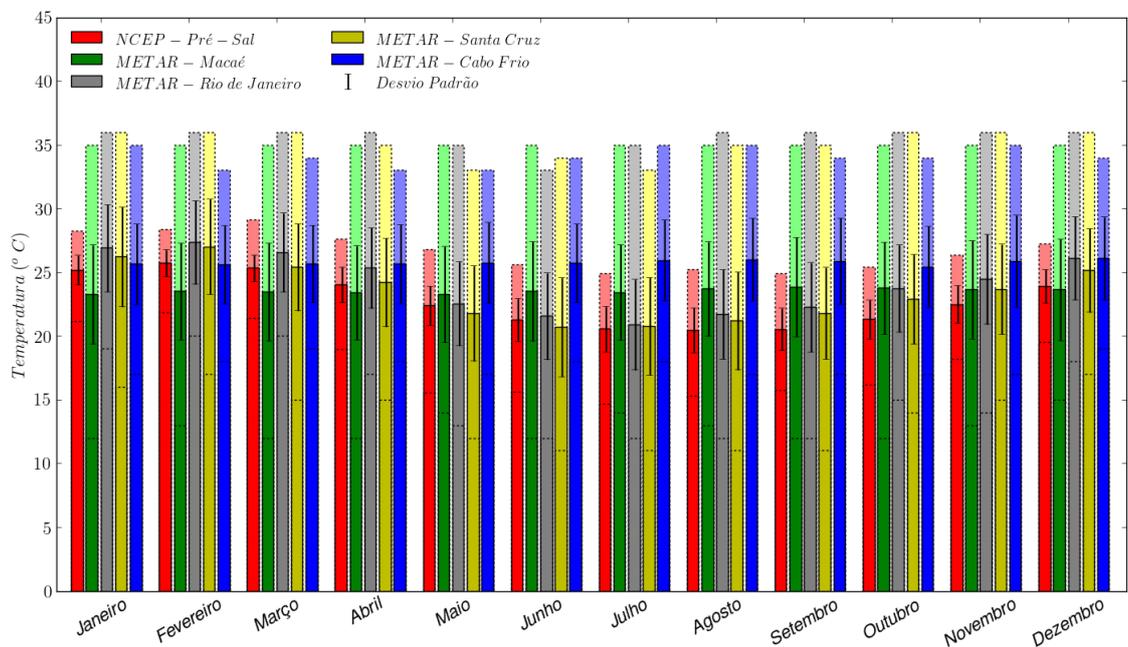
Figura II.5.1.5-10 – *Temperatura atmosférica em superfície (°C) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média para os meses de primavera. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.*

Para a média anual, a **Figura II.5.1.5-6** mostra que na parte oceânica do gasoduto a temperatura atmosférica é de 22,8° C, aproximadamente. Na região costeira este valor é próximo a 20° C ao Sul do estado do Rio de Janeiro. Em meses de verão (**Figura II.5.1.5-7**), na parte oceânica do gasoduto a temperatura média é de 24,5° C, aproximadamente, e na região costeira, 22° C. No inverno (**Figura II.5.1.5-9**) estes valores são inferiores, 21° C e 18,5 °C, aproximadamente, para a região oceânica e costeira, respectivamente. Para os meses de outono e primavera, os valores são intermediárias entre as estações de verão e inverno.

Avaliando-se as temperaturas médias mensais obtidas para os períodos e localizações descritas no **Quadro II.5.1.5-1**, a **Figura II.5.1.5-11** mostra que, em

todos os meses, com excessão do mês de junho, a temperatura média mensal mais elevada dentro das estações analisadas na área de estudo é no Rio de Janeiro.

Pra o ponto no Pré Sal, Rio de Janeiro e Santa Cruz, o mês com temperatura média mais elevada é o de fevereiro, com 25,7, 27,4 e 27,0 °C, respectivamente. Para as cidades de Macaé e Cabo Frio a temperatura vari pouco ao longo dos meses, onde na primeira a amplitude entre os mês mais frio (janeiro 23,3 °C) e os mais quentes (setembro e outubro, 23,8 °C) é de 0,5 °C. Em Cabo Frio a amplitude entre os mês mais frio (outubro, 25,4 °C) e o mais quente (dezembro 26,1 °C) é de 0,7 °C.



Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santos Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

Figura II.5.1.5-11 – *Temperaturas atmosféricas mensais médias (°C) de acordo com locais de coleta descritos no **Quadro II.5.1.5-1**. As barras com cores escuras representam os valores médios, as cores claras (com bordas tracejadas) indicam os valores máximos e mínimos e as linhas verticais cheias, o desvio padrão.*

A **Tabela II.5.1.5-1** lista os valores descritos e apresentados na **Figura II.5.1.5-11**, que mostra também os valores mínimo e máximos absolutos em cada estação, para cada mês do ano. Destaque para o ponto do Pré-Sal que obteve a

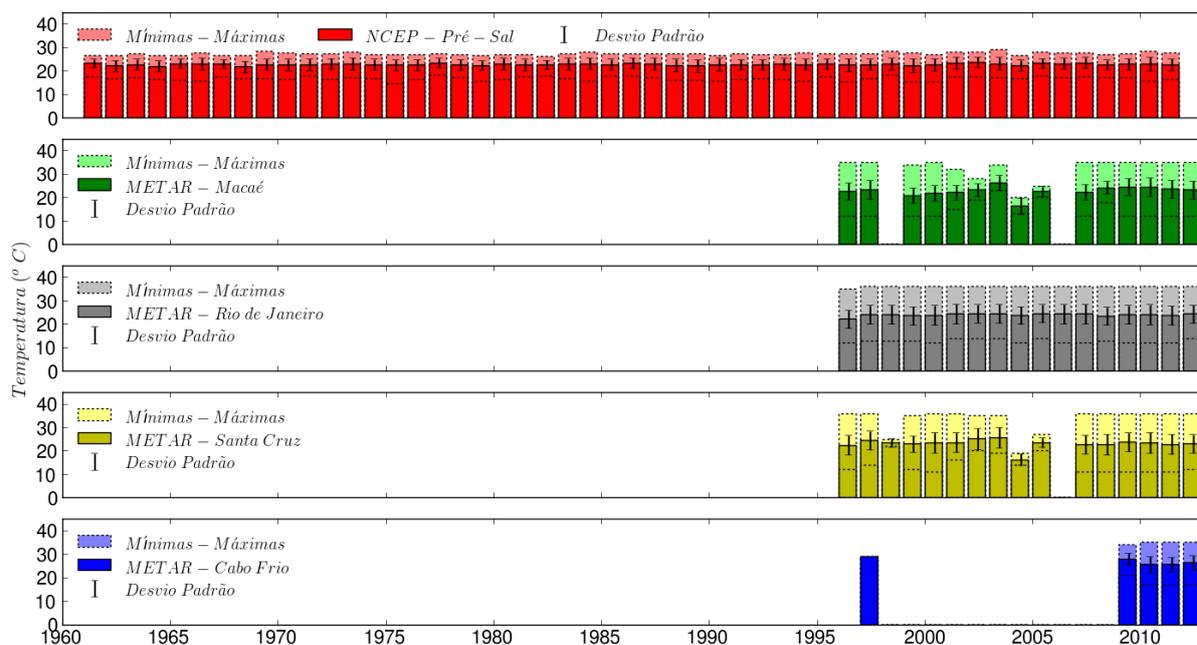
maior temperatura máxima no mês de março (29,1 °C), mesmo mês onde as cidades de Macaé, Rio de Janeiro e Santa Cruz também registraram os máximos absolutos (35,0, 36,0 e 36,0 °C, respectivamente). Os valores mínimos absolutos registrados nestas cidades é de 12,0 °C que ocorreram em Macaé e Rio de Janeiro, principalmente em meses de outono e inverno.

Tabela II.5.1.5-1 - Estatística básica mensal da temperatura atmosférica de acordo com locais de coleta descritos no Quadro II.5.1.5-1.

Temperatura atmosférica (°C)																				
Mês	NCEP - Pré-Sal				METAR - Macaé				METAR - Rio de Janeiro				METAR - Santa Cruz				METAR - Cabo Frio			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Média	Mínimo	Máximo	Desvio
Janeiro	25,2	21,2	28,3	1,2	23,3	12,0	35,0	3,9	26,9	19,0	36,0	3,4	26,2	16,0	36,0	3,9	25,7	17,0	35,0	3,2
Fevereiro	25,7	21,8	28,4	1,0	23,5	13,0	35,0	3,8	27,4	20,0	36,0	3,3	27,0	17,0	36,0	3,7	25,6	18,0	33,0	3,1
Março	25,3	21,4	29,1	1,0	23,5	12,0	35,0	3,9	26,6	20,0	36,0	3,1	25,4	15,0	36,0	3,4	25,7	19,0	34,0	3,0
Abril	24,0	19,0	27,6	1,4	23,4	12,0	35,0	3,7	25,4	17,0	36,0	3,2	24,2	15,0	35,0	3,5	25,7	18,0	33,0	3,1
Mai	22,4	15,6	26,8	1,5	23,3	14,0	35,0	3,8	22,6	13,0	35,0	3,3	21,8	12,0	33,0	3,7	25,8	17,0	33,0	3,2
Junho	21,3	15,6	25,6	1,7	23,5	12,0	35,0	3,9	21,6	12,0	33,0	3,4	20,7	11,0	34,0	3,9	25,7	18,0	34,0	3,1
Julho	20,6	14,7	24,9	1,8	23,4	14,0	35,0	3,8	20,9	12,0	35,0	3,6	20,8	11,0	33,0	3,8	25,9	18,0	35,0	3,2
Agosto	20,5	15,3	25,2	1,8	23,7	13,0	35,0	3,7	21,7	12,0	36,0	3,5	21,2	11,0	35,0	3,9	26,0	17,0	35,0	3,3
Setembro	20,5	15,8	24,9	1,7	23,8	12,0	35,0	3,9	22,3	12,0	36,0	3,5	21,8	11,0	35,0	3,6	25,9	17,0	34,0	3,4
Outubro	21,3	16,2	25,4	1,5	23,8	12,0	35,0	3,6	23,7	15,0	36,0	3,4	22,9	14,0	36,0	3,5	25,4	17,0	34,0	3,2
Novembro	22,5	18,2	26,4	1,5	23,6	13,0	35,0	3,9	24,5	14,0	36,0	3,5	23,7	15,0	36,0	3,5	25,9	17,0	35,0	3,6
Dezembro	23,9	19,5	27,3	1,3	23,6	15,0	35,0	4,0	26,1	18,0	36,0	3,3	25,2	17,0	36,0	3,3	26,1	19,0	34,0	3,3

Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santa Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

Os valores descritos para a temperatura na área de estudo mostram médias mensais ao longo de diversos anos, entretanto, podem ocorrer flutuações das médias interanuais. A **Figura II.5.1.5-12** mostra graficamente os valores médios anuais, valores máximos e mínimos absolutos assim como os desvios-padrão para cada uma das localizações analisadas dentro da área de estudo, mostrando conjuntamente os valores máximos e mínimos absolutos.



Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santa Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

Figura II.5.1.5-12 – *Temperaturas atmosféricas anuais médias (°C) de acordo com locais de coleta descritos no **Quadro II.5.1.5-1**. As barras com cores escuras representam os valores médios, as cores claras (com bordas tracejadas) indicam os valores máximos e mínimos e as linhas verticais cheias, o desvio padrão.*

A partir da **Figura II.5.1.5-12** é possível inferir que nos Blocos do Pré-Sal a temperatura média anual é de 22,8 °C, com média mínima de 21,8 °C no ano de 1968. A temperatura anual média mais elevada foi registrada em 2002 (23,7 °C).

Para as estações METAR, a cidade com média anual mais elevada foi a de Cabo Frio (26,8 °C) e a menor Macaé (22,8 °C).

Estas estatísticas interanuais estão sintetizadas na **Tabela II.5.1.5-2**, e indicam que não foi identificada, nestes conjuntos de dados analisados, nenhuma tendência de aquecimento ou resfriamento.

Tabela II.5.1.5-2 - Temperaturas atmosféricas médias, mínimas e máximas anuais nos locais de coleta descritos no Quadro II.5.1.5-1.

Fonte de dados	Temperatura (°C) anual média				
	Média	Mínima		Máxima	
	°C	°C	ano	°C	ano
NCEP - Pré-Sal	22,8	21,8	1968	23,7	2002
METAR - Macaé	22,8	20,9	1989	26,3	2003
METAR - Rio de Janeiro	24,0	22,2	1996	24,5	2005
METAR - Santa Cruz	23,1	22,5	1996	25,8	2003
METAR - Cabo Frio	26,9	25,5	2010	29,0	1997

Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santos Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

Pressão Atmosférica

Para caracterizar a pressão atmosférica na área de estudo foram utilizados dados espaciais do modelo de circulação geral do NCEP/NCAR e pontuais coletados nas cidades de Macaé, Cabo Frio, Rio de Janeiro e Santa Cruz além de um ponto de grade proveniente do modelo do NCEP/NCAR na região dos blocos do Pré-Sal da Bacia de Santos, indicando o ponto mais profundo do gasoduto Rota Cabiúnas.

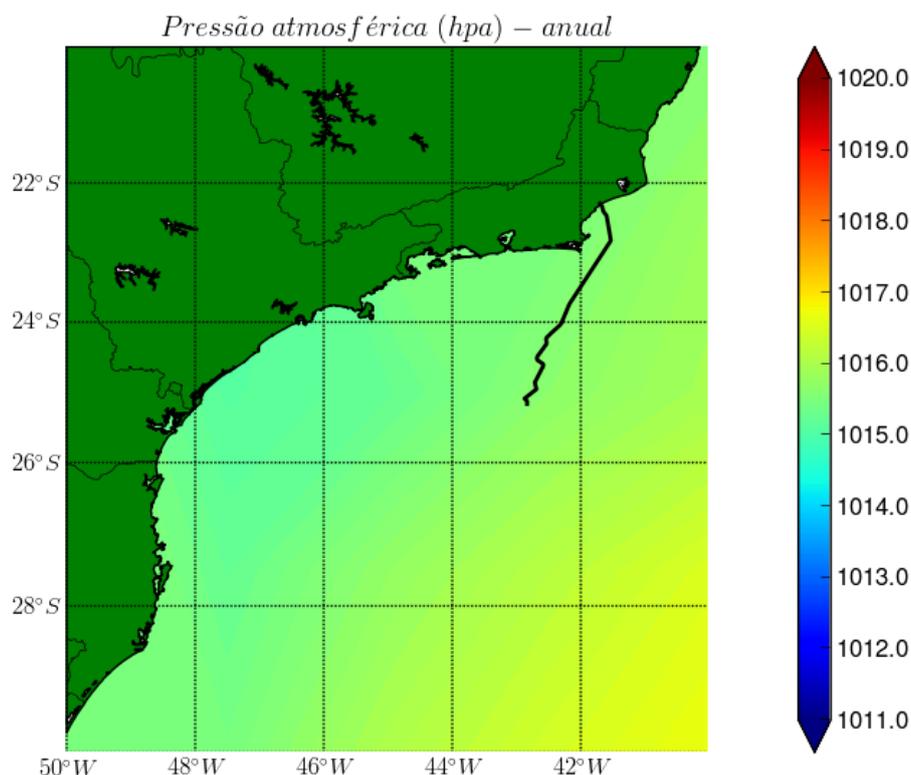
Esta variação da pressão atmosférica foi analisada em termos espaciais para o período anual, de verão, outono, inverno e primavera. Nas localidades listadas acima, foram analisadas as estatísticas básicas (mínima, média, máxima e desvio padrão) para as variações mensais e interanuais.

Estas análises são importantes para se determinar qual é a pressão atmosférica média na área de estudo, como ela varia espacialmente e ao longo do ano, os meses que sofrem maiores variações e se é observada alguma tendência de variação deste parâmetro ao longo dos anos avaliados.

As variações sazonais da pressão atmosférica estão ligadas ao deslocamento do ASAS, que apresenta maior ou menor penetrabilidade na área de estudo

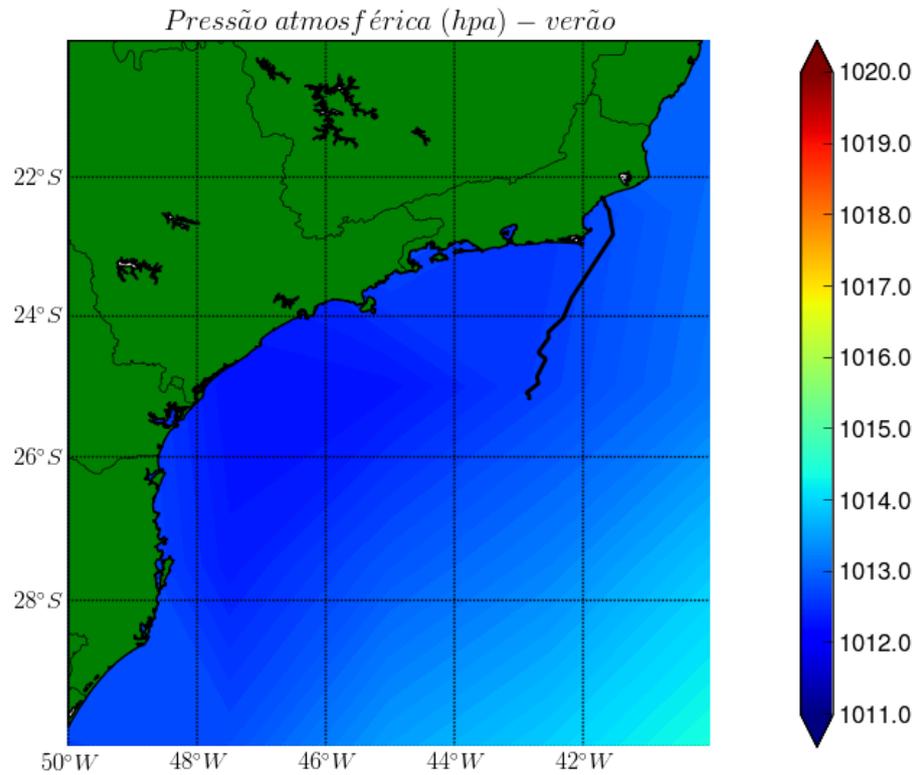
(conforme apresentado no tópico **A**), e as variações de alta frequência (relativa as variações sazonais) estão associadas a distúrbios atmosféricos como passagens de frentes frias e ciclones extratropicais, por exemplo. Estes fenômenos são importantes tanto durante as operações do empreendimento quanto em situações de emergência, pois fenômenos atmosféricos extremos podem influenciar as condições hidrodinâmicas na área de estudo, além de alterarem as condições de vento, temperatura atmosférica e precipitação na região.

As figuras a seguir mostram a caracterização da pressão atmosférica de forma espacial entre 1961 e 2011. Estes dados são provenientes do modelo de circulação geral do NCEP/NCAR, para o período anual, verão, outono, inverno e primavera, respectivamente (**Figura II.5.1.5-13 a Figura II.5.1.5-17**).



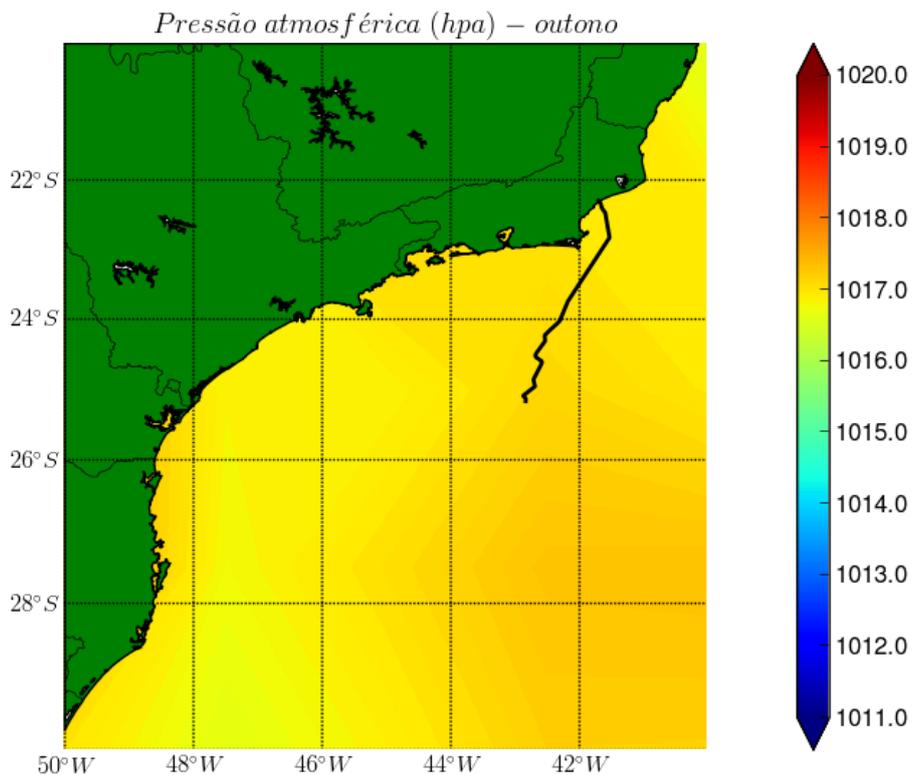
Fonte: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-13 – Pressão atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média anual. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.



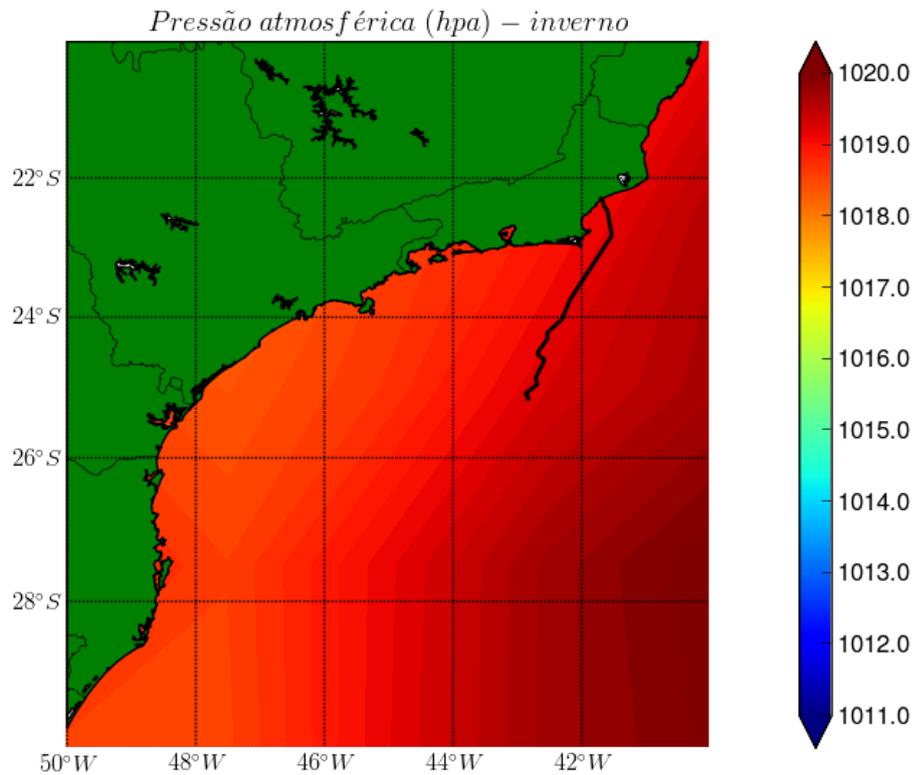
Fonte: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-14 – Pressão atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média para o período de verão. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.



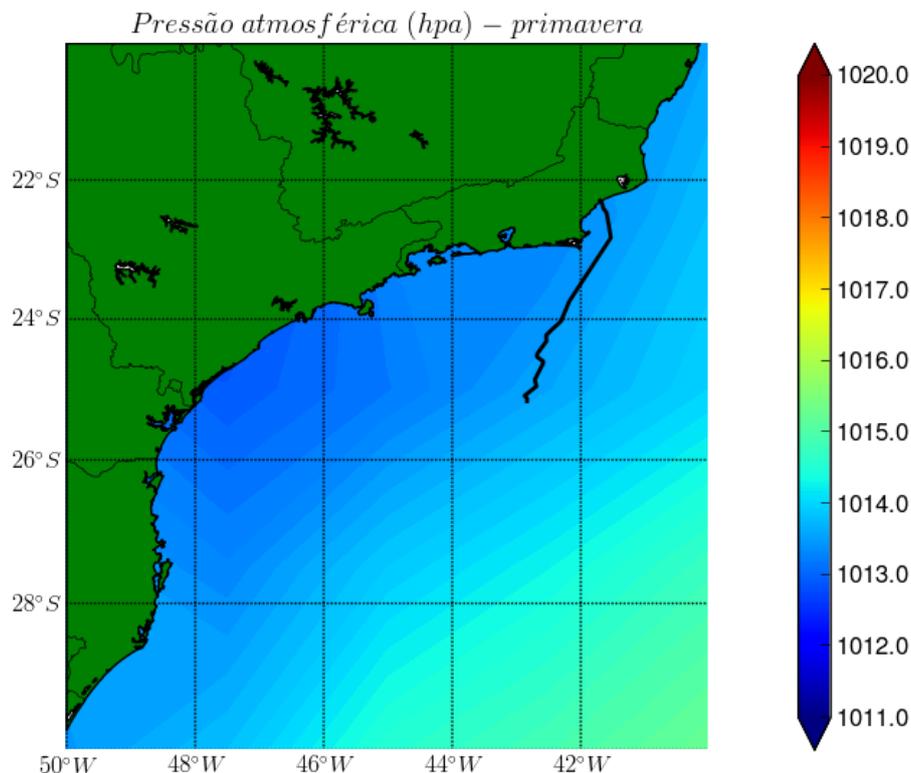
Fonte: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-15 – Pressão atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média para o período de outono. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.



Fonte: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-16 – Pressão atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média para o período de inverno. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.



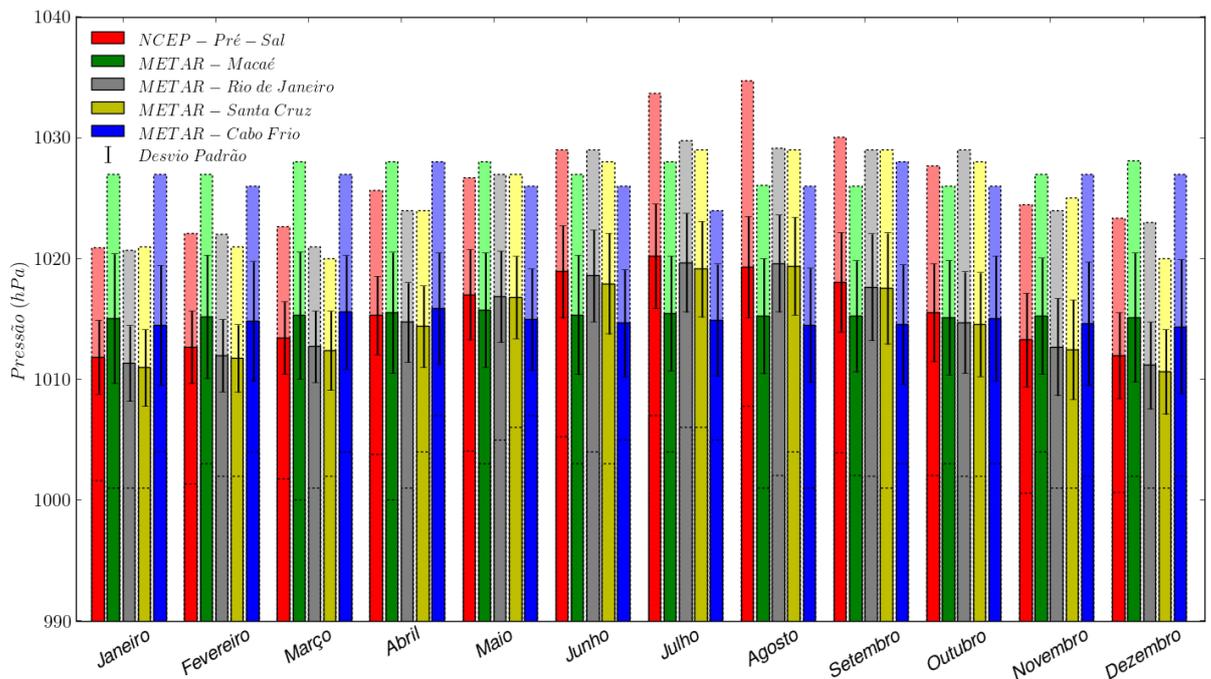
Fonte: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-17 – *Pressão atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média para o período de primavera. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.*

Na região oceânica do gasoduto, a pressão atmosférica média anual é de 1015,6 hPa, enquanto que no verão é de 1012,5 hPa e no inverno de 1019,0 hPa. Nos meses de outono e primavera os valores são intermediários entre estes extremos. Especialmente, tanto anualmente quanto em períodos sazonais, a região próxima à costa apresenta menor pressão atmosférica que a região oceânica. Estes valores corroboram que no inverno a ASAS está mais próxima à área de estudo denotando maiores valores médios da pressão atmosférica.

Analisando-se a climatologia mensal da pressão atmosférica nas localidades descritas no **Quadro II.5.1.5-1**, nota-se que, conforme apresentado na **Figura II.5.1.5-18** e na **Tabela II.5.1.5-3**, a maior pressão média mensal ocorre no mês de julho no ponto Pré-Sal, em Macaé e no Rio de Janeiro. Em Santa Cruz e em

Cabo Frio os meses com a maior pressão atmosférica média são os de agosto e abril, respectivamente. Já a menor pressão atmosférica média mensal ocorre no mês de janeiro, no Pré-Sal e em Macaé, e no mês de dezembro no Rio de Janeiro, Santa Cruz e Cabo Frio.



Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santos Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

Figura II.5.1.5-18 – Pressão atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) de acordo com locais de coleta descritos no **Quadro II.5.1.5-1**. As barras com cores escuras representam os valores médios, as cores claras (com bordas tracejadas) indicam os valores máximos e mínimos e as linhas verticais cheias, o desvio padrão.

Tabela II.5.1.5-3 - Estatística básica mensal da pressão atmosférica de acordo com locais de coleta descritos no Quadro II.5.1.5-1.

Pressão atmosférica (hPa)																				
Mês	NCEP - Pré-Sal				METAR - Macaé				METAR - Rio de Janeiro				METAR - Santa Cruz				METAR - Cabo Frio			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Média	Mínimo	Máximo	Desvio
Janeiro	1011,8	1001,6	1020,9	3,1	1015,0	1001,0	1027,0	5,4	1011,3	1001,0	1020,7	3,1	1011,0	1001,0	1021,0	3,2	1014,5	1004,0	1027,0	5,0
Fevereiro	1012,7	1001,4	1022,1	3,0	1015,2	1003,0	1027,0	5,1	1012,0	1002,0	1022,0	3,0	1011,7	1002,0	1021,0	2,8	1014,8	1004,0	1026,0	5,0
Março	1013,5	1001,8	1022,7	3,0	1015,3	1000,0	1028,0	5,3	1012,7	1001,0	1021,0	3,0	1012,4	1002,0	1020,0	3,3	1015,6	1004,0	1027,0	4,7
Abril	1015,3	1003,8	1025,7	3,3	1015,5	1000,0	1028,0	5,0	1014,7	1001,0	1024,0	3,3	1014,4	1004,0	1024,0	3,4	1015,9	1007,0	1028,0	4,6
Mai	1017,0	1004,1	1026,7	3,8	1015,7	1003,0	1028,0	4,7	1016,9	1005,0	1027,0	3,8	1016,8	1006,0	1027,0	3,4	1015,0	1007,0	1026,0	4,2
Junho	1018,9	1005,2	1029,0	3,8	1015,3	1003,0	1027,0	4,9	1018,6	1004,0	1029,0	3,8	1017,9	1003,0	1028,0	4,2	1014,7	1005,0	1026,0	4,4
Julho	1020,2	1007,0	1033,7	4,3	1015,5	1004,0	1028,0	4,8	1019,7	1006,0	1029,8	4,1	1019,1	1006,0	1029,0	4,0	1014,9	1005,0	1024,0	4,6
Agosto	1019,3	1007,8	1034,7	4,2	1015,2	1001,0	1026,1	4,8	1019,6	1002,0	1029,1	4,0	1019,4	1004,0	1029,0	4,1	1014,5	1001,0	1026,0	4,7
Setembro	1018,0	1003,9	1030,0	4,1	1015,2	1002,0	1026,0	4,6	1017,6	1002,0	1029,0	4,4	1017,5	1001,0	1029,0	4,6	1014,5	1003,0	1028,0	5,0
Outubro	1015,5	1002,0	1027,7	4,1	1015,1	1003,0	1026,0	4,8	1014,7	1002,0	1029,0	4,2	1014,5	1002,0	1028,0	4,3	1015,0	1003,0	1026,0	5,2
Novembro	1013,3	1000,6	1024,5	3,9	1015,2	1004,0	1027,0	4,8	1012,7	1001,0	1024,0	4,0	1012,5	1001,0	1025,0	4,1	1014,6	1002,0	1027,0	5,1
Dezembro	1012,0	1000,7	1023,4	3,6	1015,1	1002,0	1028,1	5,3	1011,2	1001,0	1023,0	3,6	1010,6	1001,0	1020,0	3,5	1014,4	1002,0	1027,0	5,6

Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santa Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).



Coordenador da Equipe

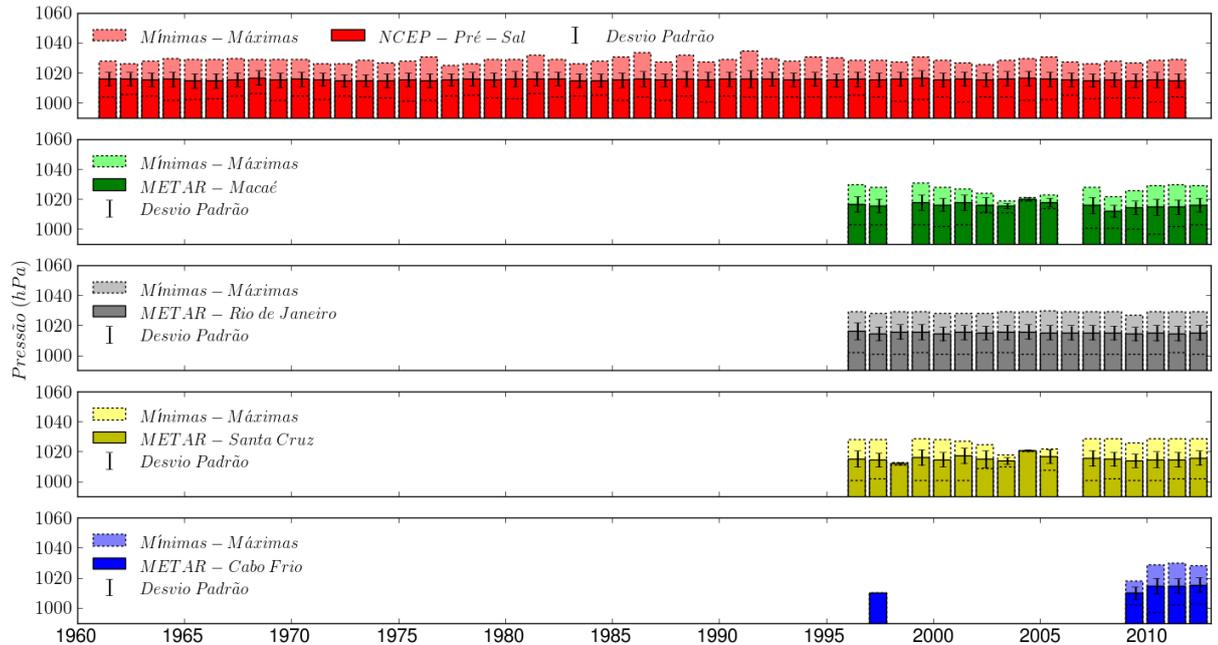


Técnico Responsável

Resposta ao
PT364/13 -EIA
PBS4A

Revisão 00
11/2013

Para se analisar a variação interanual da pressão atmosférica na área de estudo, é apresentada a **Figura II.5.1.5-19** com os valores médios, mínimos, máximos e desvios-padrão anuais da pressão atmosférica, enquanto que a **Tabela II.5.1.5-4** lista esses valores.



Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santos Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

Figura II.5.1.5-19 – Pressões atmosféricas anuais médias (hPa) de acordo com locais de coleta descritos no **Quadro II.5.1.5-1**. As barras com cores escuras representam os valores médios, as cores claras (com bordas tracejadas) indicam os valores máximos e mínimos e as linhas verticais cheias, o desvio padrão.

Tabela II.5.1.5-4 – Pressões atmosféricas médias, mínimas e máximas anuais nos locais de coleta descritos no **Quadro II.5.1.5-1**.

Base de Dados	Pressão (hpa) anual média				
	Média	Mínima		Máxima	
	hPa	hPa	ano	hPa	ano
NCEP - Pré-Sal	1015,6	1014,8	1965	1016,8	1968
METAR - Macaé	1016,2	1012,1	2008	1020,0	2004
METAR - Rio de Janeiro	1015,2	1014,3	2009	1016,4	1996
METAR - Santa Cruz	1015,5	1012,0	1998	1020,7	2004
METAR - Cabo Frio	1013,0	1010,0	2009	1015,4	2012

Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santos Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

Nos Blocos do Pré-Sal, a pressão atmosférica média anual é de 1.015,6 hPa, e o menor valor médio anual ocorreu em 1965 (1.014,8 hPa). Em Macaé a pressão atmosférica anual média é de 1.016,2 hPa, com maior valor anual médio ocorrendo em 2004 (1.020 hPa) e mínimo em 2009 (1.012,1 hPa).

Os valores médios apresentados na **Figura II.5.1.5-19** denotam que não ocorreu variação interanual da pressão atmosférica na área de estudo, ao longo dos anos analisados e no banco de dados utilizados. Os valores interanuais são similares em todos os locais analisados dentro da área de estudo.

Umidade Relativa

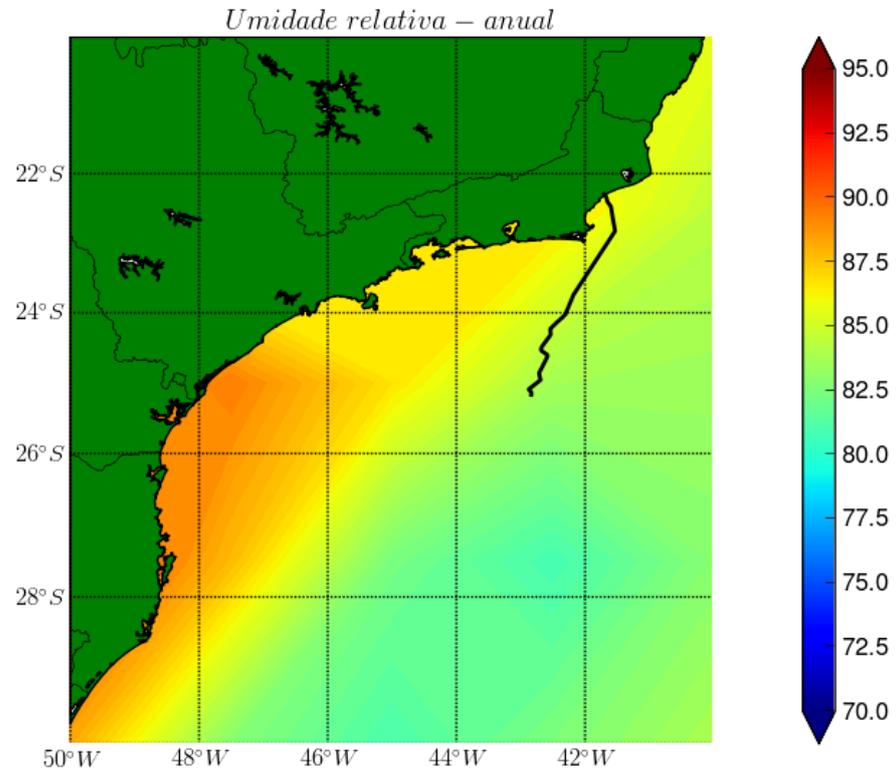
Para caracterizar a umidade relativa na área de estudo foram utilizados dados espaciais do modelo de circulação geral do NCEP/NCAR e pontuais coletados nas cidades de Macaé, Cabo Frio, Rio de Janeiro e Santa Cruz além de um ponto de grade proveniente do modelo do NCEP/NCAR na região dos blocos do Pré-Sal da Bacia de Santos, indicando o ponto mais profundo do gasoduto Rota Cabiúnas..

A variação da umidade relativa foi analisada em termos espaciais para o período anual, de verão, outono, inverno e primavera. Nas localidades listadas acima, foram analisadas as estatísticas básicas (mínima, média, máxima e desvio-padrão) para as variações mensais e interanuais.

Estas análises são importantes para se determinar qual é a umidade relativa média na área de estudo, como ela varia espacialmente e ao longo do ano, os meses mais secos e mais úmidos e se é observada alguma tendência de variação deste parâmetro ao longo dos anos avaliados. As variações sazonais da umidade relativa estão ligadas as variações intra-anuais de precipitação, que por sua vez são influenciadas por diversos fatores atmosféricos, conforme apresentado no **tópico A**, enquanto que as variações de alta frequência (relativa às variações sazonais) estão associadas a distúrbios atmosféricos como passagens de frentes frias e ciclones extratropicais, por exemplo.

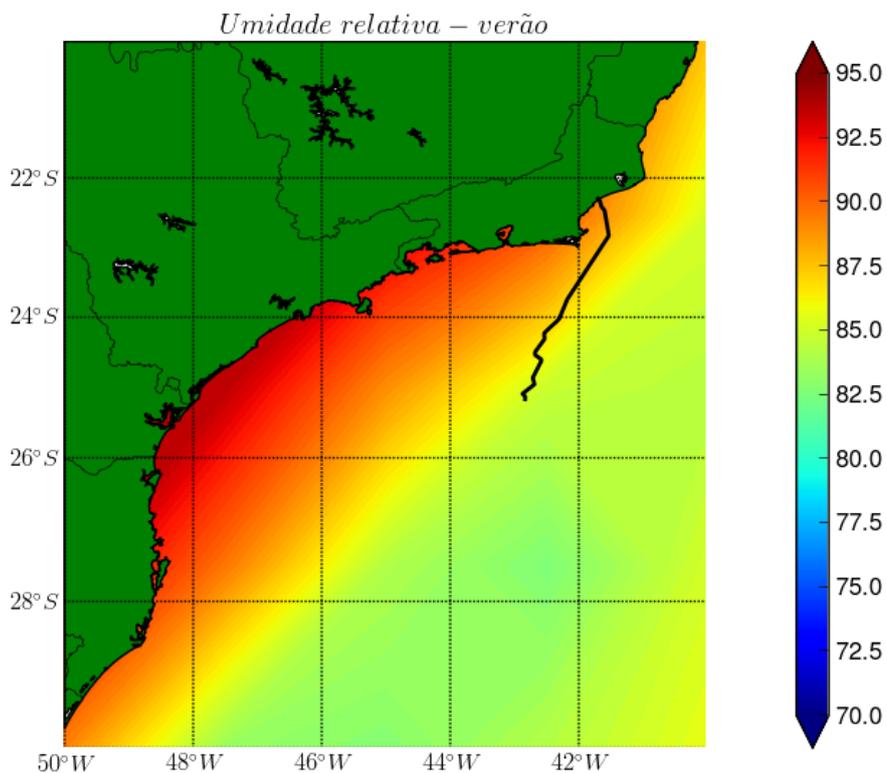
As figuras a seguir mostram a caracterização da umidade relativa de forma espacial, contemplando o período entre 1961 e 2011. Estes dados são provenientes do modelo de circulação geral do NCEP/NCAR, para o período

anual, verão, outono, inverno e primavera, respectivamente (**Figura II.5.1.5-20 a** **Figura II.5.1.5-24**).



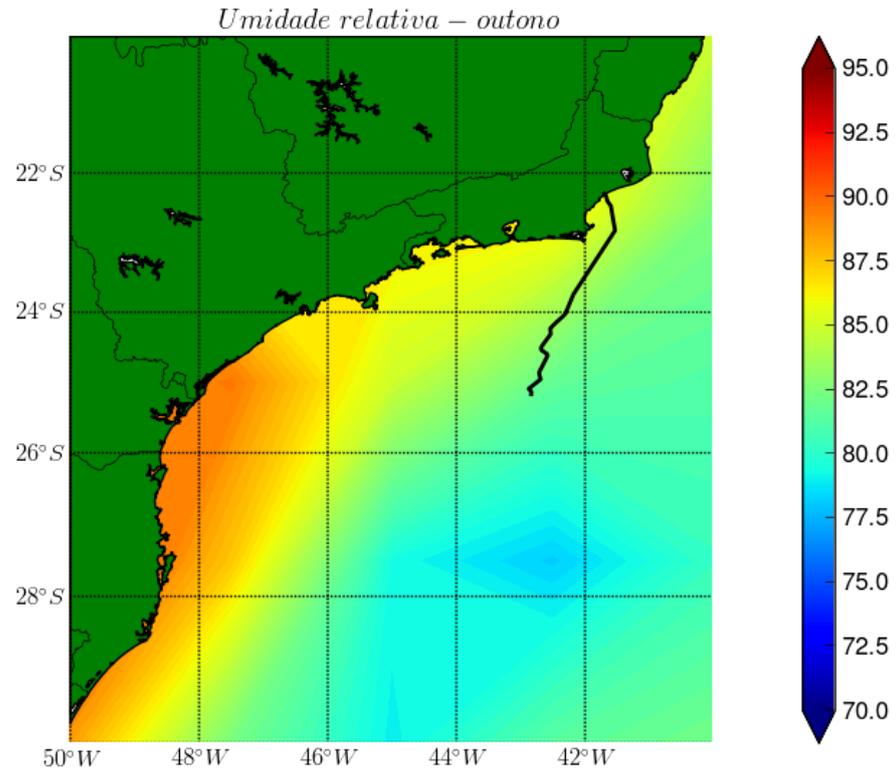
Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-20 – *Umidade relativa superficial (%) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média anual. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.*



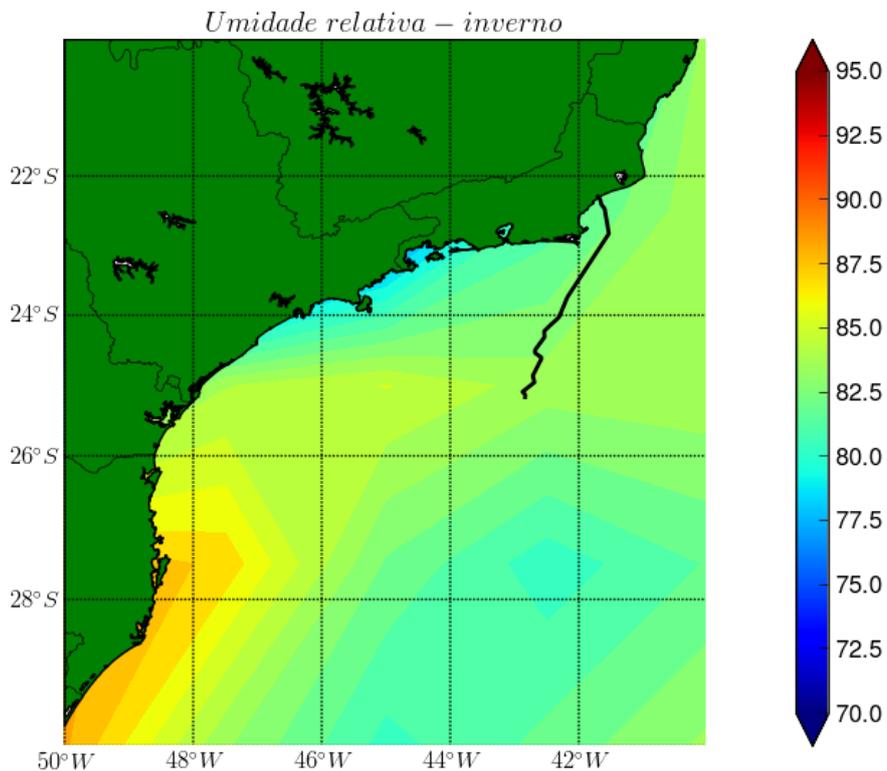
Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-21 – Umidade relativa superficial (%) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média de verão. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.



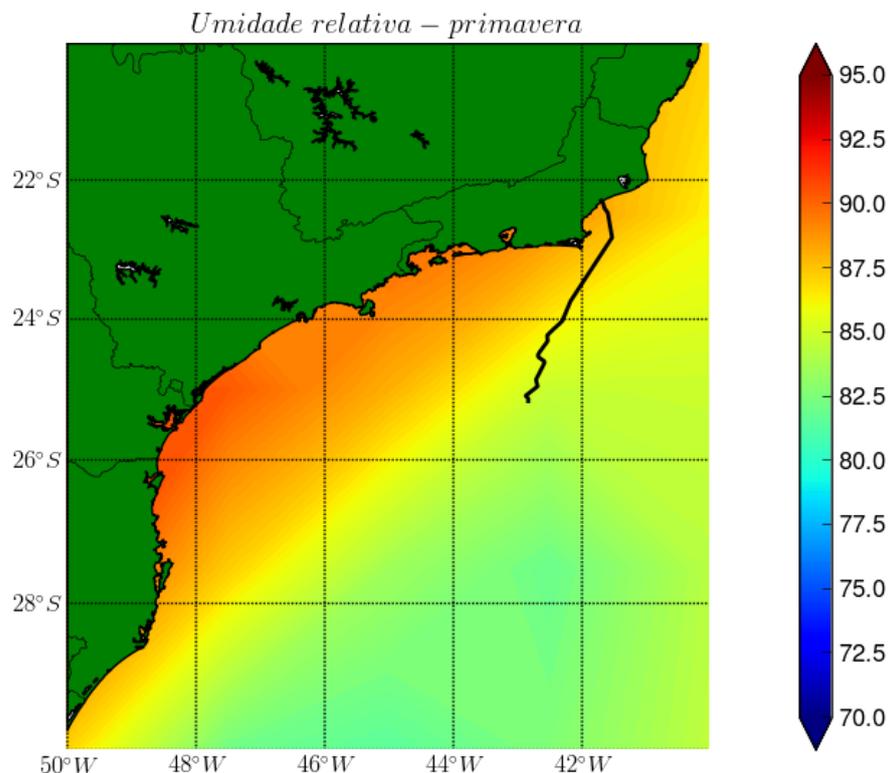
Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-22 – Umidade relativa superficial (%) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média de outono. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.



Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-23 – *Umidade relativa superficial (%) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média de inverno. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.*

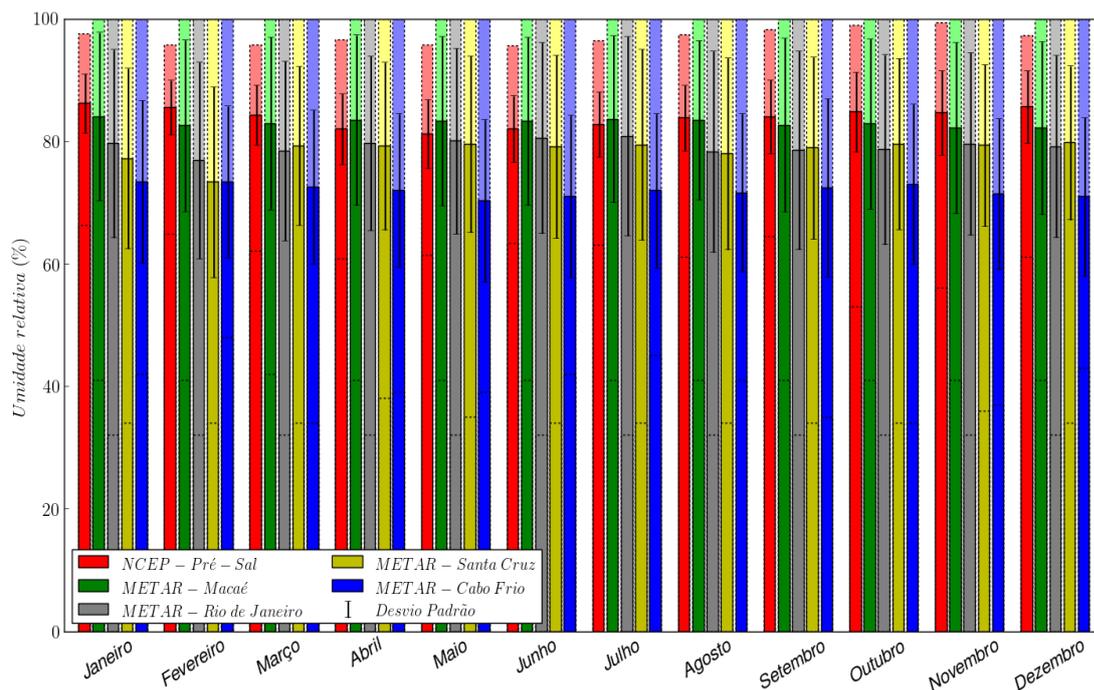


Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-24 – Umidade relativa superficial (%) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média de primavera. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.

Quanto à variação espacial da umidade relativa na área de estudo, é possível identificar que, na região, a umidade relativa média anual é de 83,9%, enquanto que no verão é de 85,3% e no inverno de 83,5%. Nos meses de primavera e outono os valores são intermediários entre estas estações extremas. Tanto na média anual quanto sazonal, a região costeira apresenta umidade relativa média superior a da observada na região oceânica.

A umidade relativa climatológica mensal para as localidades dentro da área de estudo descritas no **Quadro II.5.1.5-1** está representada graficamente pela **Figura II.5.1.5-25** e sua estatística associada, na **Tabela II.5.1.5-5**.



Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santa Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

Figura II.5.1.5-25 – Umidade relativa superficial (%) de acordo com locais de coleta descritos no Quadro II.5.1.5-1. As barras com cores escuras representam os valores médios, as cores claras (com bordas tracejadas) indicam os valores máximos e mínimos e as linhas verticais cheias, o desvio padrão.

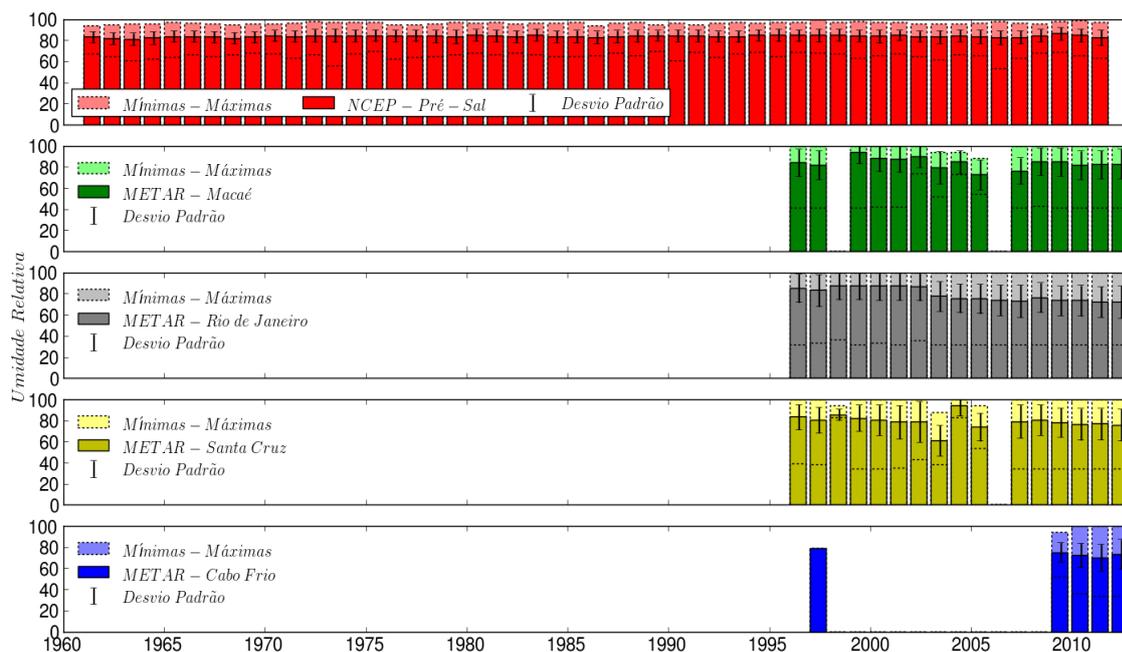
Tabela II.5.1.5-5 – Estatística básica mensal da umidade relativa de acordo com locais de coleta descritos no Quadro II.5.1.5-1.

Umidade Relativa (%)																				
Mês	NCEP - Pré-Sal				METAR - Macaé				METAR - Rio de Janeiro				METAR - Santa Cruz				METAR - Cabo Frio			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Média	Mínimo	Máximo	Desvio	Média	Mínimo	Máximo	Desvio
Janeiro	86,2	66,3	97,6	4,8	84,0	41,0	100,0	13,7	79,6	32,0	100,0	15,4	77,2	34,0	100,0	14,7	73,4	42,0	100,0	13,3
Fevereiro	85,5	64,9	95,7	4,5	82,6	41,0	100,0	14,0	76,9	32,0	100,0	16,0	73,4	34,0	100,0	15,6	73,4	48,0	100,0	12,4
Março	84,3	62,1	95,7	4,9	82,9	42,0	100,0	14,1	78,5	32,0	100,0	14,6	79,3	34,0	100,0	13,0	72,6	34,0	100,0	12,5
Abril	82,0	60,8	96,6	5,8	83,5	41,0	100,0	13,9	79,7	32,0	100,0	14,2	79,2	38,0	100,0	13,7	72,0	39,0	100,0	12,5
Maiο	81,2	61,4	95,7	5,6	83,3	41,0	100,0	13,8	80,0	32,0	100,0	15,2	79,6	35,0	100,0	14,4	70,3	39,0	100,0	13,2
Junho	82,0	63,3	95,6	5,4	83,3	41,0	100,0	13,7	80,6	32,0	100,0	15,6	79,2	34,0	100,0	14,9	71,0	42,0	100,0	13,3
Julho	82,8	63,1	96,4	5,3	83,6	41,0	100,0	13,6	80,8	32,0	100,0	16,3	79,5	34,0	100,0	15,6	71,9	45,0	100,0	12,6
Agosto	83,8	61,0	97,5	5,3	83,5	41,0	100,0	13,0	78,3	32,0	100,0	16,4	78,0	34,0	100,0	15,7	71,6	41,0	100,0	12,9
Setembro	84,0	64,4	98,3	6,1	82,7	41,0	100,0	14,2	78,6	32,0	100,0	16,2	78,9	34,0	100,0	14,8	72,4	35,0	100,0	14,5
Outubro	84,8	53,0	98,9	6,5	82,8	41,0	100,0	13,9	78,7	32,0	100,0	15,5	79,6	34,0	100,0	14,0	73,0	34,0	100,0	13,1
Novembro	84,7	56,1	99,3	6,9	82,2	41,0	100,0	14,0	79,6	32,0	100,0	14,9	79,3	36,0	100,0	13,2	71,4	37,0	100,0	12,3
Dezembro	85,6	61,1	97,3	5,9	82,2	41,0	100,0	14,1	79,2	32,0	100,0	14,9	79,8	34,0	100,0	12,6	71,0	43,0	100,0	12,9

Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santos Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

Os valores mensais médios de umidade relativa não seguem um padrão entre as localidades analisadas dentro da área de estudo. Para os Blocos do Pré-Sal, a menor umidade relativa média ocorre no mês de maio, com 81,2%, e a máxima, em janeiro, com 86,2%. Em Macaé o mês com maior umidade média também é o de janeiro (84,0%), contudo os mínimos médios ocorrem nos meses de novembro e dezembro (82,2 %). No Rio de Janeiro, Santa Cruz e Cabo Frio os meses com maior umidade relativa são os de agosto, dezembro e janeiro, respectivamente, e os menos úmidos os de agosto, fevereiro e maio, respectivamente.

Para as variações anuais de umidade relativa dentro da área de estudo, a partir da **Figura II.5.1.5-26** e **Tabela II.5.1.5-6**, é possível verificar que entre os locais analisados, Cabo Frio tem a menor umidade relativa média anual, com 74,1%, e, a maior média de 83,9%, é encontrada no Pré-Sal. Macaé tem umidade relativa média anual de 83,8 %.



Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santa Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

Figura II.5.1.5-26 – Umidades relativas anuais médias (%) de acordo com locais de coleta descritos no **Quadro II.5.1.5-1**. As barras com cores escuras representam os valores médios, as cores claras (com bordas tracejadas) indicam os valores máximos e mínimos e as linhas verticais cheias, o desvio padrão.

Os valores anuais médios mínimos da umidade relativa foram de 81,2%, 72,7%, 72,4%, 61% e 70,2% para o Pré-Sal em 1963, Macaé em 2005, Rio de Janeiro 2011, Santa Cruz em 2003 e Cabo Frio em 2011. Estes valores indicam que não foi detectada nenhuma tendência de aumento ou diminuição da umidade relativa dentro da área de estudo, ao longo dos anos e dos locais analisados.

Tabela II.5.1.5-6 - Umidades relativas médias, mínimas e máximas anuais nos locais de coleta descritos no Quadro II.5.1.5-1.

Fonte de Dados	Umidade Relativa (%)				
	Média	Mínima		Máxima	
	hPa	hPa	ano	hPa	ano
NCEP - Pré-Sal	83,9	81,2	1963	86,3	2009,0
METAR - Macaé	74,0	72,7	2005	94,2	1999,0
METAR - Rio de Janeiro	79,5	72,4	2011	87,8	1999,0
METAR - Santa Cruz	74,5	61,0	2003	94,3	2004,0
METAR - Cabo Frio	23,2	70,2	2011	79,0	1997,0

Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santa Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

Precipitação

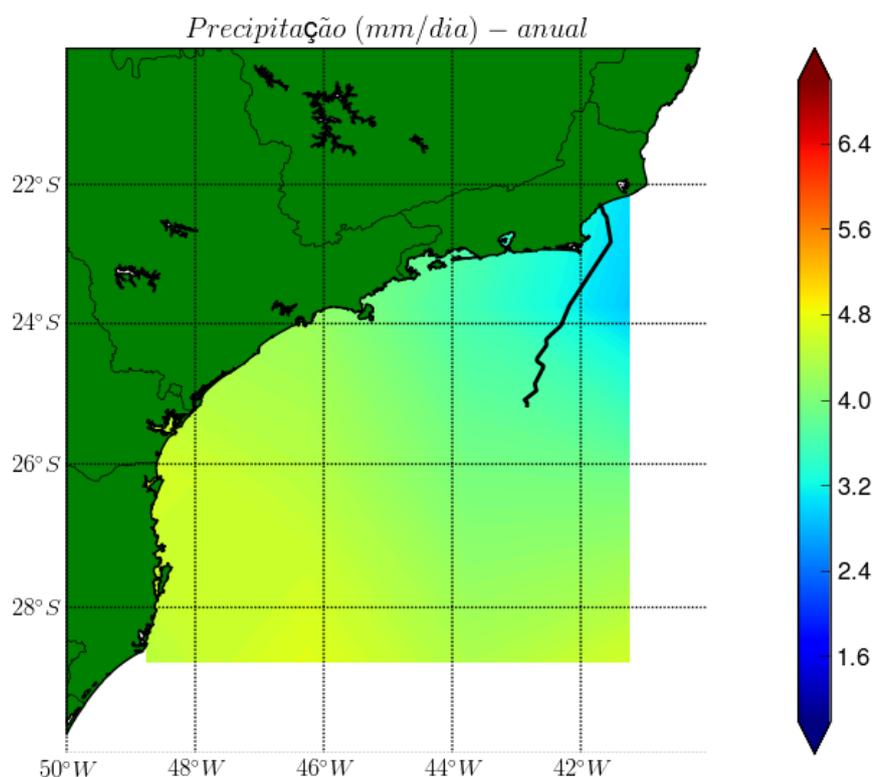
Para caracterizar a precipitação na área de estudo foram utilizados dados espaciais do modelo de circulação geral do NCEP/NCAR. Pontualmente foi analisada no ponto mais oceânico do gasoduto. No continente os dados são escassos, e foi utilizado coletas do INMET na cidade de Macaé para o ano de 2001.

A variação de precipitação foi analisada em termos espaciais para o período anual, de verão, outono, inverno e primavera. Nas localidades listadas acima, foram analisadas as estatísticas básicas (mínima, média, máxima e desvio padrão) para as variações mensais e interanuais.

Estas análises são importantes para se determinar como é a precipitação média na área de estudo, como ela varia espacialmente e ao longo do ano, os meses mais secos e mais chuvosos e se é observada alguma tendência de variação deste parâmetro ao longo dos anos avaliados. As variações sazonais da precipitação estão ligadas as variações intra-anuais, que por sua vez são

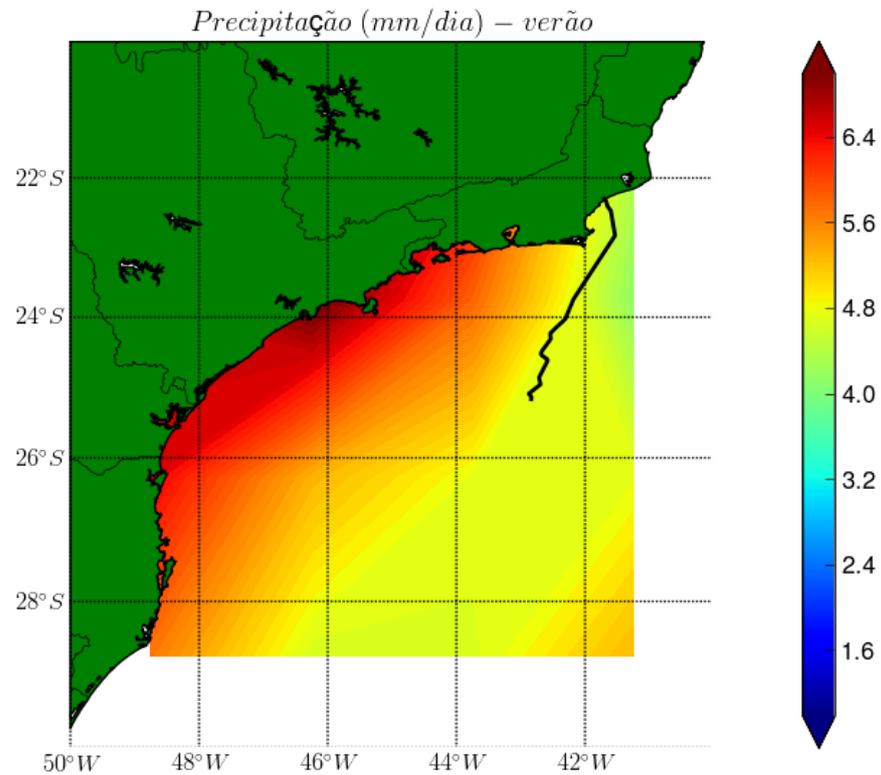
influenciadas por diversos fatores atmosféricos, conforme apresentado no **tópico A**, e as variações de alta frequência (relativa às variações sazonais) estão associadas a distúrbios atmosféricos como passagens de frentes frias e ciclones extratropicais, por exemplo.

A caracterização da precipitação de forma espacial, é apresentada da **Figura II.5.1.5-27** até a **Figura II.5.1.5-31**, contemplando o período entre 1979 e 2011. Estes dados são provenientes do modelo de circulação geral do NCEP/NCAR, para o período anual, verão, outono, inverno e primavera, respectivamente.



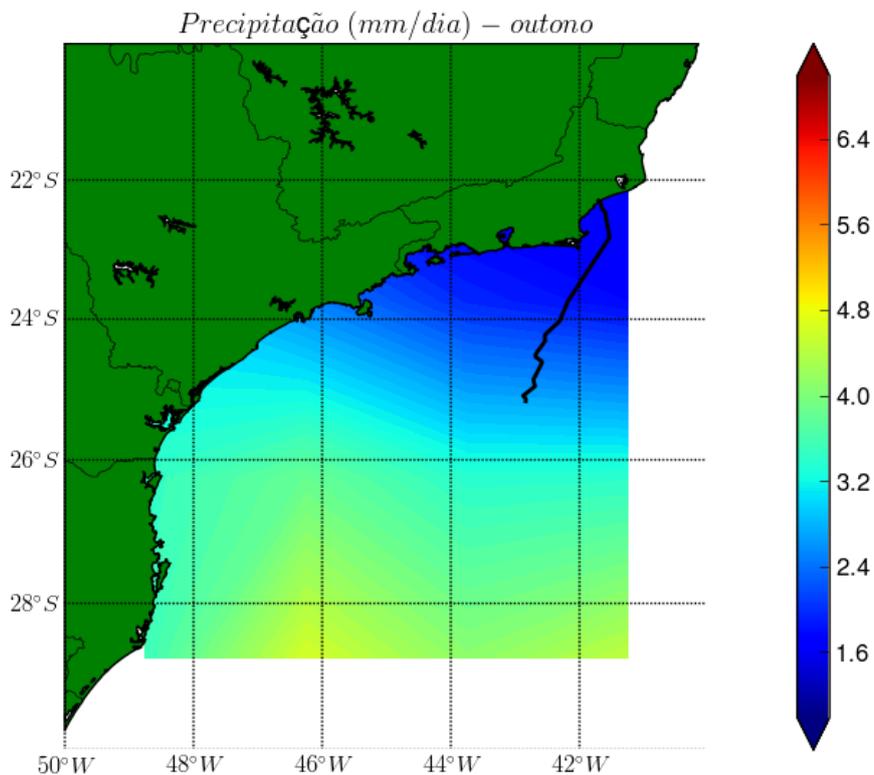
Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-27 – *Precipitação (mm/dia) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1979 e 2011. Média anual. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.*



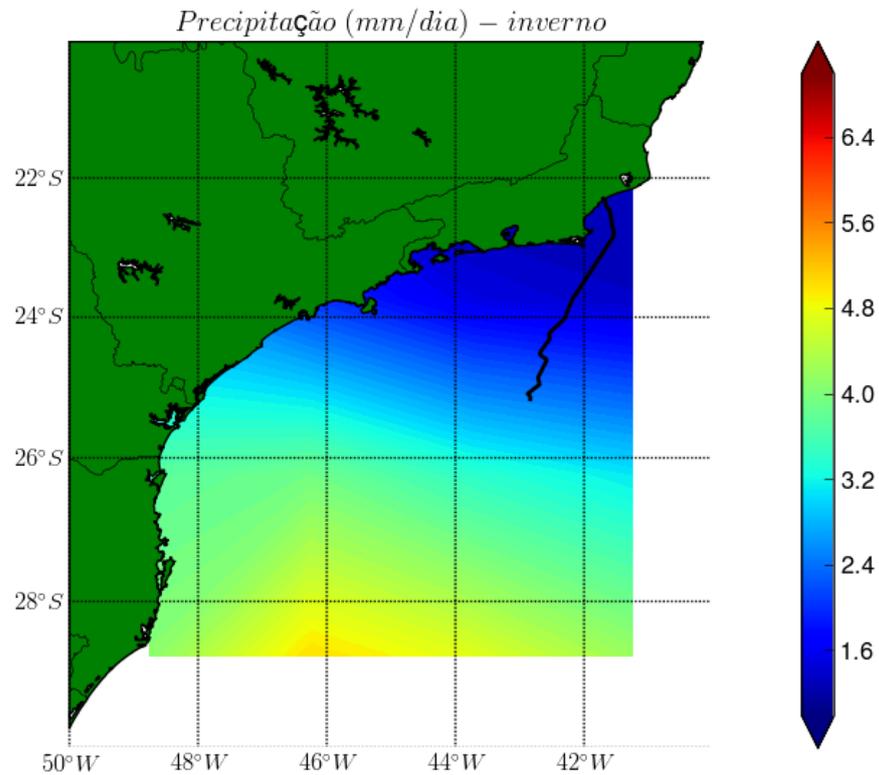
Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-28 – Precipitação (mm/dia) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1979 e 2011. Média de verão. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.



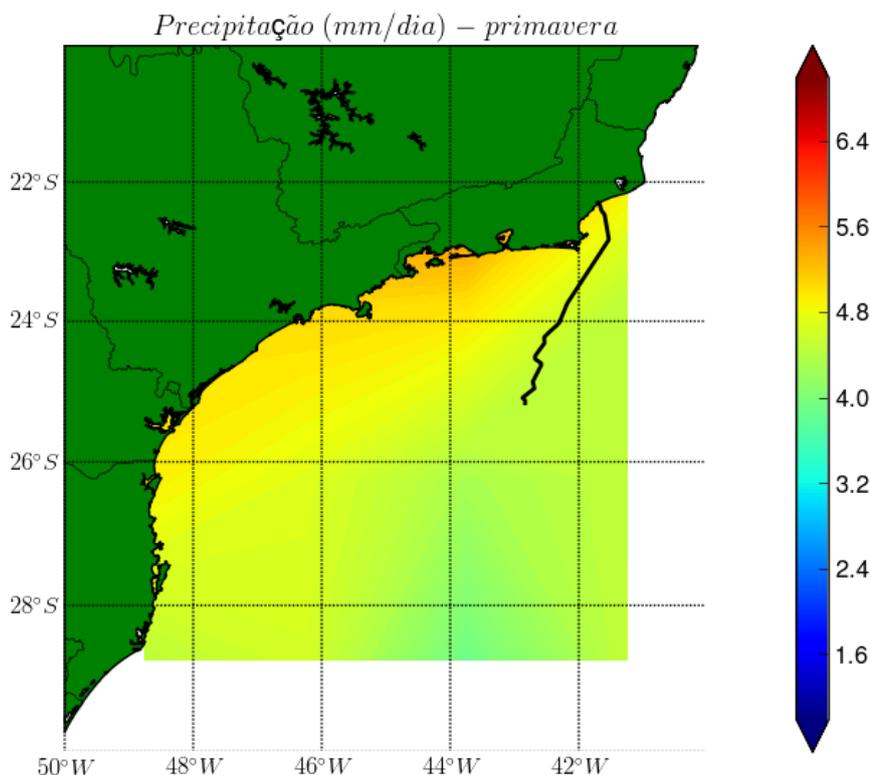
Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-29 – *Precipitação (mm/dia) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1979 e 2011. Média de outono. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.*



Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-30 – Precipitação (mm/dia) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1979 e 2011. Média de inverno. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.

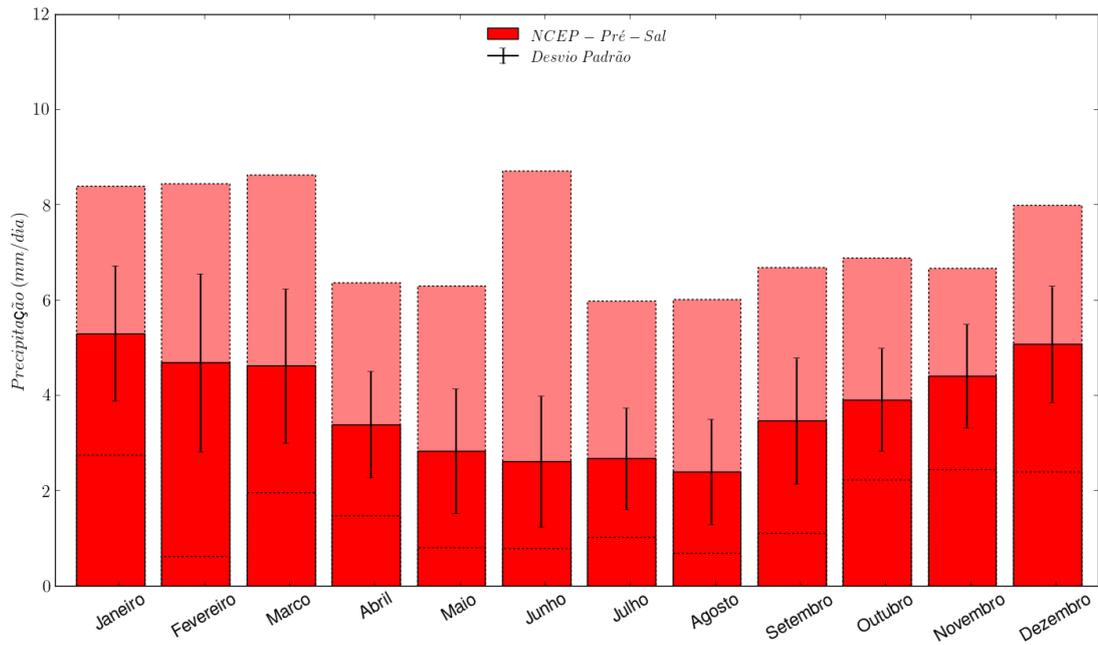


Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-31 – Precipitação (mm/dia) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1979 e 2011. Média de primavera. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.

Para as variações espaciais da precipitação, é possível identificar que, na região oceânica, a precipitação média anual é de 3,8 mm/dia, no verão é de 5,0 mm/dia e de 2,6 mm/dia no inverno. No outono e na primavera os valores são intermediários entre estas estações extremas. Em períodos de verão, a região costeira apresenta precipitação média superior em relação à observada na região oceânica.

De acordo com as localizações selecionadas no **Quadro II.5.1.5-1**, os valores mensais médios de precipitação, bem como as estatísticas associadas, estão representadas graficamente na **Figura II.5.1.5-32** e listadas na **Tabela II.5.1.5-7**.



Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013)

Figura II.5.1.5-32 – Precipitação (mm/dia) no ponto NCEP. As barras com cores escuras representam os valores médios, as cores claras (com bordas tracejadas) indicam os valores máximos e as linhas verticais cheias, o desvio padrão.

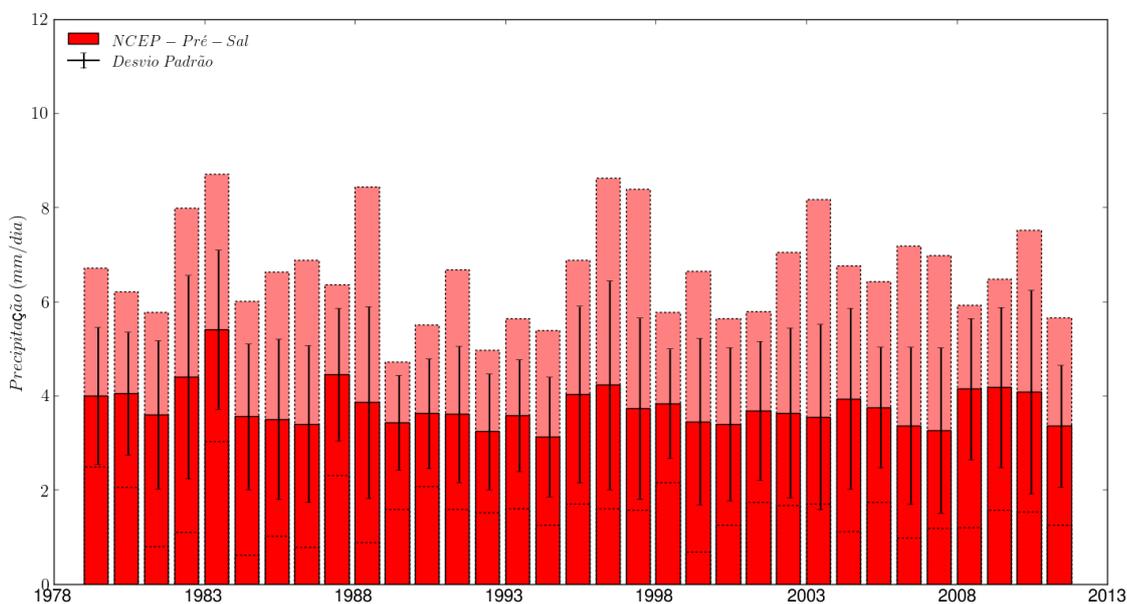
Tabela II.5.1.5-7 - Estatística básica mensal da precipitação no ponto NCEP.

	Precipitação (mm/dia)		
	Média	Máximo	Desvio
Janeiro	5,3	8,4	1,4
Fevereiro	4,7	8,4	1,9
Março	4,6	8,6	1,6
Abril	3,4	6,4	1,1
Maio	2,8	6,3	1,3
Junho	2,6	8,7	1,4
Julho	2,7	6	1,1
Agosto	2,4	6	1,1
Setembro	3,5	6,7	1,3
Outubro	3,9	6,9	1,1
Novembro	4,4	6,7	1,1
Dezembro	5,1	8	1,2

Fonte de dados: NCEP/NCAR(2013).

A **Figura II.5.1.5-32** e a **Tabela II.5.1.5-7** mostram a ocorrência de meses mais secos em estações de outono e inverno, e meses mais chuvosos em período de primavera e verão. O mês mais chuvoso é janeiro com média de 5,3 mm/dia e o mais seco é agosto, com 2,4 mm/dia.

Analisando-se as flutuações interanuais, são apresentados na **Figura II.5.1.5-33** e na **Tabela II.5.1.5-8** os valores médios anuais em cada uma das localidades descritas no **Quadro II.5.1.5-1**, bem como os valores máximos e mínimos absolutos.



Fonte de dados: NCEP/NCAR(2013).

Figura II.5.1.5-33 – *Precipitações anuais médias (mm/dia) no ponto NCEP na região oceânica do empreendimento. As barras com cores escuras representam os valores médios, as cores claras (com bordas tracejadas) indicam os valores máximos e as linhas verticais cheias, o desvio padrão.*

Tabela II.5.1.5-8 - Precipitações médias, mínimas e máximas anuais nos locais de coleta descritos no Quadro II.5.1.5-1.

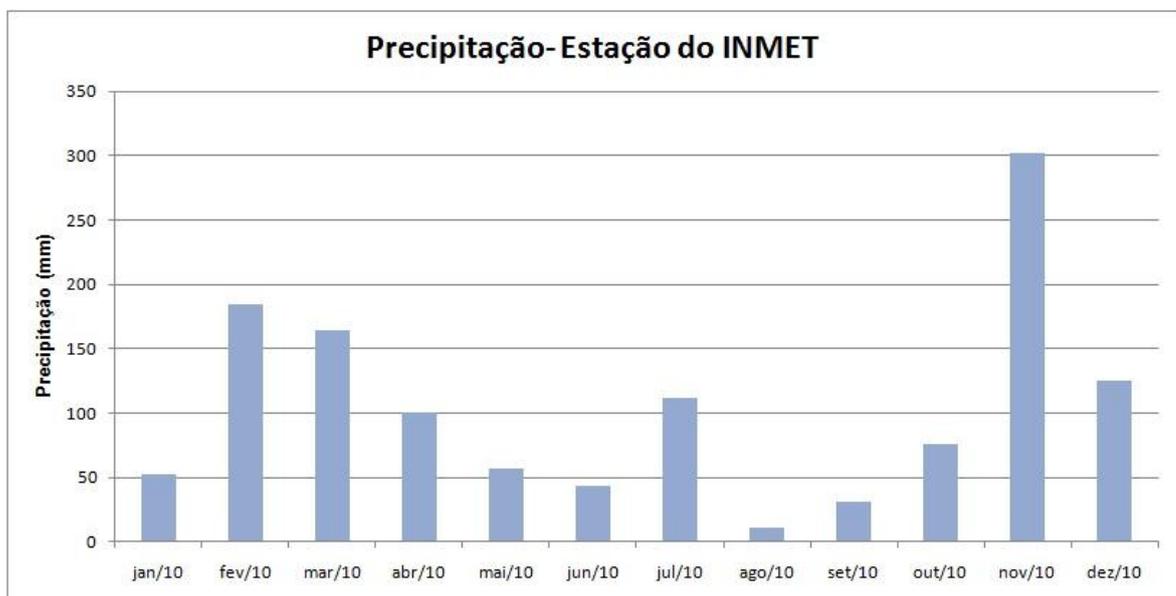
Precipitação média					Precipitação máxima	
Média	Mínima		Máxima			
	mm/dia	ano	mm/dia	ano	mm/dia	ano
3,8	3,1	1994	5,4	1983	8,7	1983

Fonte de dados: NCEP/NCAR(2013).

No ponto NCEP a precipitação anual média é de 3,8 mm/dia, com o ano de 1994 registrando a média mínima de 3,1 mm/dia e o ano de 1983 com a média máxima (5,4 mm/dia). A precipitação máxima registrada foi no ano de 1983 com 8,7 mm/dia.

As variações anuais da precipitação apresentam oscilações ao longo dos anos, contudo nenhuma tendência significativa de aumento ou diminuição na área de estudo.

Para a cidade de Macaé no ano de 2010, a **Figura II.5.1.5-34** apresenta os totais mensais de precipitação.



Fonte: INMET

Figura II.5.1.5-34 - Totais mensais de precipitação em Macaé.

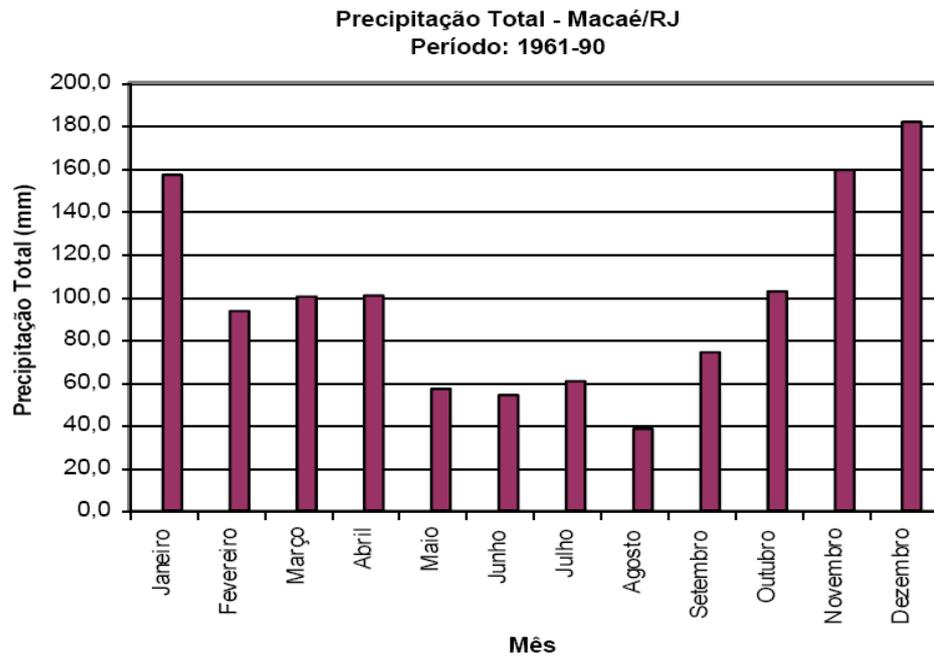
Observa-se que o mês de agosto foi o mês que apresentou o menor valor de precipitação durante o ano de 2010, igual a 11 mm, sendo condizente com o proposto pelo ponto NCEP na região oceânica do empreendimento.

Já o mês de novembro, foi o mês que apresentou maior valor de precipitação (302,2 mm) para o ano de 2010.

Analisando dados provenientes de INMET para o período entre 1961-1990 na Cidade de Macaé, os totais pluviométricos (**Figura II.5.1.5-35**) indicam dois períodos distintos: o “chuvoso”, de novembro a janeiro, e o “seco”, de junho a agosto. Nesses períodos, os valores de precipitação são relativamente mais próximos, o que vem de encontro às características atmosféricas dominantes nessas épocas do ano.

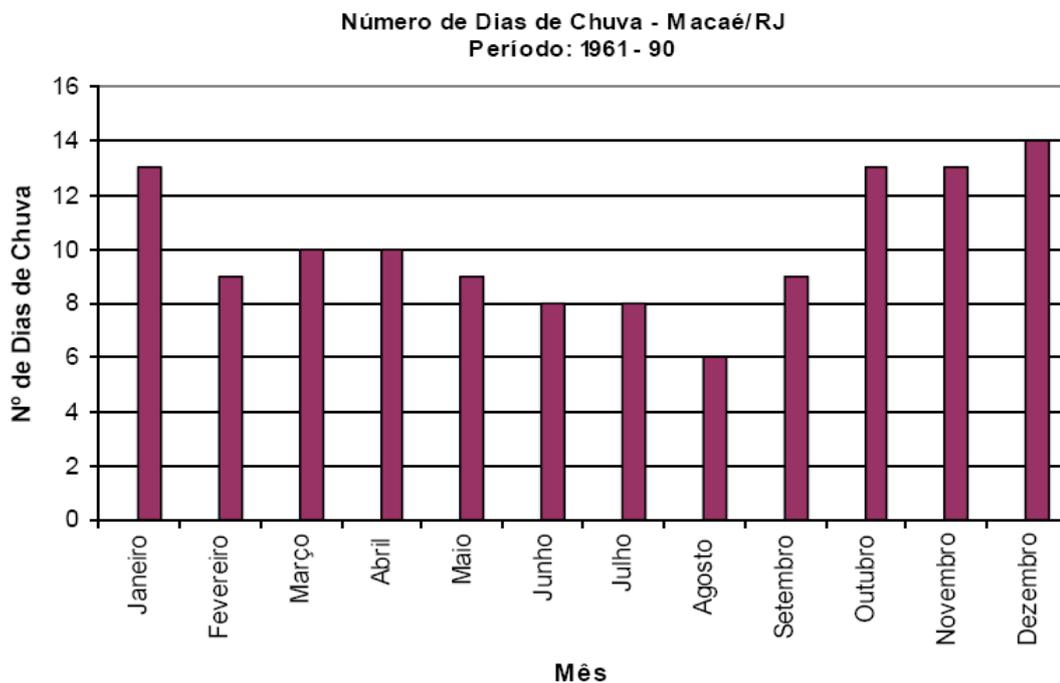
Pode-se estabelecer para a área do empreendimento um máximo de precipitação de 181,6 mm em dezembro, e um mínimo de 38,2 mm, em agosto. O total pluviométrico anual atinge 1.177,6 mm.

A variação mensal do número de dias de chuva (**Figura II.5.1.5-36**) acompanha a variação da precipitação total, o que significa dizer que a área do empreendimento está sujeita a um máximo médio de 14 dias, de chuva em dezembro, e a um mínimo médio de seis dias em agosto. Tais situações estão estreitamente relacionadas à dinâmica da atmosfera, com as passagens frequentes de frentes frias e linhas de instabilidade, bem como a influência do ASAS e às formações convectivas regionais.



Fonte: INMET (2002)

Figura II.5.1.5-35 - Variação mensal da precipitação total em Macaé (RJ).



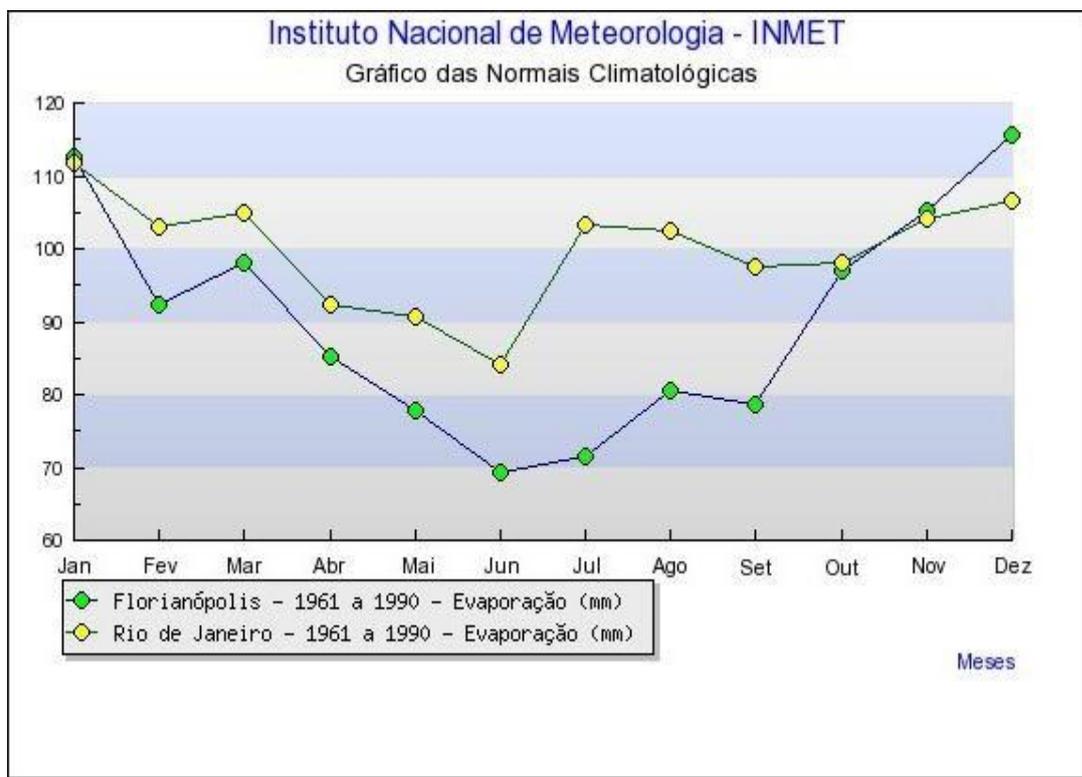
Fonte: INMET (2002)

Figura II.5.1.5-36 - Variação mensal do número de dias de chuva em Macaé (RJ).

Evaporação

Para caracterizar a evaporação na área de estudo foram utilizados dados pontuais de evaporação potencial nos estados de SP e MG provenientes do modelo de circulação geral do NCEP/NCAR. Este modelo disponibiliza este parâmetro somente sobre o continente, desta maneira a variação espacial desta propriedade não foi obtida, e estes são os dois pontos mais próximos à área de estudo. Não foram obtidos dados com relevância temporal de outras fontes para outras localidades dentro da área de estudo. Por se tratar de dados de modelo, as unidades da evaporação estão em (unidade de energia/por unidade de área), denotando um potencial de evaporação, diferentemente do comumente utilizado por dados coletados *in situ* (mm/dia).

Devido à escassez destes dados descrita acima, foram utilizadas informações referentes à cidade de Florianópolis/SC e Rio de Janeiro/RJ, entre os anos de 1961 e 1991 (INMET, 2002).



Fonte: INMET (2002)

Figura II.5.1.5-37 – Variação mensal da evaporação (mm) em Florianópolis (SC) – verde – e Rio de Janeiro (RJ) – amarelo.

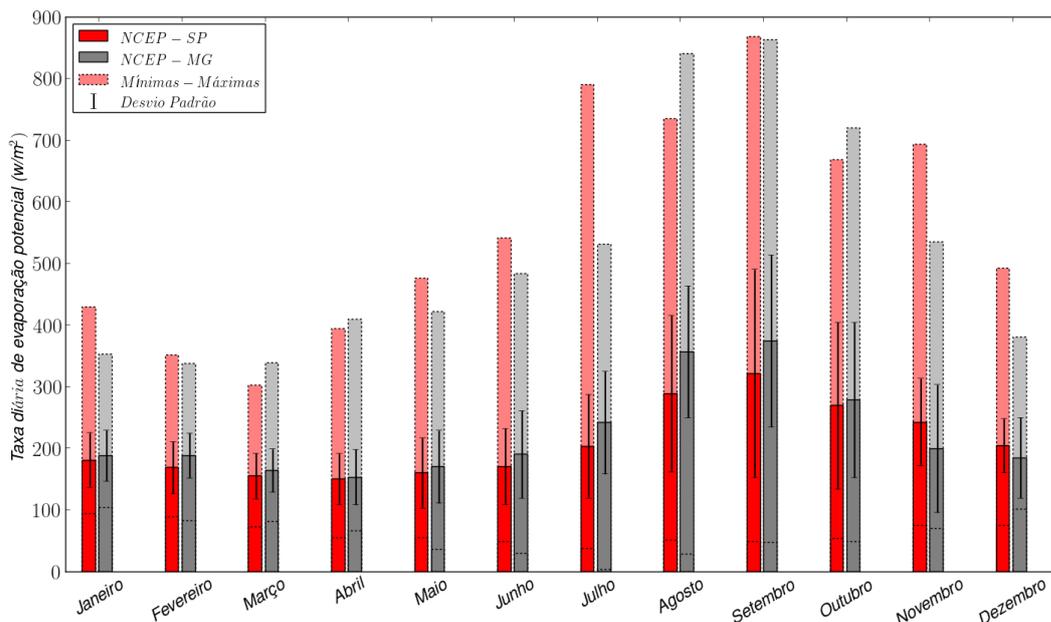
Os dados do INMET mostram que o mês de junho é o com menores valores para ambas as cidades (85 mm e 70 mm para Rio de Janeiro e Florianópolis, respectivamente), enquanto que o mês de dezembro é o mês com maior valor de evaporação para Florianópolis (115 mm) e o mês de janeiro o maior para o Rio de Janeiro (112 mm).

Para os dados do modelo de circulação geral do NCEP/NCAR, a variação da evaporação foi avaliada e nas localidades listadas acima com estatísticas básicas (mínima, média, máxima e desvio padrão) para as variações mensais e interanuais.

Estas análises são importantes para se determinar como é a evaporação média na área de estudo, como é a variação ao longo do ano, os meses com maiores e menores valores e se é observada alguma tendência de variação deste parâmetro ao longo dos anos avaliados.

As variações sazonais da evaporação estão ligadas as variações intra-anuais, que por sua vez são influenciadas por diversos fatores atmosféricos, conforme apresentado no **tópico A**. As variações de alta frequência (relativa as variações semanais-mensais) estão associadas a distúrbios atmosféricos como passagens de frentes frias e ciclones extratropicais, por exemplo.

As climatologias mensais da taxa de evaporação diária potencial de acordo com os pontos destacados no **Quadro II.5.1.5-1** estão representados graficamente na **Figura II.5.1.5-38** e listados na **Tabela II.5.1.5-9**, assim como as estatísticas básicas associadas.



Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-38 – Média mensal da taxa diária de evaporação potencial (W/m^2) de acordo com locais de coleta descritos no **Quadro II.5.1.5-1**. As barras com cores escuras representam os valores médios, as cores claras (com bordas tracejadas) indicam os valores máximos e mínimos e as linhas verticais cheias, o desvio padrão.

O ponto do modelo do NCEP/NCAR localizado em SP apresenta em todos os meses potencial de evaporação inferior ao ponto localizado em MG. Os maiores valores são observados no mês de setembro, com $374,4 W/m^2$ para o ponto de MG e $321,4 W/m^2$ em SP. Os menores valores mensais médios foram observados em abril, com $149,8 W/m^2$ no ponto SP e $153,2 W/m^2$ no ponto MG.

Os valores máximos e mínimos absolutos foram observados no ponto SP. No mês de setembro ($867,9 W/m^2$) ocorreu o máximo, e, o mínimo, em agosto ($28,8 W/m^2$). Para o ponto MG, os valores mínimos e máximos absolutos ocorreram em julho ($37,1 W/m^2$) e em setembro ($862,7 W/m^2$).

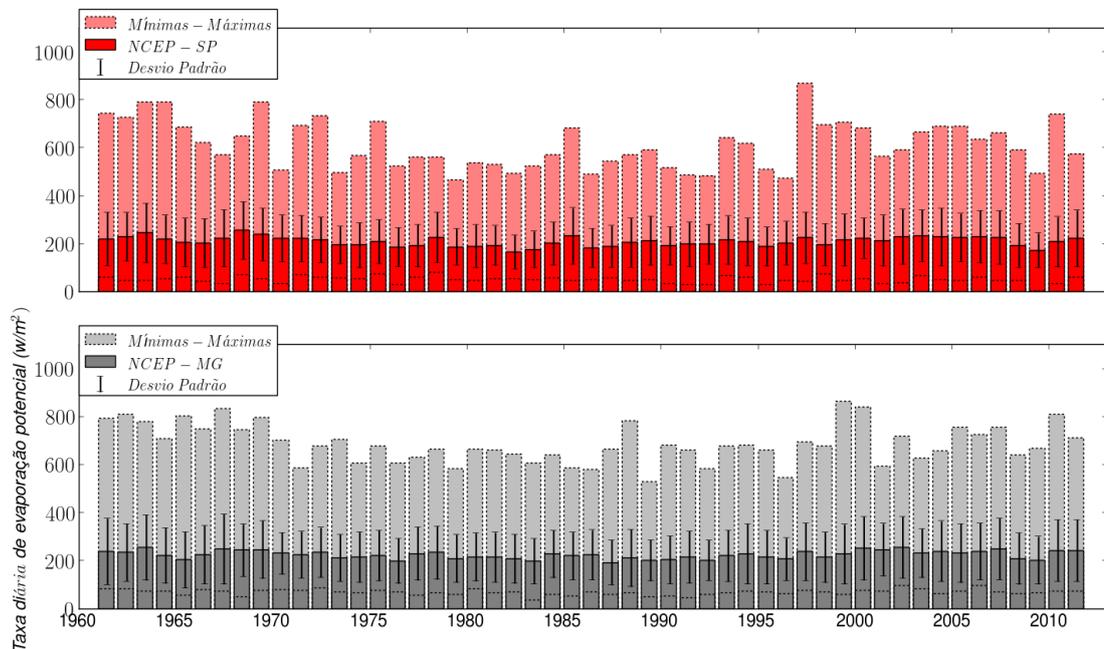
Tabela II.5.1.5-9 - Estatística básica mensal da taxa diária de evaporação potencial de acordo com locais de coleta descritos no **Quadro II.5.1.5-1**.

Evaporação (W/m^2)								
Mês	NCEP – SP				NCEP – MG			
	Média	Mínima	Máxima	Desvio	Média	Mínima	Máxima	Desvio
Janeiro	180,8	104,1	429,3	41,2	188,0	94,0	352,3	44,3

Evaporação (W/m ²)								
Fevereiro	168,6	82,3	351,3	36,3	188,4	88,6	337,3	42,3
Março	154,9	81,3	301,8	35,0	163,9	72,7	338,3	37,1
Abril	149,8	65,8	394,6	45,0	153,2	54,8	409,1	41,6
Maiο	159,7	35,2	476,0	59,0	169,9	55,1	421,3	57,0
Junho	170,4	29,6	541,1	70,9	190,2	47,8	483,3	61,6
Julho	203,3	30,3	790,1	83,3	241,7	37,1	530,5	84,5
Agosto	288,7	28,8	734,1	107,1	356,7	51,3	840,7	127,0
Setembro	321,4	47,3	867,9	139,5	374,4	47,8	862,7	168,8
Outubro	269,0	48,3	667,5	126,1	278,3	53,3	719,0	135,7
Novembro	242,3	70,3	692,8	103,7	199,4	75,0	534,5	70,9
Dezembro	204,2	101,2	491,8	65,3	184,7	74,8	379,8	43,8

Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

De forma a se analisar as variações interanuais da taxa diária de evaporação potencial, são apresentadas na **Figura II.5.1.5-39** e na **Tabela II.5.1.5-10**. Nestas, é possível identificar que, no ponto MG, a taxa diária de evaporação potencial média anual é de 224,3 W/m², enquanto que, para o ponto SP, este valor é de 209,6 W/m². O ano de 1982 teve a menor média mínima em SP (165,7 W/m²), e o de 1968, a máxima (255,2 W/m²). Para o ponto MG, estes anos foram os de 1987 (192,6 W/m²) e 2002 (255,1 W/m²).



Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-39 – Taxa diária de evaporação potencial anuais médias (W/m²) de acordo com locais de coleta descritos no **Quadro II.5.1.5-1**. As

barras com cores escuras representam os valores médios, as cores claras (com bordas tracejadas) indicam os valores máximos e as linhas verticais cheias, o desvio padrão.

Tabela II.5.1.5-10 - Taxas diárias de evaporação potencial médias, mínimas e máximas anuais nos locais de coleta descritos no Quadro II.5.1.5-1.

Fonte de Dados	Evaporação média					Evaporação mínima		Evaporação máxima	
	Média	Mínima		Máxima		W/m ²	ano	W/m ²	ano
	W/m ²	W/m ²	ano	W/m ²	ano				
NCEP - SP	209,6	165,7	1982	255,2	1968	30,3	2009	867,9	1997
NCEP - MG	224,3	192,6	1987	255,1	2002	37,1	1983	862,7	1999

Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

No ponto SP, os valores mínimo e máximo absolutos ocorreram em 2009 e em 1997, enquanto que no ponto MG, estes valores ocorreram nos anos de 1983 e 1999. Os valores mínimos absolutos para os pontos MG e SP foram de 37,1 W/m² e 30,3 W/m². Já os valores máximos absolutos para estes mesmos pontos foram de 862,7 W/m² e 867,9 W/m². Os dados apresentados não conotam nenhuma tendência de aumento ou diminuição da evaporação nestes pontos analisados dentro da área de estudo.

Ventos

Para caracterizar o regime de ventos da área de estudo foram utilizados dados espaciais do modelo de circulação geral do NCEP/NCAR e pontuais coletados nas cidades de Macaé, Rio de Janeiro, Santa Cruz e Cabo Frio. Um ponto de grade do modelo do NCEP/NCAR foi selecionado na região dos blocos do Pré-Sal da Bacia de Santos e indicando a região oceânica do empreendimento.

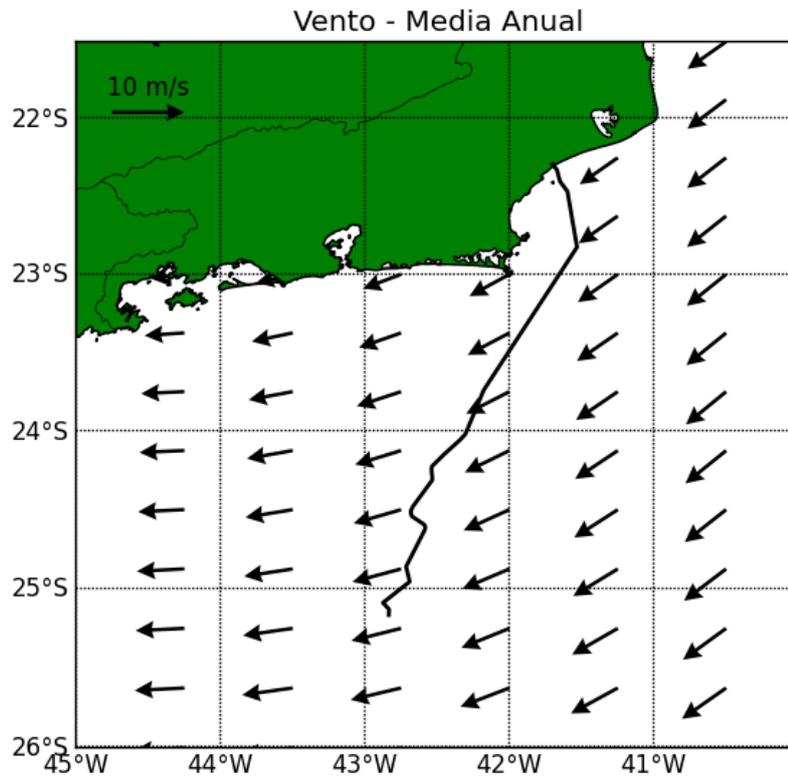
A variação do regime dos ventos foi analisada em termos espaciais para o período anual, de verão e de inverno. Nas localidades listadas acima, foram analisadas as estatísticas básicas (mínima, média, máxima e desvio padrão) para as variações mensais e interanuais. Para o ponto do Pré-Sal foi realizada uma análise de extremos e de eventos extremos, caracterizando as situações de maiores intensidades dos ventos na área de estudo.

Estas análises são importantes para se determinar como é o vento médio na área de estudo, como ele varia espacialmente e ao longo do ano, os meses com maiores e menores intensidades e se é observada alguma tendência de variação deste parâmetro ao longo dos anos avaliados.

As variações sazonais dos ventos estão ligadas às variações intra-anuais, que por sua vez são influenciadas por diversos fatores atmosféricos, conforme apresentado no **tópico A**, e as variações de alta frequência (relativas às variações sazonais) estão associadas a distúrbios atmosféricos como passagens de frentes frias e ciclones extratropicais, por exemplo.

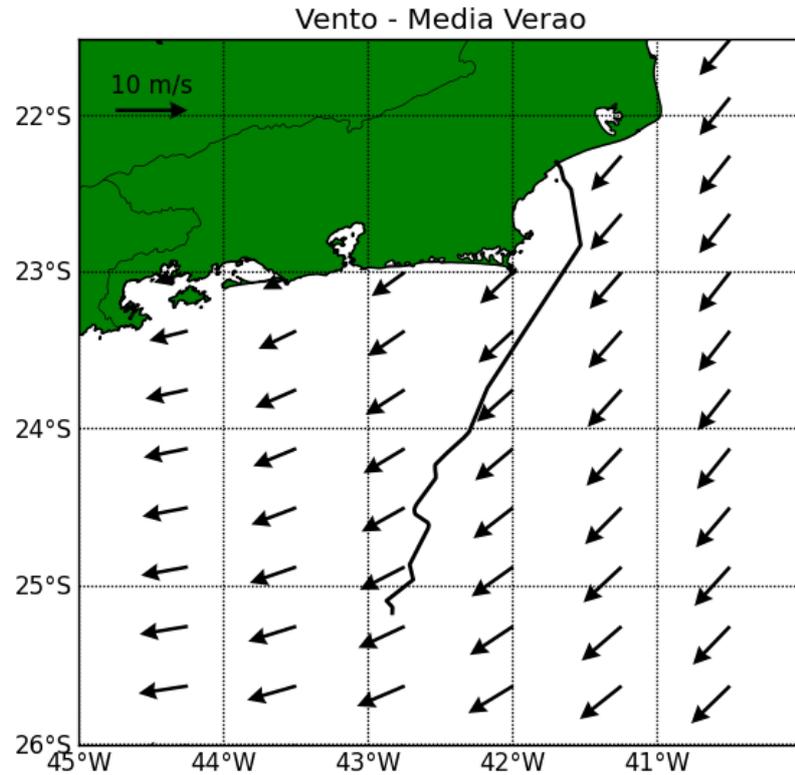
Estas variações dos ventos são importantes para operações normais e de emergência em praticamente todos os setores que envolvem a produção de óleo, podendo exigir equipamentos específicos para cada situação de transporte e contingência, por exemplo.

As variações espaciais do vento médio anual, de verão e de inverno estão da **Figura II.5.1.5-40** até a **Figura II.5.1.5-44**. Estas figuras foram compostas por dados do modelo global de circulação do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011.



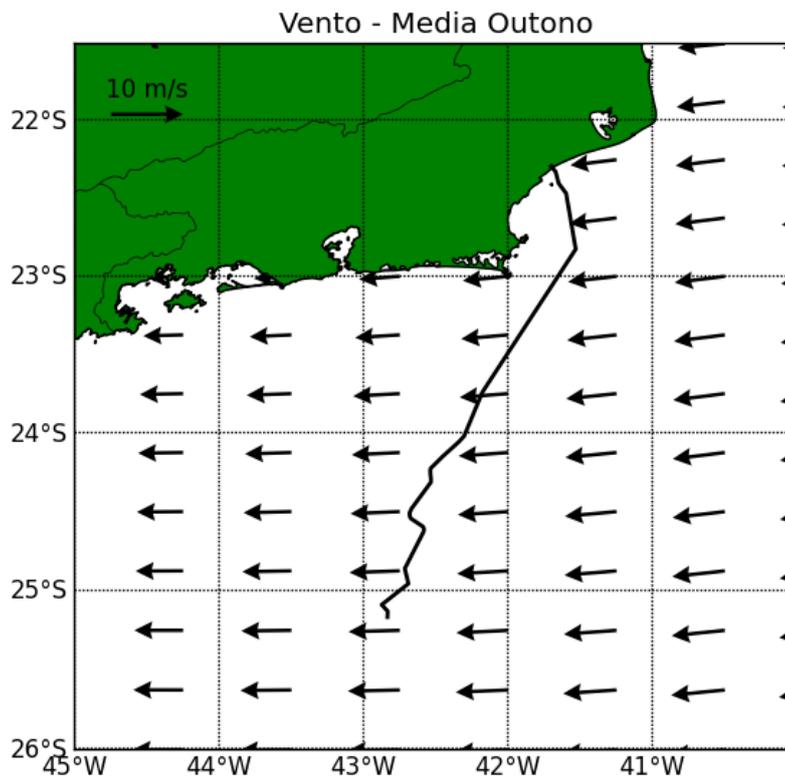
Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-40 – Velocidade do vento proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média anual. A linha preta indica a diretriz do gasotudo Rota Cabiúnas.



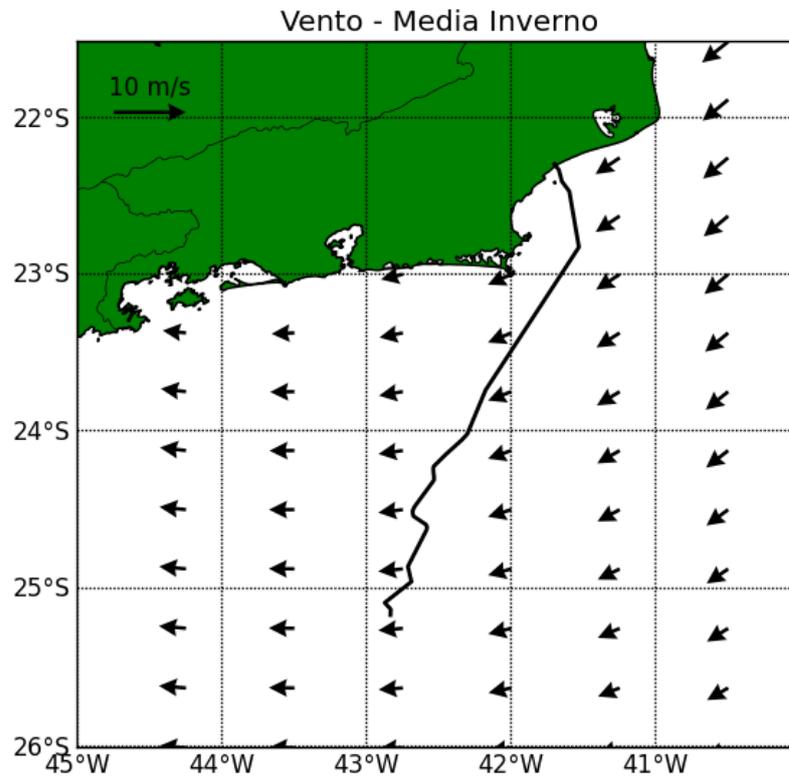
Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-41 – Velocidade do vento proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média de verão. A linha preta indica a diretriz do gasotudo Rota Cabiúnas.



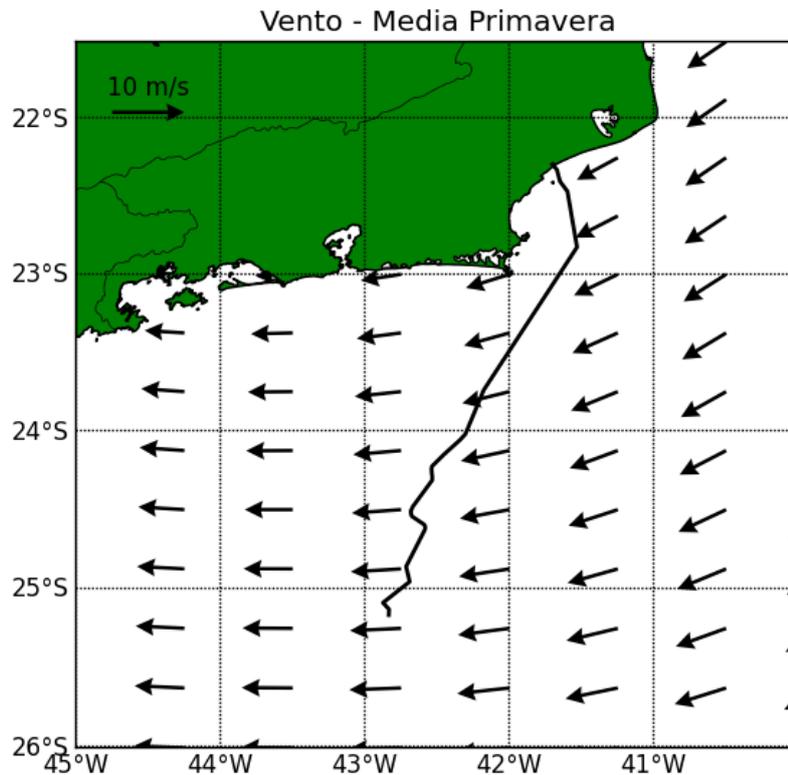
Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-42 – Velocidade do vento proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média de outono. A linha preta indica a diretriz do gasotudo Rota Cabiúnas.



Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-43 – Velocidade do vento proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média de inverno. A linha preta indica a diretriz do gasotudo Rota Cabiúnas.



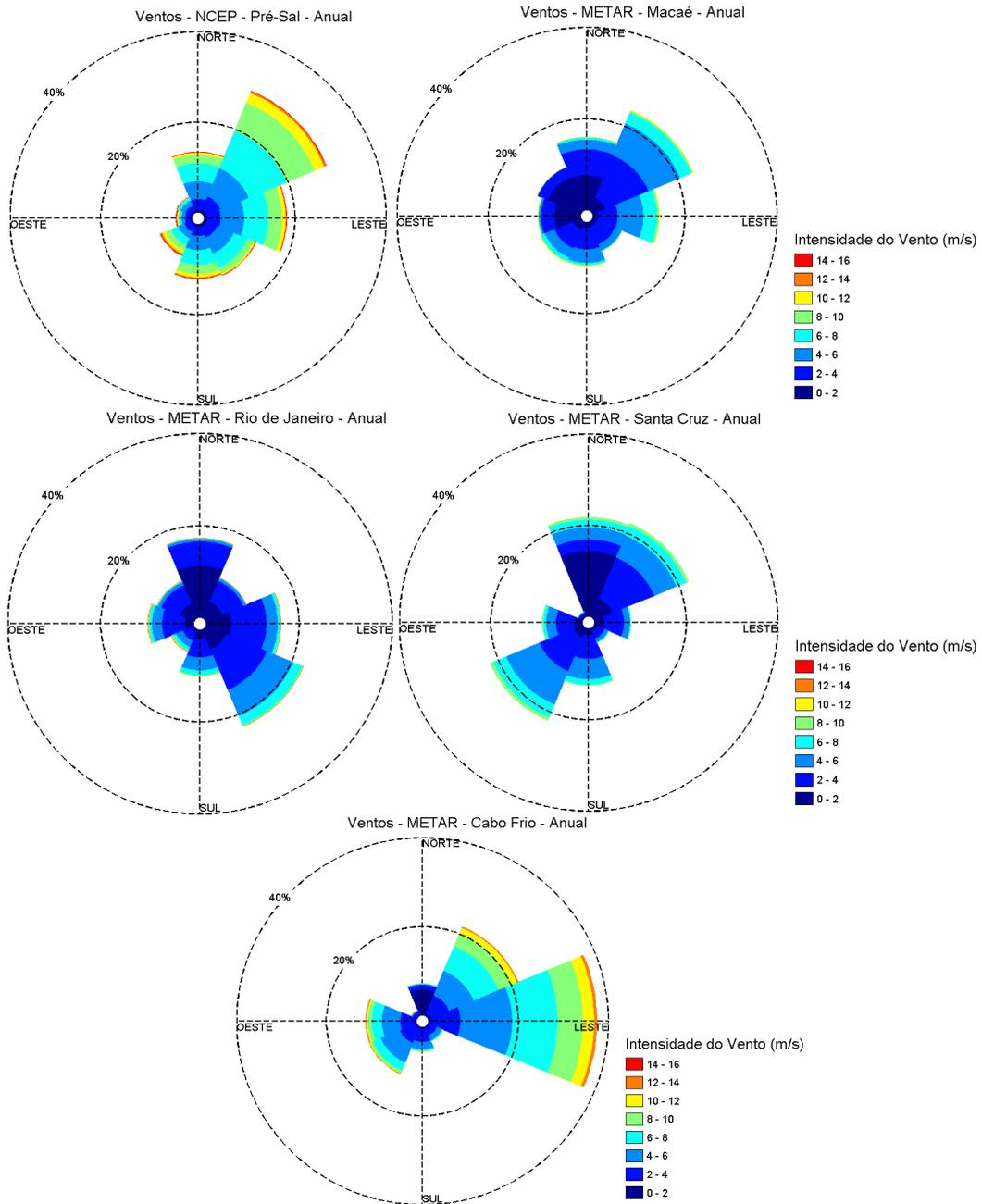
Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-44 – Velocidade do vento proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média de primavera. A linha preta indica a diretriz do gasotudo Rota Cabiúnas.

O campo de ventos médios na área de estudo mostra que, na área dos Blocos do Pré-Sal, o vento é predominantemente de NE a E. Estas direções indicam a presença marcante do ASAS sobre a área de estudo.

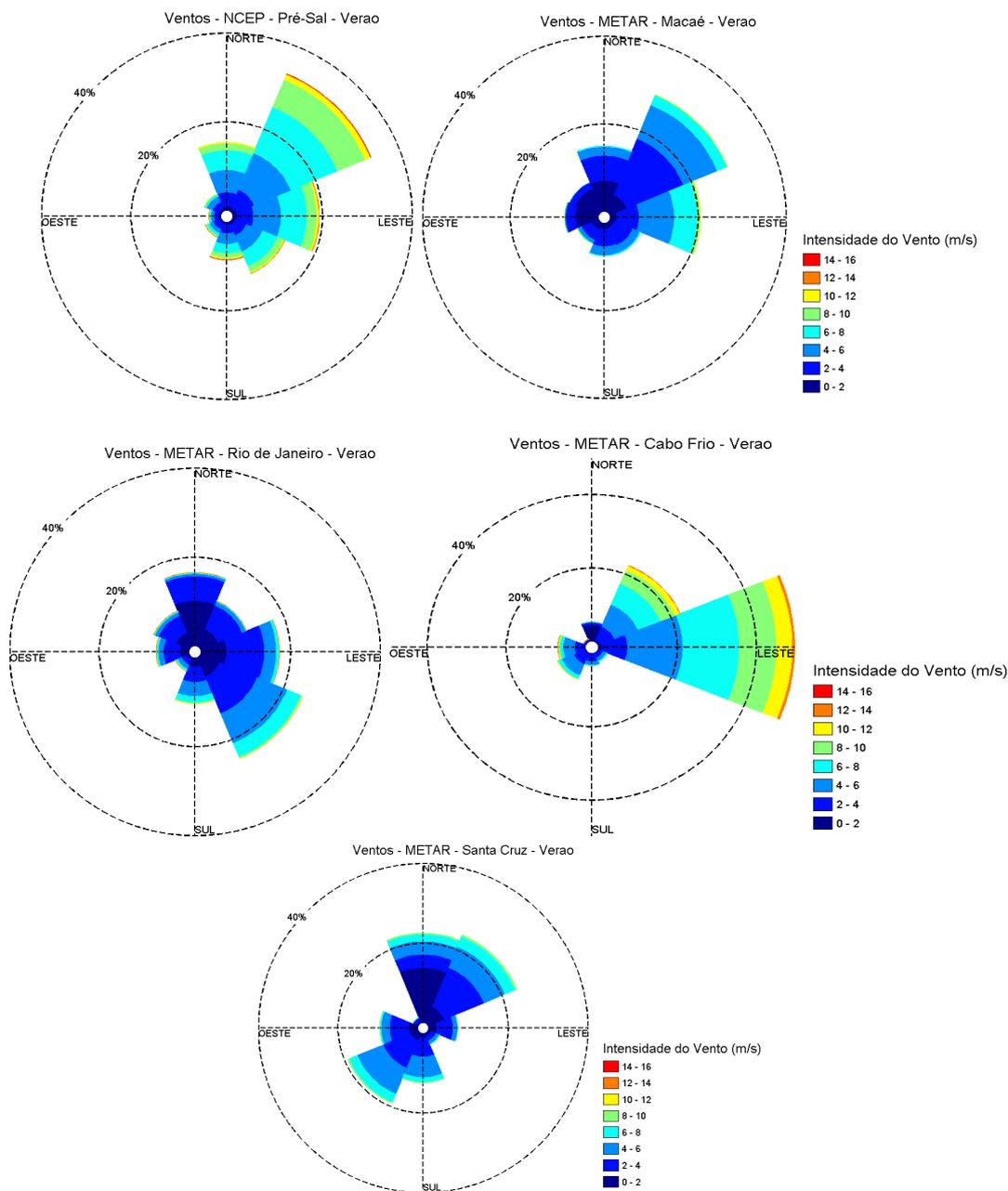
No verão os ventos são mais intensos que no inverno (na média). E na época de outono os ventos tem maior interferência do setor E quando comparado aos demais, que apresentam ventos provenientes de NE.

Analisando-se os ventos nos locais descritos no **Quadro II.5.1.5-1**, da **Figura II.5.1.5-45** até a **Figura II.5.1.5-49** mostram a rosa dos ventos indicando a direção predominante do vento, conjuntamente com as respectivas intensidades. Estas figuras contemplam o período anual, verão, outono, inverno e primavera.



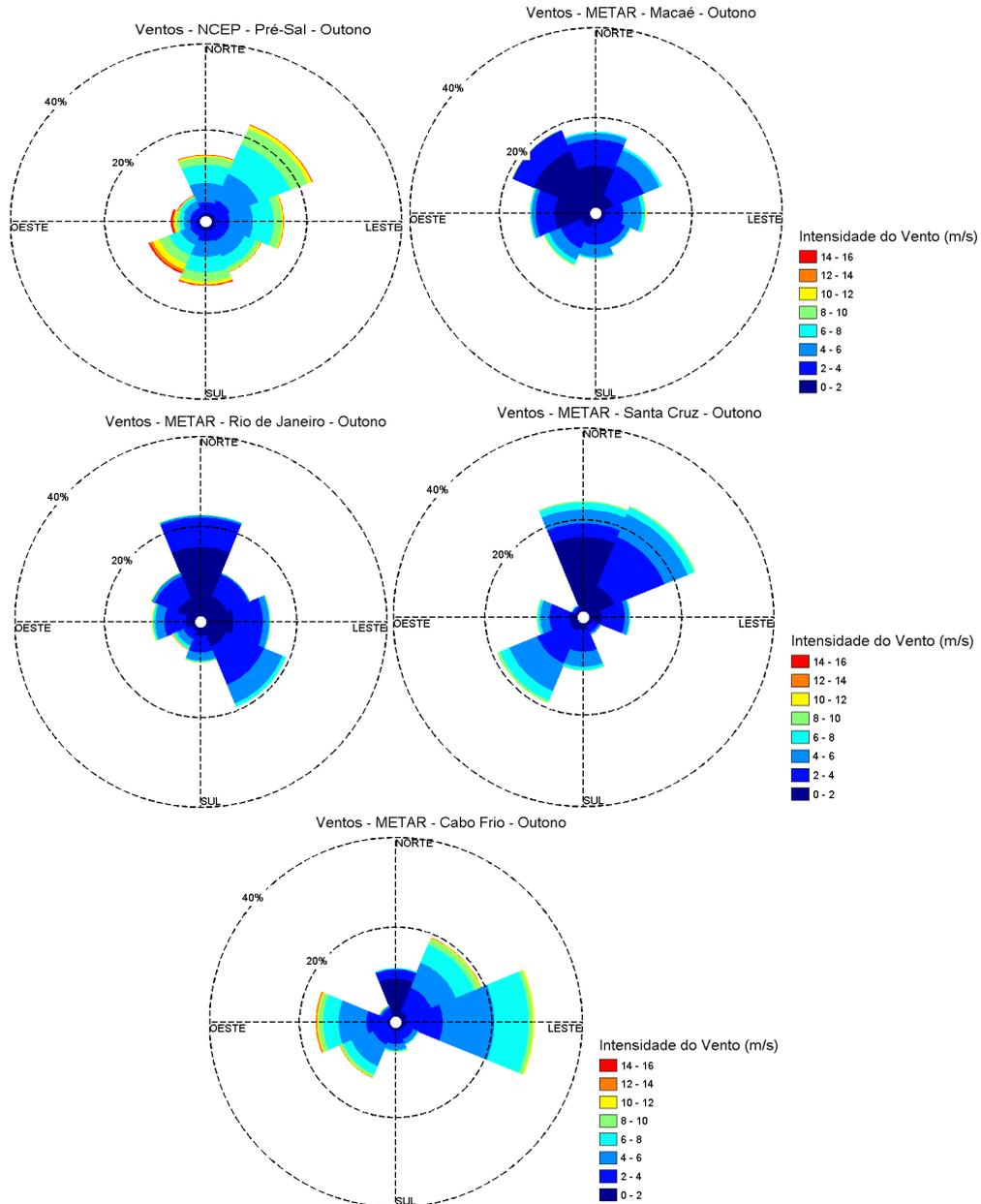
Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santa Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

Figura II.5.1.5-45 – Rosa dos ventos: Blocos do Pré-Sal (painel superior esquerdo), Macaé (painel superior direito), Rio de Janeiro (painel central esquerdo), Santa Cruz (painel central direito), Cabo Frio (painel inferior) de acordo com as localizações descritas no **Quadro II.5.1.5-1**. As circunferências mostram a frequência de ocorrência em cada direção, onde o Norte aponta para cima e o Leste para a direita. As cores das barras descrevem a intensidade do vento, de acordo com a escala graduada. Dados contemplando todo o período anual.



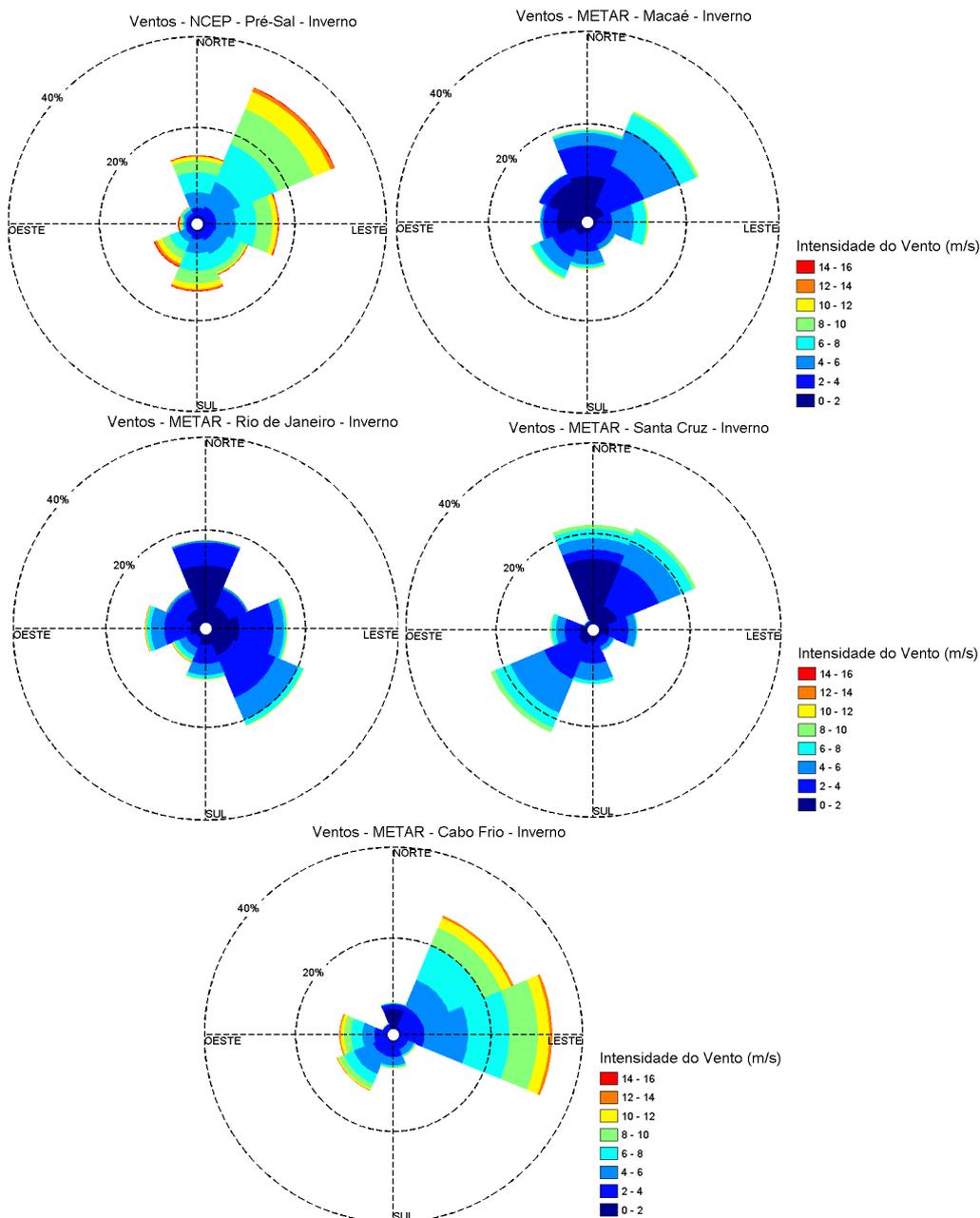
Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santa Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013.)

Figura II.5.1.5-46 – Rosa dos ventos: Blocos do Pré-Sal (painel superior esquerdo), Macaé (painel superior direito), Rio de Janeiro (painel central esquerdo), Santa Cruz (painel central direito), Cabo Frio (painel inferior) de acordo com as localizações descritas no **Quadro II.5.1.5-1**. As circunferências mostram a frequência de ocorrência em cada direção, onde o Norte aponta para cima e o Leste para a direita. As cores das barras descrevem a intensidade do vento, de acordo com a escala graduada. Dados contemplando o período de verão.



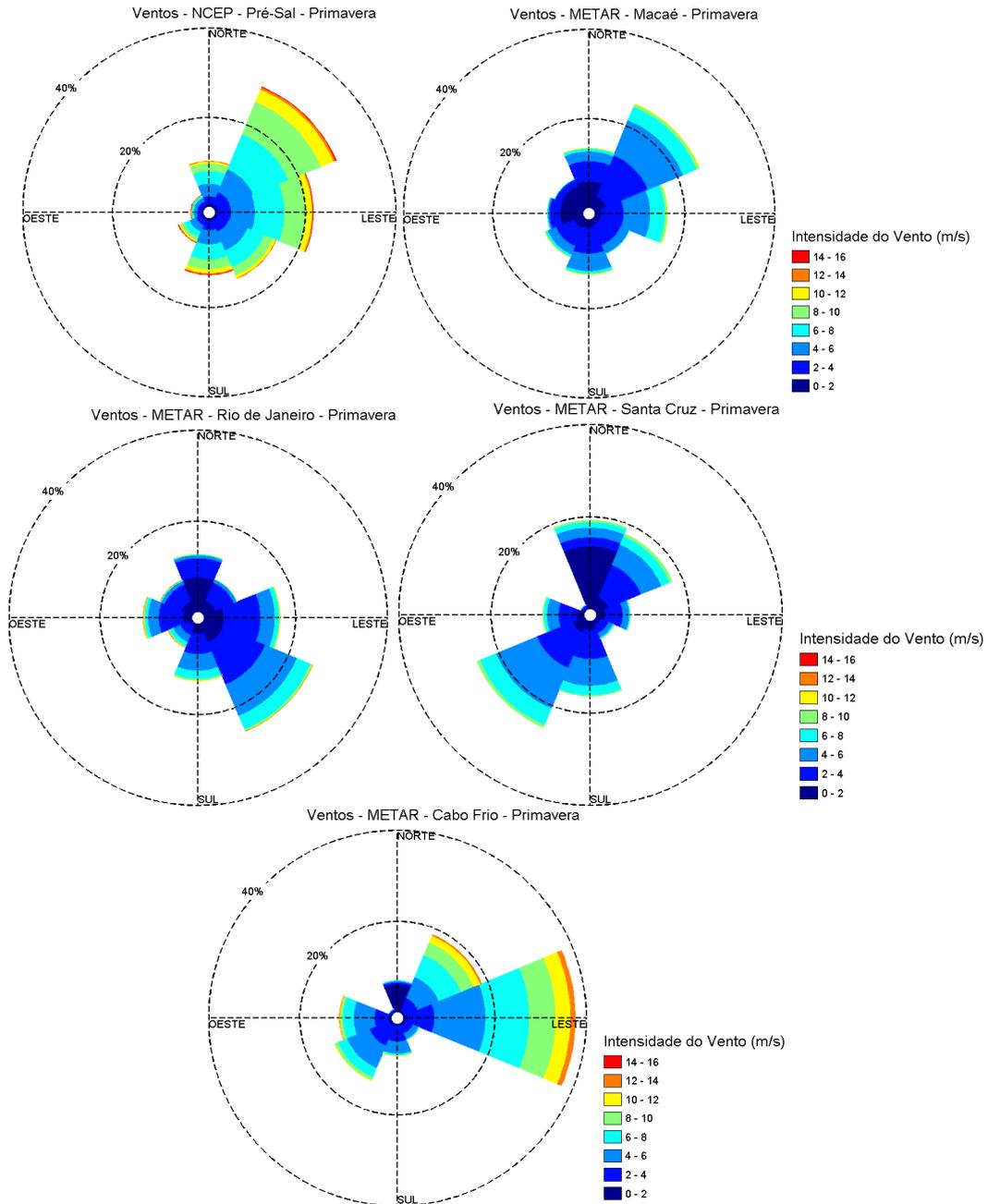
Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santa Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

Figura II.5.1.5-47 – Rosa dos ventos: Blocos do Pré-Sal (painel superior esquerdo), Macaé (painel superior direito), Rio de Janeiro (painel central esquerdo), Santa Cruz (painel central direito), Cabo Frio (painel inferior) de acordo com as localizações descritas no **Quadro II.5.1.5-1**. As circunferências mostram a frequência de ocorrência em cada direção, onde o Norte aponta para cima e o Leste para a direita. As cores das barras descrevem a intensidade do vento, de acordo com a escala graduada. Dados contemplando o período de outono.



Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santa Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

Figura II.5.1.5-48 – Rosa dos ventos: Blocos do Pré-Sal (painel superior esquerdo), Macaé (painel superior direito), Rio de Janeiro (painel central esquerdo), Santa Cruz (painel central direito), Cabo Frio (painel inferior) de acordo com as localizações descritas no **Quadro II.5.1.5-1**. As circunferências mostram a frequência de ocorrência em cada direção, onde o Norte aponta para cima e o Leste para a direita. As cores das barras descrevem a intensidade do vento, de acordo com a escala graduada. Dados contemplando o período de inverno.



Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santa Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

Figura II.5.1.5-49 - Rosa dos ventos: Blocos do Pré-Sal (painel superior esquerdo), Macaé (painel superior direito), Rio de Janeiro (painel central esquerdo), Santa Cruz (painel central direito), Cabo Frio (painel inferior) de acordo com as localizações descritas no **Quadro II.5.1.5-1**. As circunferências mostram a frequência de ocorrência em cada direção, onde o Norte aponta para cima e o Leste para a direita. As cores das barras descrevem a intensidade do vento, de acordo com a escala graduada. Dados contemplando o período de primavera.

Para o período anual, nos Blocos do Pré-Sal, a direção predominante é a NE, com 29% das observações. A segunda direção mais representativa é a E, com 18%. Em ambas as direções o vento médio é de aproximadamente 5 m/s. Em Macaé o vento de NE também é o predominante com 25% de frequência aproximadamente, com média de aproximadamente 3,1 m/s. Santa Cruz tem os ventos de N, NE e SW como sendo os mais representativos, com 21%. No Rio de Janeiro o vento de SE é o mais representativo e em Cabo Frio E.

Para o período de verão os valores são similares aos anuais, em todas as localidades. Em Cabo Frio o setor E possui maior representatividade que no período anual, com decréscimo das contribuições de SW e W.

Para o período de outono no Pré Sal os ventos de origem W e SW possuem maior importância, quando comparado ao período de verão e em Macaé os ventos do setor NW também aumenta sua contribuição a aproximadamente 20%, tornando-se os mais frequentes nesta estação. Em Cabo Frio ocorre polarização entre os ventos de E e W.

Para o período de inverno, os ventos são mais intensos em todas as direções e em todas as localidades analisadas. Em todas as localidades também ocorre uma contribuição dos ventos de SW. Na primavera ocorre ventos transicionais entre as estações de verão e de inverno.

A **Tabela II.5.1.5-11** sintetiza as estatísticas básicas dos ventos de maior direção de ocorrência nos locais analisados. Em Macaé e no Pré Sal os ventos de NE são os predominantes durante todo o ano, com média que chega a 7,4 m/s e 4,1 m/s no inverno, respectivamente. Para o Rio de Janeiro os ventos de SE são os mais frequentes em todas as épocas do ano, com exceção do outono (N). Em Cabo Frio o vento de E é o mais frequente em todas as épocas ano, sendo mais intenso no verão (6,5 m/s). Em Santa Cruz no verão e no outono os ventos mais frequentes são de NE no verão e outono e SW no inverno e na primavera, com ventos mais intensos no verão e no inverno, respectivamente.

Tabela II.5.1.5-11 - Estatística básica anual, de verão e de inverno para a intensidade do vento na direção de maior ocorrência, de acordo com locais de coleta descritos no Quadro II.5.1.5-1.

Fonte de Dados	Direção	Média (m/s)	Desvio Padrão (m/s)	Máximo (m/s)
Anual				
NCEP - Pré-Sal (1961-2011)	NE	6,8	2,5	16,0
METAR - Macaé	NE	3,8	1,8	11,3
METAR - Rio de Janeiro	SE	3,4	1,8	12,3
METAR – Santa Cruz	NE	3,4	1,9	9,8
METAR – Cabo Frio	E	6,1	2,5	13,4
Verão				
NCEP - Pré-Sal (1961-2011)	NE	6,4	2,2	14,5
METAR - Macaé	NE	3,5	1,6	10,3
METAR - Rio de Janeiro	SE	3,7	1,9	11,8
METAR – Santa Cruz	NE	3,5	1,9	9,8
METAR – Cabo Frio	E	6,5	2,5	13,4
Outono				
NCEP - Pré-Sal (1961-2011)	NE	6,1	2,3	14,6
METAR - Macaé	NW	1,5	0,7	11,3
METAR - Rio de Janeiro	N	1,3	1,2	9,3
METAR – Santa Cruz	NE	3,0	1,7	9,8
METAR – Cabo Frio	E	4,8	1,9	10,8
Inverno				
NCEP - Pré-Sal (1961-2011)	NE	7,4	2,5	16,0
METAR - Macaé	NE	4,1	1,9	11,3
METAR - Rio de Janeiro	SE	3,1	1,6	10,3
METAR – Santa Cruz	SW	4,2	1,9	9,8
METAR – Cabo Frio	E	6,4	2,5	13,4
Primavera				
NCEP - Pré-Sal (1961-2011)	NE	7,1	2,5	15,0
METAR - Macaé	NE	4,0	1,9	10,3
METAR - Rio de Janeiro	SE	3,7	1,9	12,3
METAR – Santa Cruz	SW	4,1	1,8	9,8
METAR – Cabo Frio	E	6,3	2,7	13,4

Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santos Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

A **Tabela II.5.1.5-12** traz as mesmas estatísticas apresentadas na

Tabela II.5.1.5-11, contudo ao invés da direção de maior ocorrência, contempla os ventos nas direções onde a média da intensidade do vento é a maior.

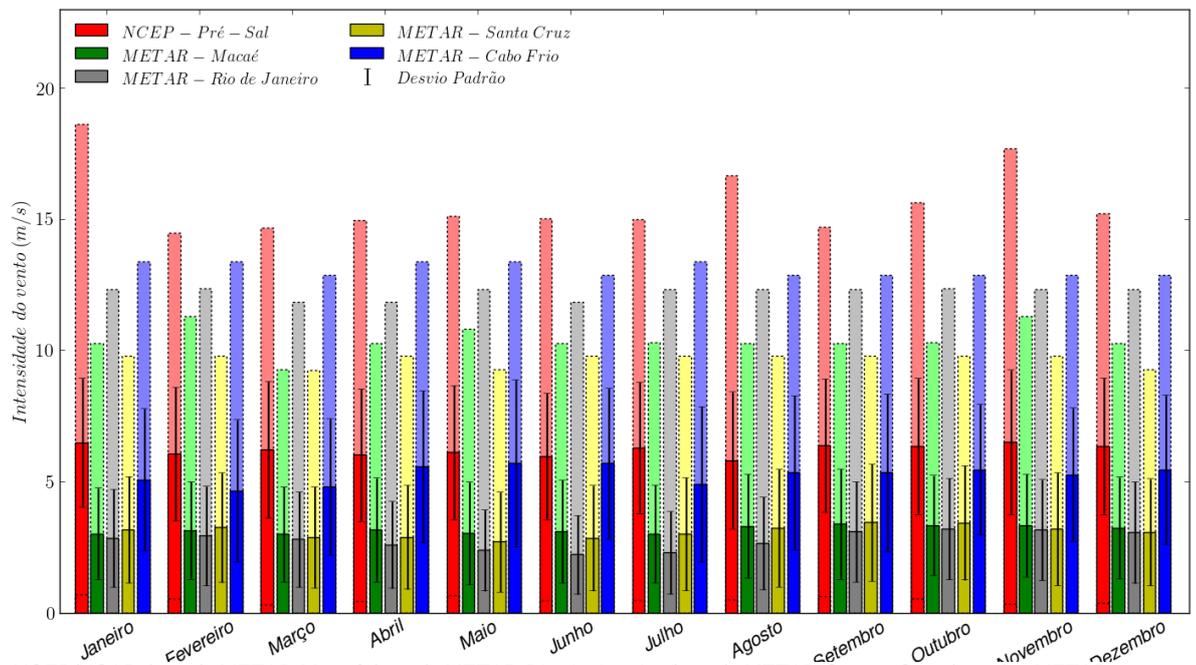
Tabela II.5.1.5-12 - Estatística básica anual, de verão e de inverno para a intensidade do vento na direção de maior intensidade média de acordo com locais de coleta descritos no **Quadro II.5.1.5-1**.

Fonte de Dados	Direção	Média (m/s)	Desvio Padrão (m/s)	Máximo (m/s)
Anual				
NCEP - Pré-Sal (1961-2011)	NE	6,8	2,45	16,04
METAR - Macaé	E	4,49	1,88	10,28
METAR - Rio de Janeiro	SW	4,11	2,26	12,34
METAR – Santa Cruz	SW	4,06	1,85	9,79
METAR – Cabo Frio	E	6,12	2,52	13,39
Verão				
NCEP - Pré-Sal (1961-2011)	NE	6,37	2,24	14,48
METAR - Macaé	E	4,75	1,93	10,28
METAR - Rio de Janeiro	SW	3,8	2,17	12,33
METAR – Santa Cruz	SW	3,89	1,7	9,25
METAR – Cabo Frio	E	6,49	2,46	13,39
Outono				
NCEP - Pré-Sal (1961-2011)	SW	7,04	3,25	15,71
METAR - Macaé	E	3,85	1,52	10,28
METAR - Rio de Janeiro	SW	3,98	2,15	12,33
METAR – Santa Cruz	SW	3,91	1,79	9,78
METAR – Cabo Frio	W	4,98	2,28	13,39
Inverno				
NCEP - Pré-Sal (1961-2011)	NE	7,43	2,53	16,04
METAR - Macaé	E	4,58	1,84	10,28
METAR - Rio de Janeiro	SW	4,24	2,36	12,33
METAR – Santa Cruz	SW	4,21	1,94	9,79
METAR – Cabo Frio	E	6,41	2,51	13,39
Primavera				
NCEP - Pré-Sal (1961-2011)	NE	7,14	2,53	15,03
METAR - Macaé	E	4,45	1,94	10,28
METAR - Rio de Janeiro	SW	4,25	2,25	12,34
METAR – Santa Cruz	SW	4,1	1,84	9,78
METAR – Cabo Frio	E	6,34	2,69	13,39

Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santa Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

A **Tabela II.5.1.1-11** mostra que no Pré Sal apenas no outono o vento mais frequente (NE) não é o mais intenso (SW). O mesmo ocorre em Macaé, em todas as épocas do ano, onde o vento com média mais intensa é o de E. No Rio de Janeiro e em Santa Cruz o vento de SW são os mais intensos em todas as épocas do ano, com maiores intensidades nos meses de inverno. Em Cabo Frio o vento de E, além de ser o mais freqüente é o mais intenso nos meses de verão, inverno e primavera, sendo no outono o mais intenso o vento de W.

As climatologias mensais da intensidade do vento de acordo com os pontos destacados no **Quadro II.5.1.5-1** estão representadas graficamente na **Figura II.5.1.5-50** e listadas na **Tabela II.5.1.5-14**. Nesta figura e nesta tabela também estão disponíveis as estatísticas básicas associadas.



Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santa Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

Figura II.5.1.5-50 - Média mensal da intensidade do vento (m/s) de acordo com locais de coleta descritos no **Quadro II.5.1.5-1. As barras com cores escuras representam os valores médios, as cores claras (com bordas tracejadas) indicam os valores máximos e mínimos e as linhas verticais cheias, o desvio padrão.**

Tabela II.5.1.5-13 - Estatística básica mensal da intensidade do vento de acordo com locais de coleta descritos no Quadro II.5.1.5-1.

Mês	NCEP - Pré-Sal			METAR - Macaé			METAR - Rio de Janeiro			METAR - Santa Cruz			METAR - Cabo Frio		
	Média	Máx.	DP	Média	Máx.	DP	Média	Máx.	DP	Média	Máx.	DP	Média	Máx.	DP
Janeiro	6,5	18,6	2,5	3,0	10,3	1,7	2,9	12,3	1,9	3,2	9,8	2,0	5,1	13,4	2,7
Fevereiro	6,1	14,5	2,5	3,1	11,3	1,9	2,9	12,3	1,9	3,3	9,8	2,1	4,6	13,4	2,7
Março	6,2	14,7	2,6	3,0	9,3	1,8	2,8	11,8	1,8	2,9	9,3	1,9	4,8	12,9	2,6
Abril	6,0	14,9	2,5	3,2	10,3	2,0	2,6	11,8	1,7	2,9	9,8	2,0	5,6	13,4	2,9
Mai	6,1	15,1	2,6	3,0	10,8	2,0	2,4	12,3	1,5	2,7	9,3	1,9	5,7	13,4	3,2
Junho	6,0	15,0	2,4	3,1	10,3	2,0	2,2	11,8	1,5	2,9	9,8	2,0	5,7	12,9	2,9
Julho	6,3	15,0	2,5	3,0	10,3	1,9	2,3	12,3	1,6	3,0	9,8	2,1	4,9	13,4	3,0
Agosto	5,8	16,6	2,6	3,3	10,3	2,0	2,7	12,3	1,8	3,2	9,8	2,2	5,3	12,9	2,9
Setembro	6,4	14,7	2,5	3,4	10,3	2,1	3,1	12,3	1,9	3,4	9,8	2,2	5,3	12,9	3,0
Outubro	6,3	15,6	2,6	3,3	10,3	1,9	3,2	12,3	1,9	3,4	9,8	2,2	5,5	12,9	2,5
Novembro	6,5	17,7	2,8	3,3	11,3	2,0	3,2	12,3	1,9	3,2	9,8	2,1	5,3	12,9	2,5
Dezembro	6,3	15,2	2,6	3,2	10,3	1,9	3,1	12,3	1,9	3,1	9,3	2,0	5,5	12,9	2,8

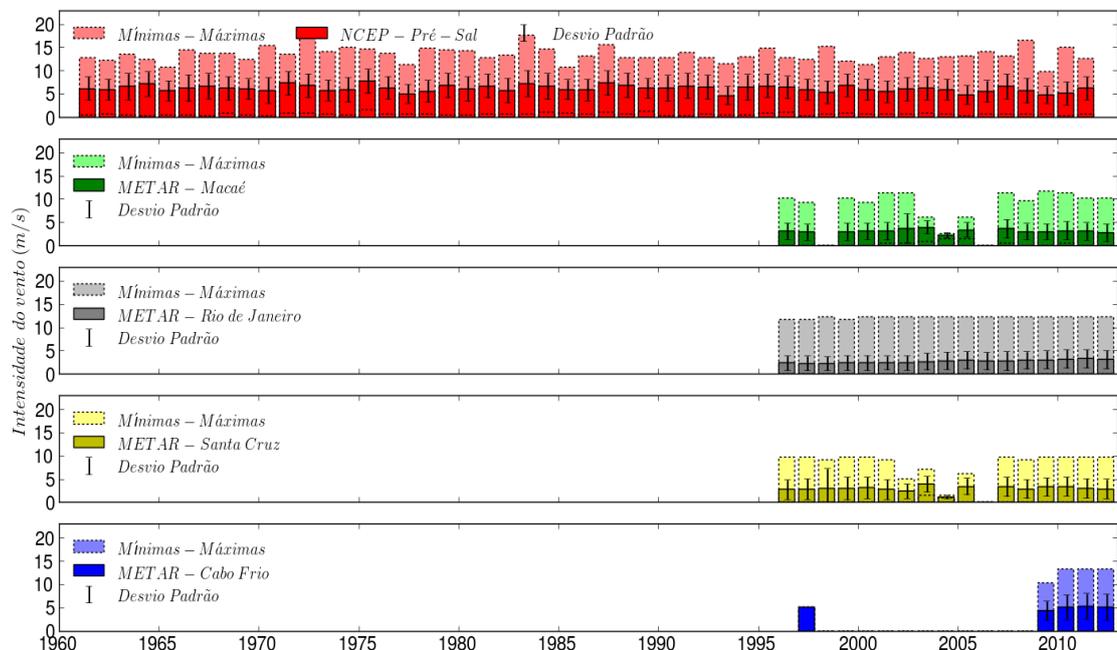
Máx . - máxima; DP - desvio padrão.

Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santa Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

As estatísticas mensais das intensidades dos ventos na área de estudo não mostrou uma relação direta entre as localidades analisadas. Para o ponto dos Blocos do Pré-Sal as intensidades mensais médias máximas de 6,5 m/s foram obtidas nos meses de janeiro e novembro.

Na cidade de Macaé a maior média mensal foi registrada no mês de setembro (3,4 m/s), no Rio de Janeiro em outubro e novembro (3,2 m/s), em Santa Cruz em setembro e outubro (3,4 m/s) e em Cabro Frio nos meses de maio e junho (5,7 m/s).

Análises das variações interanuais são apresentadas graficamente na **Figura II.5.1.5-51** e listada na **Tabela II.5.1.5-14**.



Fonte: NCEP/NCAR (2013); METAR Macaé (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); METAR Santa Cruz (2013) e METAR Cabo Frio (2013).

Figura II.5.1.5-51 – Intensidades do vento anuais médias (m/s) de acordo com locais de coleta descritos no **Quadro II.5.1.5-1**. As barras com cores escuras representam os valores médios, as cores claras (com bordas tracejadas) indicam os valores máximos e as linhas verticais cheias, o desvio padrão.

Tabela II.5.1.5-14 - Intensidades do vento médias, mínimas e máximas anuais nos locais de coleta descritos no Quadro II.5.1.5-1.

Fonte de Dados	Intensidade do vento média					Intensidade máxima	
	Média	Mínima		Máxima		m/s	ano
	m/s	m/s	ano	m/s	ano		
NCEP - Pré-Sal	6,2	4,7	1993	7,8	1975	18,6	1972
METAR - Macaé	2,8	2,2	2004	4,0	2003	11,8	2009
METAR - Rio de Janeiro	2,8	2,3	1998	3,3	2011	12,3	2004
METAR - Santa Cruz	2,8	1,2	2004	4,0	2003	9,8	2007
METAR - Cabo Frio	1,6	4,3	2009	5,3	2011	13,4	2010

Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013); PCD Caraguatatuba (2013); METAR Florianópolis (2013); METAR Rio de Janeiro (2013); PETROBRAS.

As análises das variações interanuais mostram que a intensidade do vento médio anual mínimo no Pré-Sal ocorreu no ano de 1993, com 4,7 m/s de média. Já a média máxima anual histórica ocorreu no ano de 1975 (7,8 m/s). A intensidade máxima absoluta ocorreu no ano de 1972, com 18,6 m/s de intensidade.

Para Macaé, Rio de Janeiro, Santa Cruz e Cabo Frio as médias anuais são de 2,8 m/s para as três primeiras e 1,6 m/s para a última. As intensidades médias máximas variaram desde 3,3 m/s para o Rio de Janeiro até 5,3 m/s em Cabo Frio.

Condições extremas do regime de ventos

Faz-se necessário uma análise das condições extremas do regime de ventos na área de estudo. Para realizar esta análise foram utilizados os dados provenientes do modelo NCEP/NCAR em ponto de grade no Pré-Sal, conforme descrito no **Quadro II.5.1.5-1**. Esta é a maior série que foi utilizada e foi a que apresentou as maiores intensidades, conforme apresentado anteriormente.

Na **Tabela II.5.1.5-15** pode-se observar a estatística básica e a direção dos ventos com maiores intensidades médias durante o ano, realizada com base nos dados do NCEP no Pré-Sal.

Tabela II.5.1.5-15 - Estatística básica anual, de verão e de inverno para a intensidade do vento na direção de maior intensidade média no local NCEP Pré-Sal (Quadro II.5.1.5-1).

Direção	Média (m/s)	Desvio Padrão (m/s)	Máximo (m/s)
Anual			
NE	6,80	2,45	16,04
Verão			
NE	6,37	2,24	14,48
Outono			
SW	7,04	3,25	15,71
Inverno			
NE	7,43	2,53	16,04
Primavera			
NE	7,14	2,53	15,03

Fonte dos dados: NCEP/NCAR (2013).

De acordo com a **Tabela II.5.1.5-15**, ao longo de todo o ano, a direção NE é aquela que apresenta o maior valor médio de intensidade do vento, com 6,80 m/s. A intensidade máxima registrada nesta direção foi de 16,04 m/s.

Para o verão, inverno e primavera, a direção de maior valor médio de intensidade do vento também é a NE, com valores igual a 6,37, 7,43 e 7,14 m/s respectivamente, e máximas de 14,48, 16,04 e 15,03 m/s, respectivamente. No outono, a direção SW apresentou o maior valor médio de intensidade do vento, igual a 7,04 m/s, e máxima de 15,71 m/s.

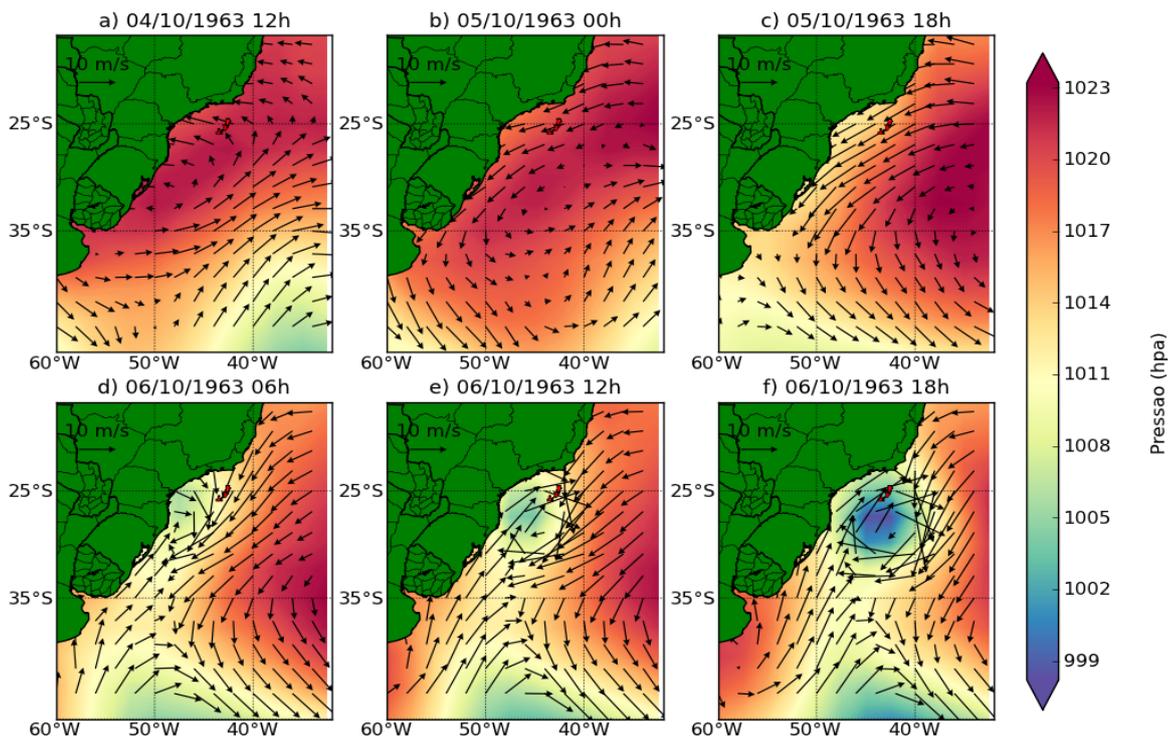
A **Tabela II.5.1.5-16** apresenta os valores de intensidades máximas registrados na série analisada entre 1961-2011, bem como sua direção de origem e data de ocorrência.

Tabela II.5.1.5-16 - *Intensidades máximas de ventos registradas em toda a série, e sazonalmente. Convenção meteorológica para a direção do vento.*

	Data	Intensidade	Direção
Anual	06/10/1963 18h	18,4 m/s	264° (W)
Verão	04/01/2011 18h	14,5 m/s	54° (NE)
Outono	08/06/1981 06h	18,2 m/s	292° (W)
Inverno	22/09/1966 00h	17,6 m/s	257° (W)
Primavera	06/10/1963 18h	18,4 m/s	264° (W)

Fonte dos dados: NCEP/NCAR

Para o evento de maior intensidade do vento observado no ponto NCEP (que ocorre um período de primavera), no Pré-Sal, é apresentada a **Figura II.5.1.5-52**. Este evento está associado à passagem de um sistema de baixa pressão (cores azuladas) pela área de estudo. É possível notar que no dia anterior ao evento (05/10/1963) o vento na região era proveniente de NE. No dia 06/10/1963, um centro de baixa pressão (cores azuladas) desloca-se no sentido W-E atingindo a região do empreendimento e proporcionando o vento máximo registrado.



Fonte dos dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-52 – Período de ocorrência do vento de maior magnitude sobre os blocos do Pré-Sal (blocos destacados em vermelho). Os vetores indicam a intensidade e a direção do vento. As cores mostram a pressão atmosférica, de acordo com a escala. O título de cada painel indica o dia descrito.

Para o evento extremo em período de outono, é apresentada a **Figura II.5.1.5-53**. Novamente o evento registrado está associado à passagem de um centro de baixa pressão pela área de estudo. Esta passagem é evidenciada no dia 07/06/1981. Neste momento a área de estudo é atingida por ventos girando em sentido horário que se deslocam no sentido W-E. Este centro de baixa pressão desloca-se sentido oceano no dia seguinte, registrando o vento de origem W.

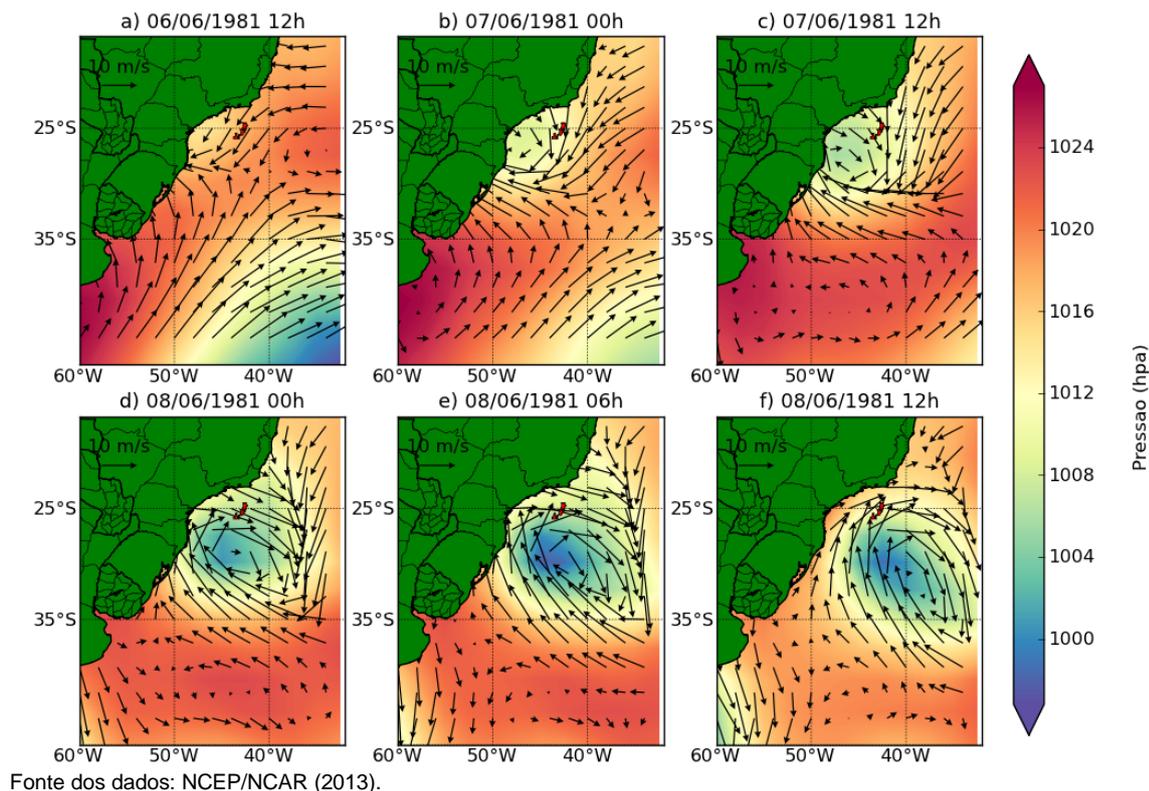
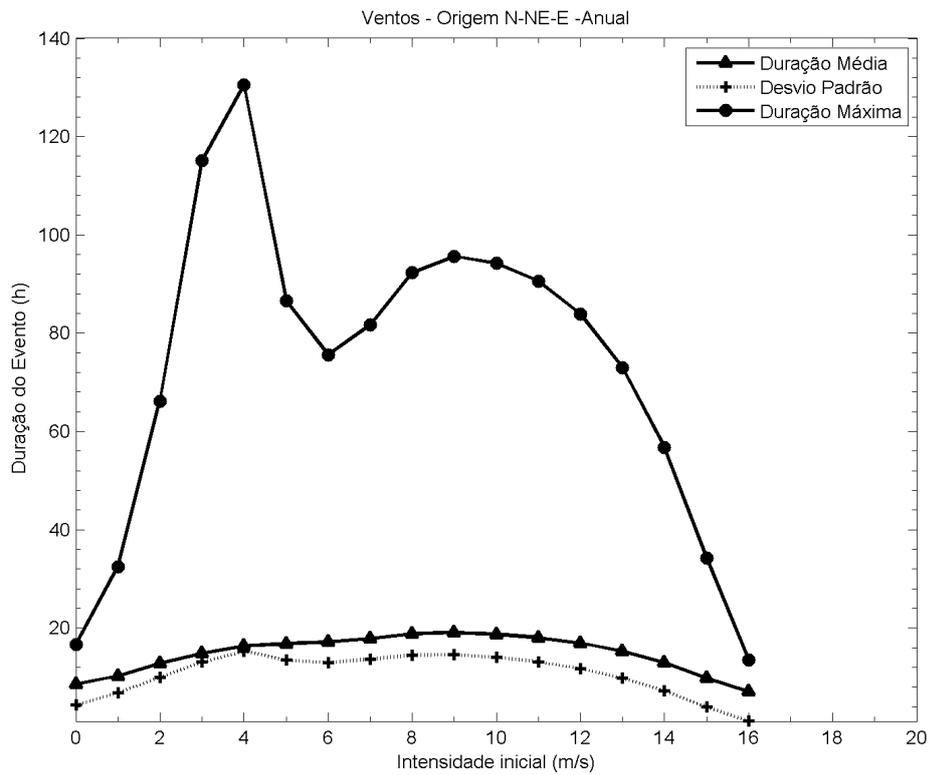


Figura II.5.1.5-53 – Período de ocorrência do vento de maior magnitude sobre os blocos do Pré-Sal (blocos destacados em vermelho) em período de inverno. Os vetores indicam a intensidade e a direção do vento. As cores mostram a pressão atmosférica, de acordo com a escala. O título de cada painel indica o dia descrito.

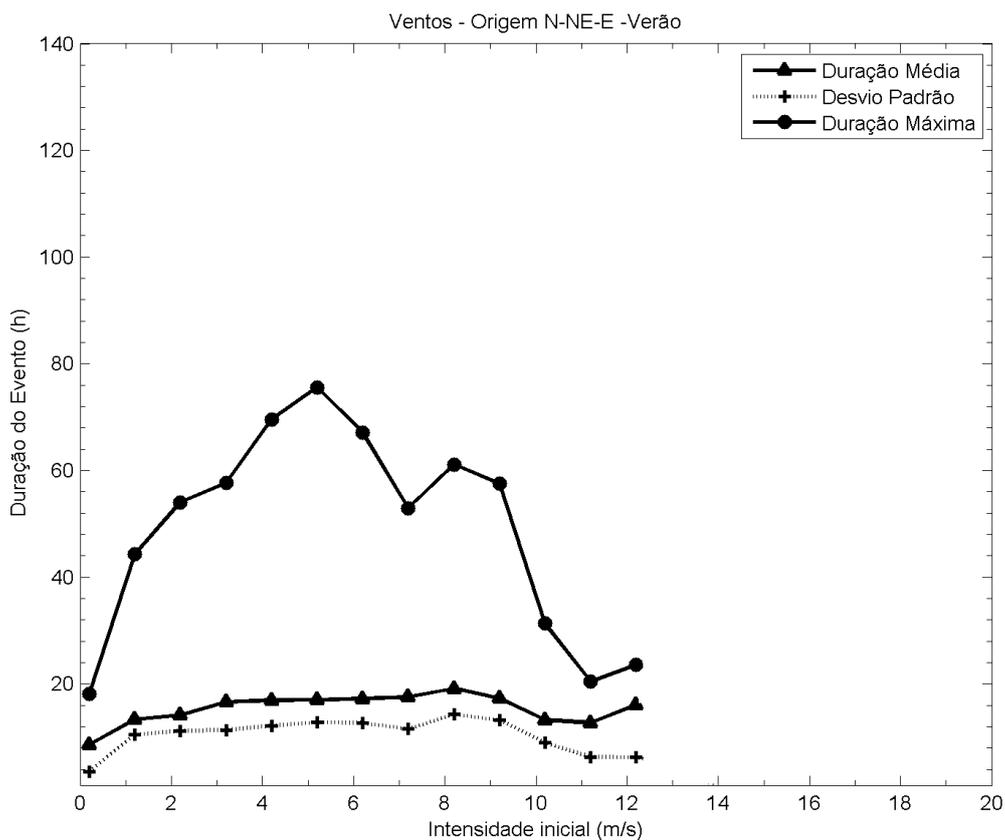
Os dados de ventos descritos anteriormente, para o banco de dados do NCEP no Pré-Sal, **Quadro II.5.1.5-1**, mostra que, de forma anual, 60% dos ventos têm origem N-NE-E e outros 32% apresentam origem SE-S-SW. Como descritos no **tópico A**, estes ventos são associados, respectivamente, ASAS e a passagem de FF.

De forma a avaliar a duração dos ventos destas origens predominantes, a **Figura II.5.1.5-54** a **Figura II.5.1.5-58** mostram o tempo de permanência de ventos de origem N-NE-E de acordo com classes de direção de 1 m/s. Assim, a partir do momento que o vento está com, por exemplo, 3 m/s, calcula-se quanto tempo este permanece com intensidade entre 2,1 m/s e 3,9 m/s.



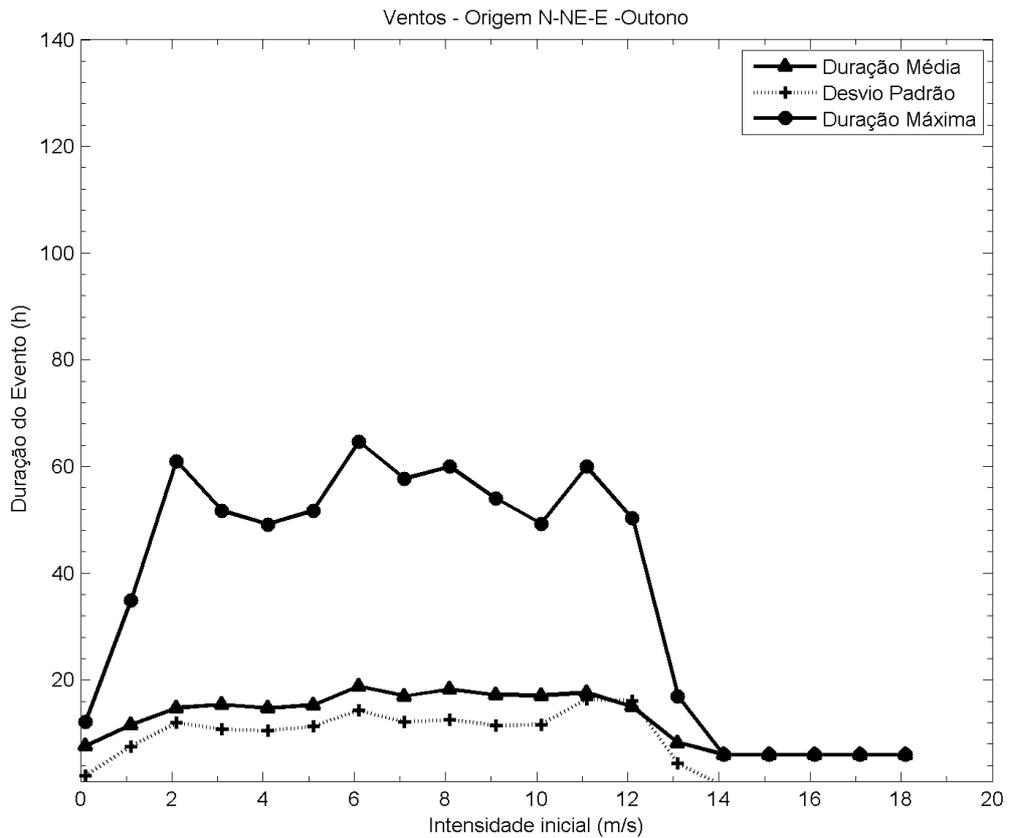
Fonte dos dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-54 – Duração dos ventos de origem N-NE-E de acordo com a intensidade inicial – série total.



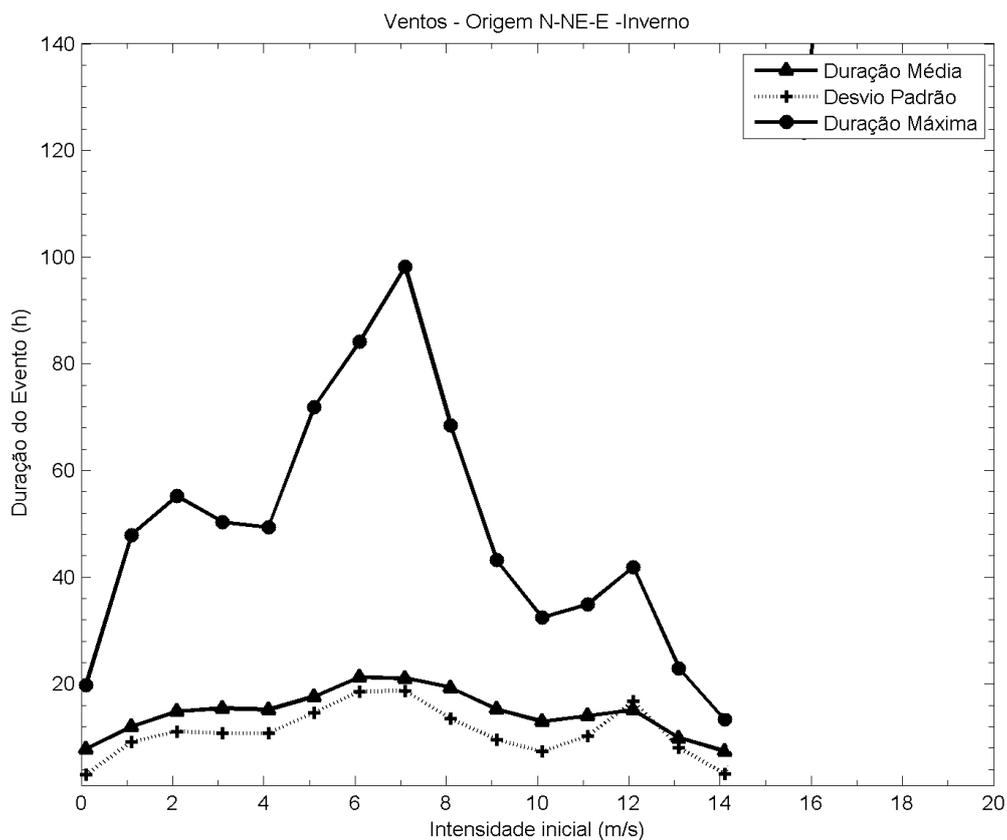
Fonte dos dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-55 – Duração dos ventos de origem N-NE-E de acordo com a intensidade inicial - meses de verão.



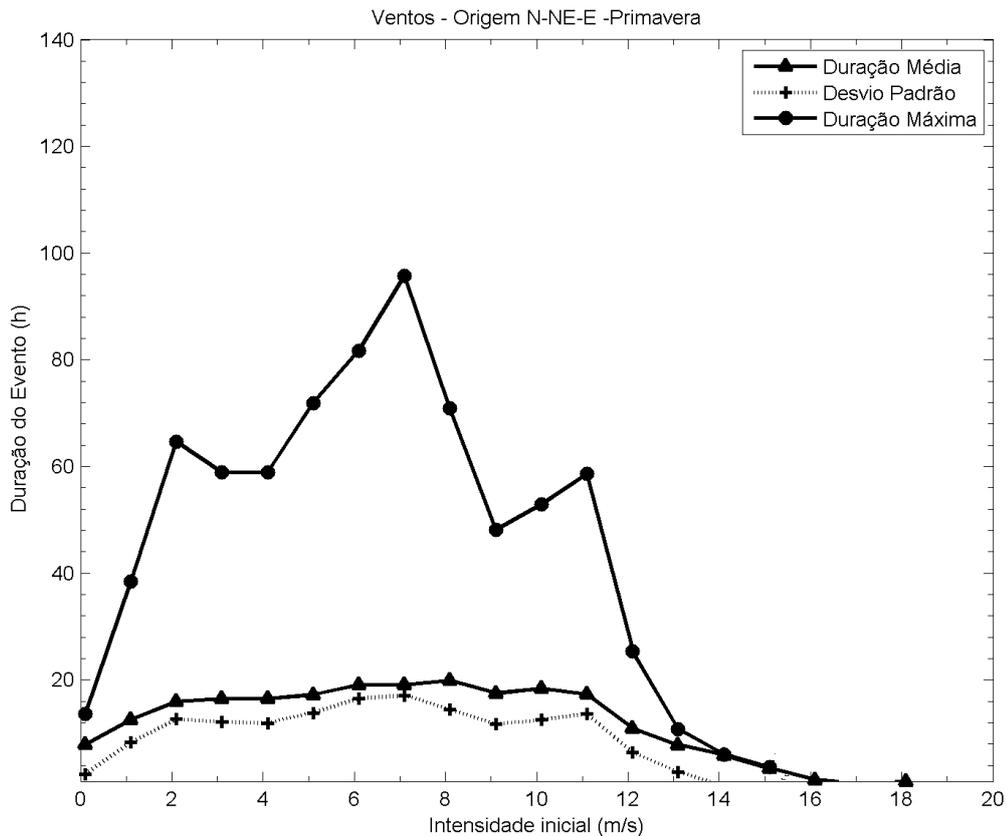
Fonte dos dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-56 – Duração dos ventos de origem N-NE-E de acordo com a intensidade inicial - meses de outono.



Fonte dos dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-57 – Duração dos ventos de origem N-NE-E de acordo com a intensidade inicial - meses de inverno.

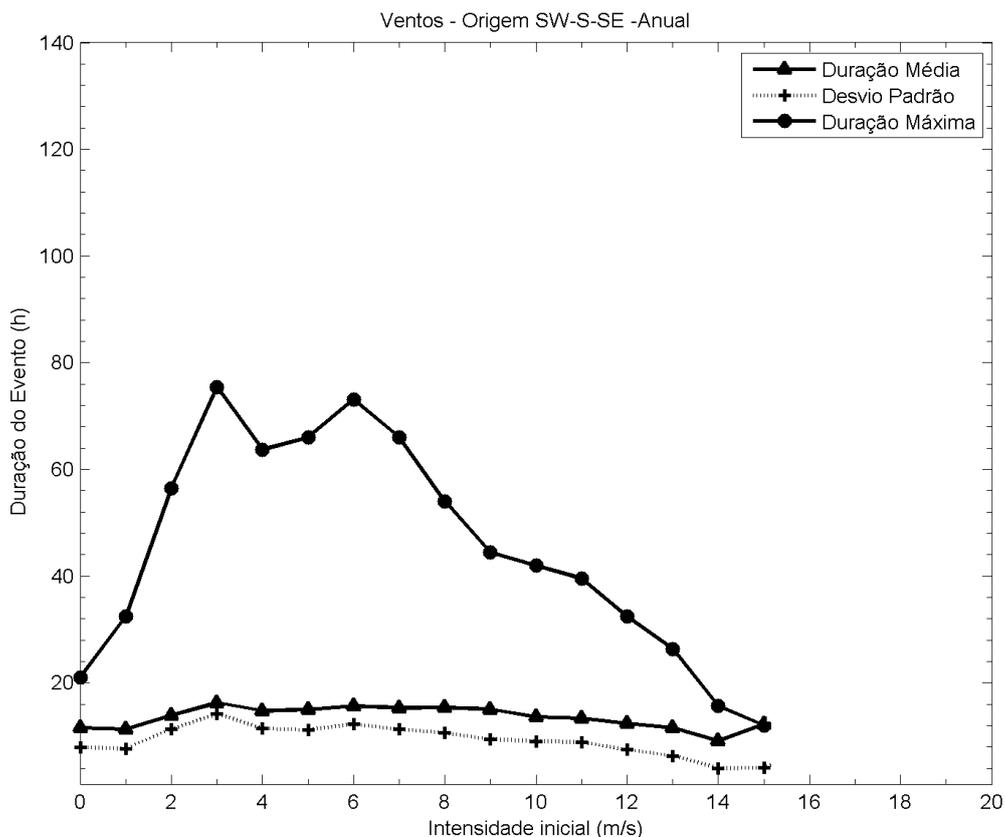


Fonte dos dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-58 – Duração dos ventos de origem N-NE-E de acordo com a intensidade inicial - meses de primavera.

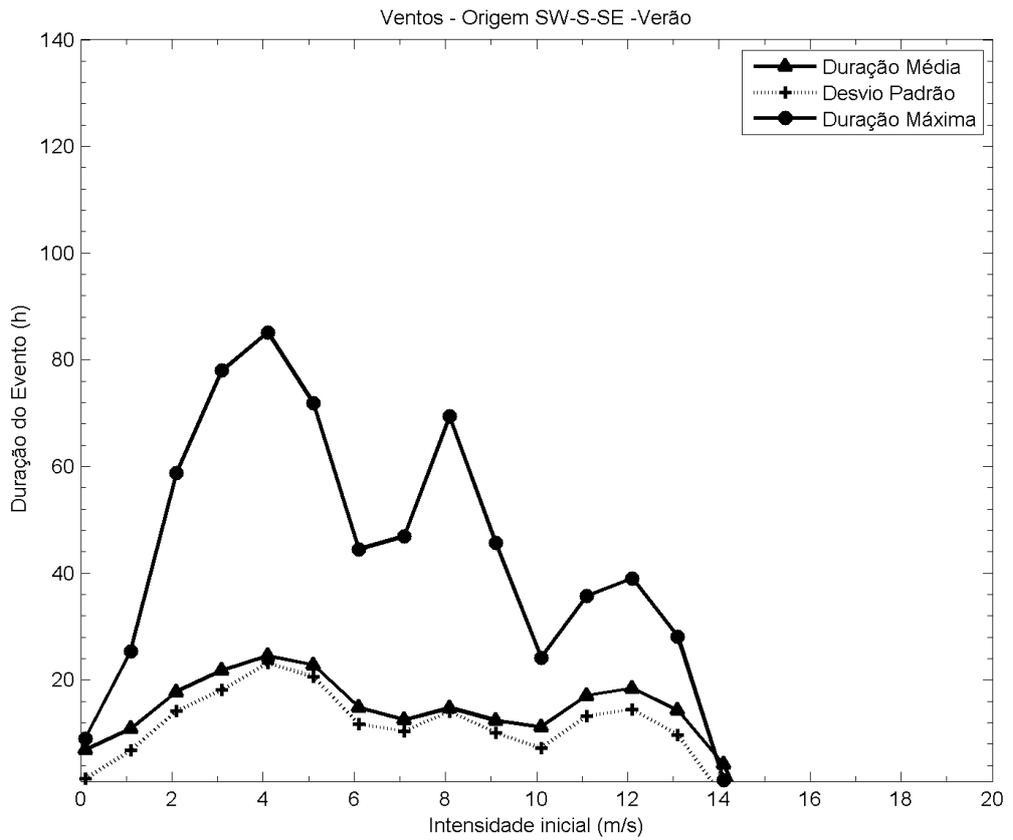
Estas figuras mostram que os ventos com maiores durações são aqueles entre 6 e 8 m/s, sendo que para os períodos de verão e primavera os de 8 m/s são os que apresentam maior duração média (20 h), enquanto que no inverno os de 6 m/s duram mais tempo que os de 8 m/s. No inverno e no outono os ventos mais intensos tendem a durar mais que nos meses de verão e primavera.

Os mesmos gráficos são apresentado na **Figura II.5.1.5-59** a **Figura II.5.1.5-63**, contudo para ventos de origem SE-S-SW.



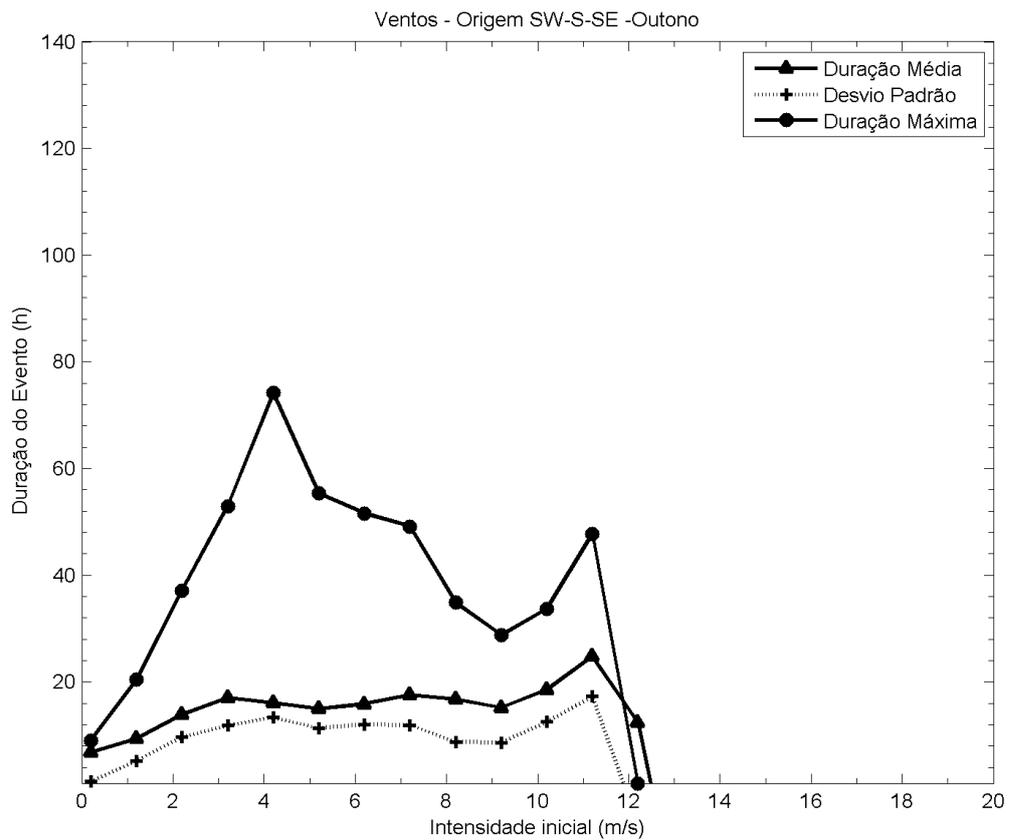
Fonte dos dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-59 – Duração dos ventos de origem SW-S-SE de acordo com a intensidade inicial – série total.



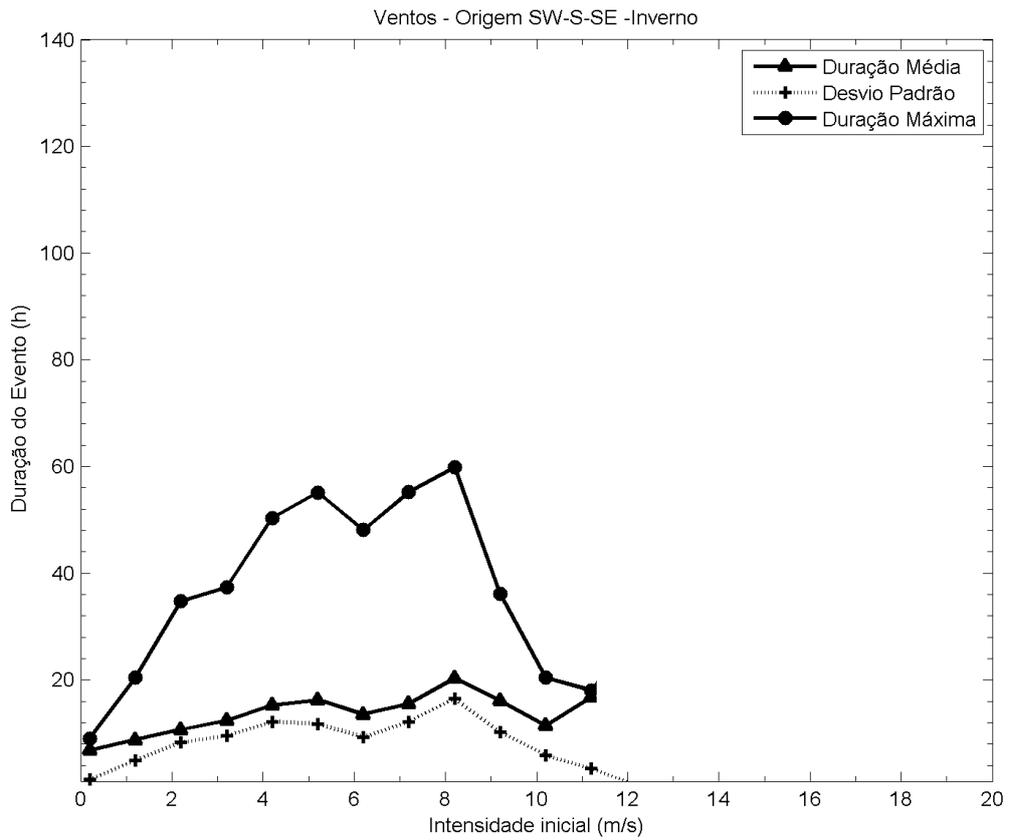
Fonte dos dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-60 – Duração dos ventos de origem SW-S-SE de acordo com a intensidade inicial -meses de verão.



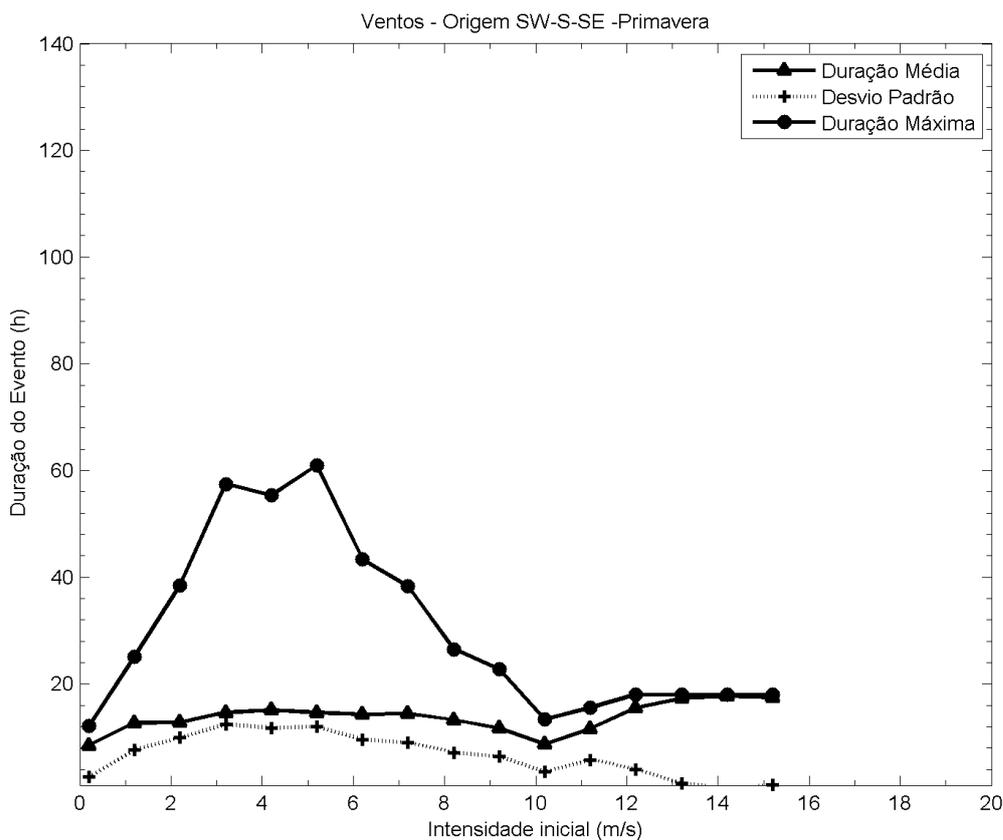
Fonte dos dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-61 – Duração dos ventos de origem SW-S-SE de acordo com a intensidade inicial -meses de outono.



Fonte dos dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-62 – Duração dos ventos de origem SW-S-SE de acordo com a intensidade inicial -meses de inverno.

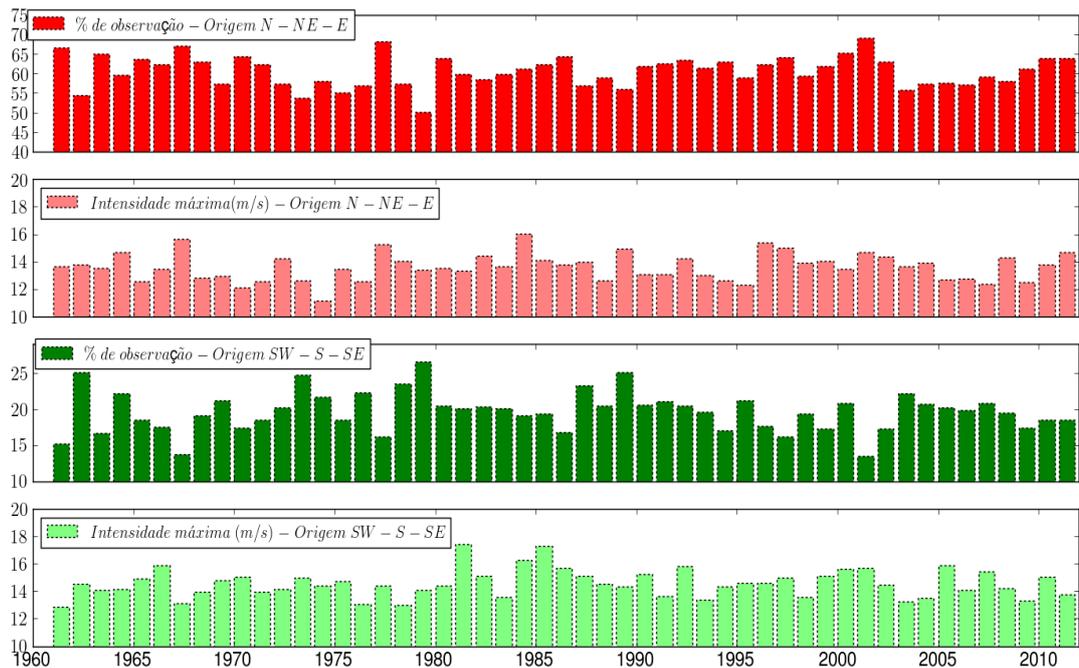


Fonte dos dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-63 – Duração dos ventos de origem SW-S-SE de acordo com a intensidade inicial -meses de primavera.

Para o período anual os ventos entre 3 e 9 m/s são os que mais duram, em torno de 18h em média. No verão o mais furadoiro é o de 4 m/s com 21 h de média. No outono e no inverno ventos mais intensos duram mais, com 11 m/s e 8 m/s, respectivamente, durante aproximadamente 21 h. Na primavera os resultados de duração são similares ao de verão.

Avaliando-se ainda estes ventos de origem predominante, a **Figura II.5.1.5-64** mostra a variação interanual destas observações e as máximas intensidades registradas.



Fonte dos dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-64 – Porcentagem de observações de ventos de origem N-NE-E (painel superior) e SW-S-SE (terceiro painel de cima para baixo) ao longo dos anos de 1961 a 2011. O segundo painel de cima para baixo e o painel inferior apresentam as máximas intensidades registradas de ventos de origem N-NE-E e SW-S-SE, respectivamente.

De acordo com esta figura, nota-se que o ano que registrou a maior ocorrência de vento de N-NE-E foi o de 2001, com 69,0% das observações. Já a menor frequência de ocorrência (50,1%) foi registrada no ano de 1979. Para as intensidades, o ano de 1984 registrou o mais forte vento de origem N-NE-E, com 16,0 m/s.

Para os ventos de origem SW-S-SE, o ano com maior e menor ocorrência, respectivamente, foram os de 1979 (26,6%) e 2001 (13,6%). A máxima intensidade registrada ocorreu no ano de 1981, com 17,4 m/s.

Insoleção e radiação solar

Para caracterizar a radiação solar na área de estudo foram utilizados dados espaciais do modelo de circulação geral do NCEP/NCAR, além de ponto de grade

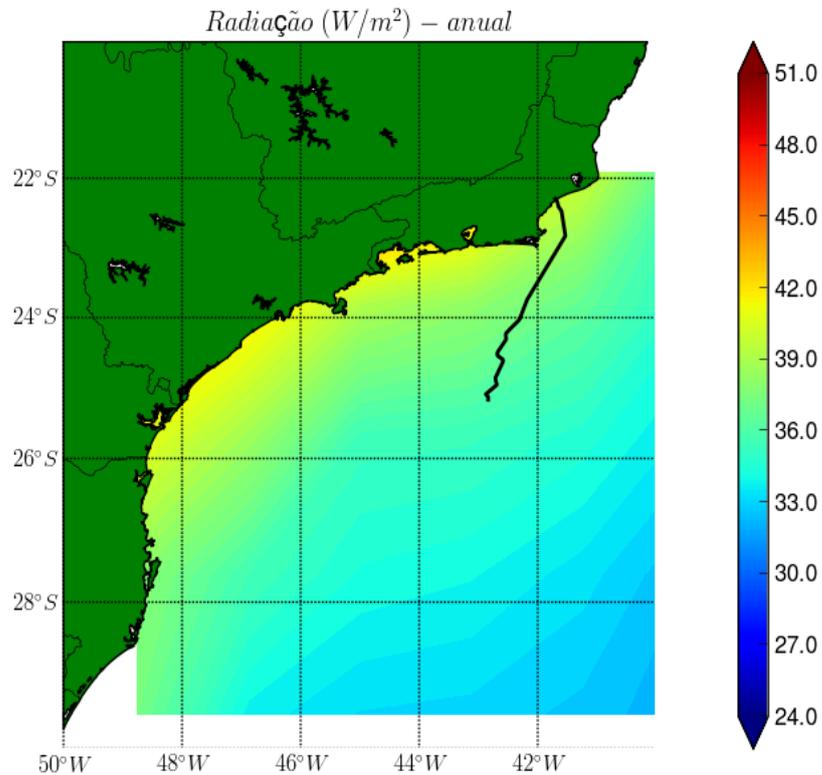
do mesmo modelo na região dos Blocos do Pré-Sal da Bacia de Santos, indicando o extremo do gasoduto na região oceânica.

Além da radiação, buscou-se também a caracterização do parâmetro insolação solar, que representa o número de horas de brilho ou incidência solar direta sobre o nível da superfície. Refere-se, portanto, a contabilização do tempo de incidência de luz solar entre nuvens ou mesmo em situações de céu claro. Devido à escassez destes dados, foram utilizadas informações referentes à cidade de Ubatuba/SP, entre os anos de 1961 e 1991 (INMET, 2002).

A radiação solar foi analisada em termos espaciais para o período anual, de verão e de inverno, e na localidade listada acima, foram analisadas as estatísticas básicas (mínima, média, máxima e desvio padrão) para as variações mensais e interanuais.

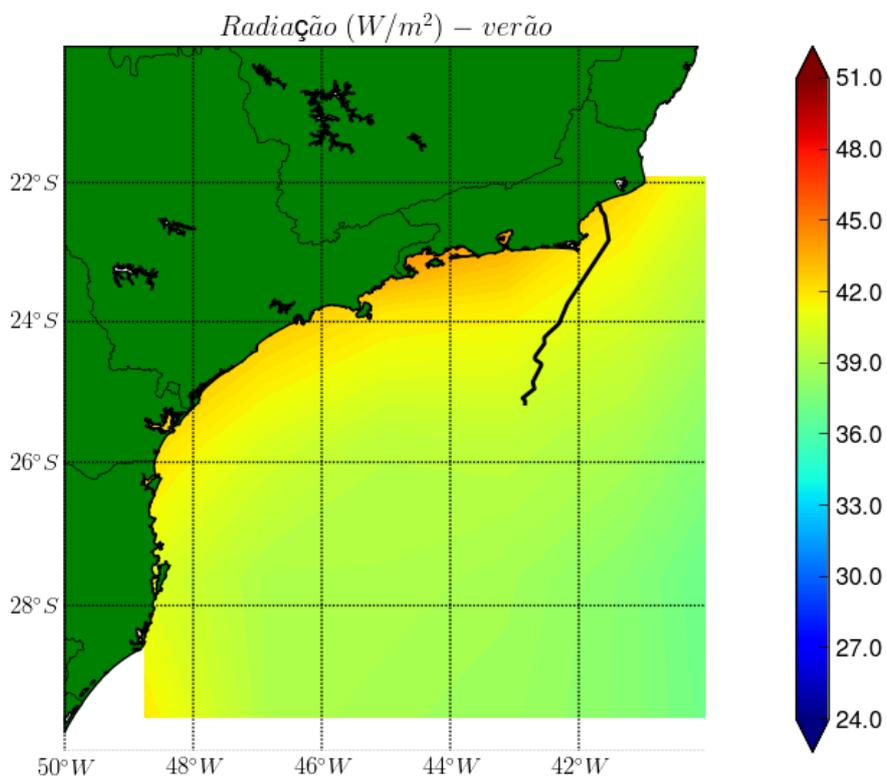
Estas análises são importantes para se determinar qual é a radiação solar média na área de estudo, como ela varia espacialmente, as variações mensais deste parâmetro e se ao longo dos anos analisados se manteve constante ou apresenta alguma tendência.

As variações espaciais da radiação solar média anual, em período de verão, outono, inverno e primavera, proveniente do modelo de circulação geral do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011 (**Figura II.5.1.5-65 a Figura II.5.1.5-69**). Nestas, é possível inferir que a radiação média anual sob os blocos do Pré-Sal é de 35,7 W/m²; no verão, de 40,0 W/m² e no inverno, de 31,6 W/m². Em todo o período, a região costeira tem radiação solar superior a dos Blocos do Pré-Sal.



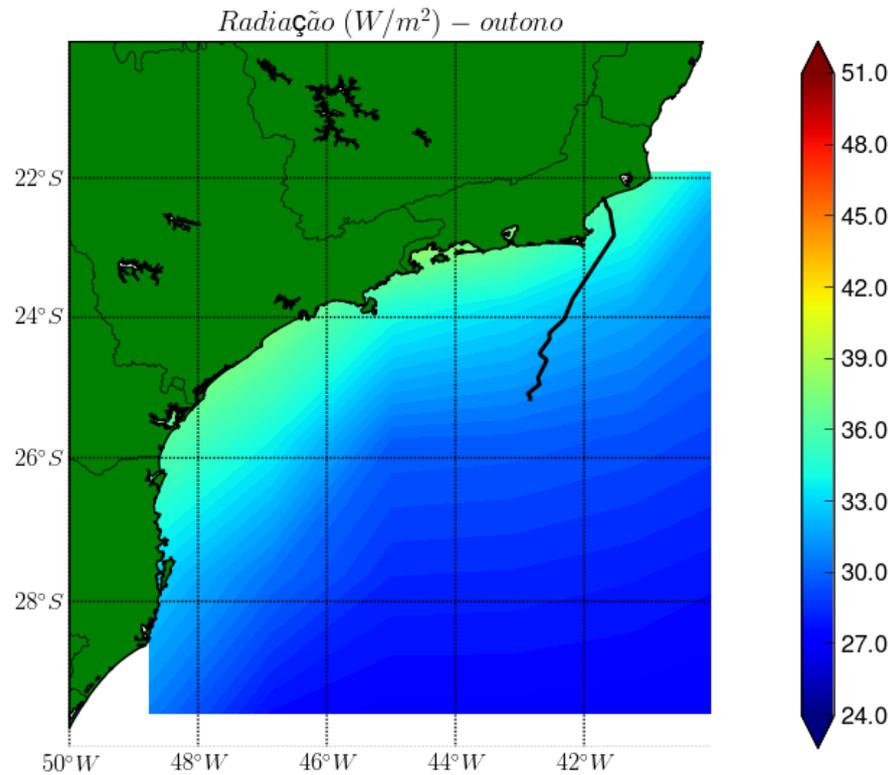
Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-65 – Taxa diária de radiação solar (W/m^2) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média anual. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.



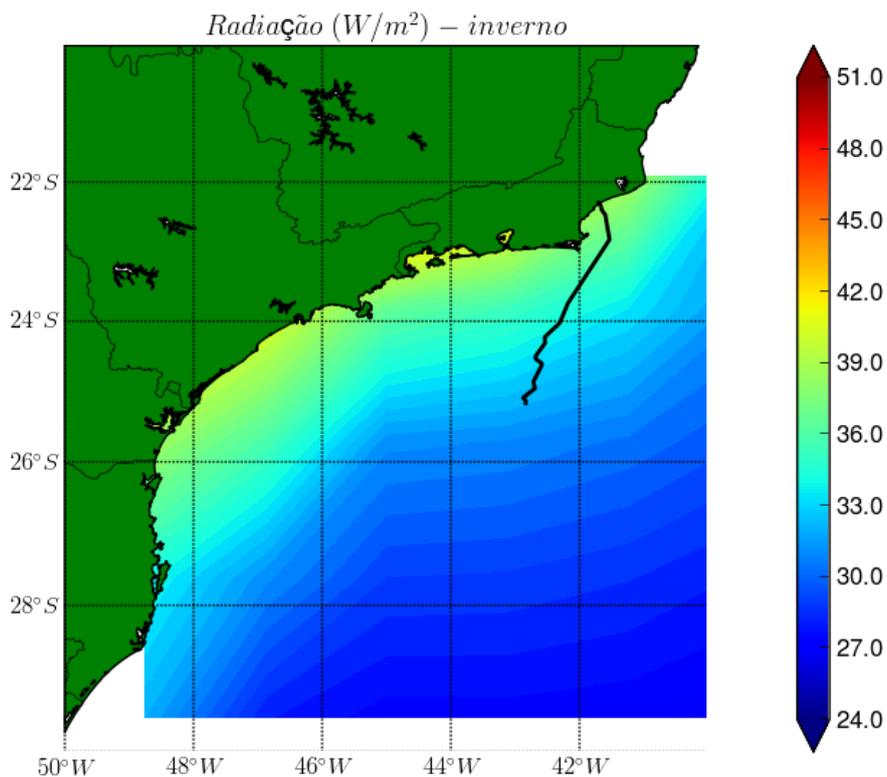
Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-66 – Taxa diária de radiação solar (W/m^2) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média de verão. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.



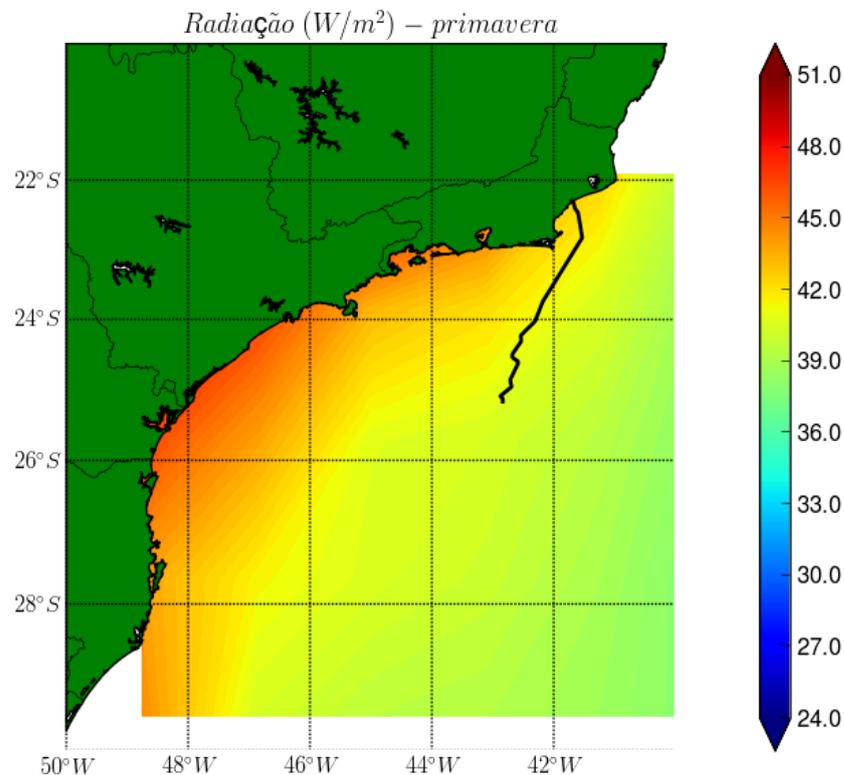
Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-67 – Taxa diária de radiação solar (W/m^2) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média de outono. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.



Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-68 – Taxa diária de radiação solar (W/m^2) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média de inverno. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.

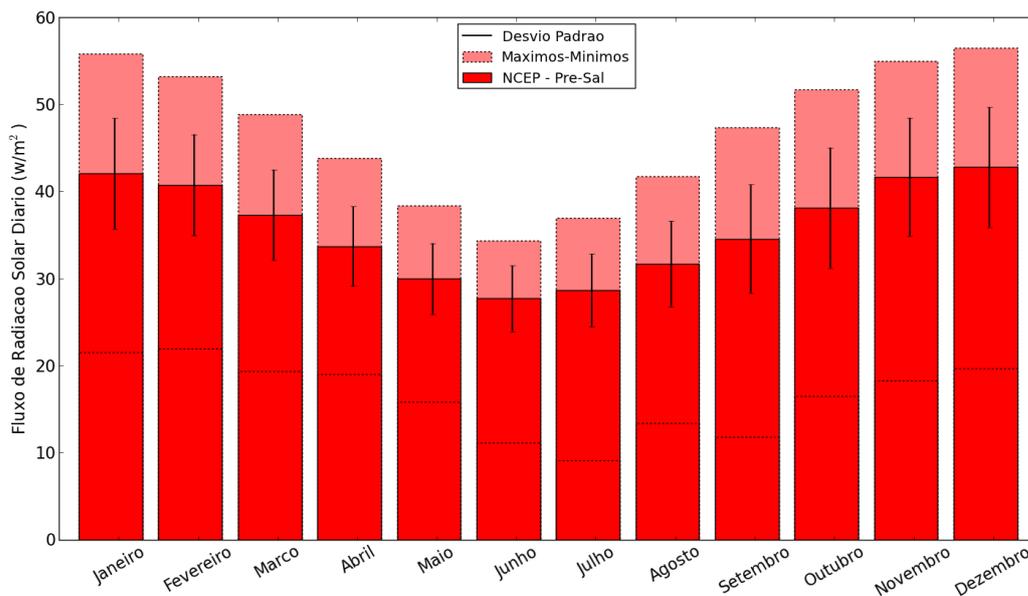


Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-69 – Taxa diária de radiação solar (W/m^2) proveniente do modelo de circulação da atmosfera do NCEP/NCAR entre os anos de 1961 e 2011. Média de primavera. A linha preta indica o traçado do gasoduto Rota Cabiúnas.

Analisando-se a **Figura II.5.1.5-70** e a **Tabela II.5.1.5-17**, é possível inferir que, nos Blocos do Pré-Sal, o menor valor de radiação solar incidente é em junho, com valor climatológico de $27,7 W/m^2$. Já o mês que apresenta a maior média climatológica é dezembro, com $42,7 W/m^2$.

Os valores mínimos e máximos absolutos foram observados nos mesmos meses descritos acima, onde o mínimo ocorreu em junho ($9,1 W/m^2$) e o máximo, em dezembro ($56,4 W/m^2$).



Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

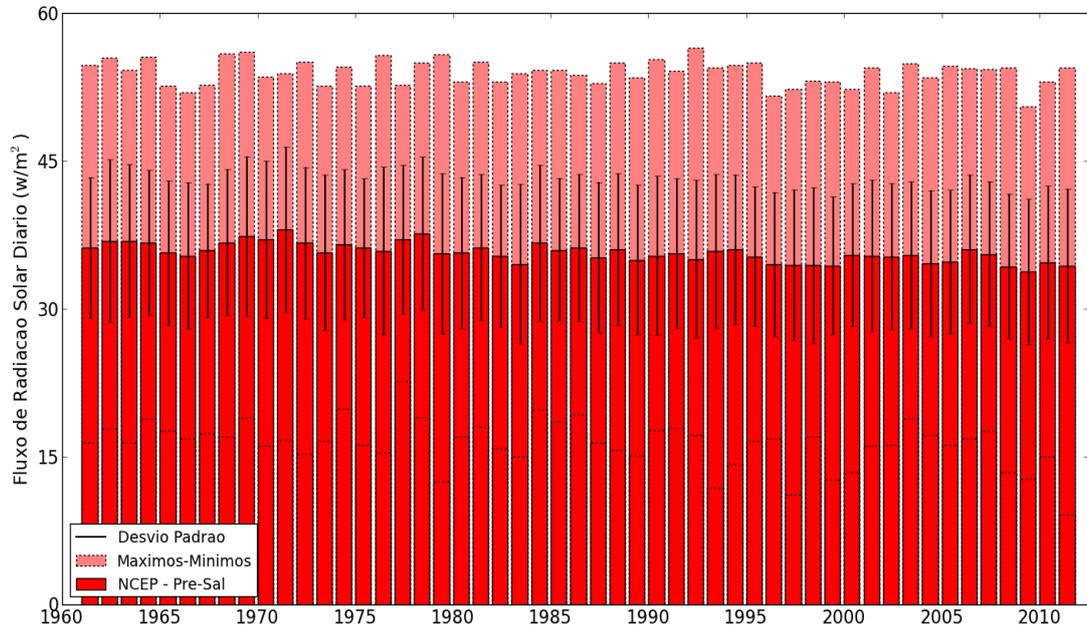
Figura II.5.1.5-70 – Média mensal da taxa diária de radiação (W/m^2) de acordo com locais de coleta descritos no **Quadro II.5.1.5-1**. As barras com cores escuras representam os valores médios, as cores claras (com bordas tracejadas) indicam os valores máximos e as linhas verticais cheias, o desvio padrão.

Tabela II.5.1.5-17 - Estatística básica mensal da taxa diária de radiação de acordo com locais de coleta descritos no **Quadro II.5.1.5-1**.

Radiação solar (W/m^2)				
Mês	NCEP - Pré-Sal (1961-2011)			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio
Janeiro	42,0	21,5	55,8	6,4
Fevereiro	40,7	21,9	53,1	5,8
Março	37,3	19,3	48,8	5,2
Abril	33,7	19,0	43,8	4,6
Mai	29,9	15,8	38,3	4,1
Junho	27,7	11,1	34,3	3,8
Julho	28,6	9,1	36,9	4,2
Agosto	31,6	13,4	41,7	4,9
Setembro	34,5	11,8	47,3	6,2
Outubro	38,1	16,4	51,7	6,9
Novembro	41,6	18,2	55,0	6,8
Dezembro	42,7	19,7	56,4	6,9

Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Para se analisar a variação interanual da radiação solar incidente nos Blocos do Pré-Sal, são apresentadas na **Figura II.5.1.5-71** e na **Tabela II.5.1.5-18**.



Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-71 – Taxas diárias de radiação anuais médias (W/m^2) de acordo com locais de coleta descritos no **Quadro II.5.1.5-1**. As barras com cores escuras representam os valores médios, as cores claras (com bordas tracejadas) indicam os valores máximos e as linhas verticais cheias, o desvio padrão.

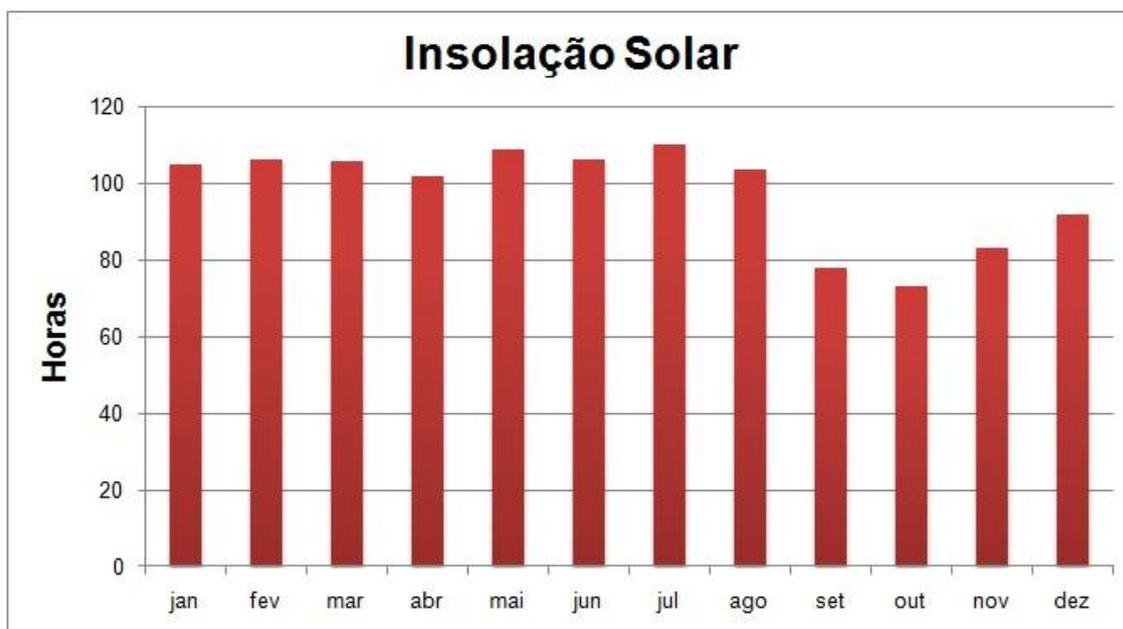
Tabela II.5.1.5-18 - Radiações médias, mínimas e máximas anuais nos locais de coleta descritos no **Quadro II.5.1.5-1**.

Fonte de Dados	Radiação média					Radiação mínima		Radiação máxima	
	Média	Mínima		Máxima		W/m ²	ano	W/m ²	ano
	W/m ²	W/m ²	ano	W/m ²	ano				
NCEP/NCAR - Pré-Sal	35,7	33,7	2009	38,0	1971	9,1	2011	56,4	1992

Fonte de dados: NCEP/NCAR (2013).

Nos Blocos do Pré-Sal a radiação anual média é de 35,7 W/m^2 . O ano que teve a menor radiação média foi o de 2009, com 33,7 W/m^2 . Já o ano de 1971 foi aquele que registrou o maior valor anual médio (38,0 W/m^2). Para os valores absolutos, o valor mínimo registrado foi de 9,1 W/m^2 em 2011 e o máximo, de 56,4 W/m^2 em 1992.

A variabilidade do total de insolação solar ao longo do ano pode ser verificada na **Figura II.5.1.5-72**. Há a predominância de oito meses com totais de insolação iguais ou superiores a 100 h, contra um período de quatro meses (setembro, outubro, novembro e dezembro) com valores inferiores a 100 h. O valor máximo registrado foi de 110 h de brilho solar, em julho, e o mínimo, de 73,3 h, em outubro, representando uma amplitude anual média de 36,7 h. O total anual médio de insolação solar é de 1.173,4 h.



Fonte: INMET (2002).

Figura II.5.1.5-72 – Variação mensal da insolação solar em Ubatuba (SP)

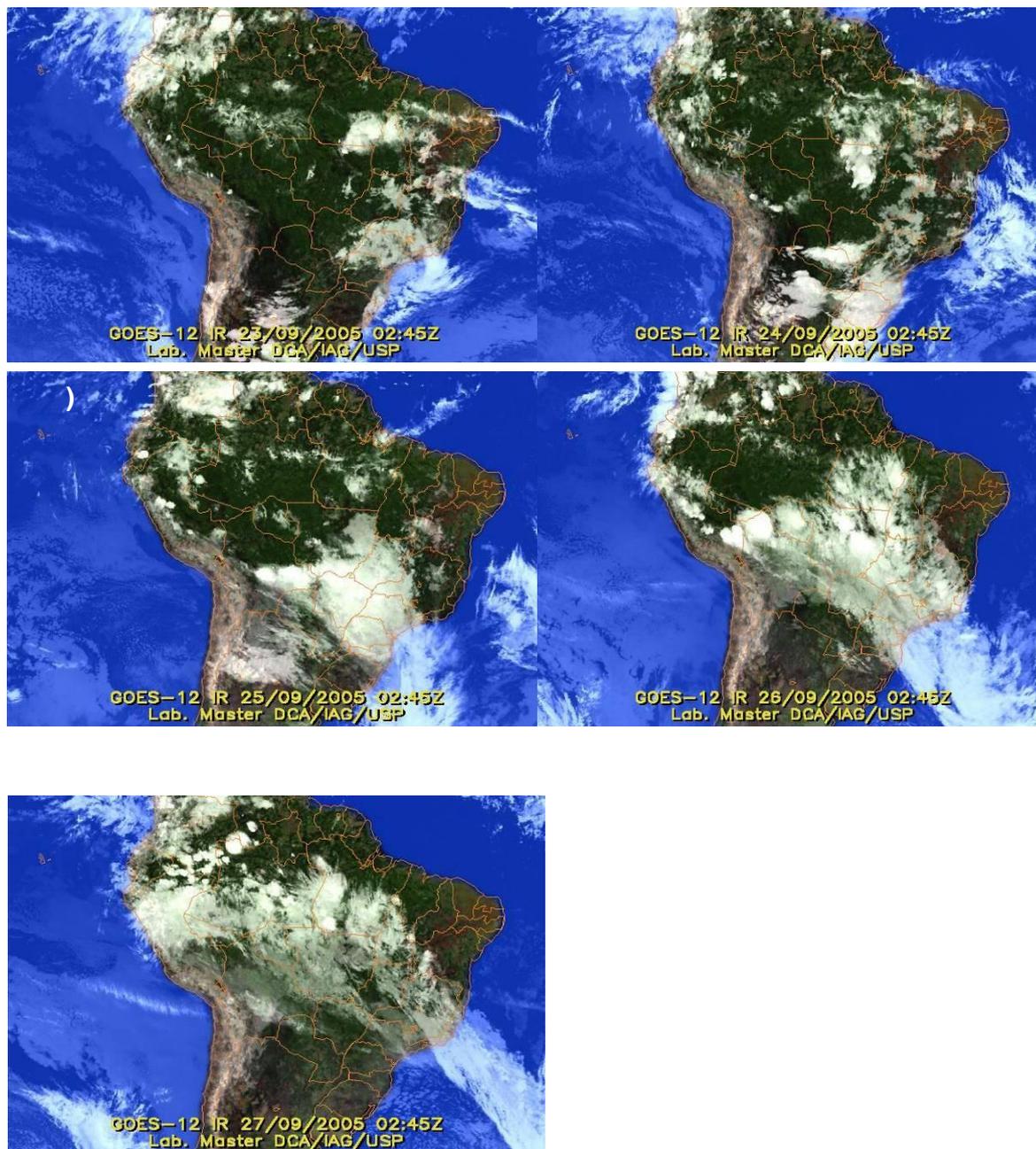
Frentes Frias sobre a área de estudo

Conforme descrito no **tópico A**, as FF são as principais perturbações ondulatórias na meteorologia da área de estudo. Estes eventos estão associados a mudanças nos campos de pressão atmosférica, ventos, temperatura atmosférica, entre outros, sobre a região do empreendimento. Desta maneira faz-se necessário um estudo específico sobre estes fenômenos para o completo entendimento da meteorologia sobre a área de estudo do empreendimento.

Para exemplificar o efeito da passagem de uma FF no campo de ventos, pressão atmosférica, ondas e elevação do nível do mar, é analisado o sistema

frontal que atingiu a região do empreendimento entre os dias 24 e 27 de setembro de 2005. Esse evento foi selecionado para essa exemplificação somente a critério ilustrativo, por ter sido um evento que percorreu toda a região Sul e Sudeste do Brasil, conforme descrito pelo Boletim Climanálise do CPTEC/INPE do mês de outubro (que reporta os eventos de setembro) de 2005: “O sistema frontal ingressou pelo Sul do País no dia 24. Esta frente fria deslocou-se pelas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, permanecendo estacionária no litoral de Caravelas-BA entre os dias 27 e 28”. Este evento não exemplifica uma frente fria extrema.

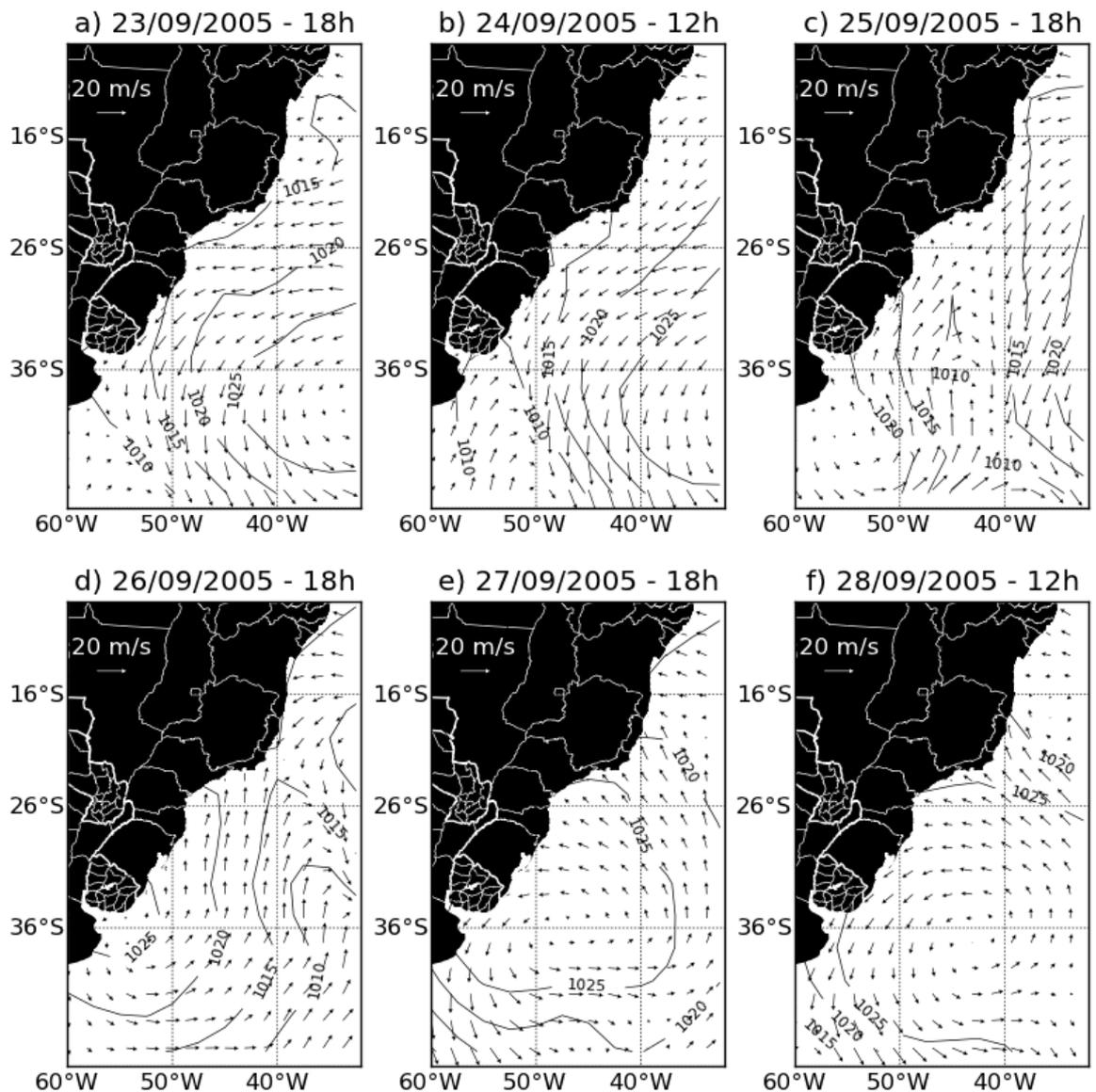
Na **Figura II.5.1.5-73**, pode-se observar a evolução temporal e espacial da FF entre os dias 23 e 27 de setembro de 2005.



Fonte: <http://www.master.iag.usp.br> 07/2011.

Figura II.5.1.5-73 – Evolução temporal e espacial da frente fria. Imagens do Satélite Goes-12, referentes aos dias a) 23/09/2005 02:45z, (b) 24/09/2005 02:45z, (c) 25/09/2005 02:45z, (d) 26/09/2005 02:45z e (e) 27/09/2005 02:45z.

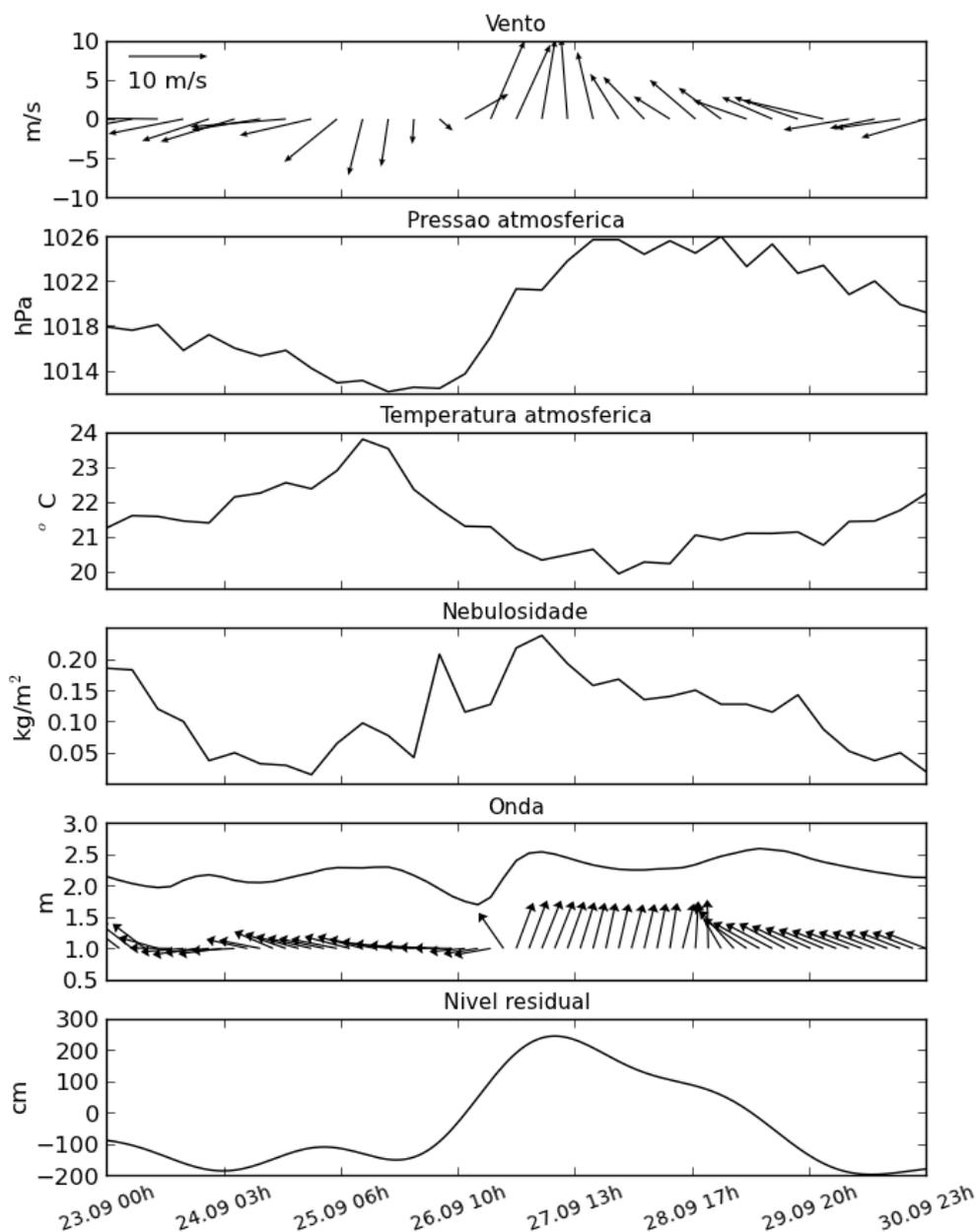
A **Figura II.5.1.5-74** apresenta os campos de vento e pressão atmosférica associados ao período de formação e evolução da frente fria. Já na **Figura II.5.1.5-75**, observa-se a variação dos ventos, pressão atmosférica, temperatura, nebulosidade, ondas e nível residual do mar, na coordenada 24 °S, 42 °W – datum SIRGAS 2000 (proximidades do empreendimento), para o período de 23 a 30 de setembro de 2005.



Fonte dos dados: NCEP/NCAR (2013).

Figura II.5.1.5-74 - Campos de ventos (vetores) e pressão (isóbaras - hPa) referentes aos dias a) 23/09/2005 18:00z, b) 24/09/2005

12:00z, c) 25/09/2005 18:00z, d) 26/09/2005 12:00z e e)
27/09/2005 18:00z.



Fonte: Reanálise NCEP/NCAR (ventos, pressão e temperatura). WaveWatch III Global (ondas). GLOSS Brasil – Ilha Fiscal/RJ (nível do mar). NOAA-CIRES 20th Century II (nebulosidade).

Figura II.5.1.5-75 – *Variação local dos ventos, pressão atmosférica, temperatura atmosférica, nebulosidade, ondas e nível do mar (residual) em ponto próximo ao empreendimento (24°S, 42°W) entre os dias 23 e 30 de setembro de 2005.*

A imagem de satélite na **Figura II.5.1.5-73a** (23 de setembro), juntamente com os campos de pressão e de vento apresentados na **Figura II.5.1.5-74a** mostram o deslocamento de um sistema frontal ao Sul da América do Sul, (região de alta nebulosidade e baixa pressão), nas proximidades do Uruguai. Neste momento, nas proximidades do empreendimento, é possível identificar (**Figura II.5.1.5-75**) ventos de NE, pressão atmosférica em torno de 1018 hPa, ondas de origem SE-E, nebulosidade diminuindo de 0,18 a 0,05 kg/m², temperatura em torno dos 21,5 °C e nível residual do mar entre -1 e -2 m.

Com o deslocamento do sistema frontal pela costa Sul do Brasil, nos dias 24 a 26 de setembro (**Figura II.5.1.5-73b,c** e **Figura II.5.1.5-74b,c**), é possível identificar que, na posição 24 °S, 42 °W, a magnitude do vento diminui e é observado o giro do vento de NE para SW. A pressão atmosférica diminui gradativamente, a temperatura aumenta até 24 °C e sofre queda gradativa, a nebulosidade começa a aumentar atingindo 0,10 kg/m², as ondas mantêm-se de Leste e o nível do mar mantém a variação entre -1 e -2 m.

A partir do dia 26 de setembro (**Figura II.5.1.5-73d** e **Figura II.5.1.5-74d**) é possível identificar a banda de nebulosidade associada à frente fria, sobre a região do empreendimento. Neste momento, a pressão atmosférica local (**Figura II.5.1.5-75**) é mínima (1012 hPa) e aumenta ao longo do dia, até 1022 hPa, o vento e as ondas são praticamente de Sul, a temperatura começa a diminuir até 21 °C, a nebulosidade aumenta até 0,25 kg/m² e o nível do mar atinge cotas superiores a 2 m.

No dia 27 de setembro, o sistema frontal se desloca em sentido NE (**Figura II.5.1.5-73** e **Figura II.5.1.5-74e**). Neste momento, a pressão na posição 24 °S, 42 °W (**Figura II.5.1.5-75**) atinge valores de 1026 hPa, os ventos são intensos e apresentam direção S-SE, a temperatura é mínima (22 °C), a nebulosidade começa a diminuir, ondas apresentam direção S-SW e alturas superiores a 2 m e o nível do mar residual regride até cerca de 1 m. Nos dias subsequentes, os parâmetros tendem a voltar a níveis similares aos observados antes da passagem da frente fria.

A partir das características analisadas e observadas com a passagem do sistema frontal de setembro de 2005 na região do empreendimento e, com base no trabalho de Rodrigues *et al.* (2004), é possível determinar a climatologia das

frentes frias sobre a região. Foram utilizados os dados de vento, pressão atmosférica e temperatura do ponto NCEP no Pré-Sal, de acordo com o detalhamento na **Tabela II.5.1.5-1**.

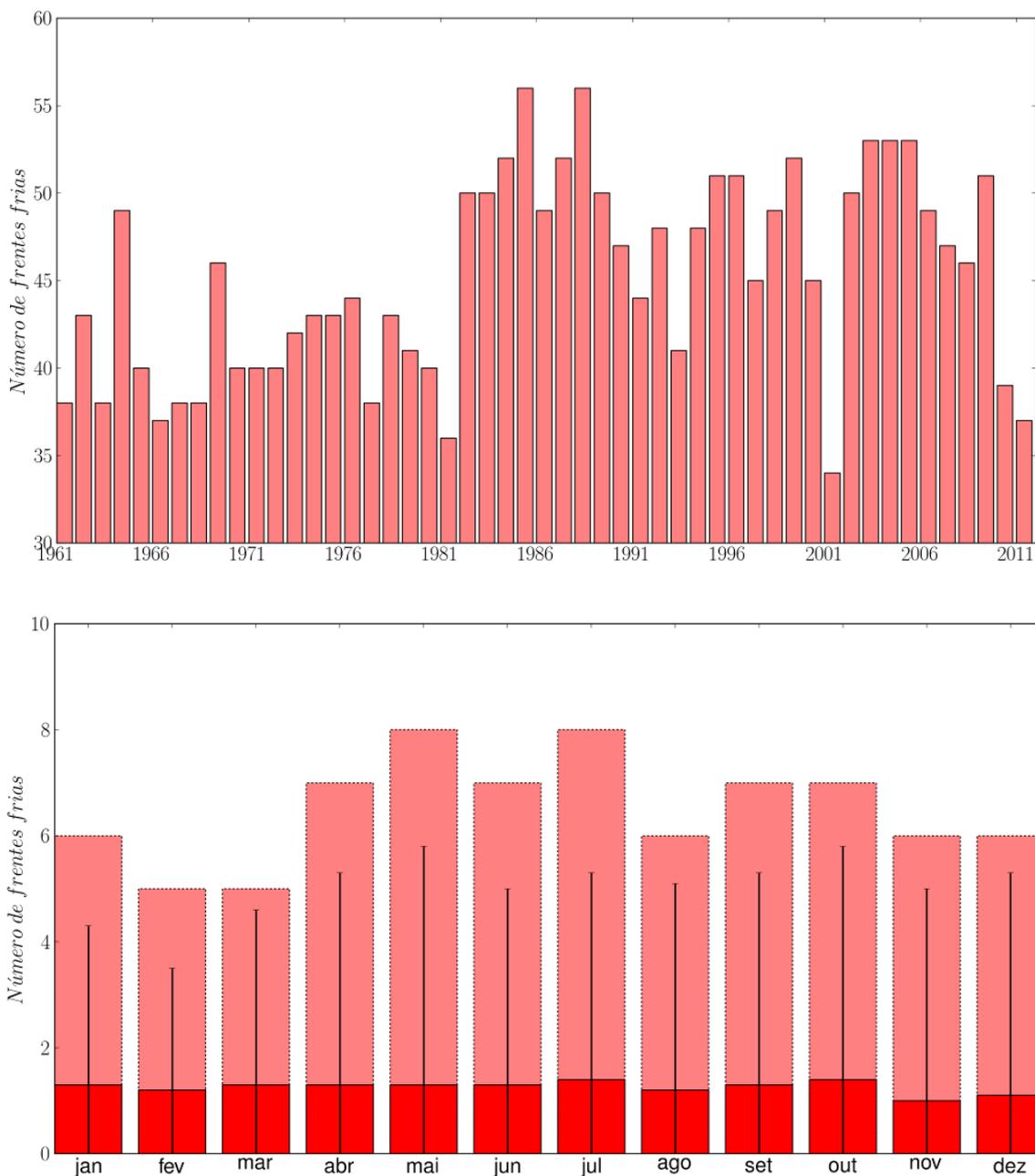
A **Tabela II.5.1.5-19** apresenta o número de frentes frias ao longo dos meses, bem como as médias mensais, anuais e os valores totais para cada ano entre 1961 e 2011, calculados de acordo com os dados supracitados. A **Figura II.5.1.5-76** mostra o número total de frentes por ano (painel superior) e o número máximo, média e desvio padrão de frentes mensais (painel inferior). A partir desta tabela e gráficos, observa-se, sobre a região do empreendimento, a passagem, em média, de 45,2 frentes frias ao ano, com média de 3,8 eventos ao mês. Climatologicamente, o mês que apresenta o maior número de passagem de frentes frias é o mês de maio, com 4,5. Em contraponto, o mês que apresenta o menor número de sistemas frontais é o mês de fevereiro, com 2,3 eventos.

Tabela II.5.1.5-19 – *Passagem de frentes frias sobre a área de estudo do empreendimento.*

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1961	2	3	4	3	4	2	3	4	4	1	4	4	38
1962	4	4	0	4	5	3	4	5	4	4	3	3	43
1963	3	2	3	4	4	3	2	3	3	4	4	3	38
1964	5	2	4	3	5	6	5	3	2	6	3	5	49
1965	4	4	4	3	4	2	4	1	4	4	3	3	40
1966	3	1	1	4	5	3	3	3	4	5	2	3	37
1967	4	3	3	5	2	3	5	1	3	1	4	4	38
1968	2	2	1	6	3	3	3	4	5	3	2	4	38
1969	3	3	4	5	4	3	4	4	2	5	5	4	46
1970	3	1	3	4	2	3	4	4	3	6	5	2	40
1971	2	2	3	4	3	5	4	4	3	3	4	3	40
1972	1	3	3	5	3	1	5	4	3	4	4	4	40
1973	2	3	3	3	4	3	4	4	3	3	6	4	42
1974	3	1	3	6	5	5	1	2	4	5	3	5	43
1975	4	3	5	2	3	4	3	3	4	4	4	4	43
1976	2	1	3	5	5	4	4	4	2	5	3	6	44
1977	2	0	5	3	5	3	1	6	2	3	4	4	38
1978	3	3	2	6	5	4	4	3	2	4	5	2	43
1979	3	2	3	4	6	4	4	3	2	5	3	2	41

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1980	3	1	2	3	3	4	5	4	4	4	3	4	40
1981	3	1	3	3	2	2	4	4	3	4	3	4	36
1982	4	1	5	3	4	2	6	5	4	5	5	6	50
1983	4	2	3	4	7	6	5	3	4	5	4	3	50
1984	3	2	4	3	4	5	4	6	4	6	5	6	52
1985	6	4	5	4	5	3	5	4	4	6	4	6	56
1986	3	4	5	5	5	2	4	5	3	5	4	4	49
1987	4	1	4	2	5	5	5	5	7	6	4	4	52
1988	4	3	3	7	5	6	5	4	4	5	5	5	56
1989	2	2	4	4	4	5	4	3	7	7	5	3	50
1990	4	3	3	2	5	6	4	5	4	3	4	4	47
1991	5	3	4	2	2	3	3	4	3	5	6	4	44
1992	3	2	0	4	7	2	6	6	4	5	4	5	48
1993	4	0	4	3	3	4	4	3	5	2	4	5	41
1994	4	1	5	6	4	4	3	5	3	4	4	5	48
1995	4	4	3	4	8	4	2	4	5	6	3	4	51
1996	1	4	3	4	5	5	5	5	5	5	4	5	51
1997	2	0	3	5	6	3	1	4	6	5	5	5	45
1998	1	3	3	4	4	5	4	5	5	6	4	5	49
1999	3	2	4	6	4	5	8	4	4	4	4	4	52
2000	3	4	4	3	4	3	4	5	3	3	4	5	45
2001	0	2	1	4	5	4	4	1	4	2	4	3	34
2002	2	3	1	4	6	3	6	4	5	6	4	6	50
2003	6	1	4	4	4	4	4	4	5	5	6	6	53
2004	3	5	5	3	5	3	4	5	5	5	4	6	53
2005	5	3	5	7	4	2	3	3	7	6	3	5	53
2006	2	3	4	5	4	7	2	4	4	4	6	4	49
2007	3	2	1	5	7	4	4	6	4	2	6	3	47
2008	3	2	5	4	5	4	2	4	6	4	3	4	46
2009	2	4	3	5	3	5	5	4	5	6	4	5	51
2010	1	1	3	3	6	2	2	3	5	6	2	5	39
2011	1	1	3	2	6	3	3	5	4	3	3	3	37
Média	3,0	2,3	3,3	4,0	4,5	3,7	3,9	3,9	4,0	4,4	4,0	4,2	45,2
Desvio	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,2	1,3	1,4	1,0	1,1	5,8

Fonte dos dados: NCEP/NCAR (2013)



Fonte dos dados: NCEP/NCAR (2013)

Figura II.5.1.5-76 – Painel superior quantidade de frentes frias que passaram pela área de estudo do empreendimento em cada ano analisado. No painel inferior é mostrada a quantidade média mensal (caixas sólidas) de frentes que passaram pela área de estudo do empreendimento. As caixas com linhas pontilhadas indicam a quantidade máxima de frentes e a linha vertical sólida o desvio padrão.

Além destes resultados médios, é possível estabelecer o intervalo entre a entrada de cada um destes sistemas frontais, e quanto tempo este sistema atua sobre a região. A **Tabela II.5.1.5-20** apresenta tais resultados.

Tabela II.5.1.5-20 – Intervalo entre a passagem e duração de frentes frias sobre a região do empreendimento

Meses	Intervalo médio entre frentes (h)	Desvio Padrão Intervalo Frentes (h)	Duração Média das Frentes (h)	Desvio Padrão Duração Frentes (h)
Janeiro	224,1	163,2	41,6	26,6
Fevereiro	222,0	150,9	40,6	22,2
Março	150,9	63,9	43,4	24,2
Abril	142,2	63,0	42,0	22,0
Mai	145,5	76,5	41,4	22,8
Junho	156,6	87,9	36,8	15,4
Julho	163,5	93,6	40,2	21,2
Agosto	157,5	91,2	39,0	17,6
Setembro	143,4	71,7	39,0	17,6
Outubro	139,8	65,7	40,4	19,6
Novembro	148,8	67,5	40,4	21,0
Dezembro	162,3	100,2	36,8	18,0
Anual	162,9	91,2	40,2	20,6

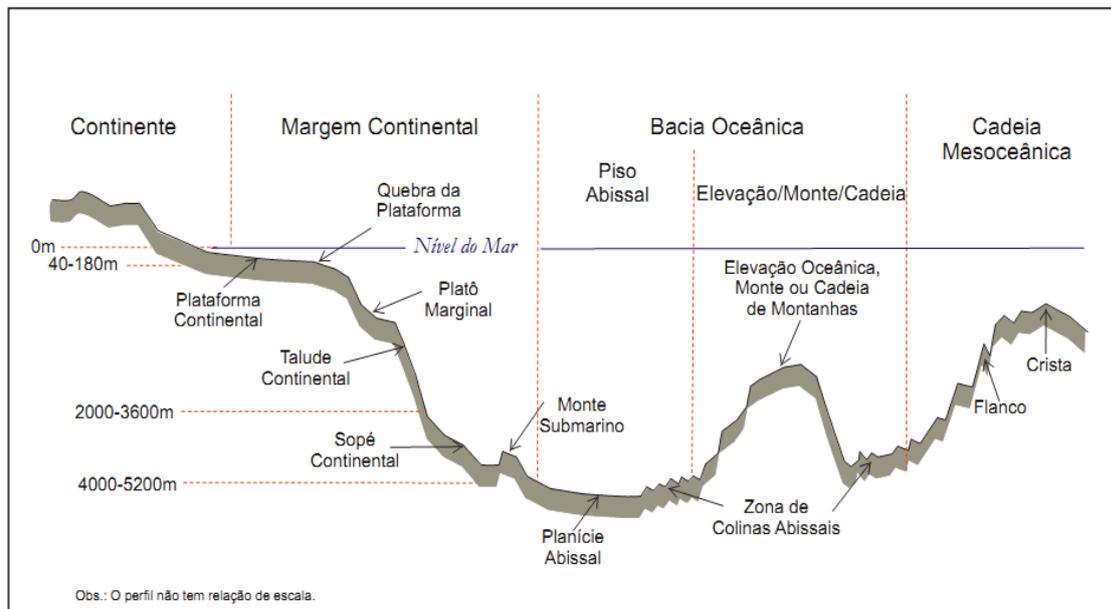
Fonte dos dados: NCEP/NCAR (2013)

Anualmente, a duração média dos eventos é de $40,2 \pm 20,6$ h e o intervalo entre a passagem de uma frente fria e outra é de $6,8 \pm 3,8$ dias. As frentes frias duram mais no mês de março ($43,4 \pm 24,2$ h) e passam mais rapidamente no mês de junho ($36,8 \pm 15,4$ h). No mês de janeiro é onde ocorre o maior intervalo médio entre a passagem de duas frentes ($224,1 \pm 163,2$ h) e o mês de outubro é quando ocorre o menor intervalo ($139,8 \pm 65,7$ h).

II.5.1.6 - Oceanografia

Este subitem apresenta a caracterização da oceanografia física da área de estudo. Para o completo entendimento de todos os processos oceanográficos que podem influenciar o empreendimento é necessária a descrição de fenômenos em diferentes escalas, espaciais e temporais, e compartimentadas por setores fisiográficos.

De acordo com Castro (1996), na região Sudeste do Brasil os processos que regem a oceanografia na plataforma continental – PC, talude continental - TC e oceano profundo - OP são distintos. Para o entendimento da localização destes compartimentos é apresentada a **Figura II.5.1.6-1** que mostra o perfil fisiográfico esquemático da margem continental típica do Oceano Atlântico.



Fonte: Projeto de Reconhecimento da Margem Continental Brasileira (Remac).

Figura II.5.1.6-1 – Perfil fisiográfico esquemático típico para uma margem continental do Oceano Atlântico.

A PC constitui a faixa mais rasa que circunda a maioria dos continentes, e termina em direção ao mar com um aumento acentuado da inclinação denominado “quebra da plataforma”, que marca o limite externo da PC. Este compartimento fisiográfico tem configuração mais ou menos plana, suavemente inclinada mar adentro, com gradiente muito baixo (1:1.000) (COUTINHO, 2005), representando o prolongamento do próprio continente. Na região do empreendimento a profundidade média da quebra da PC é de 180 m (CASTRO, 1996).

O TC é representado pela pendente relativamente íngreme, que se estende desde a quebra da PC até o sopé continental e corresponde à porção mais íngreme (3° a 6°) do piso marinho. Na área do Pré-Sal, parte mais oceânica do gasoduto Rota Cabiúnas, o sopé continental tradicional não existe, tendo sido

modificado pela tectônica salífera para uma feição mais sub-horizontal chamada de Platô de São Paulo..

A fim de facilitar a análise compartimentaremos a área de estudo nos três grandes compartimentos que possuem dinâmicas oceanográficas distintas: PC (entre a linha de costa e a profundidade de 180 m), TC (entre 180 m e 2.000 m) e OP (profundidades superiores à 2.000 m). Para ilustrar a diretriz do gasoduto Rota Cabiúnas perante estes três compartimentos fisiográficos é apresentada a **Figura II.5.1.6-2** abaixo.

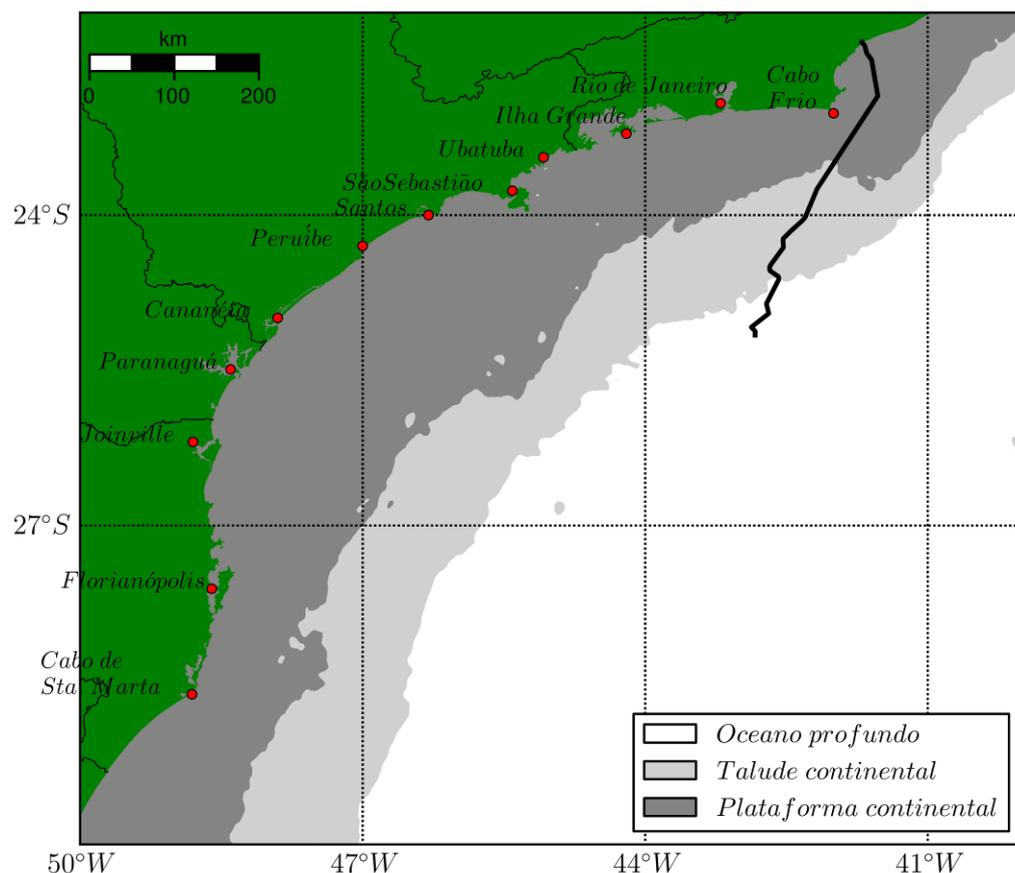


Figura II.5.1.6-2 – Compartimentos fisiográficos plataforma continental, talude continental e oceano profundo na região do Pré-Sal da Bacia de Santos. A linha preta indica a diretriz do Gasoduto Rota Cabiúnas.

Assim, este subitem apresenta a seguinte estrutura de tópicos:

A) Metodologia adotada: são apresentados os métodos utilizados na caracterização da oceanografia física na área de estudo, incluindo o

detalhamento de dados utilizados, contemplando frequência de amostragem, abrangência temporal e locais de coleta;

- B) Hidrografia e hidrodinâmica da PC:** são apresentadas as características hidrográficas (salinidade, temperatura e densidade da água do mar) da PC, juntamente com a descrição do sistema de correntes e forçantes atuantes, incluindo as variações do nível do mar,
- C) Hidrografia e hidrodinâmica do TC e OP:** similar ao tópico anterior, contudo para os compartimentos TC e OP;
- D) Regime de ondas:** embora existam diferenças entre o regime de ondas na região costeira e nos demais compartimentos fisiográficos descritos, neste subitem, por questão de simplicidade e melhor entendimento, o regime de ondas é apresentado de forma conjunta para toda a área de estudo.
- E) Análise de extremos:** É apresentada análise de extremo de correntes, ondas e nível do mar e os eventos correlacionados com as descrições do **subitem II.5.1.5 - Meteorologia;**
- F) Processos costeiros atuantes na região – erosão, acreção e estabilidade de praias.**

Para todos os parâmetros descritos para a área de estudo (subitens **B** a **D**), procurou-se descrever como são os comportamentos médios e, sequencialmente, como estes comportamentos médios são alterados..

A) Metodologia adotada

Todo o arcabouço teórico dos processos oceanográficos na PC, TC e OP foi obtido através da consulta bibliográfica. Além disso, utilizou-se um banco de dados com diversos parâmetros oceanográficos para auxiliarem a descrição dos processos correlacionados e importantes para a região do empreendimento. As propriedades oceanográficas e a origem do banco de dados utilizado estão disponíveis na **Tabela II.5.1.6-1**. A localização geográfica das coletas dos parâmetros utilizados encontra-se na **Figura II.5.1.6-3**.

Tabela II.5.1.6-1 - Dados utilizados na caracterização oceanográfica da área de estudo.

Parâmetro	Fonte	Coordenadas (SIRGAS, 2000)		Intervalo de amostragem		Abrangência temporal
		Lat (°S)	Lon (°W)			
Correntes	WOCE ¹ - BW333 (1179 m)	27,90	46,70	2 h	Profundidade de amostragem 230, 475, 680 e 885 m	03/01/1991 - 26/11/1992
	WOCE ¹ - BM334 (2187 m)	28,00	46,30		230, 470, 870, 1370 e 2140 m	
	WOCE ¹ - BE335 (2187 m)	28,30	45,20		275, 515, 915, 1415, 2510, 3215 m	
Temperatura e Salinidade	WOA09 ²	27,00 a 23,00	42,71	Radial Climatológica		Anual, verão, outono e inverno
	WOCE ¹ (535 m)	27,82	47,03	Perfil vertical único		12/1992
	WOCE ¹ (758 m)	27,86	46,85			
	WOCE ¹ (1257 m)	27,91	46,66			
	WOCE ¹ (1699 m)	27,95	46,49			
	WOCE ¹ (2226 m)	27,99	46,31			
Nível do mar	GLOSS ³ – Ilha Fiscal	22,90	43,17	1 h		02/1963 – 11/2007
Ondas	Wave Watch III - NOAA ⁴	24,00	42,00	3 h		01/1997 – 12/2009

¹ - WOCE: World Ocean Circulation Experiment (WOCE). Dados disponíveis em <http://woce.nodc.noaa.gov/>

² - WOA09: World Ocean Atlas 2009. Dados disponíveis em http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA09/pr_woa09.html

³ - GLOSS: Global Sea Level Observing System. Dados disponíveis em <http://www.goosbrasil.org/en/products/gloss.php>.

⁴ - Wave Watch III NOAA. Dados disponíveis em <http://polar.ncep.noaa.gov/waves/ensemble/download.shtml>

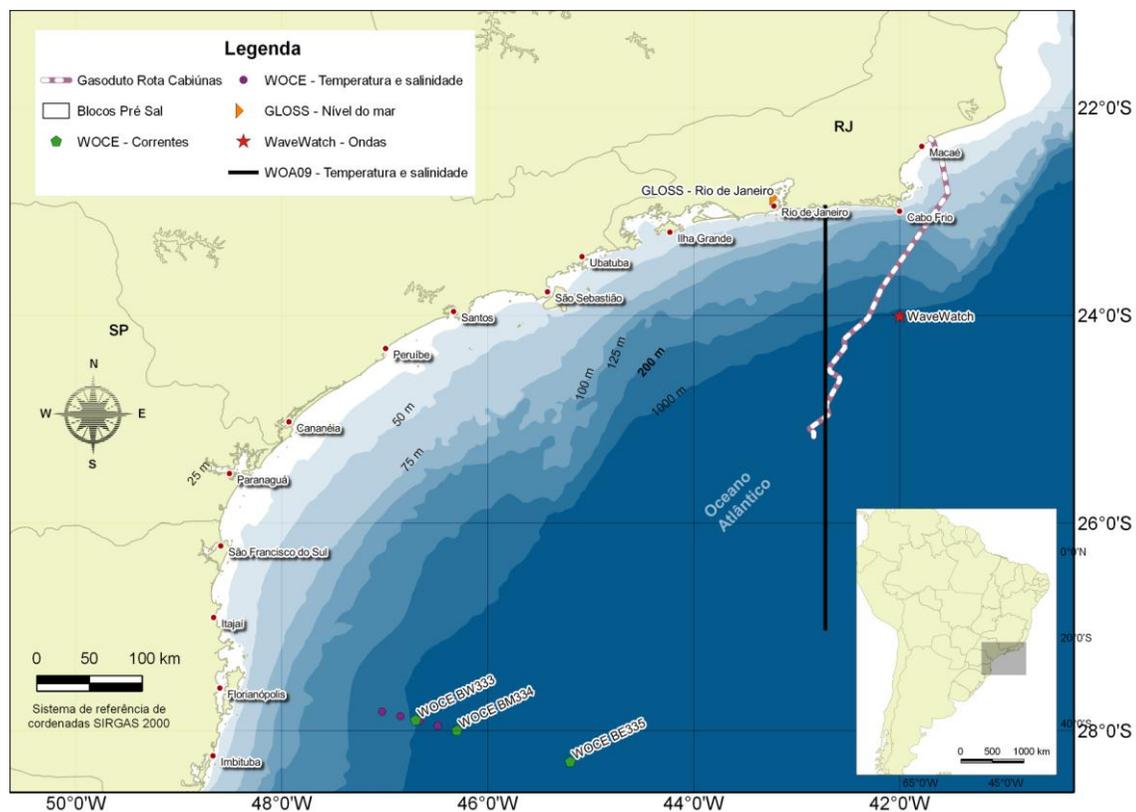


Figura II.5.1.6-3 – Localização dos pontos de amostragem dos parâmetros utilizados para a caracterização oceanográfica da região de estudo.

Além dos dados pontuais descritos acima, foram utilizadas outras bases de dados, principalmente para descrever a variação espacial das propriedades.

Para caracterizar a temperatura e a salinidade de forma espacial na área de estudo, tanto horizontal quanto verticalmente, foram utilizados dados de médias anuais, de inverno e de verão da base de dados *World Ocean Atlas 2009 - WOA09* (ANTONOV *et al.*, 2010; LOCARNINI *et al.*, 2010). O WOA09 é composto por diversas climatologias, incluindo as já consolidadas *Climatological Atlas of the World Ocean* (LEVITUS, 1982) e suas atualizações de 1994, 1998, 2001 e 2005, que contém dados do *National Oceanographic Data Center - NODC*, *World Data Center - WDC for Oceanography*, *Intergovernmental Oceanographic Commission – IOC*, *Global Oceanographic Data Archaeology*, *IOC*, *World Ocean Database project - WOD*, *IOC Global Temperature Salinity Profile Project - GTSP*, entre outros. Os dados de densidade foram obtidos a partir da equação de estado de Fofonoff (1985).

Para a variação do nível do mar na costa da área de estudo, foram utilizadas fichas das componentes harmônicas de maré para as estações maregráficas do Porto de Santos, Porto de São Sebastião, Marambaia e do Porto do Rio de Janeiro (Ilha Fiscal), disponibilizadas pela Fundação Estudo do Mar (FEMAR, 2002). Essas fichas apresentam também características gerais da maré (amplitudes da maré em período de sizígia – preamares e baixa-mares superiores – e quadratura – preamares e baixa-mares inferiores – além de dados sobre o nível médio). A localização de tais estações maregráficas está disponível na **Figura II.5.1.6-3**.

Para a região oceânica da área de estudo, foram confeccionados mapas cotidais (elevação e fase) das quatro principais componentes astronômicas para a região do empreendimento, proveniente do modelo global inverso TPXO 7.2 (EUROFEEVA *et al.*, 2002), que calcula as amplitudes e fases das componentes de maré através das medições de altimetria por satélites .

Para a caracterização do regime de ondas na área de estudo foram utilizados dados do modelo global *WaveWatch III* (TOLMAN, 2002), desenvolvido pelo *Marine Modeling and Analysis Branch / Environmental Modeling Center* do NCEP, com resolução espacial de 1° e temporal de 8 h, com rodadas disponibilizadas pelo próprio centro. Foram utilizados dados desde

01/1997 a 12/2009 e analisadas distribuições horizontais médias de direção, altura significativa e período de pico.

B) Hidrografia e hidrodinâmica da PC

Neste tópico são apresentadas as características da hidrografia (temperatura, salinidade e densidade da água do mar) e da hidrodinâmica na PC da área de estudo.

A PC da área de estudo é denominada Plataforma Continental Sudeste (PCS), e está compreendida entre Cabo Frio/RJ e Cabo de Santa Marta/SC, variando sua profundidade desde a linha de costa até aproximadamente 180 m (CASTRO, 1996).

Hidrografia

A PC da área de estudo pode ser compartimentada a partir de um critério dinâmico, definido inicialmente para a região Norte do estado de São Paulo por Castro (1996) e posteriormente estendida para toda a PCS por Rezende (2003), como:

- Plataforma Continental Interna - PCI: localizada entre a linha de costa e a Frente Térmica Profunda – FTP, região de separação entre as massas de água: Água Costeira - AC e Água Central do Atlântico Sul - ACAS. A localização da FTP, durante o verão, está entre 10-30 km da costa, entre as isóbatas de 20 a 40 m. No inverno, esta frente localiza-se a 40-80 km da costa, entre as isóbatas de 50 a 70 m;
- Plataforma Continental Média - PCM: localiza-se entre a FTP e a Frente Halina Superficial - FHS, que é a separação entre as massas de água AC da Água Tropical - AT. No verão, estende-se desde 10-30 km da costa até 60-80 km, entre as isóbatas de 20 a 40 m e 70 a 90 m, respectivamente. No inverno, ocupa a faixa entre 40-80 km e 60-80 km da costa;
- Plataforma Continental Externa - PCE: estende-se desde a FHS até a quebra da PC.

Esta compartimentação dinâmica pode ser visualizada na **Figura II.5.1.6-4**.

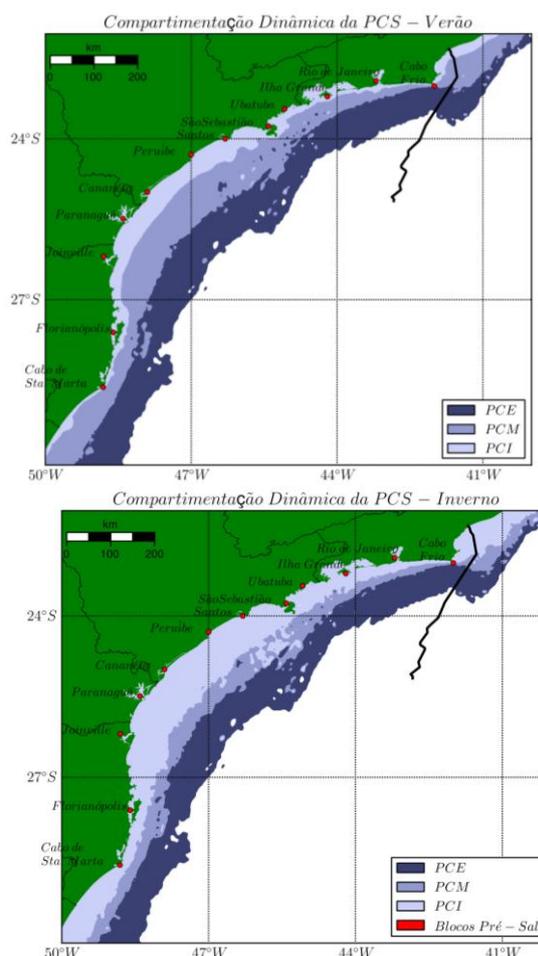


Figura II.5.1.6-4 – Compartimentação dinâmica da Plataforma Continental Sudeste, de acordo com Castro (1996) e Rezende (2003). Painel da esquerda representa situação de verão e o da direita, inverno. PCE: Plataforma Continental Externa; PCM: Plataforma Continental Média; PCO: Plataforma Continental Interna.

Desta maneira, e a partir de outros trabalhos como de Emilson (1962), Miranda (1982 e1985), Castro *et al.* (1987) e Miranda & Katsuragawa (1991), as massas de água que ocupam a PCS são resultantes da mistura entre AT, ACAS e AC.

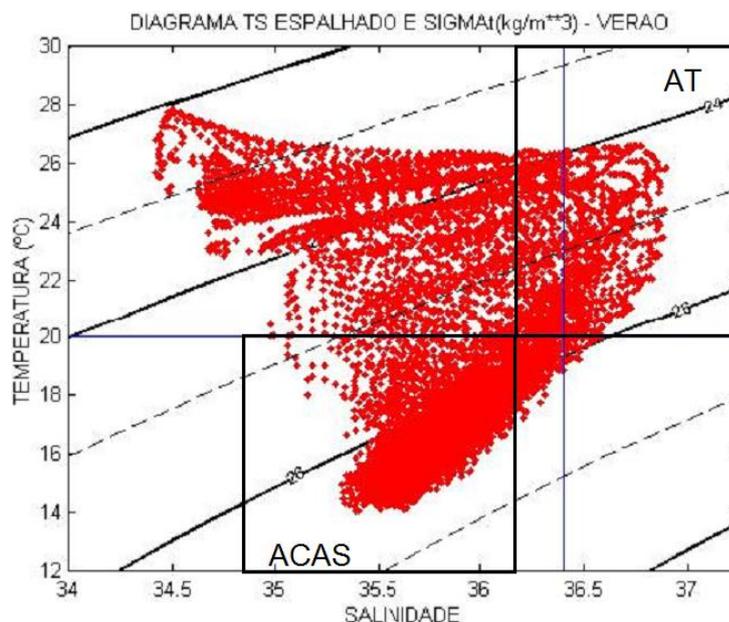
A AT e ACAS apresentam índices termohalinos bem definidos (**Tabela II.5.1.6-2**), diferentemente da AC, que é caracterizada por baixas salinidades, sendo resultado da mistura da descarga continental com as demais águas da PCS.

Tabela II.5.1.6-2 - Limites termohalinos das massas de água presentes na PC da área de estudo.

Massa de Água	Temperatura (° C)	Salinidade
AT	> 20,0	>36,2
ACAS	20,0 – 8,7	36,2 – 34,7

Fonte: SILVEIRA (2007)

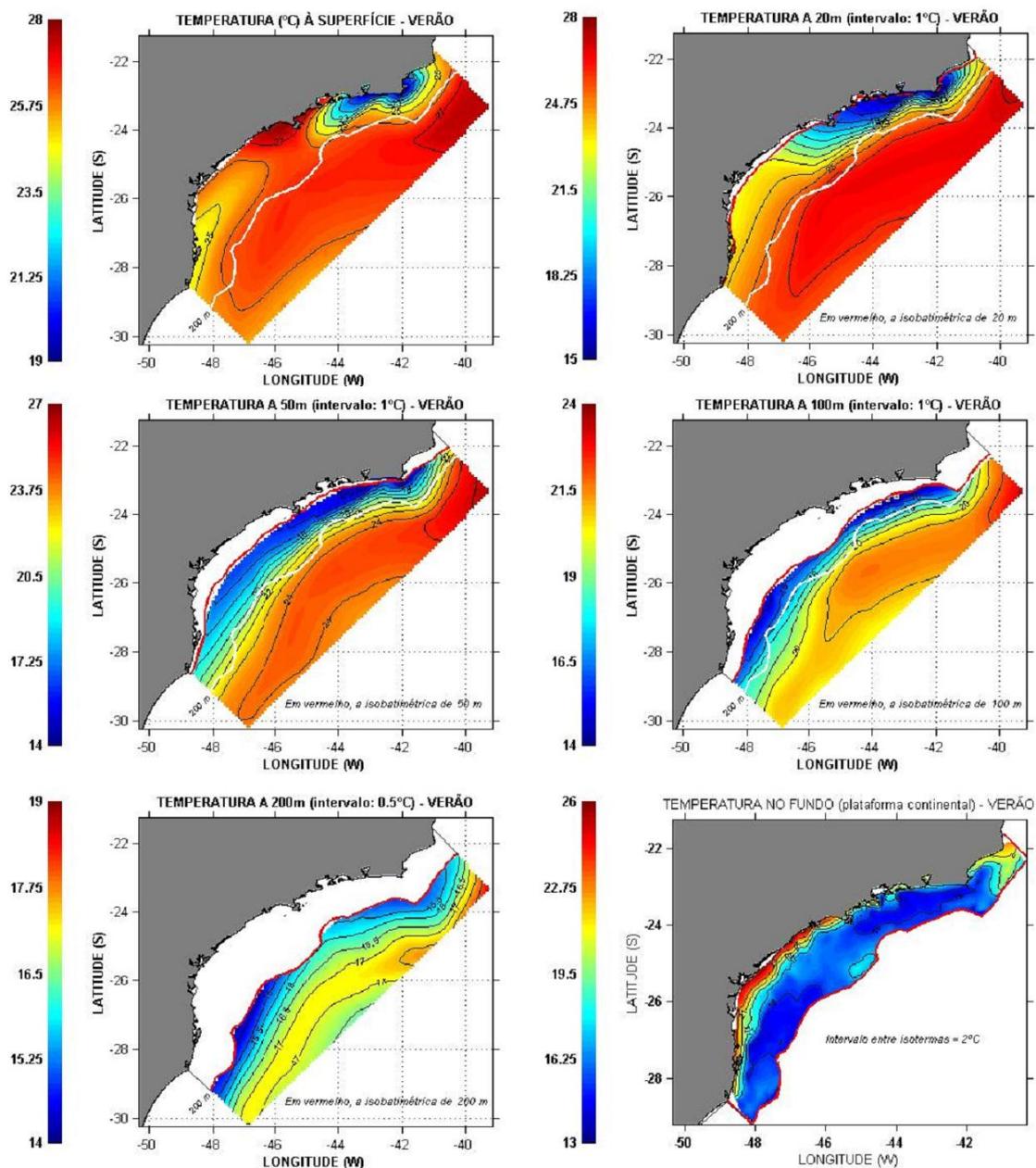
Rezende (2003) apresentou a mais completa climatologia de massas de água para a PCS, para o período de verão. A **Figura II.5.1.6-5** mostra um diagrama de estado, que mostra a relação entre o par temperatura-salinidade, deste estudo, destacando a presença das massas de água AT e ACAS na PCS.



Fonte: adaptado de Rezende (2003).

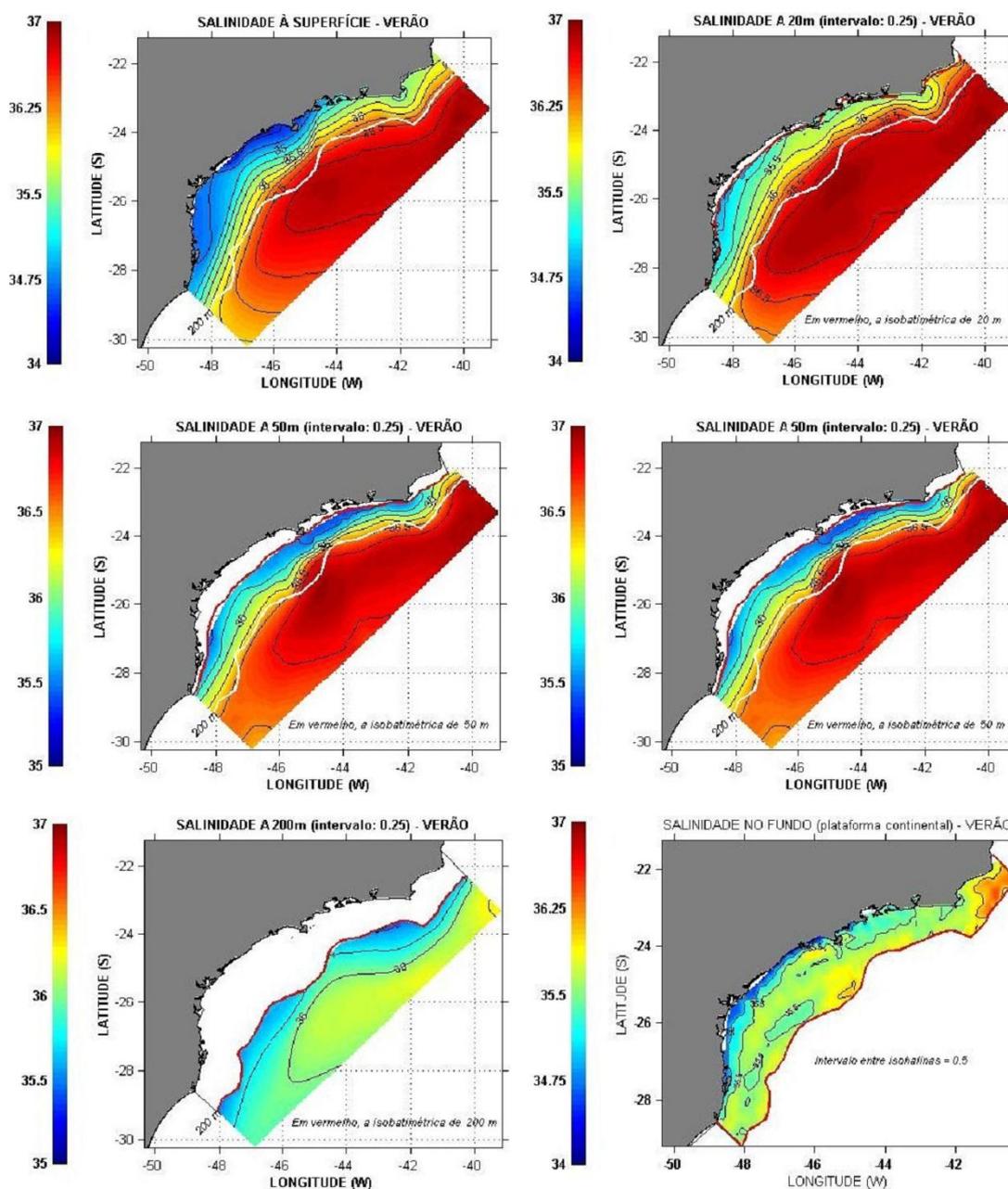
Figura II.5.1.6-5 – Diagrama TS climatológico de verão para a PCS a partir de dados coletados. ACAS: Água Central do Atlântico Sul; AT: Água Tropical.

Rezende (2003) apresentou ainda a distribuição horizontal e vertical média das propriedades temperatura e salinidade para toda a PCS nos meses de verão. Tais representações estão disponíveis na **Figura II.5.1.6-6** e na **Figura II.5.1.6-7**.



Fonte: adaptado de Rezende (2003).

Figura II.5.1.6-6 – Seções horizontais de temperatura, em superfície (superior esquerdo), 20 m (superior direito), 50 m (centro esquerdo), 100 m (centro direita), 200 m (inferior esquerdo) e no fundo da PCS (inferior direito).



Fonte: adaptado de Rezende (2003).

Figura II.5.1.6-7 – Seções horizontais de salinidade, em superfície (superior esquerdo), 20 m (superior direito), 50 m (centro esquerdo), 100 m (centro direita), 200 m (inferior esquerdo) e no fundo da PCS (inferior direito).

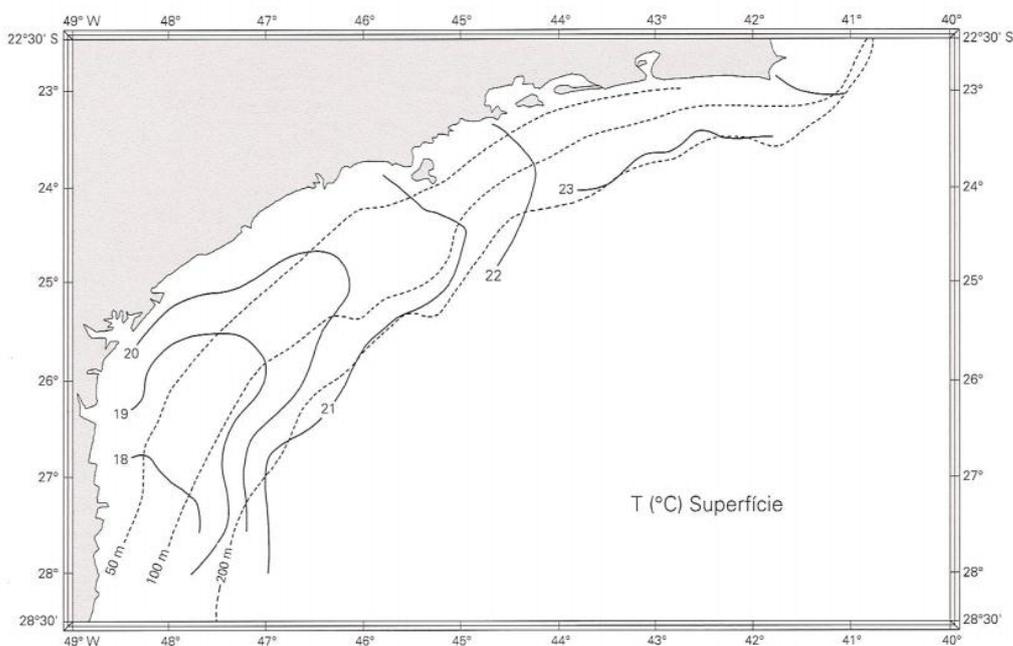
As distribuições médias de temperatura apresentadas por Rezende (2003) mostram que sobre a PCS, em superfície, a temperatura média apresenta valores superiores a 27 °C em duas regiões: ao largo da porção da plataforma

compreendida entre os cabos de São Tomé e Frio; e em seu centro, próximo a Santos e São Sebastião. Mínimos de temperatura são observados nas proximidades dos Cabos Frio (19,6 °C) e de Santa Marta (24,5 °C), sinalizando, respectivamente, as influências do afloramento da ACAS e da presença de águas provenientes do Sul do Brasil.

A área sob influência do afloramento da ACAS na superfície estende-se até as proximidades da Ilha de São Sebastião, e nela são observados os maiores valores de gradiente horizontal de temperatura (aproximadamente 1 °C/10 km, em Cabo Frio). Nos níveis inferiores observa-se a tendência das isotermas alinharem-se progressivamente com as isobatimétricas. A distribuição da temperatura média de verão sobre o fundo da PCS revela a presença de fortes gradientes horizontais em sua porção interna, até as imediações da isobatimétrica de 40 m.

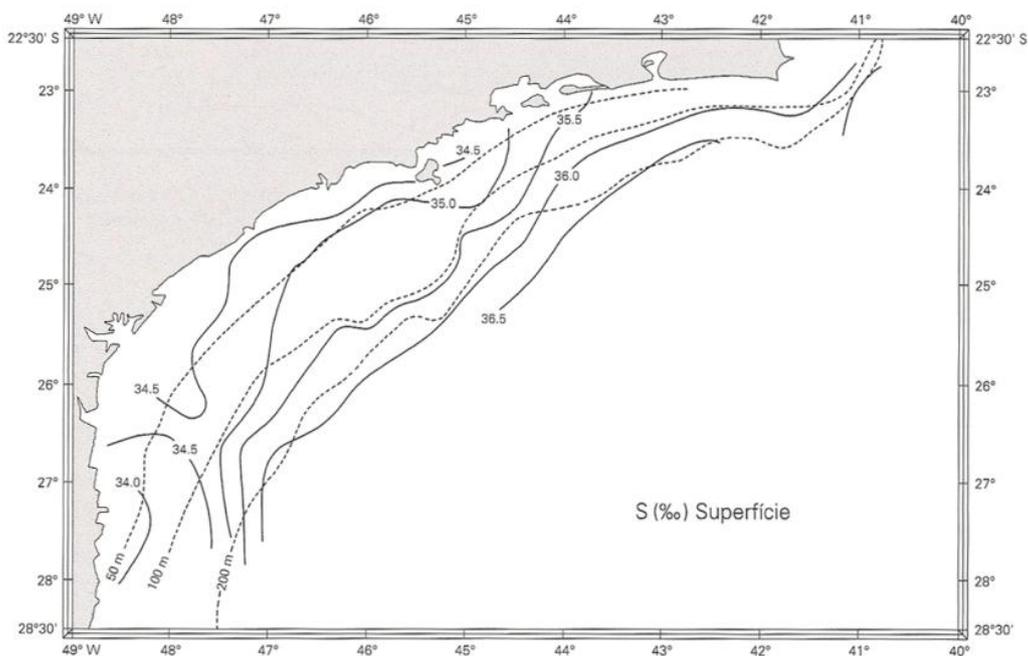
Sobre a salinidade, Rezende (2003) concluiu que a porção central da PCS apresenta águas superficiais menos salinas, próximo à costa. No trecho compreendido entre Cananéia e São Sebastião os valores de salinidade média são inferiores a 34,5, aumentando em direção à quebra da PC. Nas imediações da isobatimétrica de 100 m, a salinidade média é da ordem de 36,0. As isohalinas acompanham, em geral, a configuração das isobatimétricas, muito embora a região Norte da PCS se apresente mais salina (35,4 a 36,2) do que sua região Sul (34,7 a 36,0), reforçando a ação de águas mais frias e menos salinas provenientes do Sul do Brasil. Os maiores gradientes horizontais de salinidade superficial ocorrem nas imediações da isobatimétrica de 100 m, sendo mais intensos da imediações de São Sebastião para o Sul (cerca de 0,3/10 km) do que para a direção Norte.

Para o período de inverno os trabalhos climatológicos são mais escassos, destacando-se Castro & Miranda (1998) que propuseram distribuição superficial de temperatura e salinidade para esta estação (**Figura II.5.1.6-8** e **Figura II.5.1.6-9**). Comparativamente ao período de verão, estas figuras mostram que nesta época do ano não é registrado o afloramento da ACAS na porção Norte da PCS, e as águas na porção Sul são mais frias. Já a distribuição de salinidade é semelhante, com valores levemente superiores para a estação de inverno.



Fonte: Castro & Miranda (1998).

Figura II.5.1.6-8 – Distribuição horizontal superficial de temperatura para a Plataforma Continental Sudeste em período de inverno.



Fonte: Castro & Miranda (1998).

Figura II.5.1.6-9 – Distribuição horizontal superficial de salinidade para a Plataforma Continental Sudeste em período de inverno.

Dentre as principais características da estrutura termohalina apresentadas, destacam-se os mínimos de temperatura superficial: em situação de verão, os menores valores de temperatura média (<21°C) ocorrem próximo à Cabo Frio - RJ, em razão da ressurgência (afloramento na superfície da ACAS); já em período de inverno este mínimo ocorre nas imediações do cabo de Santa Marta (<18°C), evidenciando a ação de águas mais frias, provenientes do Sul do Brasil

Com relação à salinidade superficial, valores médios acima de 36 são encontrados no bordo exterior da plataforma continental, tanto em verão quanto no inverno, indicando a dominância da AT nessa região da PCS, nas duas estações. No verão, os menores valores ocorrem na porção interna da plataforma, notadamente em sua parte central (<33); no inverno, a plataforma continental interna apresenta valores médios de salinidade em torno de 34. Durante o inverno, as águas mais frias que provêm de Sul são também relativamente menos salinas (~34).

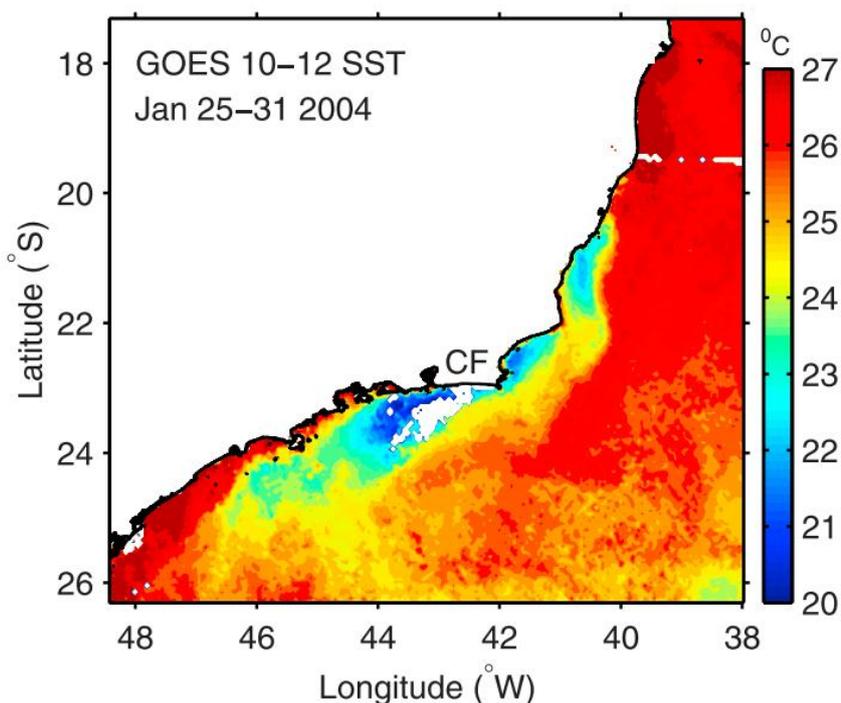
A ressurgência é um fenômeno que ocorre em mesoescala espacial (dezenas a centenas de quilômetros) e na escala temporal subinercial (dias, semanas) e está associado à ascensão da ACAS.

A ressurgência pode ser classificada em três categorias principais, de acordo com Smith (1968) e Hidaka (1972): costeira, de oceano aberto e equatorial. Sobre a PCS, a primeira é a mais destacada. Este fenômeno é classificado como ressurgência costeira quando movimentos ascendentes de massas de água têm sua influência nas proximidades da linha de costa, como acontece para a região de Cabo Frio, no verão. O mecanismo básico que origina a ressurgência costeira é a divergência unilateral, na costa, do transporte de deriva do vento.

Nas proximidades de Cabo Frio/RJ, especialmente no verão, ventos de E e de NE, geram um transporte de deriva das águas superficiais do oceano para regiões ao largo da costa. Este transporte ocorre nas primeiras dezenas de metros da coluna de água, a chamada camada de Ekman. A divergência unilateral desse transporte requer, por continuidade, um transporte de ajuste, em direção à costa, que ocorre em toda a coluna de água. Abaixo da camada de Ekman, o transporte de ajuste propicia penetração de massas de água subsuperficiais em direção à costa (na área de estudo esta massa de água

subsuperficial na PC é a ACAS). Dependendo da intensidade e da persistência dos ventos, as águas subsuperficiais podem aflorar, fechando então o ciclo da ressurgência costeira (CASTRO, 1996).

A visualização da temperatura da superfície do mar por meio de imagens de satélite que mostram águas mais frias nas proximidades de Cabo Frio/RJ, está disponível na **Figura II.5.1.6-10**.



Fonte: adaptado de Castelão & Barth (2006).

Figura II.5.1.6-10 – Temperatura da superfície do mar, proveniente do satélite GOES 10– 12, média entre os dias 25-31 de janeiro de 2004, mostrando a ressurgência costeira próximo a Cabo Frio - CF/RJ. Cores brancas sobre o oceano indicam ausência de dados devido a nuvens.

Correntes

Para entender o comportamento das correntes sobre a PCS é importante destacar, novamente, as divisões dinâmicas para este compartimento em plataforma continental interna - PCI, plataforma continental média - PCM e plataforma continental externa – PCE (**Figura II.5.1.6-4**), propostas por Castro

(1996). Para cada um destes compartimentos as forçantes dos movimentos são distintas.

Além da divisão espacial é importante se destacar que os movimentos são regidos por suas escalas temporais significativas. Em oceanografia física as duas principais escalas são comumente descritas como suprinerciais e subinerciais. Basicamente estas duas escalas distinguem os movimentos que são ou não influenciados pela rotação da Terra, e o valor limite depende da latitude da região de estudo. Na região do empreendimento este valor é de aproximadamente 29,5 h. Desta maneira, os movimentos que apresentam períodos inferiores a 29,5 h, aproximadamente, são classificados como suprinerciais e os movimentos com períodos superiores a este valor de subinerciais.

Para a PCS, de acordo com Castro (1996), os movimentos suprinerciais são aqueles gerados ou influenciados pela ação da maré astronômica e pelas brisas marinhas e terrestres. Já os movimentos subinerciais são aqueles gerados ou influenciados pelos ventos médios, ventos de passagem de frentes frias, ciclones, variações laterais do campo de massa e escoamento de correntes de contorno, como a Corrente do Brasil - CB na PCE e TC.

Na banda suprinercial os movimentos mais estudados são os provenientes da ação da maré astronômica. Através de simulação numérica por modelos matemáticos, Pereira *et al.* (2007) propôs um mapa das elipses de marés para a PCS para a componente astronômica M_2 , que é a mais importante para região (detalhada adiante no tema **variação do nível do mar**), disponível na **Figura II.5.1.6-11**.

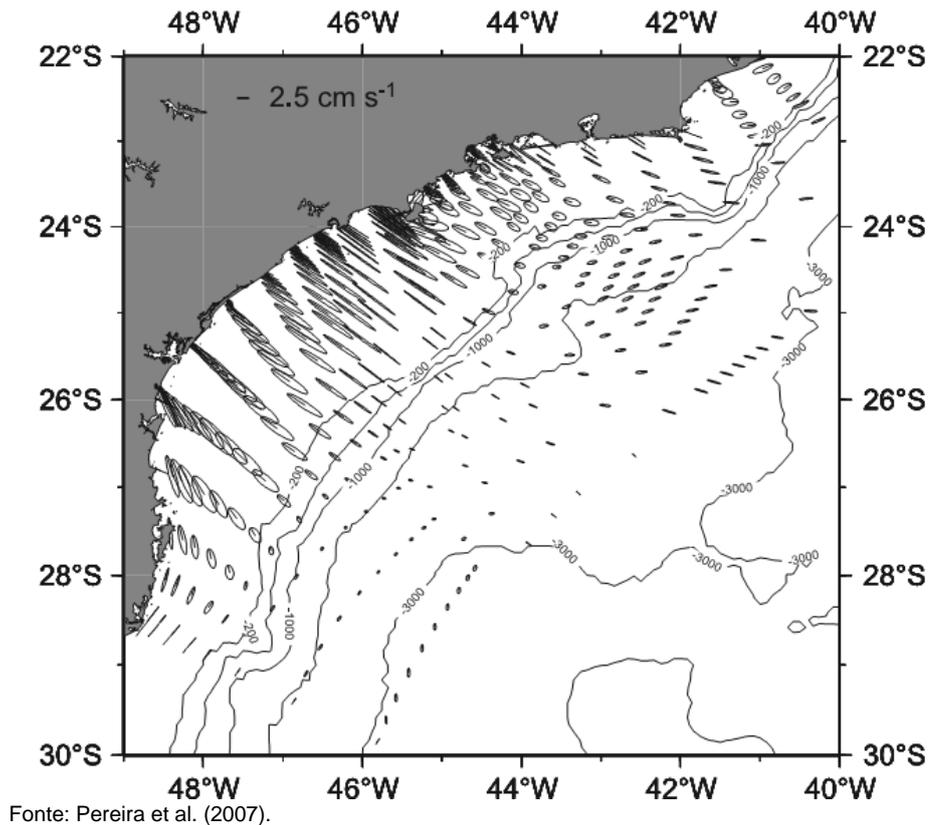


Figura II.5.1.6-11 – Distribuição das elipses de maré da componente astronômica M2 na plataforma continental Sudeste.

Esta representação de Pereira *et al.* (2007) mostra que na região central da PCS os movimentos gerados pela maré são importantes na componente transversal a linha de costa, ou seja, os fluxos são sentido costa e largo, sequencialmente. Já para as extremidades Norte e Sul da PCS as elipses estão distribuídas denotando que as correntes de maré são importantes no sentido longitudinal, com fluxos sentido Nordeste e Sudoeste, sequencialmente. Contudo, nota-se que estes fluxos são extremamente reduzidos, na ordem de cm/s, com maiores valores próximos à linha de costa e diminuindo em direção ao TC e OP.

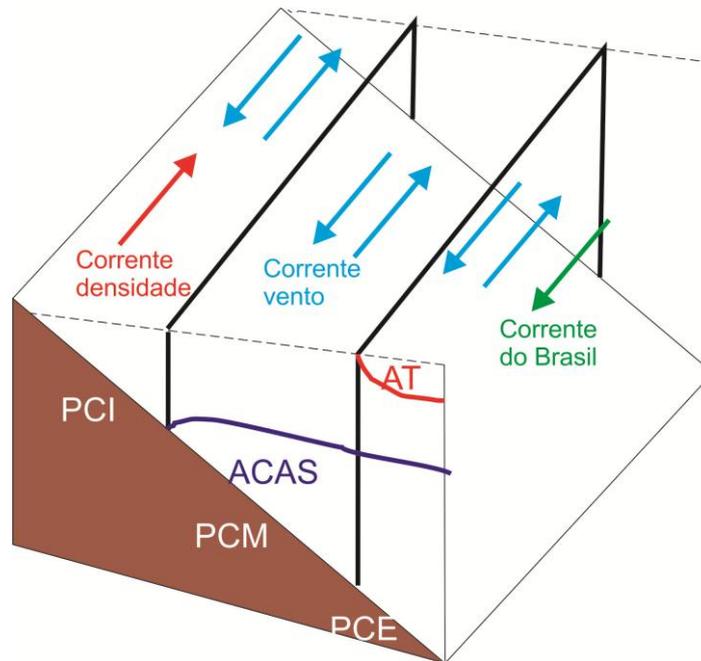
Para as correntes de frequência subinercial, na PCI, as correntes não sofrem influência direta da CB e, na banda de frequência sazonal, muito pouco ainda é conhecido sobre a circulação (CASTRO 1996). Alguns trabalhos observacionais (MATSUURA, 1975; LUEDEMANN, 1991; CASTRO & LEE, 1995; MAZZINI, 2009) e outros numéricos (CALDAS, 1978; REZENDE, 2003;

COELHO, 2007; RUFFATO, 2011), mostram que o fluxo predominante é sentido Nordeste, podendo estar associado ao gradiente de densidade formado pelas descargas dos sistemas estuarinos de Paranaguá, Cananéia e Santos, por exemplo, mas que em outras localidades podem ser influenciados pelo vento.

Castro (1996), ao largo de Ubatuba, em período de inverno verificou que na PCM o fluxo é predominantemente para Sudoeste, com inversões para Nordeste sendo frequentes. Mazzini (2009) em dados coletados entre Peruíbe e São Sebastião, no estado de São Paulo, mostra que ocorre uma tendência para as correntes sobre a PCM e a PCI apresentarem sentidos opostos em alguns períodos, e os movimentos são basicamente liderados pelo vento.

Para a porção mais externa da PCS, a PCE, autores como Moreira (1998) e Souza (2000) indicam que próximo à quebra da PCS a circulação predominante tem sentido Sudoeste, denotando a presença marcante da CB. Porções mais internas da PCE possuem alguma correlação com a circulação descrita para a PCM.

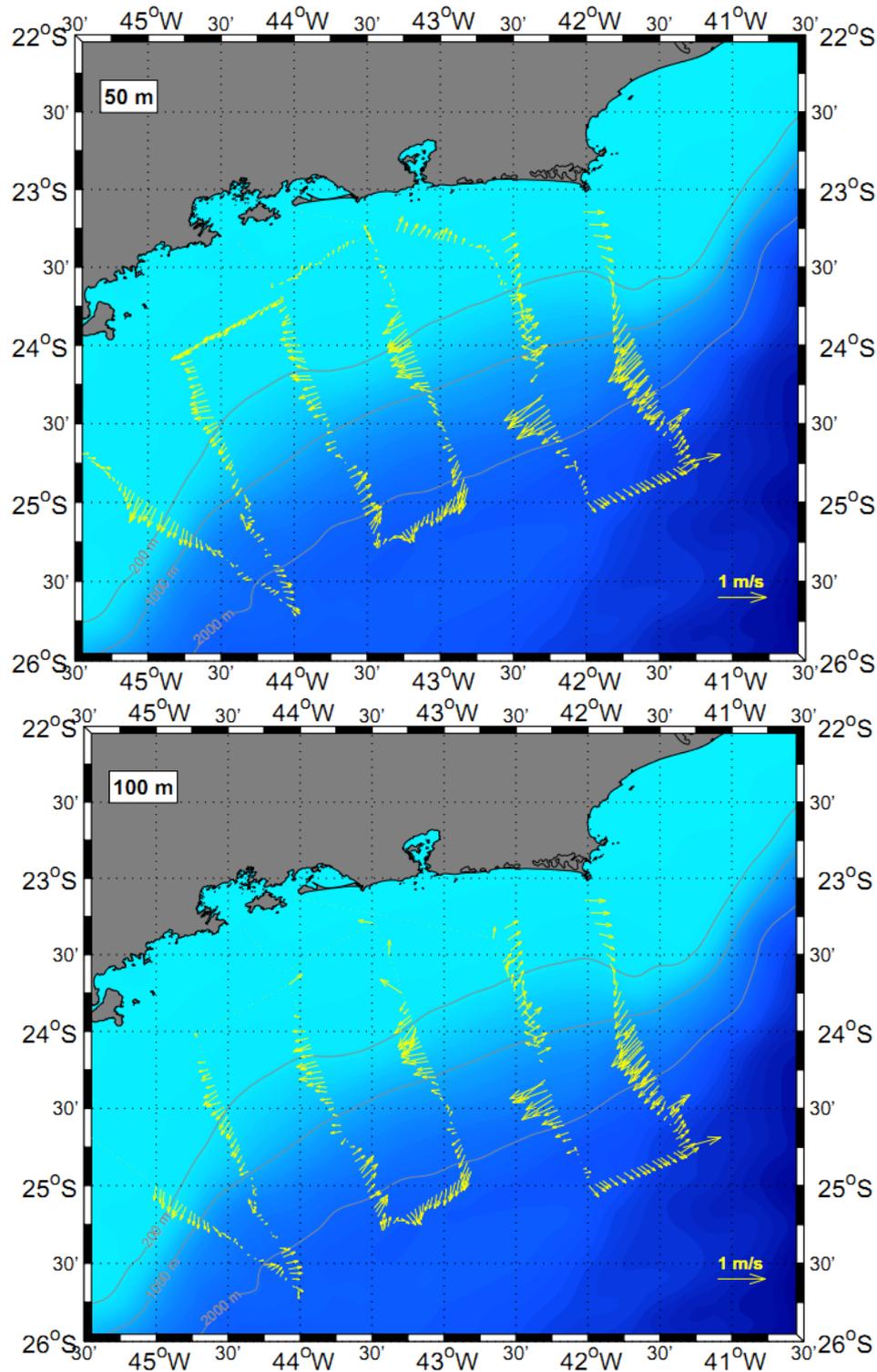
Desta maneira, a **Figura II.5.1.6-12** apresenta, esquematicamente, as divisões dinâmicas da PCS, mostrando quais são as massas de água em cada compartimento e as principais forçantes para as correntes subinerciais.



Fonte: adaptado de Castro (1996).

Figura II.5.1.6-12 – Esquema da compartimentação dinâmica da plataforma continental Sudeste. PCI: plataforma continental interna; PCM: plataforma continental média; PCE: plataforma continental externa; ACAS: Água Central do Atlântico Sul; AT: Água Tropical. A seta vermelha indica corrente gerada por gradiente de densidade, as setas azuis correntes forçadas pelo vento e a seta verde a Corrente do Brasil.

Pereira (2009) apresentou medições diretas realizadas na região do empreendimento entre os dias 22 e 29/09/2003, englobando regiões da PC, TC e OP. As medidas foram realizadas com um correntógrafo *Acoustic Doppler Current Profile* - ADCP instalado no casco do Navio Oceanográfico Wladimir Besnard, da Universidade de São Paulo. Foram apresentados resultados para as profundidades de 50 m e 100 m (**Figura II.5.1.6-13**) e 150 m e 200 m (**Figura II.5.1.6-14**). Nestes resultados, Pereira (2009) destaca, nas proximidades da superfície, correntes fluindo para o NE na PCI, e para SW na PCM, PCE e TC, confirmando as descrições anteriores.



Fonte: PEREIRA (2009)

Figura II.5.1.6-13 – Vetores de velocidade de corrente a 50 m (superior) e 100 m (inferior) obtidos entre os dias 22 e 29/09/2003.

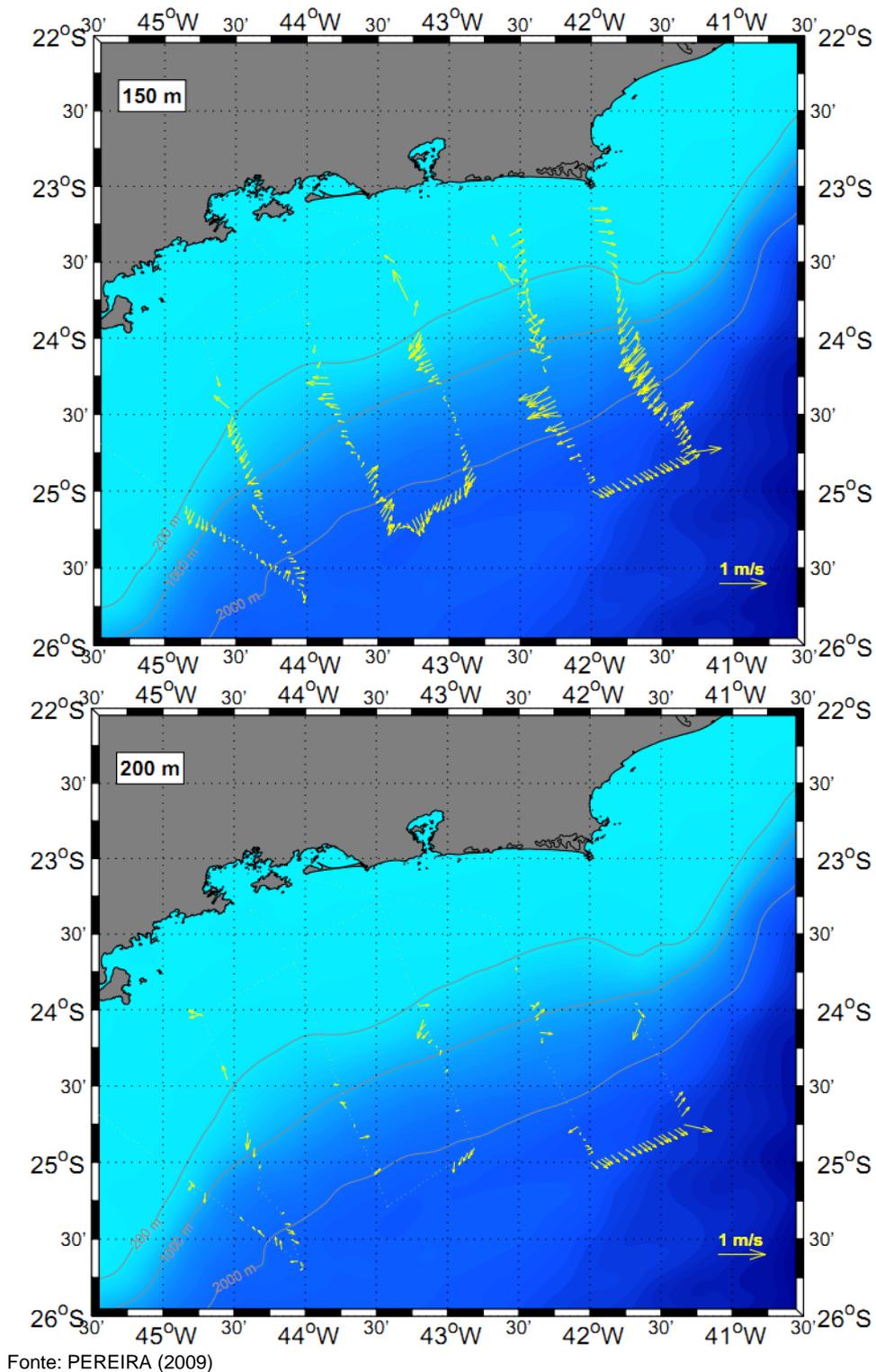


Figura II.5.1.6-14 – Vetores de velocidade de corrente a 150 m (superior) e 200 m (inferior) obtidos entre os dias 22 e 29/09/2003.

Nas proximidades do local onde o gasoduto chega à linha de costa, os dados disponíveis são escassos. SANTOS (2009) apresentou valores para as correntes coletadas, mais frequentes, para o inverno (**Figura II.5.1.6-15**) e verão (**Figura II.5.1.6-16**) para o ano de 2003.

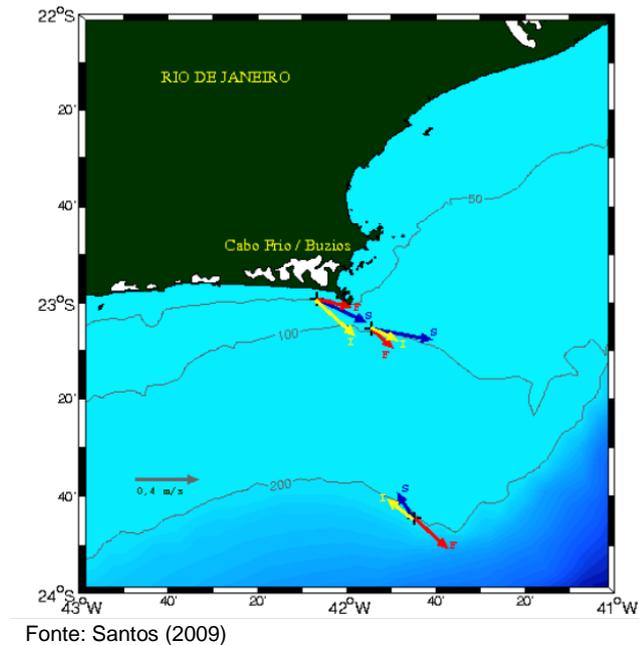
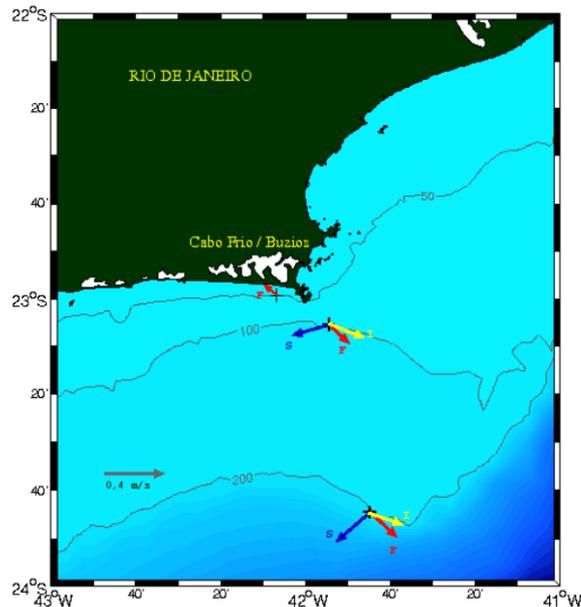


Figura II.5.1.6-15 – Correntes mais frequentes no inverno de 2003. S (azul) – superfície, I (amarelo) – intermediária e F (vermelho) – fundo.



Fonte: Santos (2009)

Figura II.5.1.6-16 – Correntes mais frequentes no verão de 2003. S (azul) – superfície, I (amarelo) – intermediária e F (vermelho) – fundo.

De acordo com a **Figura II.5.1.6-15** e a **Figura II.5.1.6-16** e a descrição de correntes para o talude e oceano profundo, sobre a plataforma continental as correntes apresentam comportamento diferente. Enquanto que, sobre o talude e oceano profundo as correntes são regidas pelo sistema CB, com fluxos superficiais para SW e profundos para N, sobre a plataforma continental, em período de inverno (**Figura II.5.1.6-15**), por exemplo, em toda a coluna de água o fluxo é para NE. Em regiões próximas a quebra da plataforma continental (aproximadamente 200 m de profundidade na região), tanto no inverno (**Figura II.5.1.6-15**) quanto no verão (**Figura II.5.1.6-16**), os fluxos em superfície e em profundidade são correspondentes ao sistema CB.

Variação do nível do mar

Para a caracterização do nível do mar na região costeira e na PC na área de estudo são apresentadas análises harmônicas fornecendo as principais componentes astronômicas e suas respectivas amplitudes e fases a partir de publicação da Fundação Estudos do Mar - FEMAR, e análise de dados coletados *in situ* em uma estação maregráfica na Ilha Fiscal/RJ, pelo projeto GLOSS – Brasil (*Global Sea Level Ocean Observation*) - **Figura II.5.1.6-3 e Tabela II.5.1.6-1.**

Da **Figura II.5.1.6-17** até a **Figura II.5.1.6-20** são apresentadas, respectivamente, as componentes harmônicas para as estações maregráficas do Porto de Santos, Porto de São Sebastião, de Marambaia e do Porto do Rio de Janeiro (Ilha Fiscal), disponibilizadas pela FEMAR, bem como as características gerais da maré (amplitudes da maré em período de sizígia – preamares e baixamares superiores – e quadratura – preamares e baixamares inferiores – além de dados sobre o nível médio).

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

Nome da Estação : SANTOS (PORTO) – SP					
Localização : Na torre de passagem dos cabos elétricos pelo canal (Torre Grande)					
Organ. Responsável : INPH / CODESP / DHN .					
Latitude : 23° 57,3' S		Longitude : 46° 18,6' W			
Período Analisado : 01/01/56 a 23/12/56			Nº de Componentes : 32		
Análise Harmônica : Método Tidal Liverpool Institute					
Classificação : Maré de Desigualdades Diurnas					
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		II H 55 min		Nível Médio (Zo): 77 cm acima do NR.	
Média das Preamares Superiores (MHHW) :		141 cm acima do NR.		Média das Preamares Inferiores (MLHW) : 130 cm acima do NR	
Média das Baixa-mares Superiores (MHLW) :		29 cm acima do NR.		Média das Baixa-mares Inferiores (MLLW) : 7 cm acima do NR.	
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	10,2	025	MU ₂	2,1	122
Ssa	5,0	180	N ₂	5,4	149
Mm	4,2	289	NU ₂	0,4	139
Mf	1,7	141	M ₂	36,4	088
MTM	-	-	L ₂	1,6	037
Msf	1,5	121	T ₂	0,8	020
Q ₁	2,5	058	S ₂	22,5	091
O ₁	11,5	081	K ₂	7,4	082
M ₁	0,8	095	MO ₃	0,7	096
P ₁	2,3	136	M ₃	4,9	234
K ₁	6,3	143	MK ₃	2,5	117
J ₁	0,8	192	MN ₄	1,3	318
OO ₁	0,2	133	M ₄	2,6	355
MNS ₂	0,2	189	SN ₄	0,6	061
2N ₂	2,0	149	MS ₄	2,2	143
Referências de Nível: RN Alfândega, situada na Praça da República, no meio fio em frente ao prédio da Delegacia da Receita Federal (antiga Alfândega). RN 2 implantada na sapata da torre do lado do porto.					
Obs: Outros Períodos: 01/01/51 a 04/01/51; 14/11/59 a 15/12/59; 07/02/78 a 23/02/78; 27/02/78 a 27/03/78; 05/09/95 a 07/10/95. Existem outros períodos no INPH e na CODESP Consta das Tábuas das Marés.					

Código BND0: 50225

Fonte: Fundação de Estudo do Mar (FEMAR)

Figura II.5.1.6-17 – Componentes harmônicas de elevação do nível do mar para a estação de Santos - SP (Porto). Componentes com o índice 1 correspondem a oscilações diurnas; índice 2 semidiurnas; índice 3 terçidiurnas e 4, quadridiurnas. As demais representam componentes de longo período.

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

Nome da Estação : SÃO SEBASTIÃO (PORTO) - SP					
Localização : No Cais do Porto					
Organ. Responsável : DHN					
Latitude : 23° 48,6' S		Longitude : 45° 23,9' W			
Período Analisado : 01/12/72 a 01/01/73			Nº de Componentes : 36		
Análise Harmônica : Método Almirante Santos Franco					
Classificação : Maré de Desigualdades Diurnas					
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		II H 46 min		Nível Médio (Zo): 66 cm acima do NR.	
Média das Preamares Superiores (MHHW) :		124 cm acima do NR.		Média das Preamares Inferiores (MLHW) : 102 cm acima do NR	
Média das Baixa-mares Superiores (MHLW) :		24 cm acima do NR.		Média das Baixa-mares Inferiores (MLLW) : 14 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	3,8	140
Ssa	-	-	N ₂	2,7	102
Mm	13,9	258	NU ₂	0,5	102
Mf	-	-	M ₂	30,1	075
MTM	-	-	L ₂	1,2	122
Msf	10,4	128	T ₂	1,0	089
Q ₁	3,2	048	S ₂	16,9	089
O ₁	11,2	079	K ₂	4,6	089
M ₁	0,7	036	MO ₃	0,2	199
P ₁	2,0	135	M ₃	2,3	203
K ₁	6,1	135	MK ₃	1,7	098
J ₁	0,3	312	MN ₄	2,3	307
OO ₁	0,1	098	M ₄	5,1	352
MNS ₂	-	-	SN ₄	0,2	181
2N ₂	0,4	129	MS ₄	3,1	088
Referências de Nível: RN-1 situada próxima à guarita do cais comercial. RN-2 localizada na extremidade sul do cais.					
Obs: Outros Períodos : 21/07/35 a 18/08/35; 18/08/61 a 18/09/61; 01/04/91 a 01/05/91. Consta das Tábuas das Marés.					

Código BNDO: 50210

Fonte: Fundação de Estudo do Mar (FEMAR)

Figura II.5.1.6-18 – Componentes harmônicas de elevação do nível do mar para a estação de São Sebastião - SP (Porto). Componentes com o índice 1 correspondem a oscilações diurnas, índice 2 semidiurnas; índice 3 terçidiurnas e 4, quadridiurnas. As demais representam componentes de longo período.

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

Nome da Estação : MARAMBAIA – RJ					
Localização : Baía de Sepetiba – Na ponte de atracação da Ponta do Zumbi					
Organ. Responsável : DHN.					
Latitude : 23° 03,5' S		Longitude : 43° 59,3' W			
Período Analisado : 30/08/73 a 30/09/73		Nº de Componentes : 36			
Análise Harmônica : Método Tidal Liverpool Institute					
Classificação : Maré de Desigualdades Diurnas					
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		III H 01 min	Nível Médio (Zo):		66 cm acima do NR.
Média das Preamares Superiores (MHHW) :		119 cm acima do NR.	Média das Preamares Inferiores (MLHW) :		103 cm acima do NR
Média das Baixa-mares Superiores (MHLW) :		31 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares Inferiores (MLLW) :		11 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	5,1	204
Ssa	-	-	N ₂	10,0	142
Mm	12,0	244	NU ₂	1,9	141
Mf	-	-	M ₂	28,6	088
MTM	-	-	L ₂	3,0	187
Msf	19,0	210	T ₂	1,0	086
Q ₁	4,4	076	S ₂	16,5	086
O ₁	11,8	094	K ₂	4,5	086
M ₁	0,8	285	MO ₃	1,0	193
P ₁	2,2	178	M ₃	1,9	258
K ₁	6,6	178	MK ₃	1,8	054
J ₁	1,0	004	MN ₄	1,3	100
OO ₁	2,1	278	M ₄	6,1	106
MNS ₂	-	-	SN ₄	2,4	204
2N ₂	1,3	196	MS ₄	2,7	217
Referências de Nível: RN piquete de madeira situado no centro da cabeceira da ponte.					
Obs: Outros Períodos : 09/02/79 a 12/03/79					

Código BNDO: 50187

Fonte: Fundação de Estudo do Mar (FEMAR)

Figura II.5.1.6-19 – Componentes harmônicas de elevação do nível do mar para a estação da Marambaia - RJ. Componentes com o índice 1 correspondem a oscilações diurnas; índice 2 semidiurnas; índice 3 terçidiurnas e 4, quadriurnas. As demais representam componentes de longo período.

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

Nome da Estação :		PORTO DO RIO DE JANEIRO (Ilha Fiscal) – RJ			
Localização :		Na quina Leste da Ilha Fiscal			
Organ. Responsável :		DHN .			
Latitude :		22° 53,8' S	Longitude :		43° 09,9' W
Período Analisado :		01/01/65 a 31/12/65	Nº de Componentes :		60
Análise Harmônica :		Método Tidal Liverpool Institute			
Classificação :		Maré de Desigualdades Diurna			
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		II H 12 min	Nível Médio (Zo):		69 cm acima do NR.
Média das Preamares Superiores (MHHW) :		124 cm acima do NR.	Média das Preamares Inferiores (MLHW) :		113 cm acima do NR.
Média das Baixa-mares Superiores (MHLW) :		29 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares Inferiores (MLLW) :		10 cm acima do NR.
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	2,7	021	MU ₂	1,1	156
Ssa	1,5	320	N ₂	2,6	174
Mm	1,8	096	NU ₂	1,5	163
Mf	2,3	126	M ₂	31,8	093
MTM	-	-	L ₂	1,4	046
Msf	3,1	162	T ₂	0,9	119
Q ₁	2,6	110	S ₂	17,9	088
O ₁	9,2	104	K ₂	5,7	018
M ₁	0,7	089	MO ₃	0,3	321
P ₁	2,1	138	M ₃	0,7	202
K ₁	6,2	144	MK ₃	0,4	117
J ₁	0,7	044	MN ₄	2,0	224
OO ₁	0,4	274	M ₄	4,8	096
MNS ₂	0,7	125	SN ₄	0,4	204
2N ₂	1,0	236	MS ₄	3,1	186
Referências de Nível: RN-1 marco de metal encravado na parede interna do torreão da Ilha Fiscal.					
Obs: Existem na DHN outras observações, a partir de 1946. Consta das Tábuas das Marés					

Código BNDO: 50140

Fonte: Fundação de Estudo do Mar (FEMAR)

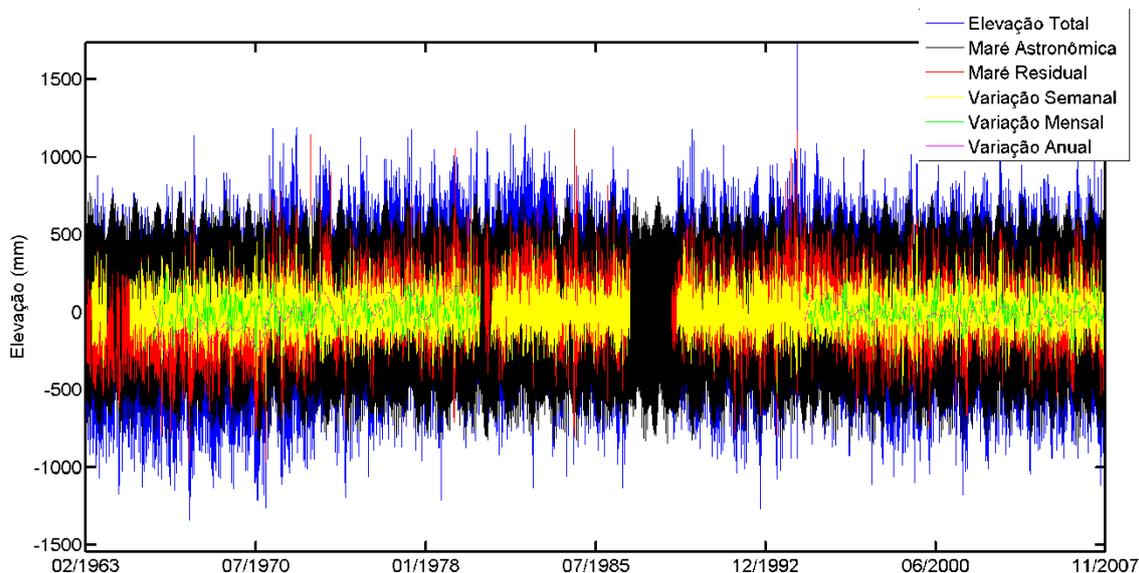
Figura II.5.1.6-20 – Componentes harmônicas de elevação do nível do mar para a estação Ilha Fiscal (Porto do Rio de Janeiro/RJ). Componentes com o índice 1 correspondem a oscilações diurnas; índice 2 semidiurnas; índice 3 terçidiurnas e 4, quadridiurnas. As demais representam componentes de longo período.

De acordo com estas figuras, nestas estações costeiras da área de estudo, as amplitudes médias entre as baixamares superiores e preamares inferiores

(período de quadratura) são de: 101 cm, 78 cm, 72 cm e 84 cm, respectivamente. Já as amplitudes entre baixamare inferiores e preamares superiores (período de sizígia) são de, respectivamente, 134 cm, 110 cm, 108 cm e 114 cm. A maré em todas as estações é classificada como semidiurna (duas preamares e duas baixamare em um período de 24 h) de desigualdades diurnas.

As principais componentes astronômicas de maré, em significância de amplitude, são M_2 (lunar semidiurna), S_2 (solar semidiurna), O_1 (lunar diurna) e K_1 (lunisolar diurna).

A **Figura II.5.1.6-21** apresenta a variação do nível do mar para a estação costeira da Ilha Fiscal. Os dados apresentam cobertura temporal de 02/1963 a 11/2007, com intervalo amostral de 1 h.



Fonte de dados: Estação maregráfica do Porto do Rio de Janeiro (GLOSS-Brasil)

Figura II.5.1.6-21 – *Variação do nível do mar (azul) para a estação costeira da Ilha Fiscal/RJ, entre fevereiro de 1963 e novembro de 2007.*

A partir da técnica de análise harmônica de maré, é possível conhecer as componentes astronômicas que influenciam na variação do nível do mar e prever sua elevação devido a estas componentes. Com a identificação das componentes astronômicas, é possível filtrá-las e identificar a variação do nível do mar residual, isto é, a variação da superfície do mar não associada a fenômenos astronômicos.

A variação residual, identificada por meio de filtragem de dados com filtro lanczos-quadrado (WALTER & HESTON, 1982), pode ser compartimentada entre variações da ordem de semanas, meses e anos. As variações semanais estão associadas a efeitos meteorológicos, como passagem de frentes frias. Já as variações mensais e anuais estão associadas a sazonalidade ou a outros fenômenos interanuais.

A análise harmônica da variação total do nível do mar (**Figura II.5.1.6-21**) apresentou 52 componentes significativas (nível de confiança de 95%), obtendo-se os mesmos resultados apresentados na **Figura II.5.1.6-18**.

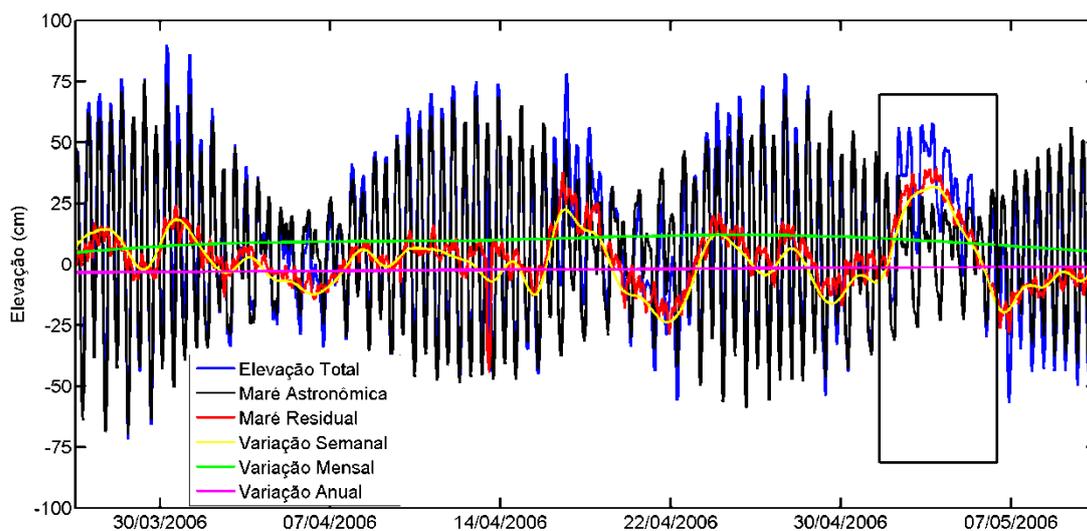
A **Tabela II.5.1.6-3** apresenta as estatísticas básicas dos dados de elevação do nível do mar na estação maregráfica da Ilha Fiscal. É possível identificar que a componente astronômica é responsável por 72,7% de toda a variância total, sendo que o restante (maré residual) está associado a fenômenos de frequência semanal (13,3%), mensal (7,7%) e anual (6,3%).

Tabela II.5.1.6-3 – Estatísticas associadas a elevação do nível do mar na estação maregráfica da Ilha Fiscal/ RJ.

	Mínimo		Máximo		Desvio Padrão (cm)	% da Variância Total
	(cm)	Data	(cm)	Data		
Elevação Total	-154	19/07/1970 13 h	174	11/05/1994 19 h	34	
Maré Astronômica	-85		78		29	72,7
Maré Residual	-97	20/07/1967 7 h	144	14/12/1972 7 h	18	27,3
Variação Semanal	-63	19/07/1967 21 h	69	14/12/1972 3 h	12	13,3
Variação Mensal	-60		30		8	7,7
Variação Anual	-26		19		9	6,3

Fonte: Estação maregráfica do Porto do Rio de Janeiro (GLOSS-Brasil)

A maré residual está associada principalmente à variação semanal, com altura máxima de 69 cm. A **Figura II.5.1.6-22** mostra um período específico da base de dados que demonstra que, em algumas situações, a maré residual pode apresentar maior altura que a astronômica.



Fonte de dados: Estação maregráfica do Porto do Rio de Janeiro (GLOSS-Brasil)

Figura II.5.1.6-22 – *Variação do nível do mar para a estação costeira da Ilha Fiscal (RJ), entre abril e maio de 2006. O quadrado indica um período em que a maré residual foi superior à maré astronômica.*

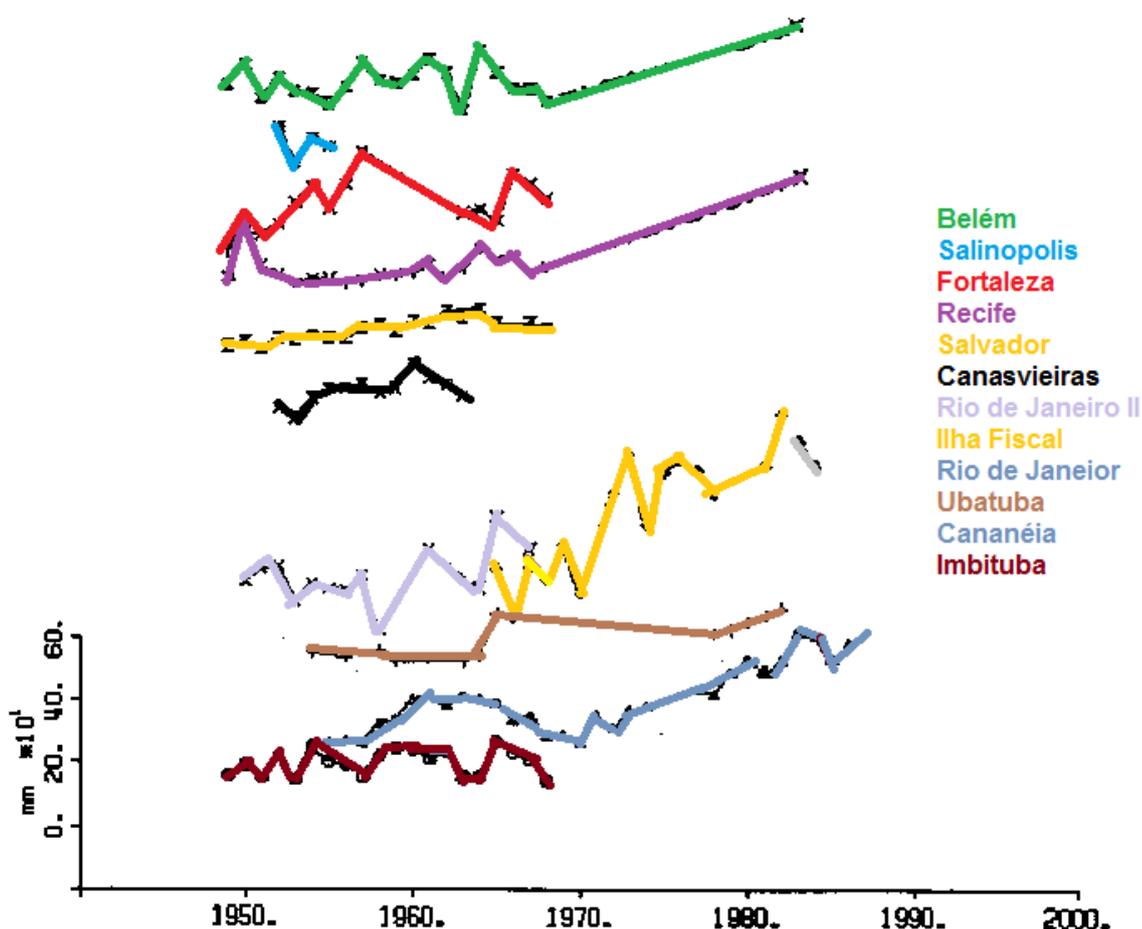
Os máximos e mínimos da maré astronômica estão associados ao período de sizígia e quadratura de maré. Segundo a FEMAR, para a estação maregráfica da Ilha Fiscal, a amplitude média entre as baixa-mares superiores e preamares inferiores (período de quadratura) é de 84 cm. Já a amplitude média entre baixa-mares inferiores e preamares superiores (período de sizígia) é 114 cm (**Figura II.5.1.6-22**).

Outro tema importante relativo à variação do nível do mar na área de estudo é o entendimento de como estão ocorrendo as variações de longo período e prognósticos.

Considerando-se as variações de longo termo do nível do mar, estas em geral, têm um viés de origem astronômica. As variações sazonais, por exemplo, experimentadas pela região Sudeste do Brasil, são excitadas por precisas composições da órbita da Terra, que produzem os solstícios de verão e inverno, (posições ocupadas pelo Sol no hemisfério Norte e no hemisfério Sul, em relação à superfície da Terra durante o ano), exatamente nos dias 21 de Dezembro e 21 de Junho, respectivamente (MESQUITA, 1997).

As variações de longo termo têm sido recentemente calculadas nos níveis do mar registrados por vários marégrafos da região Sudeste do Brasil, através de determinação das inclinações das curvas (em relação ao eixo do tempo) de variação dos níveis médios anuais nos últimos 50 anos, aproximadamente (MESQUITA, 1997).

A **Figura II.5.1.6-23** mostra a variabilidade desses níveis em vários portos em toda a costa brasileira, que experimenta um acréscimo do nível do mar de cerca de 4 mm por ano, ou cerca de 50 cm por século (MESQUITA, 1997).



Fonte: adaptado de França (1995).

Figura II.5.1.6-23 – Valores anuais do nível relativo do mar de portos brasileiros entre Belém, (PA) a Imbituba (SC).

Variações do nível absoluto global do mar obtidas por altimetria por satélite, entretanto, não produzem valores condizentes com essa estimativa (WOODWORTH, 1997), bem como as evidências dos valores obtidos por

métodos geológicos na costa brasileira (MARTIN *et al.*, 1987), e avaliações por meio dos dados de nível do mar, provenientes de portos de todos os continentes (MESQUITA, 1994).

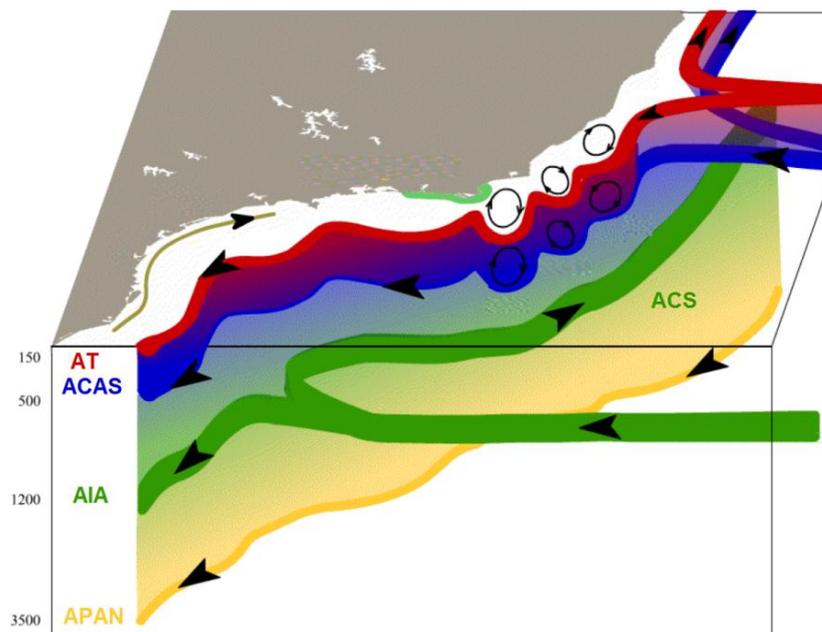
C) Hidrografia e hidrodinâmica do TC e OP

Neste tópico são apresentadas as características da hidrografia (temperatura, salinidade e densidade da água do mar) e da hidrodinâmica no TC e OP na área de estudo.

Do sentido costa oceano adjacente, o TC está localizado após a quebra da PC a cerca de 180 m de profundidade, até aproximadamente 2.000 m de profundidade. Já o OP foi definido aqui como sendo as áreas com profundidades superiores a 2.000 m.

Hidrografia

De acordo com Silveira (2007), na Bacia de Santos, estão presentes as massas de água: Água Tropical – AT, Água Central do Atlântico Sul - ACAS, Água Intermediária Antártica - AIA, Água Circumpolar Superior - ACS e Água Profunda do Atlântico Norte - APAN. Estas massas de água presentes na área de estudo são transportadas por um complexo esquema de correntes marinhas. De forma esquemática, a **Figura II.5.1.6-24** mostra o arranjo tridimensional destas massas de água.



Fonte: adaptado de CALADO (2006)

Figura II.5.1.6-24 – Representação tridimensional do transporte de massas de água ao longo da costa Sudeste do Brasil. AT se refere à Água Tropical, ACAS, à Água Central do Atlântico Sul, ACS à Água Circumpolar Superior, AIA, à Água Intermediária Antártica e APAN, à Água Profunda do Atlântico Norte.

Tal esquema mostra que no TC e no OP da área de estudo, em superfície, é observada a AT, sobre a ACAS, onde ambas são transportadas para S-SW. Abaixo da ACAS, na coluna de água, encontra-se a AIA e a ACS fluindo para o S-SW, na porção Sul da área de estudo, e para NE, na porção Centro Norte da área de estudo. Junto ao assoalho marinho encontra-se a APAN, que é transportada para SW. Estas massas de água possuem características próprias, com valores limites de temperatura e salinidade. A **Tabela II.5.1.6-4** apresenta tais valores, de acordo com Silveira (2007).

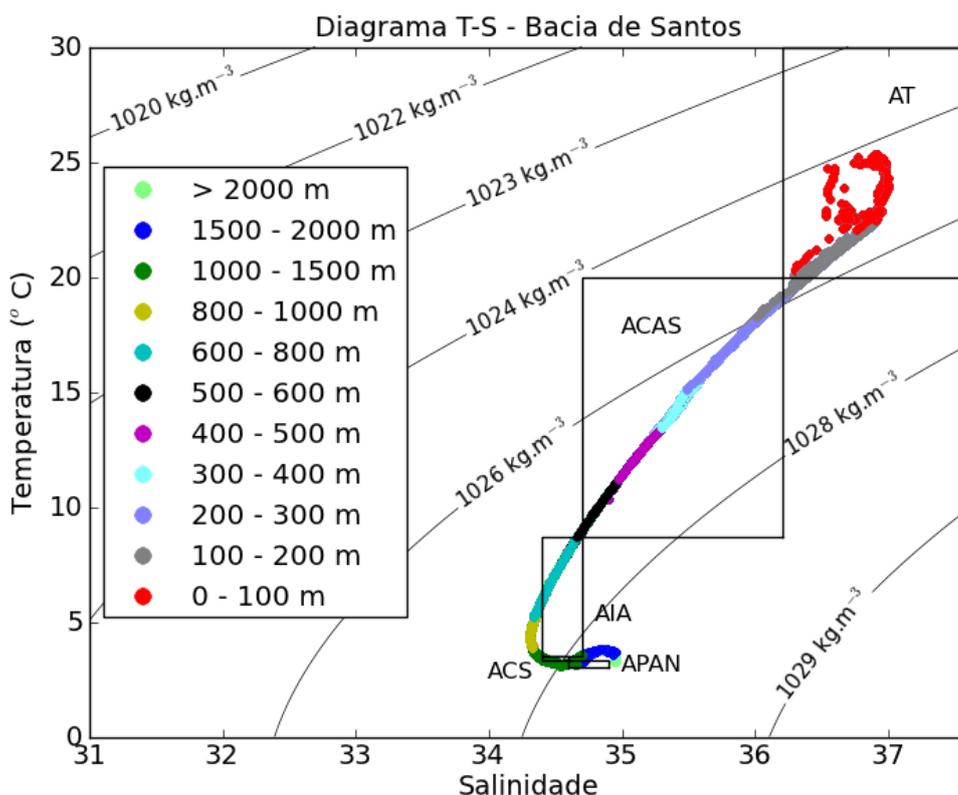
Tabela II.5.1.6-4 - Limites termohalinos das massas de água presentes na região do empreendimento.

Massa de Água	Temperatura (°C)	Salinidade
AT	> 20,0	>36,2
ACAS	20,0 – 8,7	36,2 – 34,7
AIA	8,7 – 3,5	34,7 – 34,4
ACS	3,5 – 3,3	34,4 – 34,6

Massa de Água	Temperatura (°C)	Salinidade
APAN	3,3 – 3,0	34,6 – 34,9

Fonte: SILVEIRA (2007)

O diagrama de estado que mostra a relação do par temperatura e salinidade (diagrama T-S) para o TC e OP da área de estudo é apresentado na **Figura II.5.1.6-25**. Tais dados foram obtidos nos locais WOCE apresentados na **Tabela II.5.1.6-1** e **Figura II.5.1.6-3**.



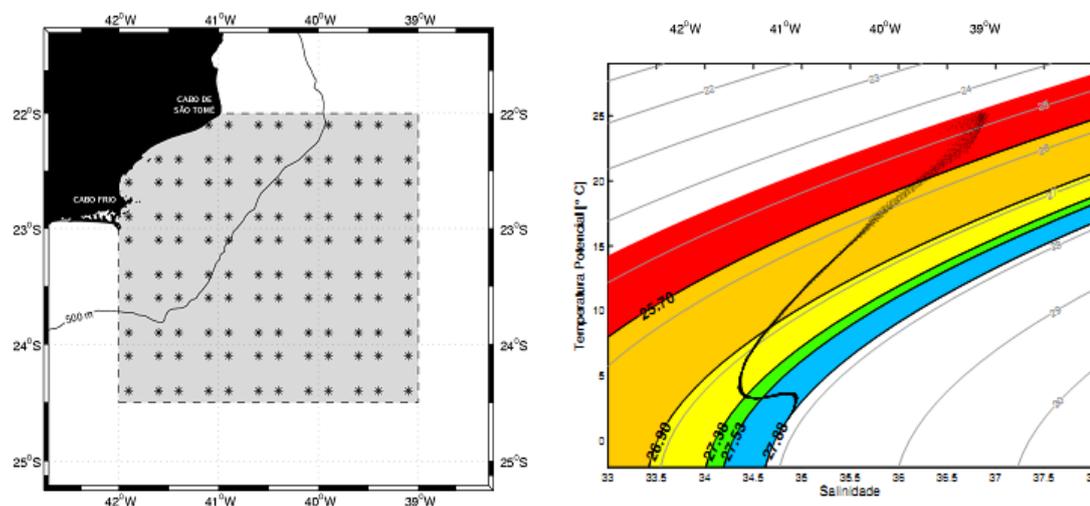
Fonte de dados: WOCE (2013).

Figura II.5.1.6-25 – Diagrama T-S espalhado para a Bacia de Santos, nos pontos WOCE representados na **Figura II.5.1.6-1**. As cores representam as profundidades associadas à legenda. As isolinhas representam a densidade.

Tanto

na

Tabela II.5.1.6-5, quanto na **Figura II.5.1.6-25**, é possível identificar as principais massas de água no TC e OP da área de estudo, descritas pelos transportes associados na **Figura II.5.1.6-24**. A AT ocupa as camadas entre a superfície e aproximadamente 150 m; a ACAS, profundidades entre 150 e 600 m; AIA, entre 600 e 1.000 m; ACS, entre 1.000 e 1.500 m e APAN, entre 1.500 e 2.000 m. Diagrama similar foi obtido por Silveira (2007), considerando a plataforma continental, talude e parte do oceano profundo da região de chegada do gasoduto à região costeira (**Figura II.5.1.6-26**).



Fonte: Silveira (2007)

Figura II.5.1.6-26 – O painel esquerdo mostra mapa da área de extração, ao longo da coluna de água, de dados de temperatura e salinidade para confecção do diagrama T-S espalhado (painel da direita). No diagrama T-S, a área em vermelho representa domínio da massa de água AT, a amarelo escuro ACAS, amarelo AIA, verde ACS e a azul APAN.

FOLONI NETO (2011) identificou, na região do empreendimento, a posição de cada uma das principais massas de água ao longo da coluna de água. O estudo foi realizado sob o âmbito do Projeto HABITATS/PETROBRAS, durante os meses de verão e inverno de 2009. Esta identificação foi realizada à partir da malha amostral apresentada na **Figura II.5.1.6-27**. Neste documento serão mostrados os resultados obtidos por FOLONI NETO (2011) na radial A da **Figura II.5.1.6-27**.

A **Figura II.5.1.6-28** apresenta a posição das massas de água, com relação à coluna de água, em região próxima ao empreendimento. Nesta Figura é possível identificar, da superfície para o fundo as massas de água AT, ACAS, AIA, ACS e APAN. As respectivas interfaces entre estas massas de água ocorrem nas profundidades de 100m, 500m, 1100m e 1600m, aproximadamente.

Sobre a Plataforma Continental, são exibidas as distribuições das massas de água para o verão e para o inverno na **Figura II.5.1.6-29**. Identifica-se as massas de água AT e ACAS, sendo a AT mais superficial. No verão identifica-se maior presença da AT sobre a plataforma continental, e as massas de água apresentam-se mais compartimentadas. No inverno, as porcentagens das massas de água são menores, denotando uma maior mistura.

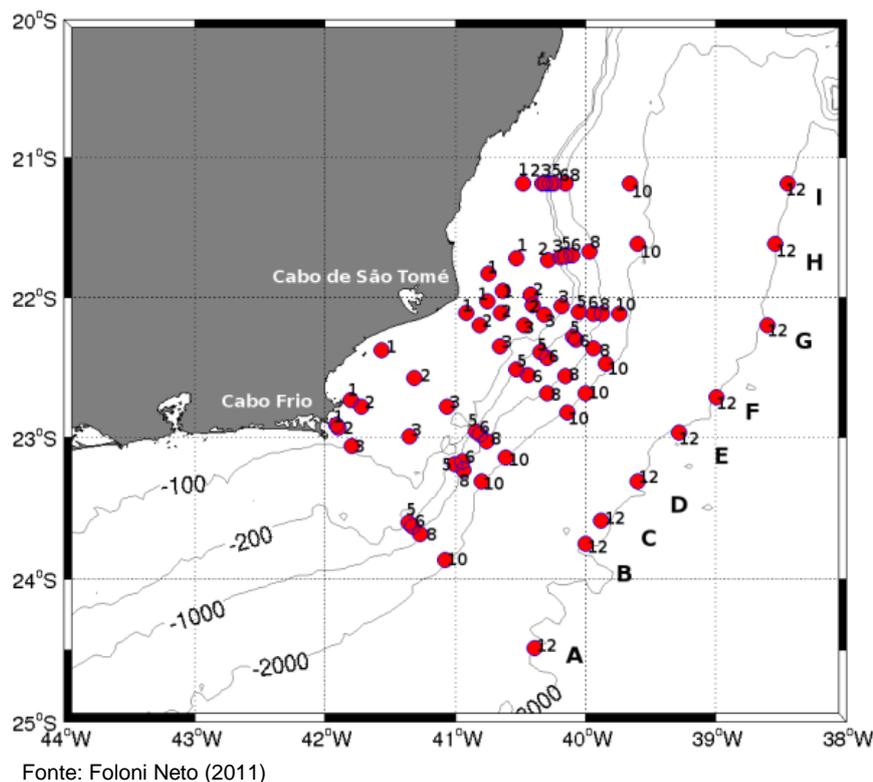
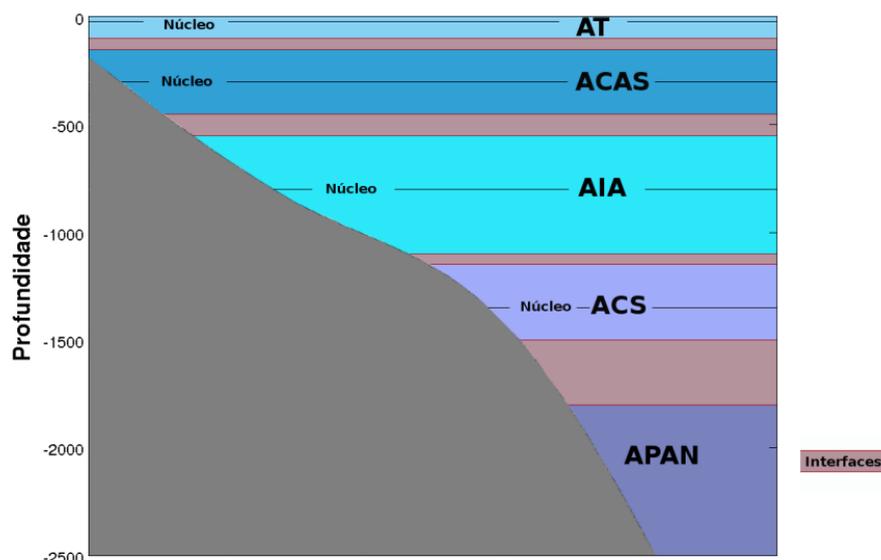
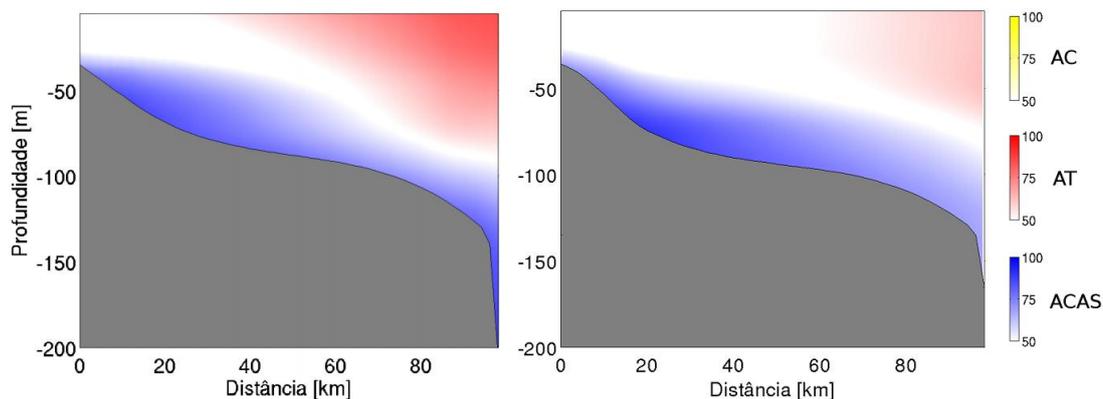


Figura II.5.1.6-27 – Estações oceanográficas realizadas durante os cruzeiros de verão e de inverno do Projeto HABITATS.



Fonte: FOLONI NETO (2011)

Figura II.5.1.6-28 – Limites médios das massas de água na Bacia de Campos de acordo com as suas respectivas zonas de interface e posição dos núcleos na coluna de água.



Fonte: FOLONI NETO (2011)

Figura II.5.1.6-29 – Seções verticais dos percentuais de massas de água sobre a plataforma continental sob a radial A (ver Figura II.5.1.6-27) do cruzeiro de inverno do Projeto Habitats - Pelágico. (a) Verão 2009, (b) Inverno (2009).

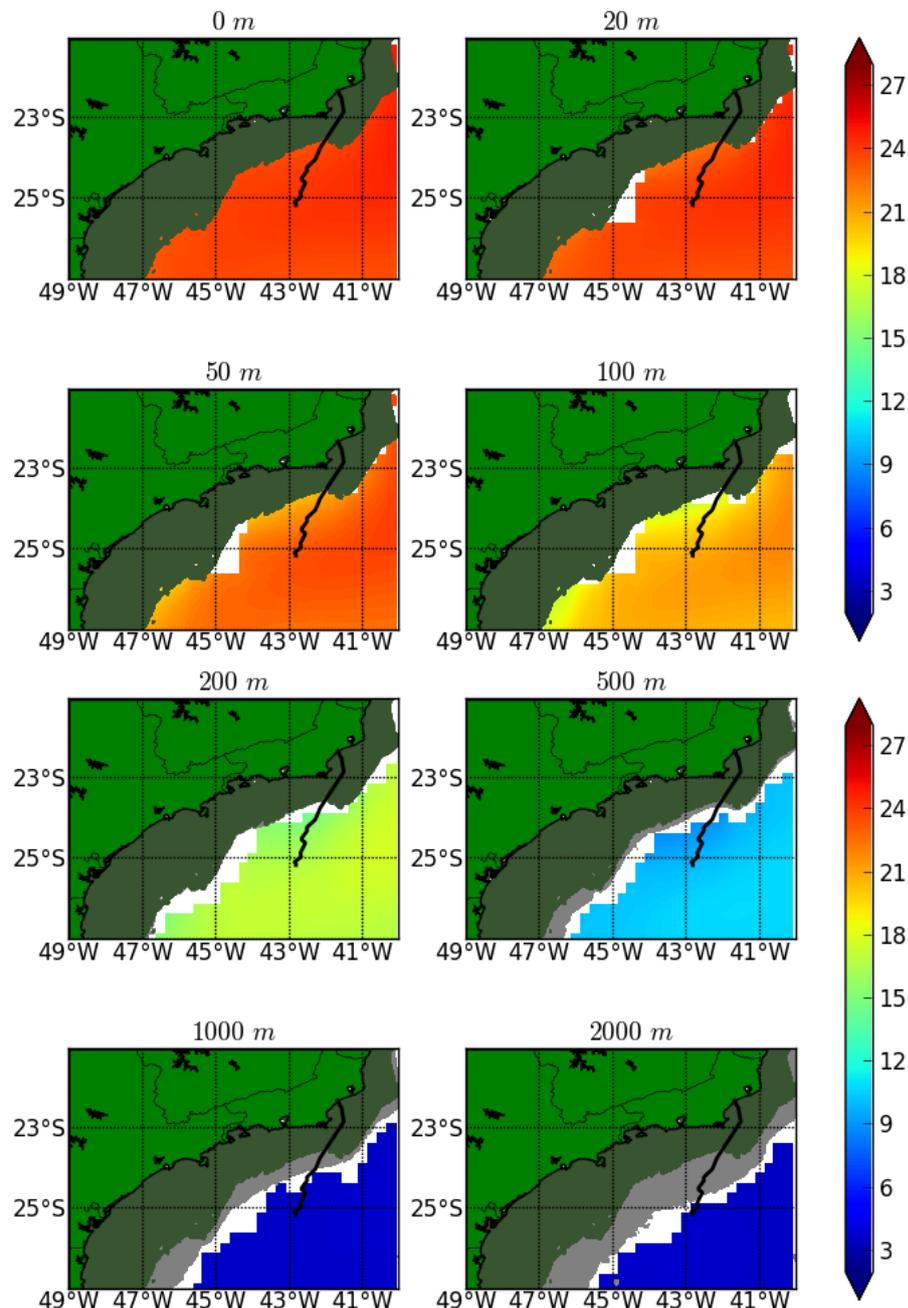
Da **Figura II.5.1.6-30** até a **Figura II.5.1.6-32** estão dispostas a variação horizontal média anual, para temperatura, salinidade e densidade.

A temperatura superficial média é próxima a 27 °C. Para a profundidade de 50 m, a temperatura média é de, aproximadamente, 20 °C. Nas profundidades

de 100, 200 e 500 m, as temperaturas médias horizontais são de 17 °C, 15 °C e 12 °C, respectivamente. Abaixo dos 1000 m, a temperatura média é de 5 °C.

Em superfície, a salinidade média é de 36,5. Em 100 m e 200 m, os valores são de 35,75 e 35,5. Nas profundidades de 500 m, 1.000 m e 2.000 m são observadas salinidades médias horizontais de 35, 34,5 e 35.

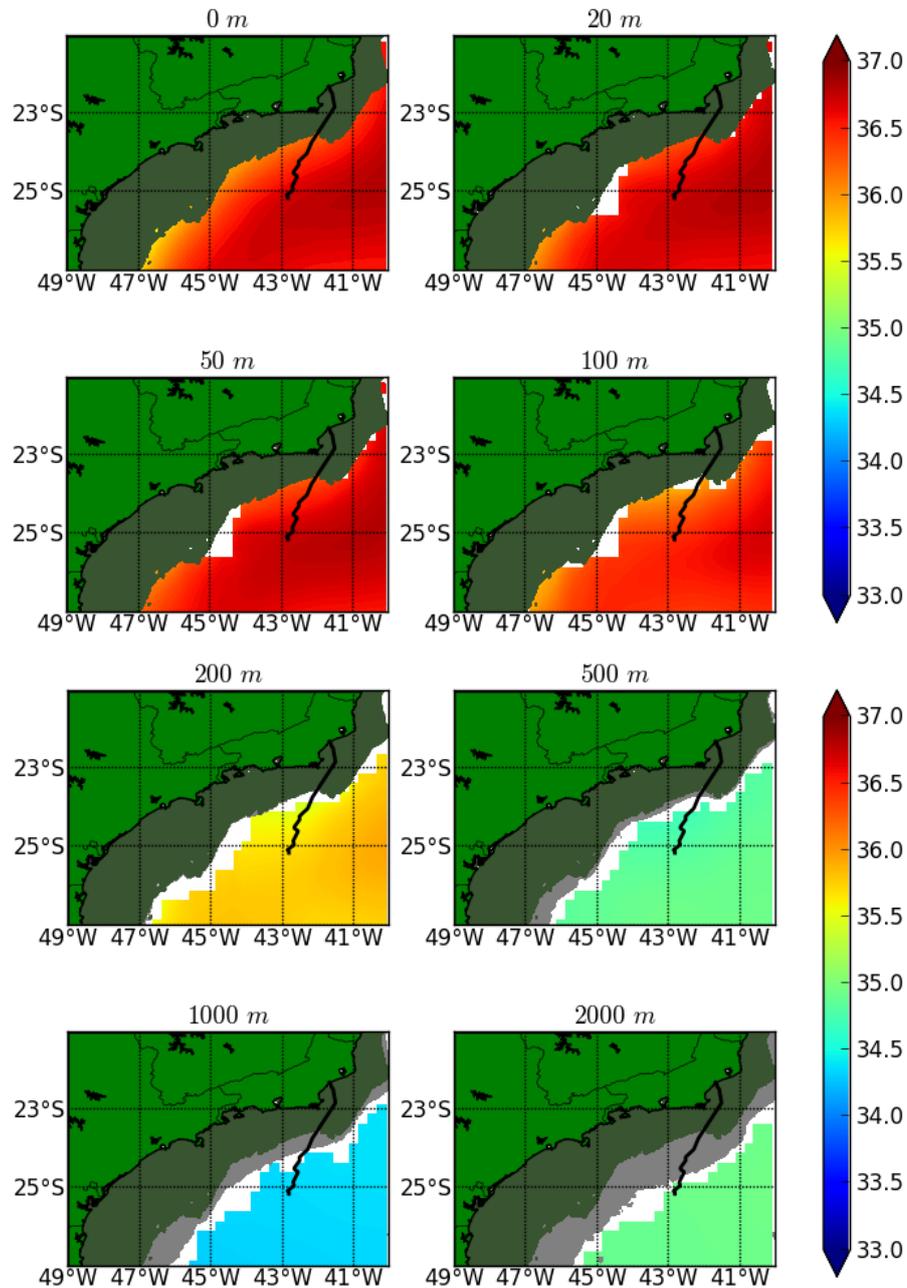
Os valores de densidade mostram um padrão de estabilidade vertical, ou seja, com densidades crescentes em função do aumento da profundidade. Os valores variam desde 1.024 kg/m³, em superfície, a 1.037 kg/m³, a 2.000 m.

Temperatura °C - Anual

Fonte de dados: WOA09 (2013).

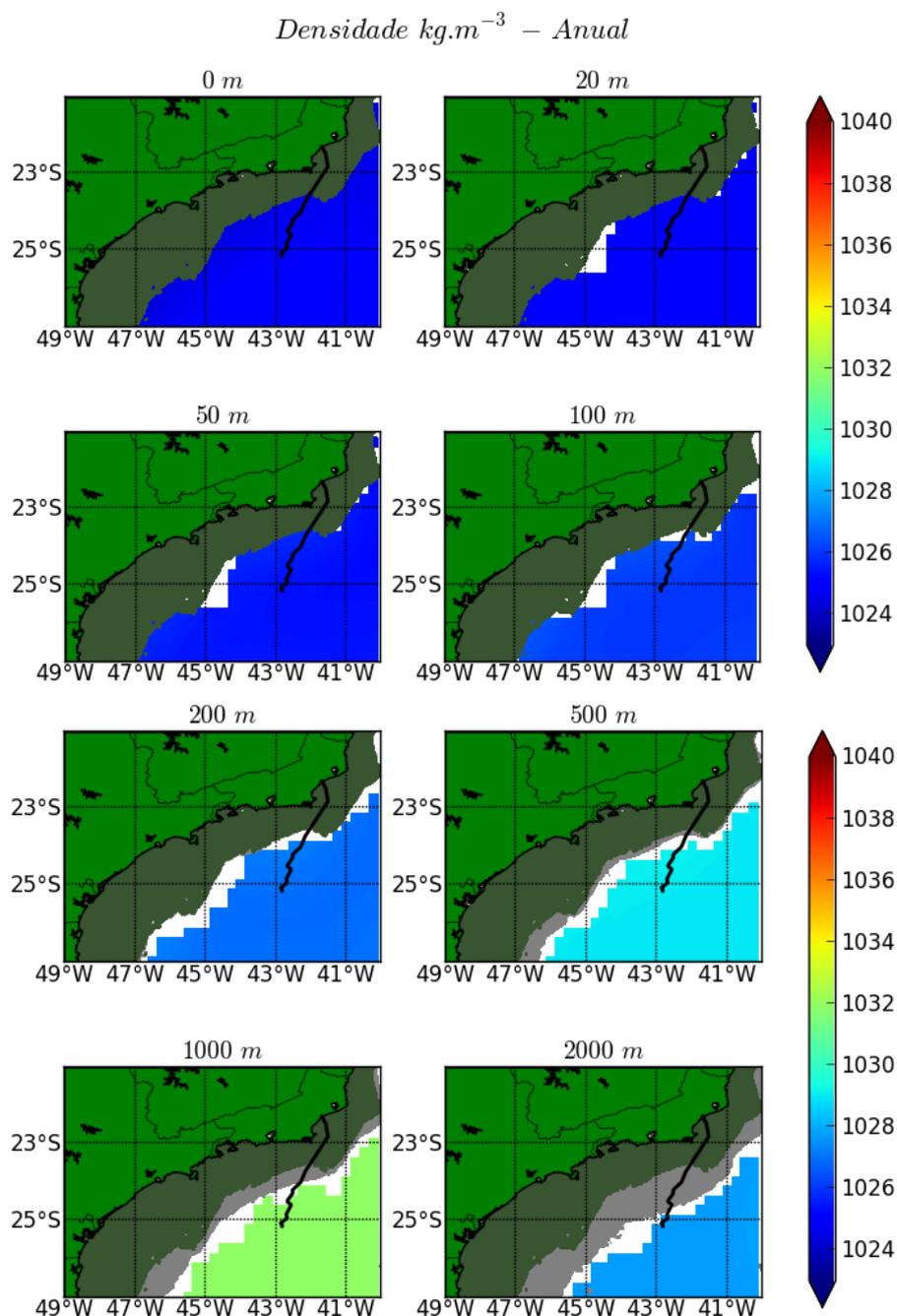
Figura II.5.1.6-30 – *Distribuição horizontal média anual de temperatura para o TC e OP da área de estudo. Em cada um dos painéis, a profundidade contemplada é apresentada em seu título. A área em verde escuro representa a PC e a cinza, regiões com profundidades inferiores àquelas que estão sendo demonstradas em cada painel.*

Salinidade – Anual



Fonte de dados: WOA09 (2013).

Figura II.5.1.6-31 – Distribuição horizontal média anual de salinidade para o TC e OP da área de estudo. Em cada um dos painéis, a profundidade contemplada é apresentada em seu título. A área em verde escuro representa a PC e a cinza, regiões com profundidades inferiores àquelas que estão sendo demonstradas em cada painel.



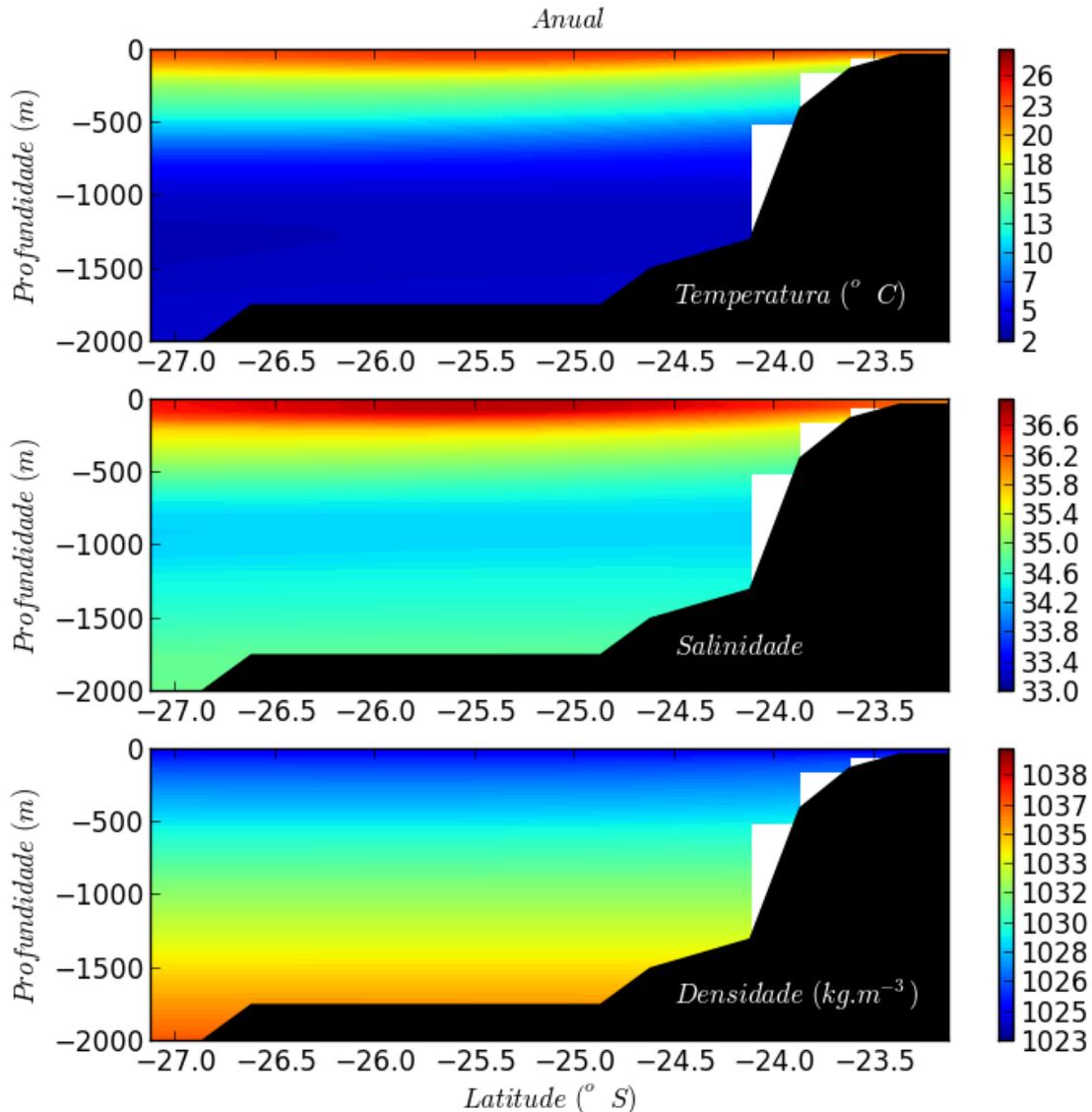
Fonte de dados: WOA09 (2013).

Figura II.5.1.6-32 – Distribuição horizontal média anual de densidade para o TC e OP da área de estudo. Em cada um dos painéis, a profundidade contemplada é apresentada em seu título. A área em verde escuro representa a PC e a cinza, regiões com profundidades inferiores àquelas que estão sendo demonstradas em cada painel.

Para caracterizar a variação vertical, são apresentadas as seções médias anuais de temperatura, salinidade e densidade na **Figura II.5.1.6-33**. Esta seção

vertical está associada, geograficamente à radial apresentada na **Fonte: Marinha do Brasil**

Figura II.5.1.5-3.



Fonte de dados: WOA09 (2013).

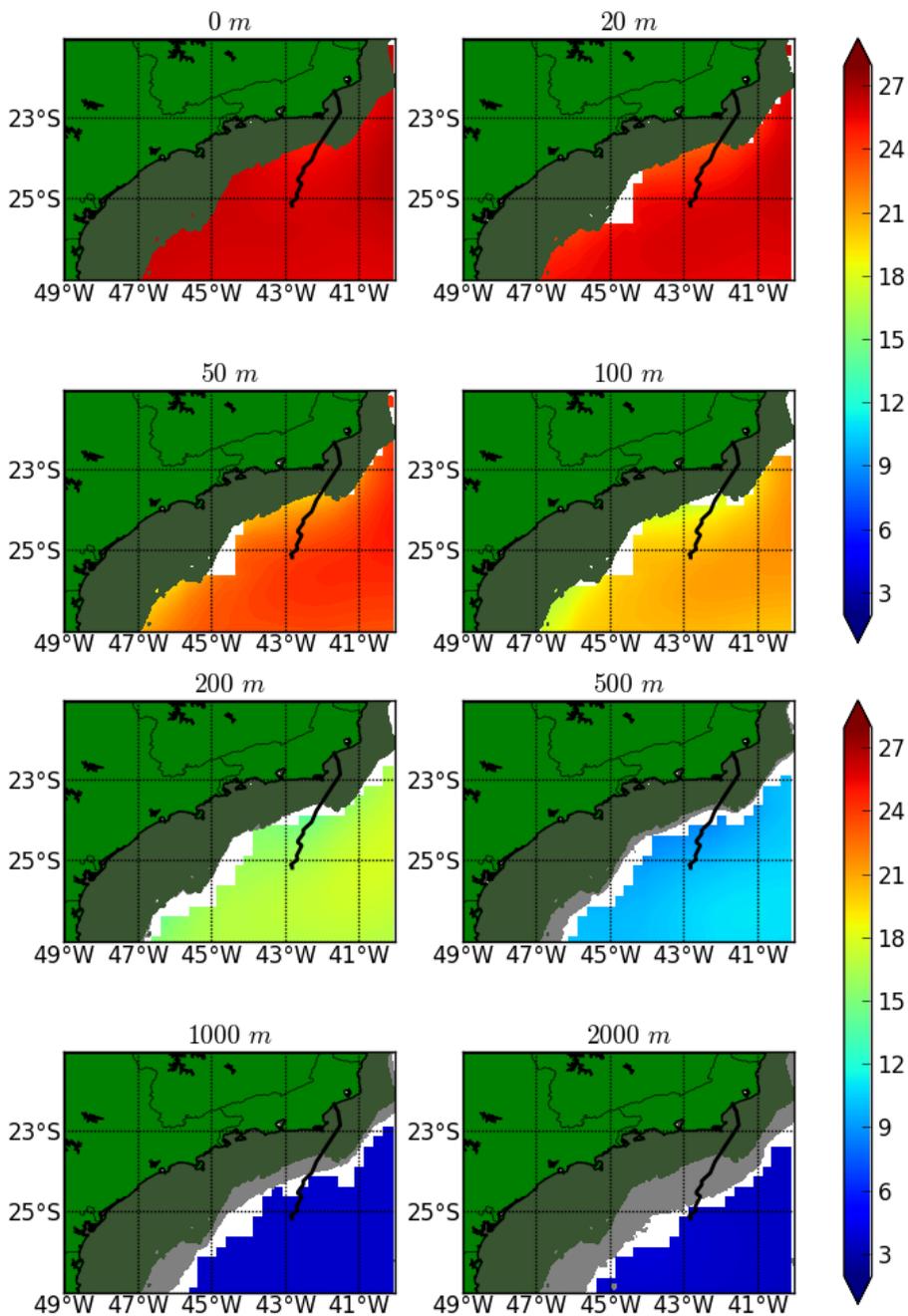
Figura II.5.1.6-33 – Seção vertical da média anual de temperatura (superior), salinidade (central) e densidade (inferior), na região do empreendimento. A área na cor preta representa o leito marinho.

Nas seções verticais de temperatura, salinidade e densidade, com médias anuais, apresentadas na **Figura II.5.1.6-33**, pode-se observar uma maior variação das propriedades temperatura e salinidade nos primeiros 500 m de

coluna de água, sendo que, em maiores profundidades, estes valores tendem a ser mais homogêneos.

Para os meses de verão as representações horizontais médias de temperatura, salinidade e densidade estão dispostas da **Figura II.5.1.6-34** até a **Figura II.5.1.6-36**, e as representações verticais médias, para as mesmas propriedades, na **Figura II.5.1.6-37**.

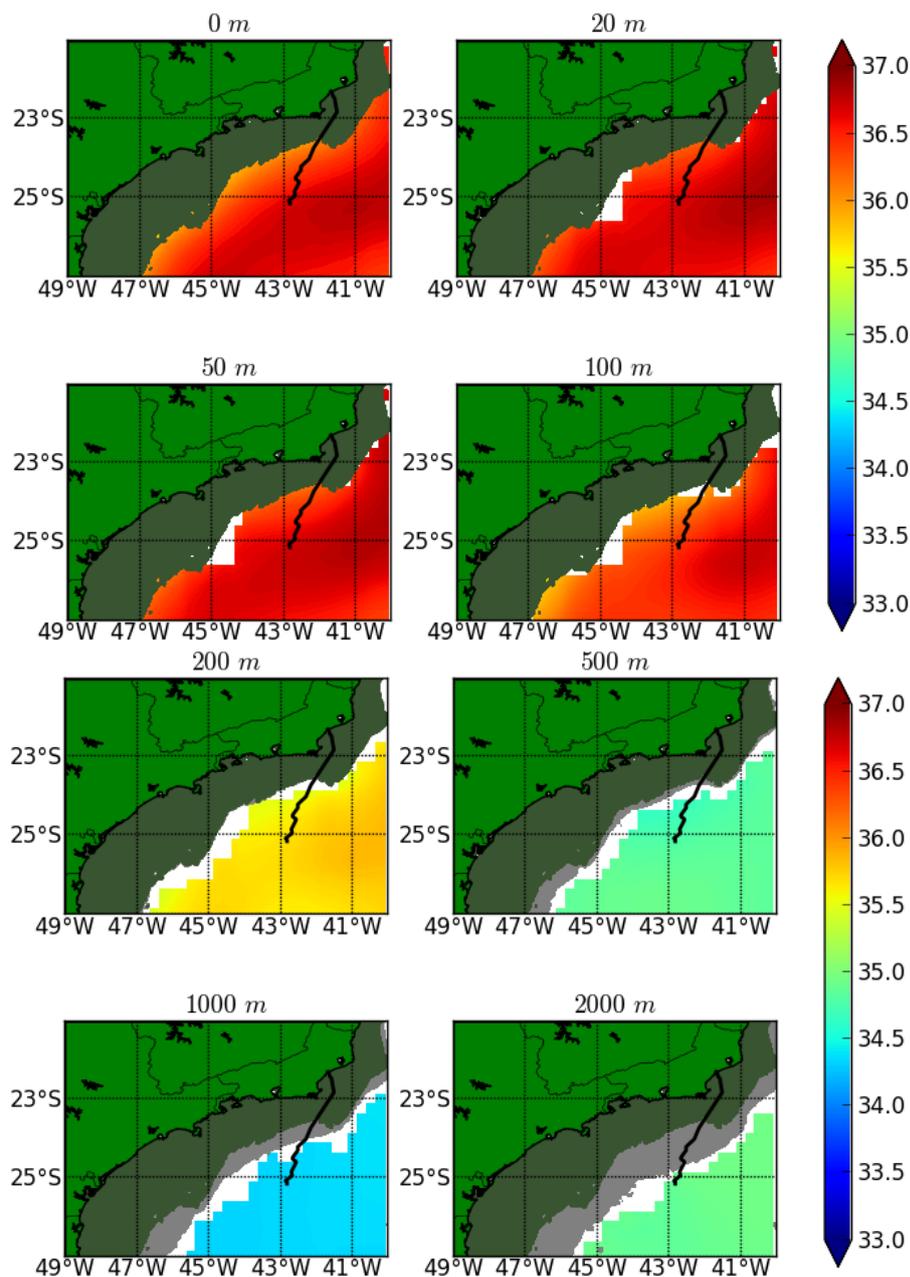
Temperatura ° C – Verão



Fonte de dados: WOA09 (2013).

Figura II.5.1.6-34 – Distribuição horizontal média de verão da temperatura para o TC e OP da área de estudo. Em cada um dos painéis, a profundidade contemplada é apresentada em seu título. A área em verde escuro representa a PC e a cinza, regiões com profundidades inferiores àquelas que estão sendo demonstradas em cada painel.

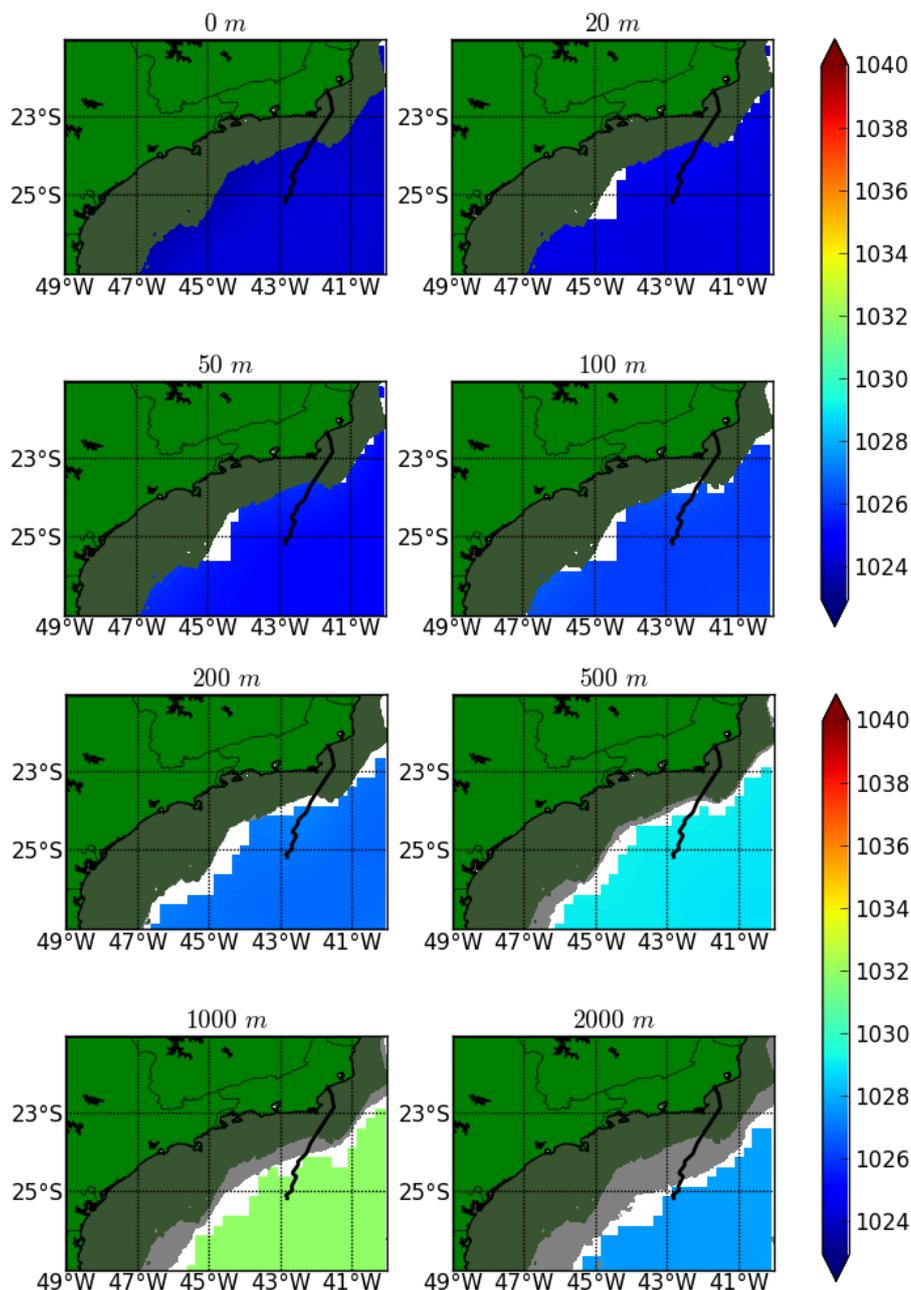
Salinidade - Verão



Fonte de dados: WOA09 (2013).

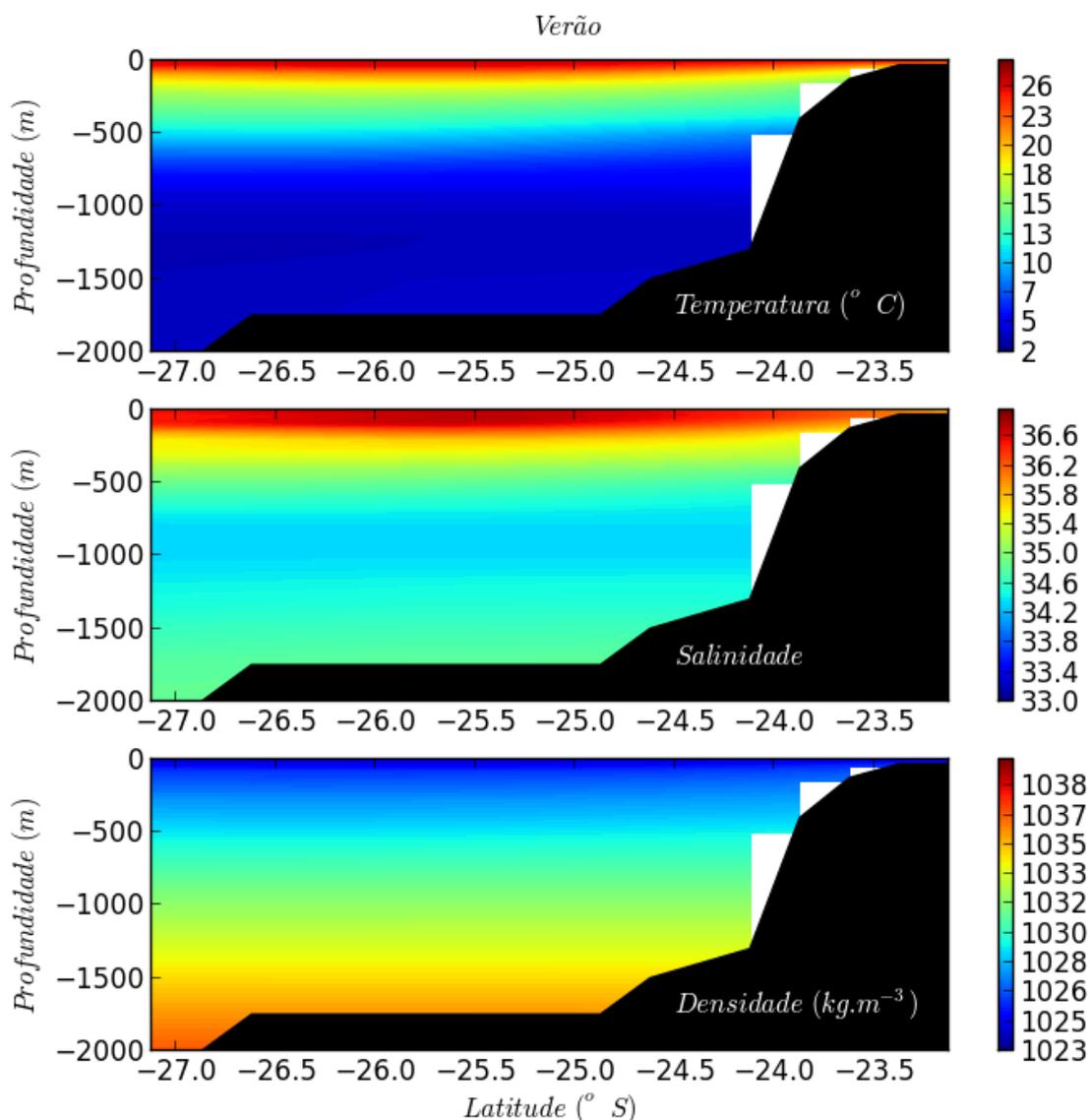
Figura II.5.1.6-35 – Distribuição horizontal média de verão da salinidade para o TC e OP da área de estudo. Em cada um dos painéis, a profundidade contemplada é apresentada em seu título. A área em verde escuro representa a PC e a cinza, regiões com profundidades inferiores àquelas que estão sendo demonstradas em cada painel.

Densidade $kg.m^{-3}$ – Verão



Fonte de dados: WOA09 (2013).

Figura II.5.1.6-36 – *Distribuição horizontal média de verão da densidade para o TC e OP da área de estudo. Em cada um dos painéis, a profundidade contemplada é apresentada em seu título. A área em verde escuro representa a PC e a cinza, regiões com profundidades inferiores àquelas que estão sendo demonstradas em cada painel.*



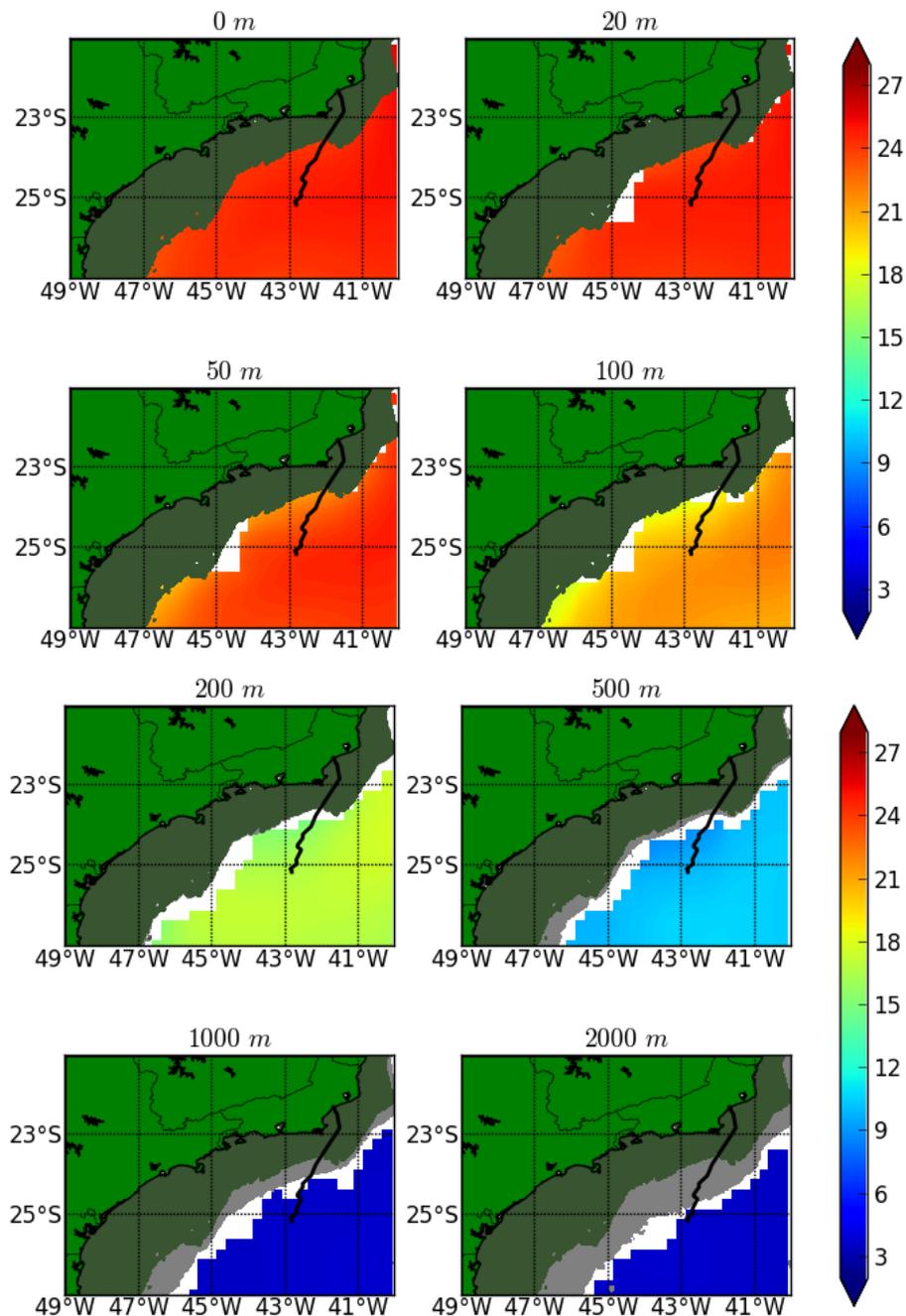
Fonte de dados: WOA09 (2013).

Figura II.5.1.6-37 – Seção vertical da média de verão de temperatura (superior), salinidade (central) e densidade (inferior), na região do empreendimento. A área na cor preta representa o leito marinho.

Analisando os padrões horizontais propostos para os meses de verão (**Figura II.5.1.6-34 a Figura II.5.1.6-36**) e comparando com as respectivas médias anuais (**Figura II.5.1.6-30 a Figura II.5.1.6-32**), nota-se que as maiores diferenças ocorrem nas camadas superficiais, até a profundidade aproximada de 50 m. As temperaturas mostram maiores valores em período de verão, já os valores de salinidade são pouco alterados, assim como os de densidade. Esta

pequena variação nas camadas superiores é mais evidenciada quando comparada às seções verticais de salinidade e densidade.

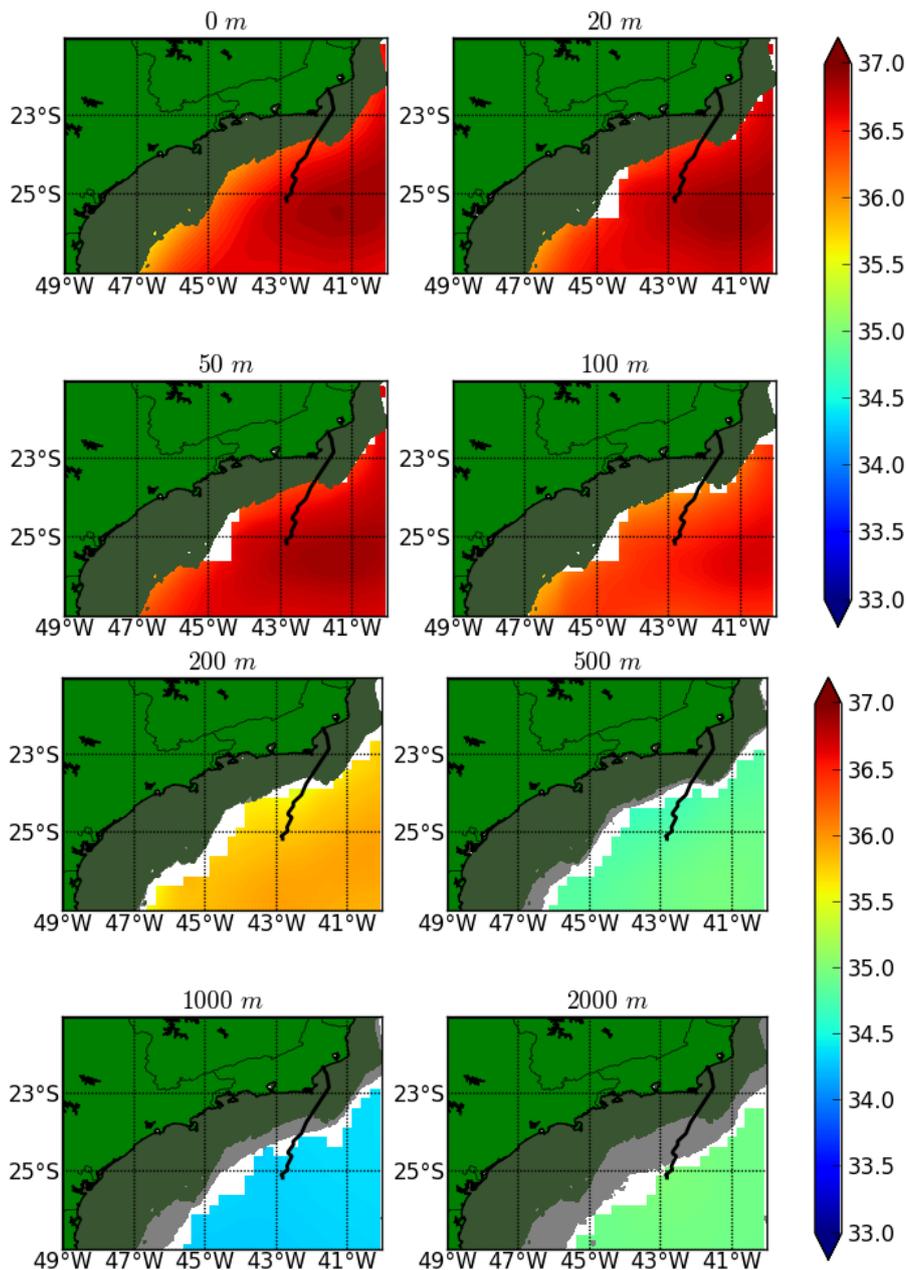
Os mapas climatológicos de outono para temperatura, salinidade e densidade, bem como as seções verticais, se encontram da **Figura II.5.1.6-38** até a **Figura II.5.1.6-41**.

Temperatura °C – Outono

Fonte de dados: WOA09 (2013).

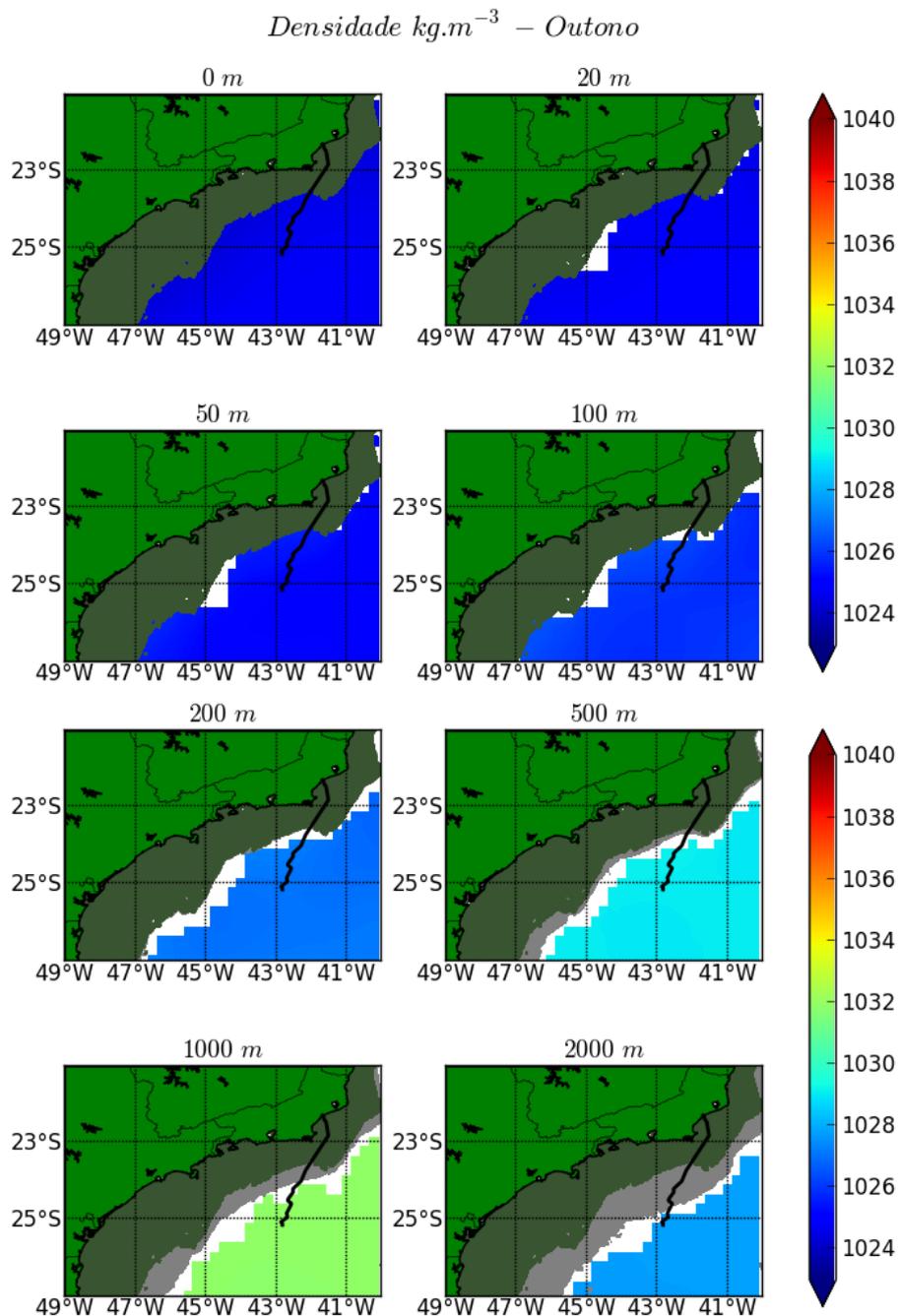
Figura II.5.1.6-38 – Distribuição horizontal média de outono da temperatura para o TC e OP da área de estudo. Em cada um dos painéis, a profundidade contemplada é apresentada em seu título. A área em verde escuro representa a PC e a cinza, regiões com profundidades inferiores àquelas que estão sendo demonstradas em cada painel.

Salinidade – Outono



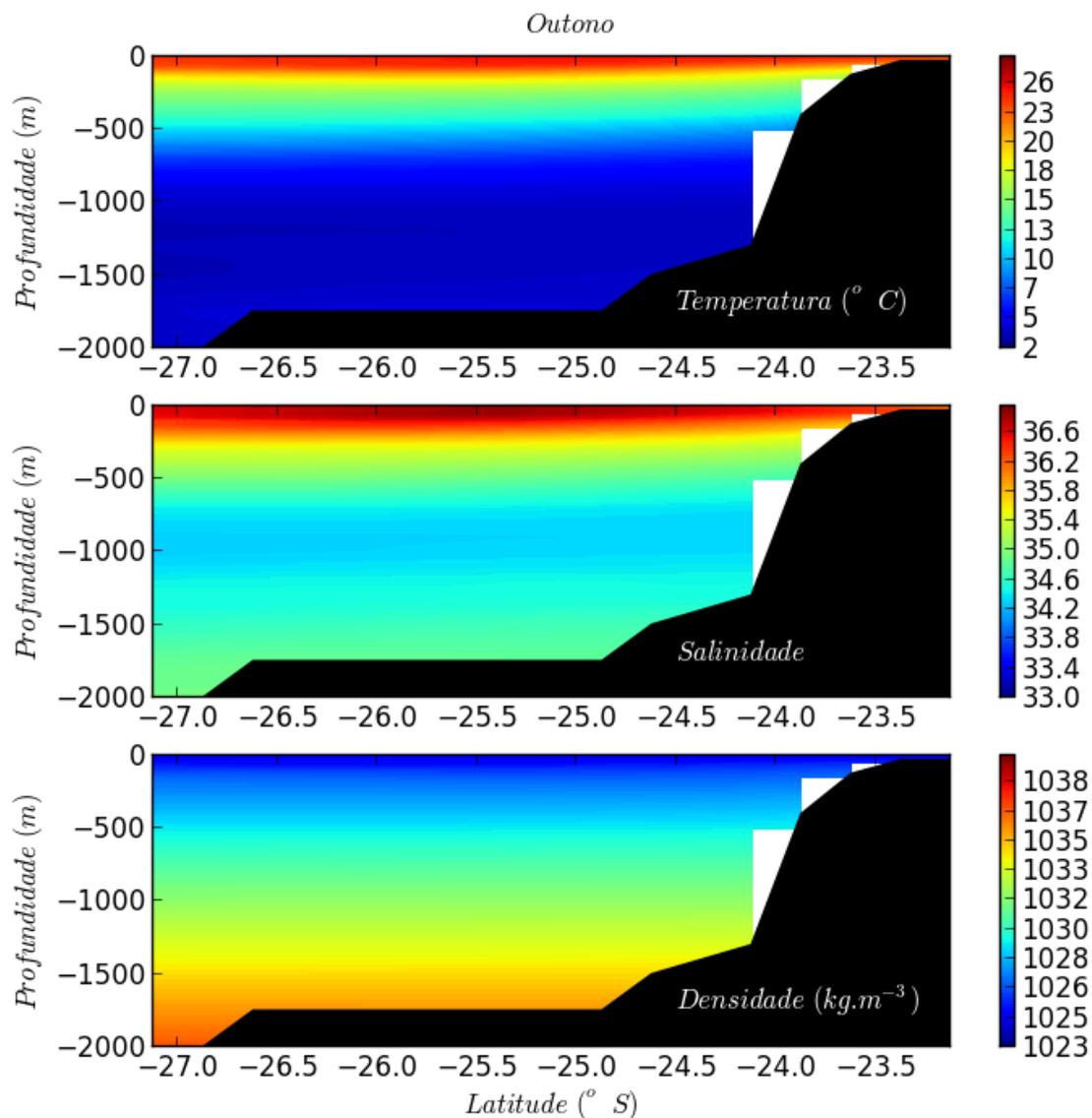
Fonte de dados: WOA09 (2013).

Figura II.5.1.6-39 – Distribuição horizontal média de outono da salinidade para o TC e OP da área de estudo. Em cada um dos painéis, a profundidade contemplada é apresentada em seu título. A área em verde escuro representa a PC e a cinza, regiões com profundidades inferiores àquelas que estão sendo demonstradas em cada painel.



Fonte de dados: WOA09 (2013).

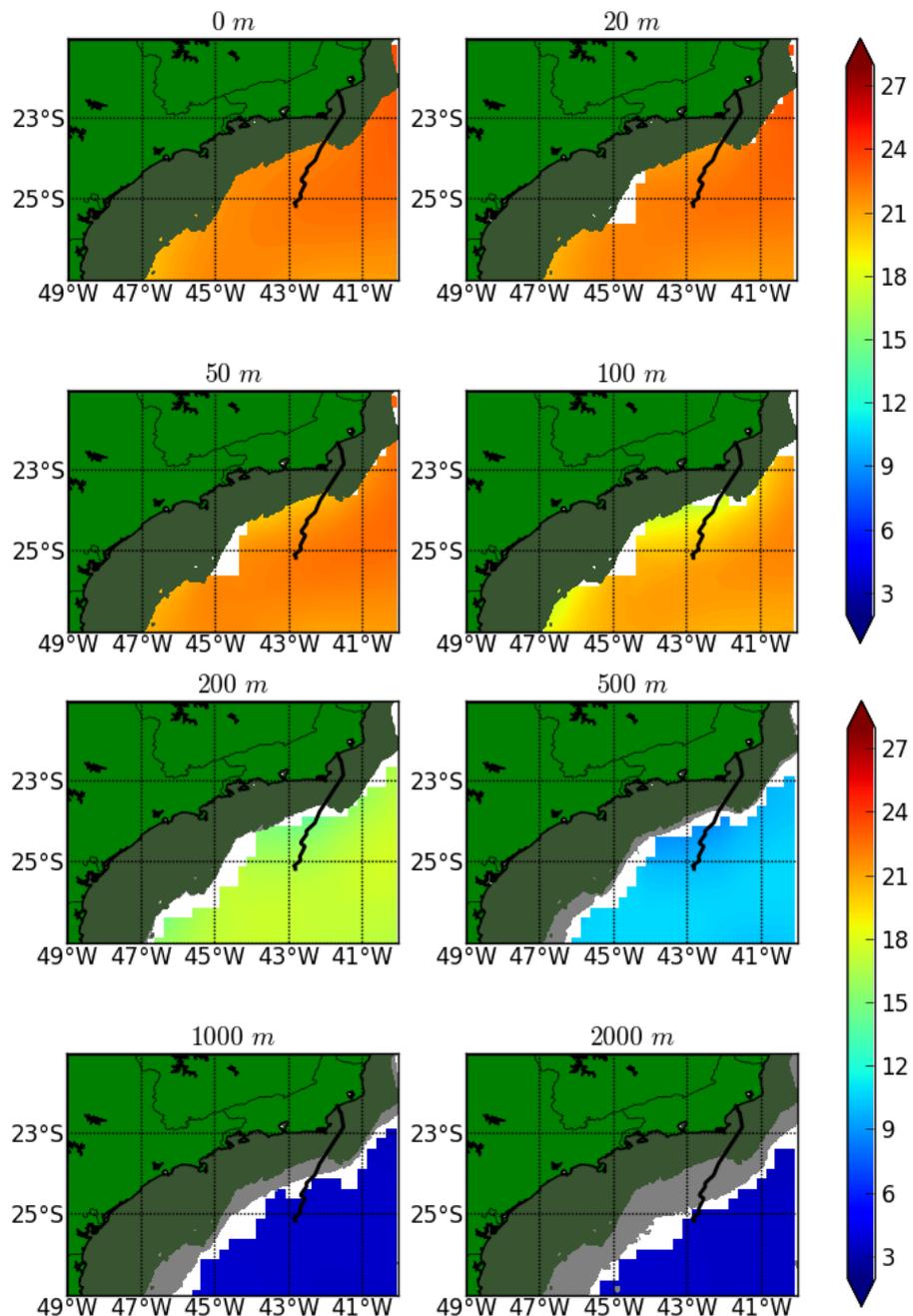
Figura II.5.1.6-40 – *Distribuição horizontal média de outono da densidade para o TC e OP da área de estudo. Em cada um dos painéis, a profundidade contemplada é apresentada em seu título. A área em verde escuro representa a PC e a cinza, regiões com profundidades inferiores àquelas que estão sendo demonstradas em cada painel.*



Fonte de dados: WOA09 (2013).

Figura II.5.1.6-41 – Seção vertical da média de outono de temperatura (superior), salinidade (central) e densidade (inferior), na região do empreendimento. A área na cor preta representa o leito marinho.

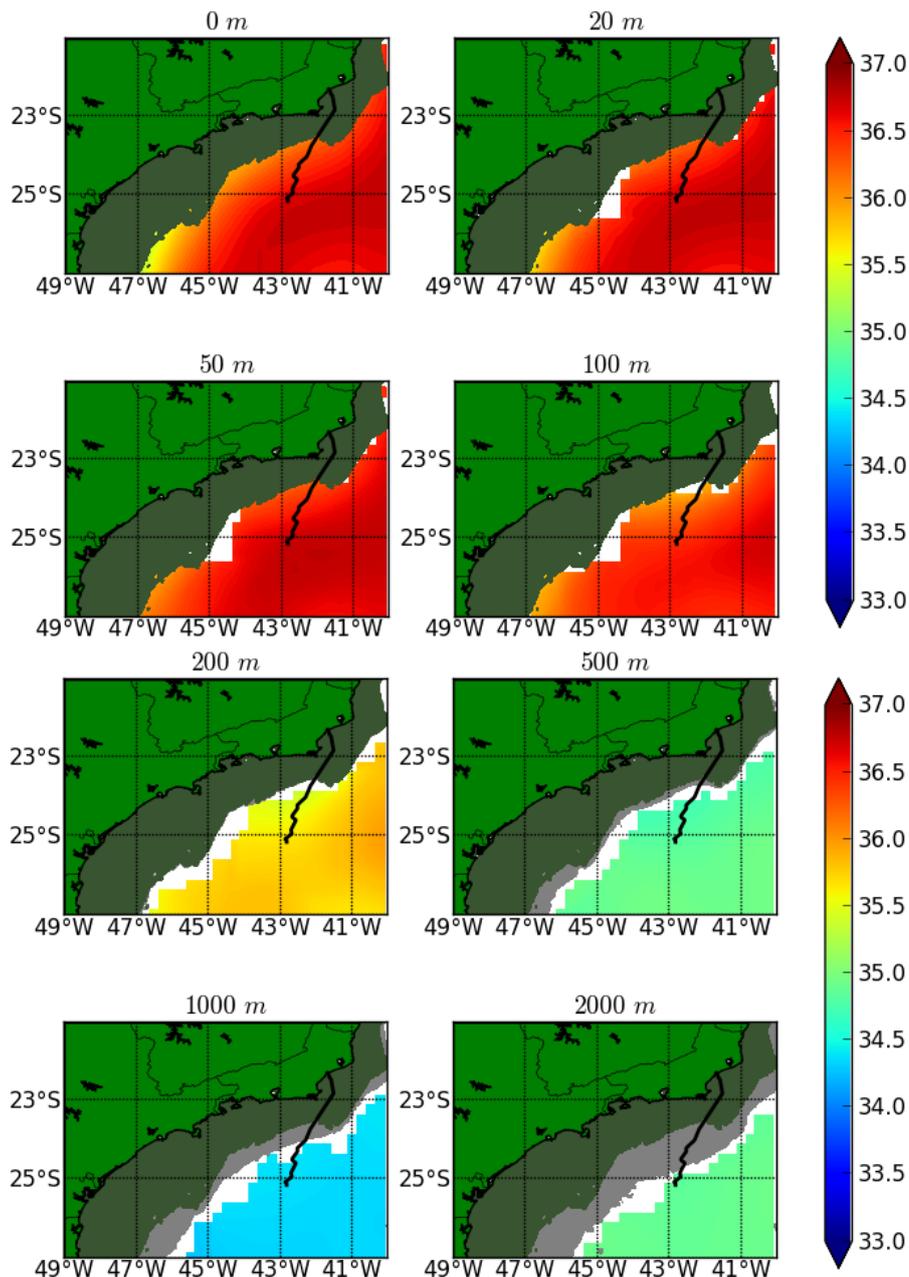
Os mapas climatológicos de inverno para temperatura, salinidade e densidade, bem como as seções verticais, se encontram da **Figura II.5.1.6-42** até a **Figura II.5.1.6-45**.

Temperatura °C - Inverno

Fonte de dados: WOA09 (2013).

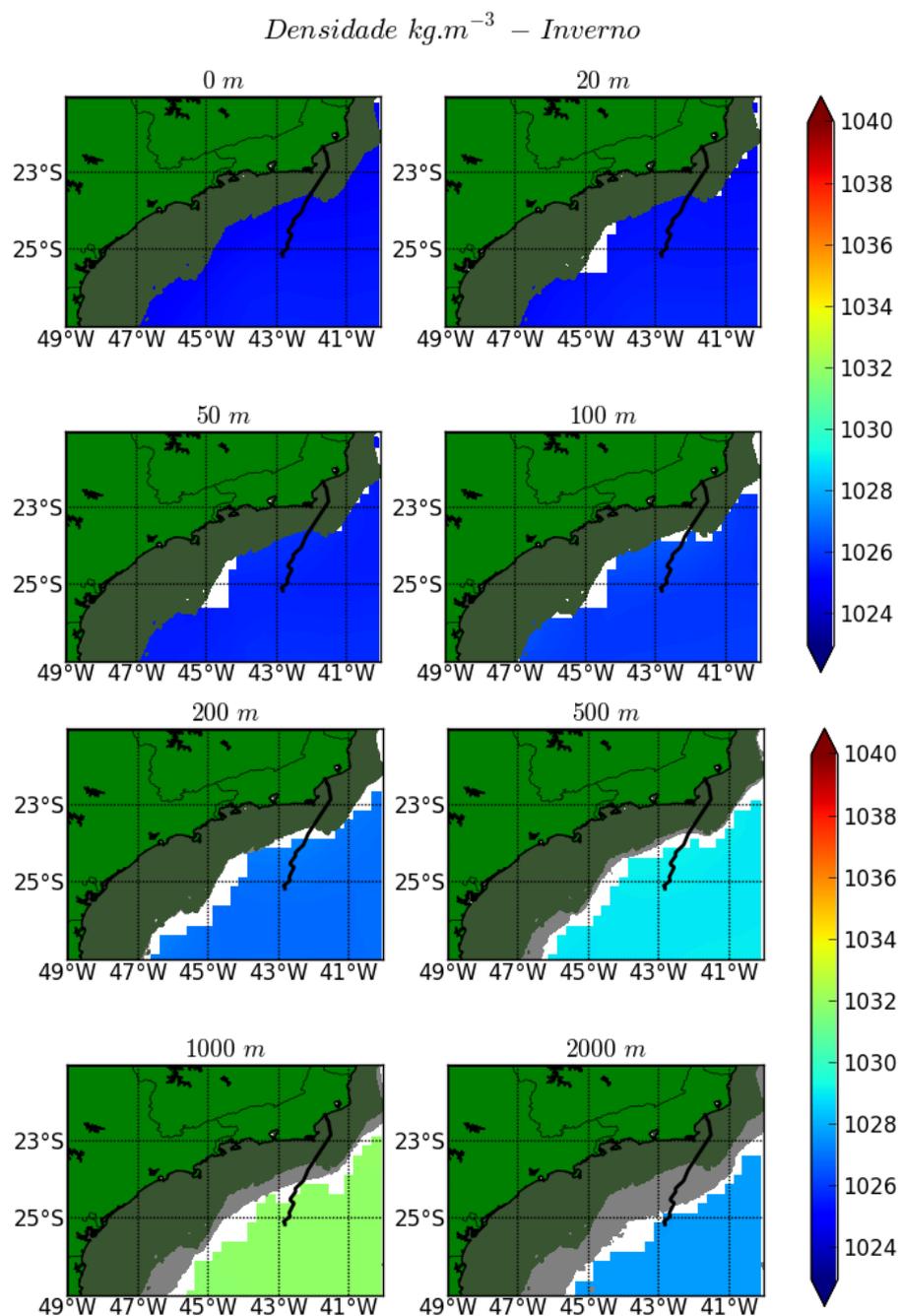
Figura II.5.1.6-42 – Distribuição horizontal média de inverno da temperatura para o TC e OP da área de estudo. Em cada um dos painéis, a profundidade contemplada é apresentada em seu título. A área em verde escuro representa a PC e a cinza, regiões com profundidades inferiores àquelas que estão sendo demonstradas em cada painel.

Salinidade – Inverno



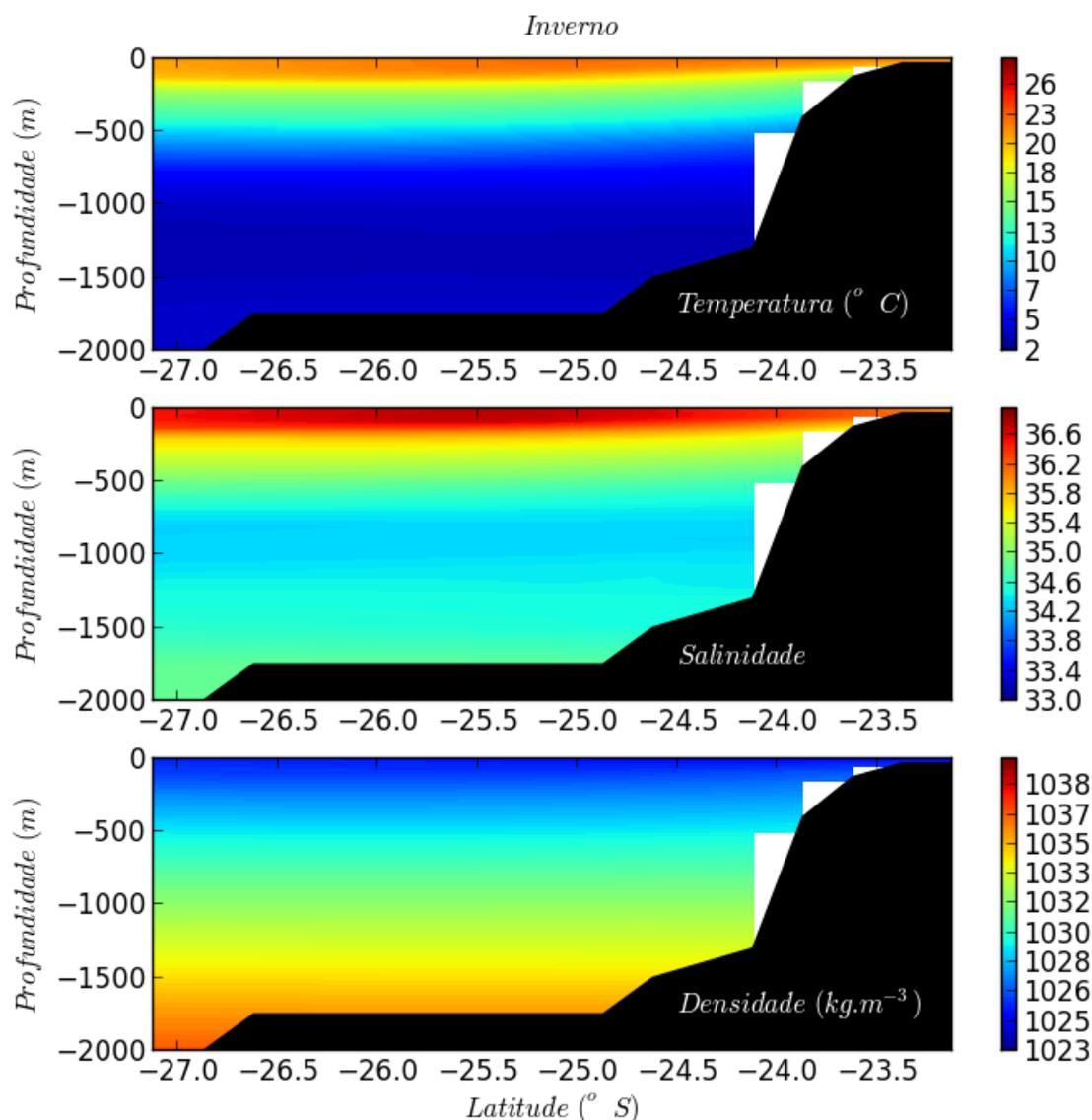
Fonte de dados: WOA09 (2013).

Figura II.5.1.6-43 – *Distribuição horizontal média de inverno da salinidade para o TC e OP da área de estudo. Em cada um dos painéis, a profundidade contemplada é apresentada em seu título. A área em verde escuro representa a PC e a cinza, regiões com profundidades inferiores àquelas que estão sendo demonstradas em cada painel.*



Fonte de dados: WOA09 (2013).

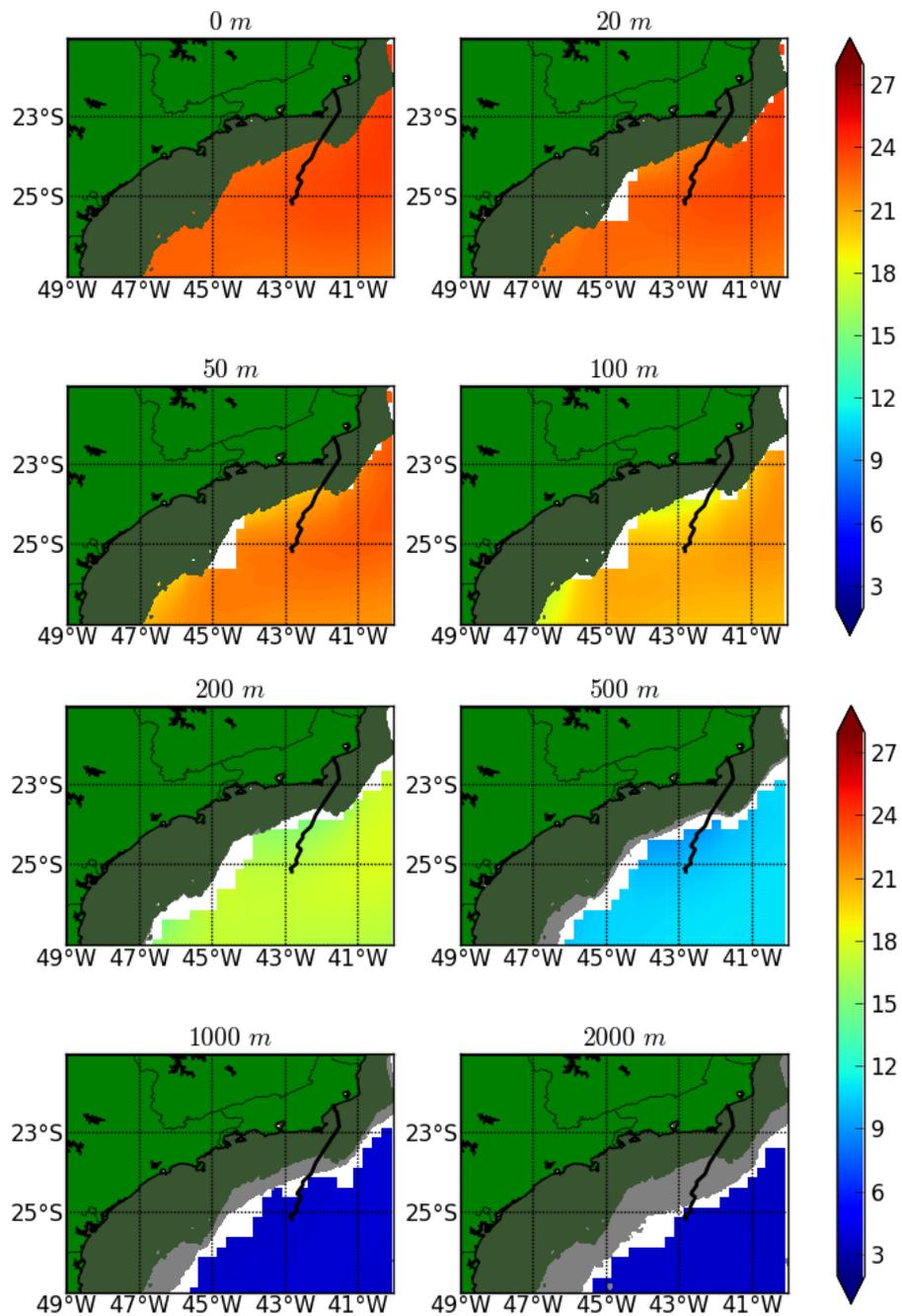
Figura II.5.1.6-44 – *Distribuição horizontal média de inverno da densidade para o TC e OP da área de estudo. Em cada um dos painéis, a profundidade contemplada é apresentada em seu título. A área em verde escuro representa a PC e a cinza, regiões com profundidades inferiores àquelas que estão sendo demonstradas em cada painel.*



Fonte de dados: WOA09 (2013).

Figura II.5.1.6-45 – Seção vertical da média de inverno de temperatura (superior), salinidade (central) e densidade (inferior), na região do empreendimento. A área na cor preta representa o leito marinho.

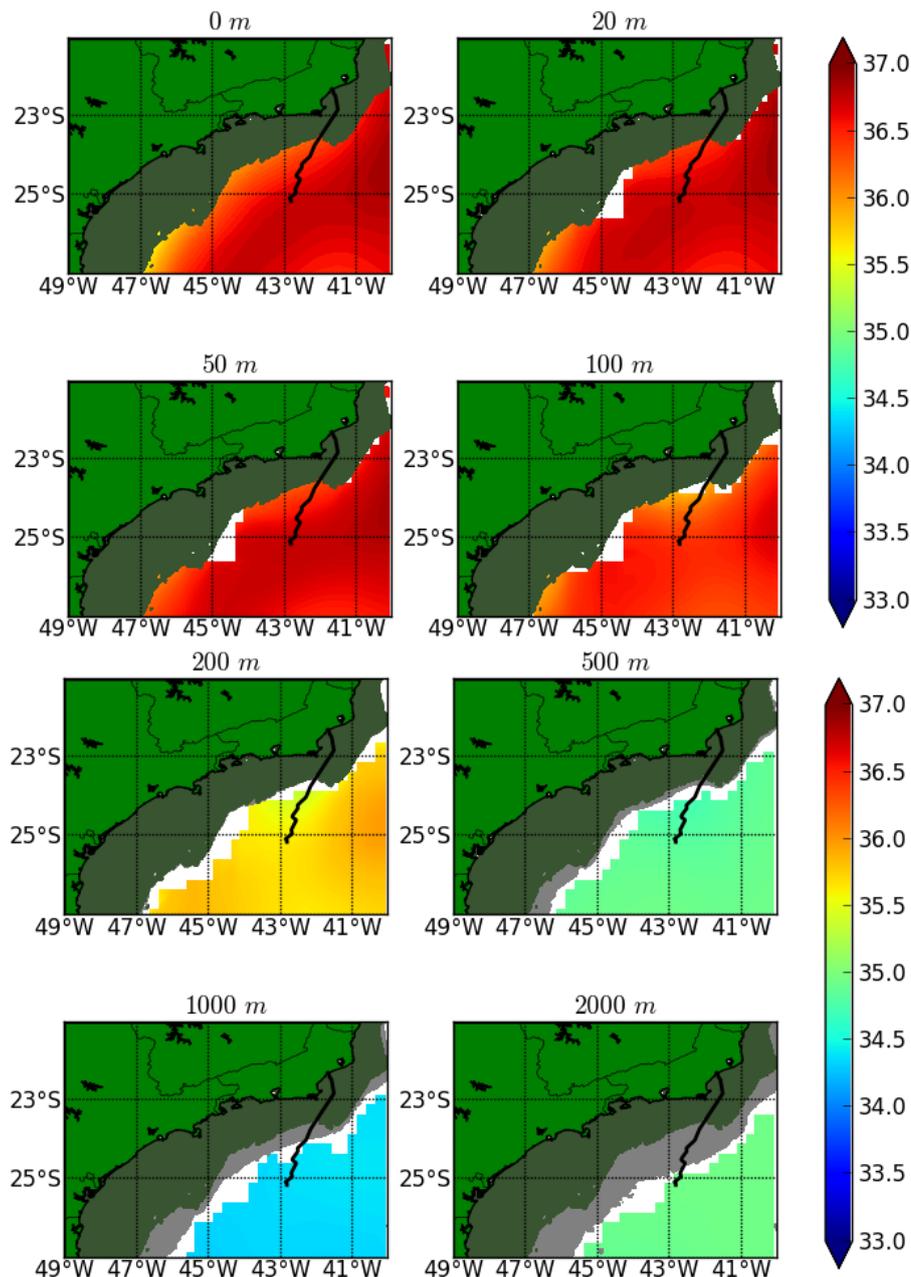
Os mapas climatológicos de primavera para temperatura, salinidade e densidade, bem como as seções verticais, se encontram da **Figura II.5.1.6-46** até a **Figura II.5.1.6-49**.

Temperatura °C - Primavera

Fonte de dados: WOA09 (2013).

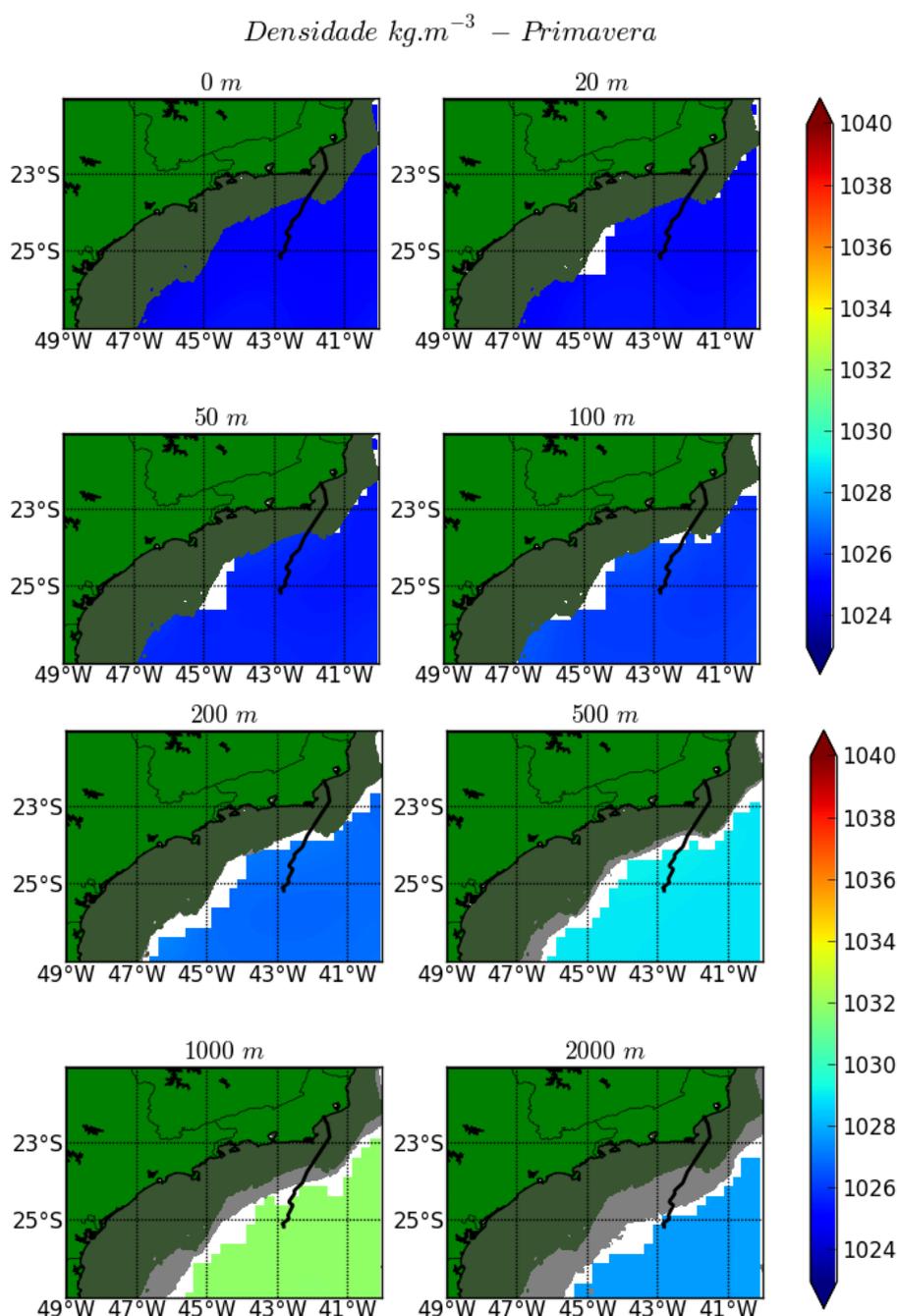
Figura II.5.1.6-46 – Distribuição horizontal média de primavera da temperatura para o TC e OP da área de estudo. Em cada um dos painéis, a profundidade contemplada é apresentada em seu título. A área em verde escuro representa a PC e a cinza, regiões com profundidades inferiores àquelas que estão sendo demonstradas em cada painel.

Salinidade – Primavera



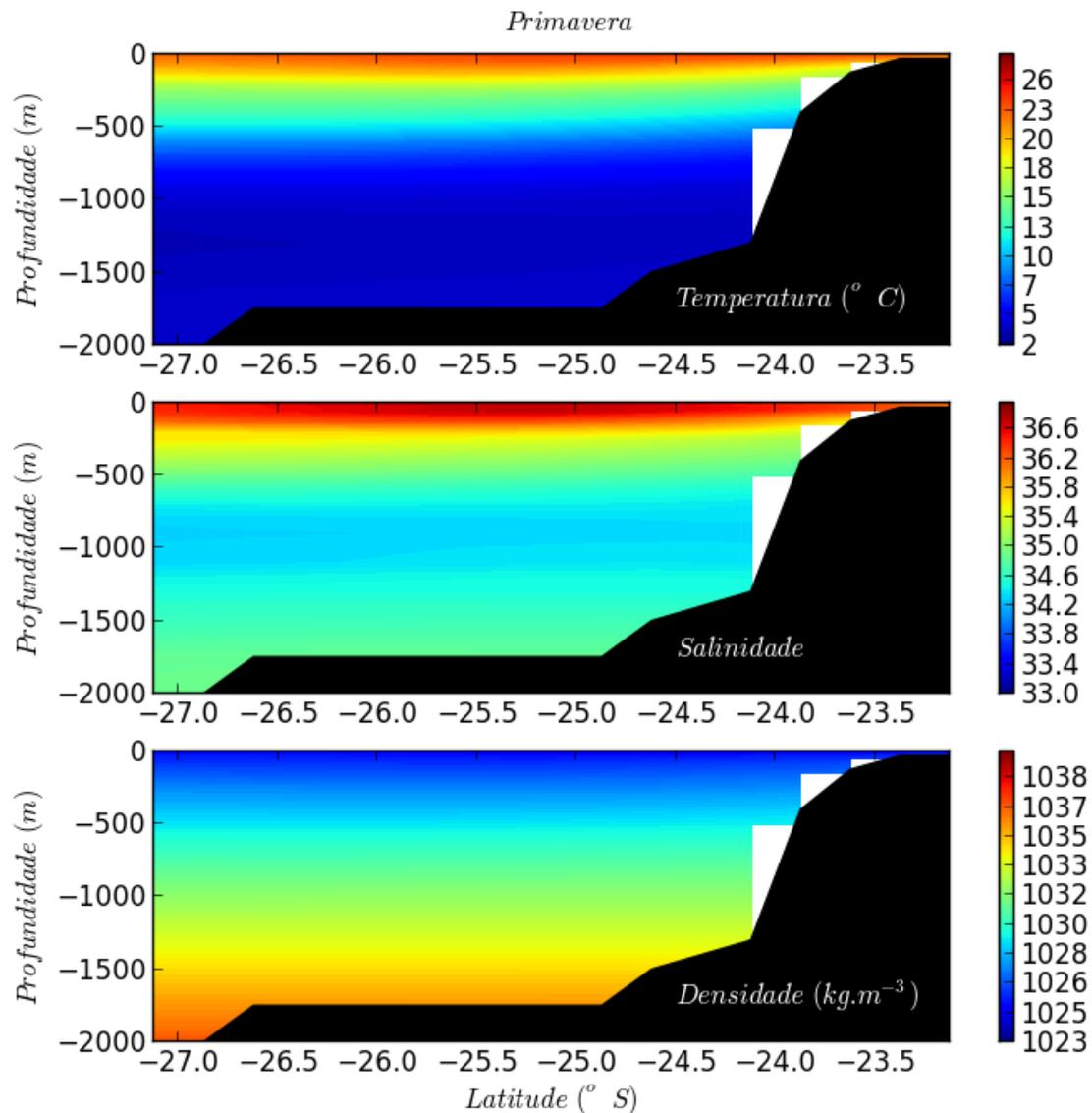
Fonte de dados: WOA09 (2013).

Figura II.5.1.6-47 – *Distribuição horizontal média de primavera da salinidade para o TC e OP da área de estudo. Em cada um dos painéis, a profundidade contemplada é apresentada em seu título. A área em verde escuro representa a PC e a cinza, regiões com profundidades inferiores àquelas que estão sendo demonstradas em cada painel.*



Fonte de dados: WOA09 (2013).

Figura II.5.1.6-48 – *Distribuição horizontal média de primavera da densidade para o TC e OP da área de estudo. Em cada um dos painéis, a profundidade contemplada é apresentada em seu título. A área em verde escuro representa a PC e a cinza, regiões com profundidades inferiores àquelas que estão sendo demonstradas em cada painel.*



Fonte de dados: WOA09 (2013).

Figura II.5.1.6-49 – Seção vertical da média de primavera de temperatura (superior), salinidade (central) e densidade (inferior), na região do empreendimento. A área na cor preta representa o leito marinho.

Analisando as figuras propostas para os meses de inverno (**Figura II.5.1.6-42** a **Figura II.5.1.6-45**) e comparando com as respectivas médias anuais (**Figura II.5.1.6-30** a **Figura II.5.1.6-34**), nota-se que as maiores diferenças ocorrem nas camadas superficiais, até a profundidade aproximada de 50 m. Os valores de temperatura são menores no período de inverno, já os valores de

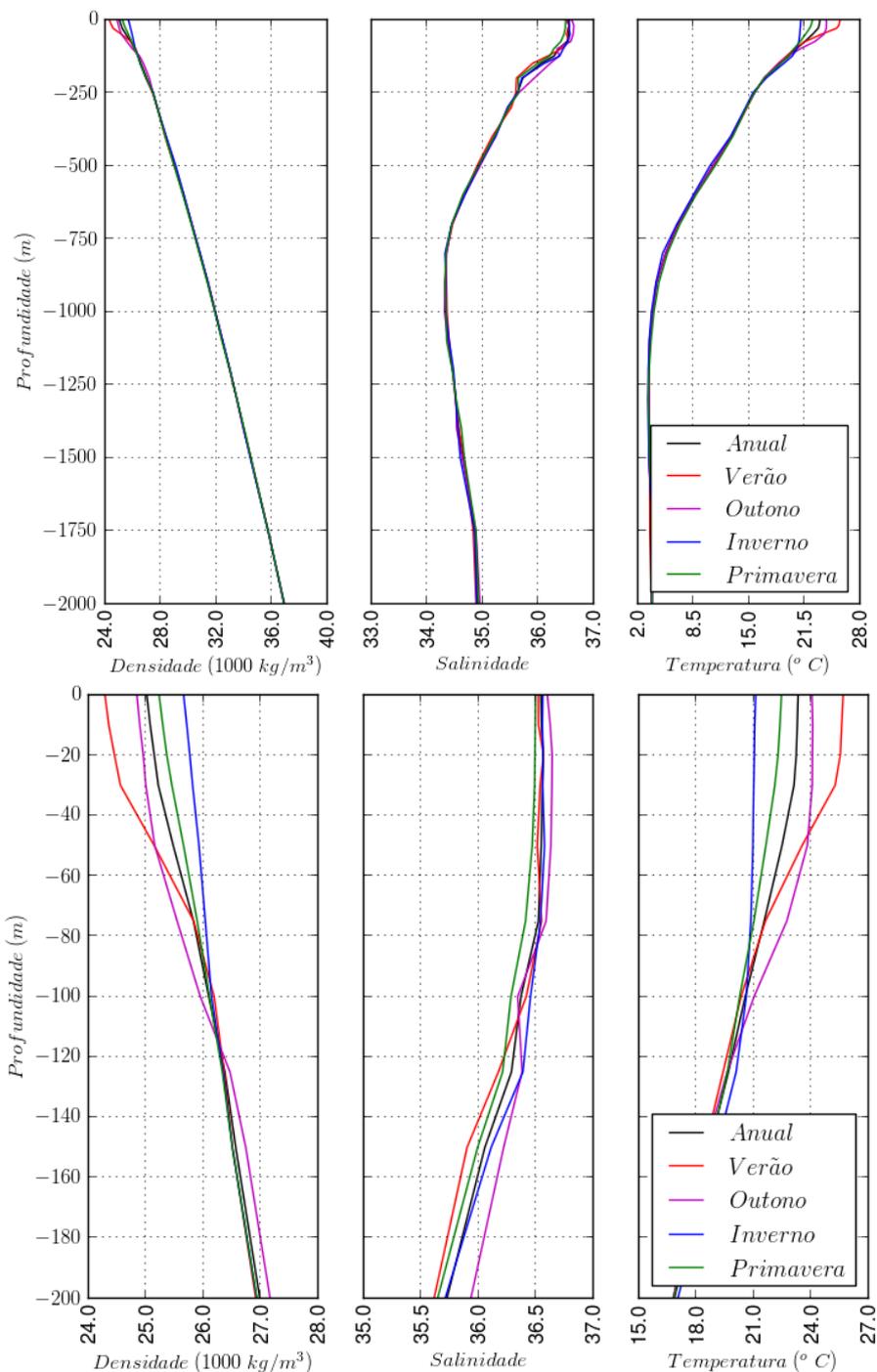
salinidade são pouco alterados, assim como os de densidade. Os valores de temperatura são menores no período de inverno, já os valores de salinidade são pouco alterados, assim como os de densidade. Os valores de primavera e outono são intermediários entre as estações extremas de verão e inverno.

No ponto mais profundo da radial mostrada na

Figura II.5.1.6-3, localizado em profundidade de 2.470 m, é possível se obter a variação vertical das propriedades e comparar os valores da média anual, de verão e de inverno. A representação obtida nesta comparação é apresentada na **Figura II.5.1.6-50**. Os respectivos diagramas T-S para o verão, outono, inverno e primavera estão dispostos na **Figura II.5.1.6-51** a **Figura II.5.1.6-55**.

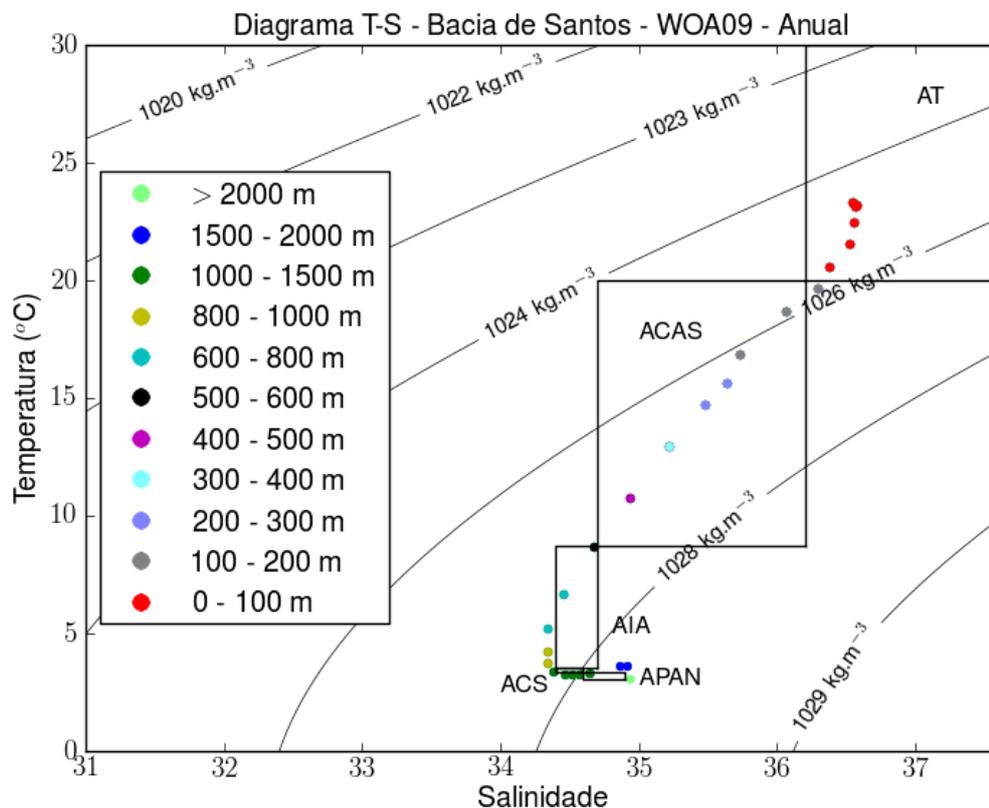
Tanto os perfis verticais quanto os diagramas mostram que a temperatura e a salinidade possuem maior variação vertical até a profundidade aproximada de 750 m. Comparando os períodos anual, de verão e de inverno, observam-se variações até a profundidade de 80 m, sendo que, em maiores profundidades, os perfis são praticamente idênticos. A salinidade é a propriedade que apresenta a menor variação sazonal, com menores salinidades encontradas durante o verão. É possível observar os perfis de densidade respondendo às variações de temperatura verificadas, com as maiores densidades ocorrendo em período de inverno, onde são encontradas as menores temperaturas. A situação oposta é verificada para o período de verão. Os perfis de primavera e outono são intermediários entre as estações extremas de verão e de inverno.

Desta forma é possível identificar as termoclinas sazonais e permanentes para a região. A base da termoclina sazonal ocorre na profundidade de aproximadamente 80 m e a base da termoclina permanente a 750 m.



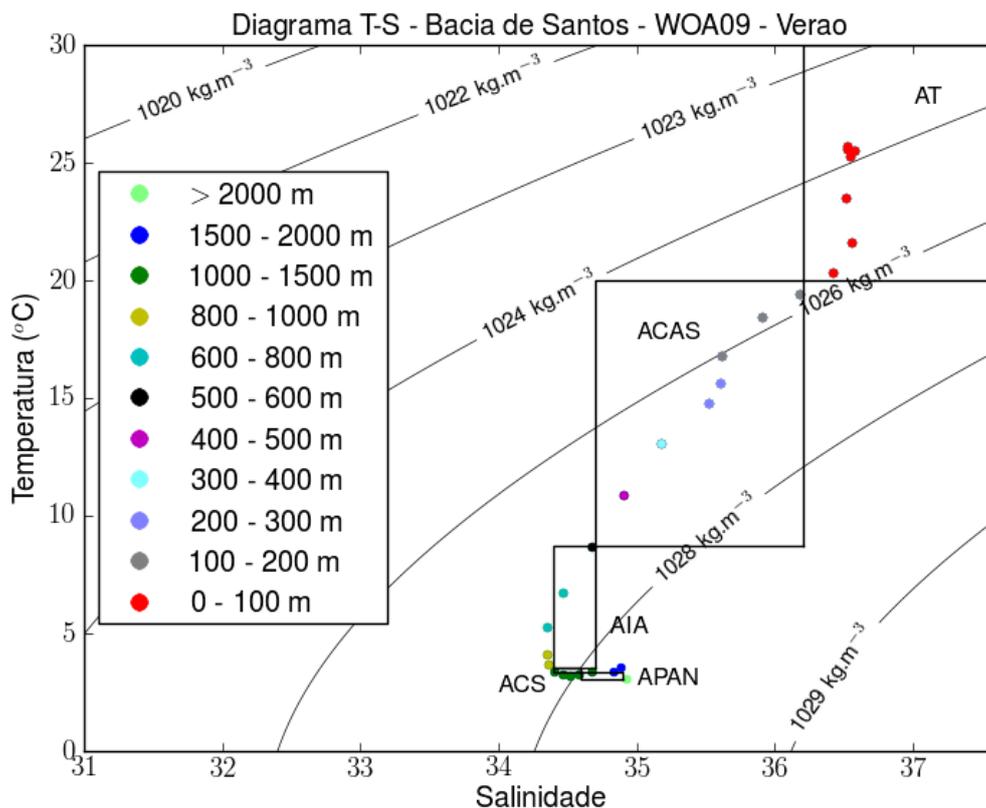
Fonte de dados: WOA09 (2013).

Figura II.5.1.6-50 – Perfil vertical de densidade (esquerda), salinidade (centro) e temperatura (direita) no ponto mais profundo (2.470 m) da radial apresentada na **Figura II.5.1.6-3**. Os painéis inferiores mostram detalhe até 200 m dos painéis superiores.



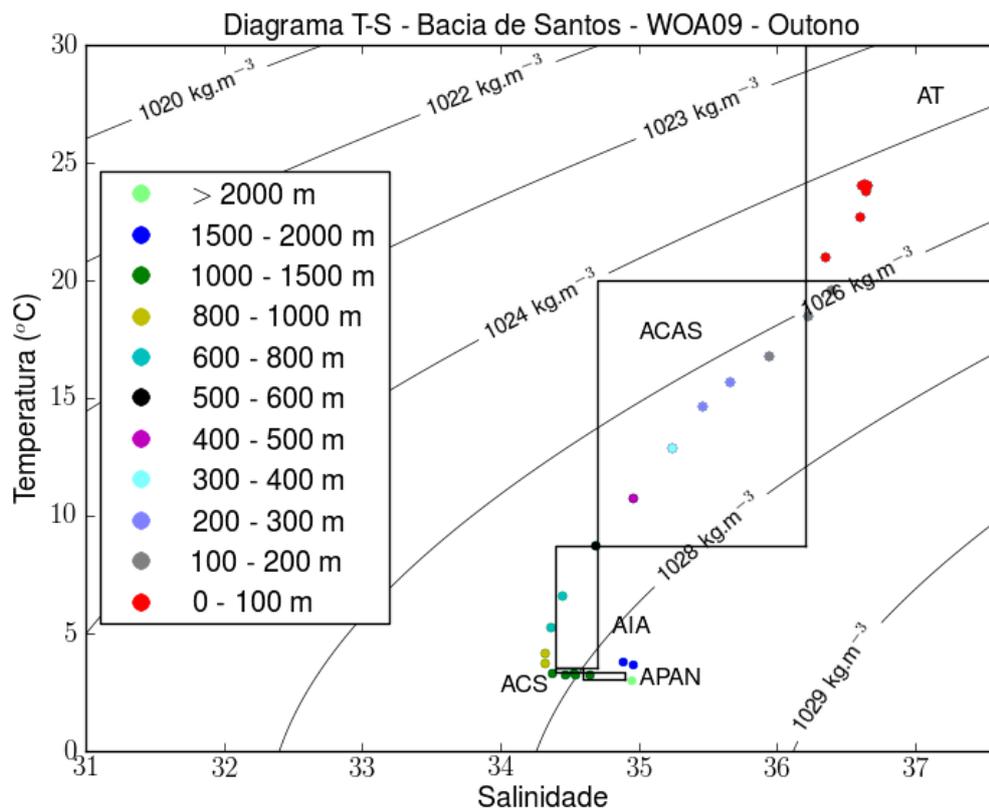
Fonte de dados: WOA09 (2013).

Figura II.5.1.6-51 – Diagrama T-S espalhado para a Bacia de Santos, no ponto mais profundo da radial apresentada na **Figura II.5.1.6-3**, período anual. As cores representam as profundidades associadas à legenda. As isolinhas representam a densidade.



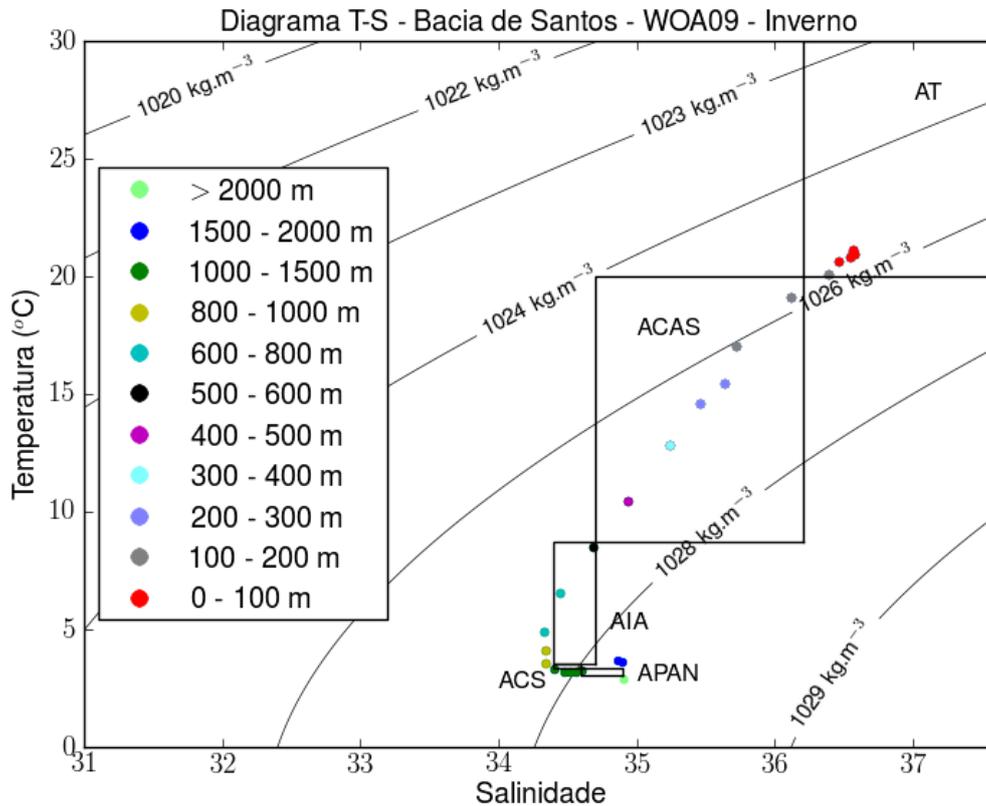
Fonte de dados: WOA09 (2013).

Figura II.5.1.6-52 – Diagrama T-S espalhado para a Bacia de Santos, no ponto mais profundo da radial apresentada na **Figura II.5.1.6-3**, período de verão. As cores representam as profundidades associadas à legenda. As isolinhas representam a densidade.



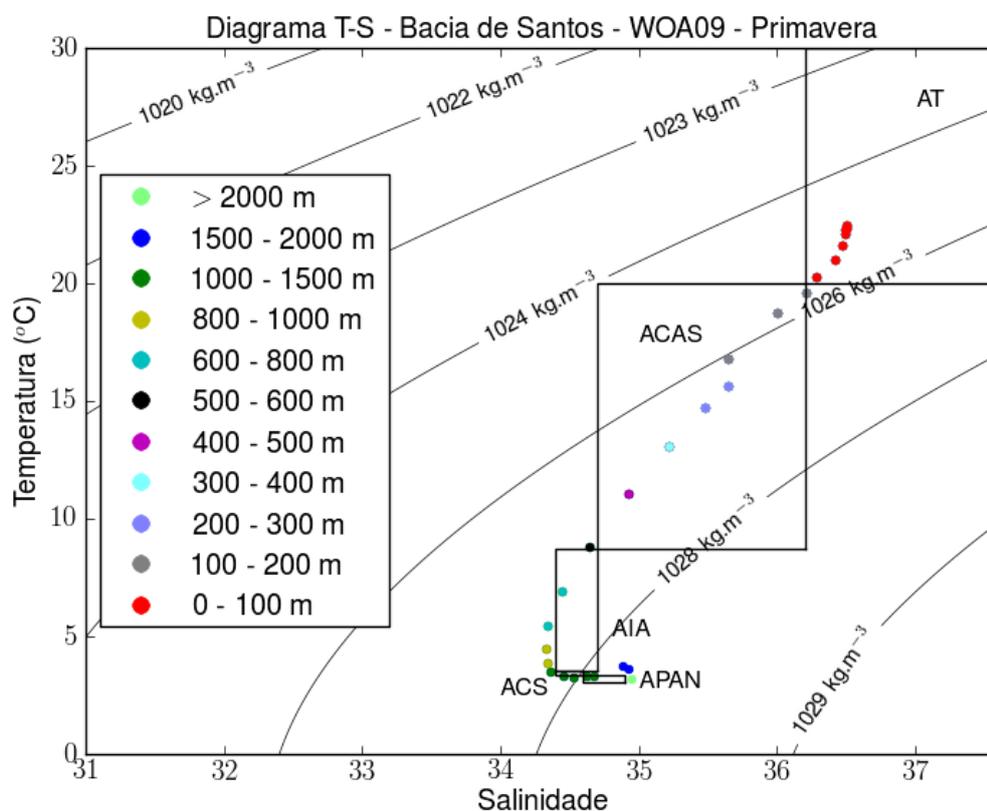
Fonte de dados: WOA09 (2013).

Figura II.5.1.6-53 – Diagrama T-S espalhado para a Bacia de Santos, no ponto mais profundo da radial apresentada na **Figura II.5.1.6-3**, período de outono. As cores representam as profundidades associadas à legenda. As isolinhas representam a densidade.



Fonte de dados: WOA09 (2013).

Figura II.5.1.6-54 – Diagrama T-S espalhado para a Bacia de Santos, no ponto mais profundo da radial apresentada na **Figura II.5.1.6-3**, período de inverno. As cores representam as profundidades associadas à legenda. As isolinhas representam a densidade.



Fonte de dados: WOA09 (2013).

Figura II.5.1.6-55 – Diagrama T-S espalhado para a Bacia de Santos, no ponto mais profundo da radial apresentada na **Figura II.5.1.6-3**, para o período de primavera. As cores representam as profundidades associadas à legenda. As isolinhas representam a densidade.

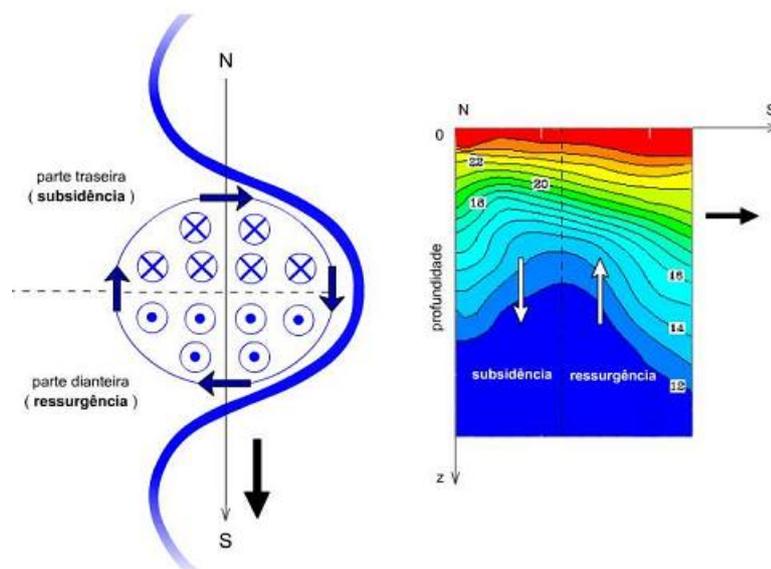
Em grande parte do globo, as propriedades termohalinas de uma determinada região são alteradas devido à intrusão de águas com diferentes propriedades daquelas originalmente presentes no local. Esta intrusão pode acontecer pelo aporte de água proveniente de rios e geleiras, por exemplo, e advecção por meio de correntes, tanto na horizontal quanto ao longo da coluna de água (vertical - ressurgência e subsidência). Outro modo de alteração das propriedades termohalinas é devido a trocas com a atmosfera e a mistura de águas provenientes de regiões oceânicas distintas.

Na área de estudo, autores como Calado (2006) e Silveira (2007) mencionam que um dos fenômenos que pode alterar a estrutura termohalina média é o surgimento de vórtices e meandros da CB na região do

empreendimento. Estes vórtices podem induzir ressurgências e advectar água de regiões costeiras para o oceano aberto, e vice-versa.

Os vórtices ciclônicos podem contribuir, tanto na ressurgência costeira, como na ressurgência de quebra de plataforma. A ressurgência faz com que águas profundas sejam transportadas para próximo à superfície, alterando desta maneira as características termohalinas da região (CALADO, 2006).

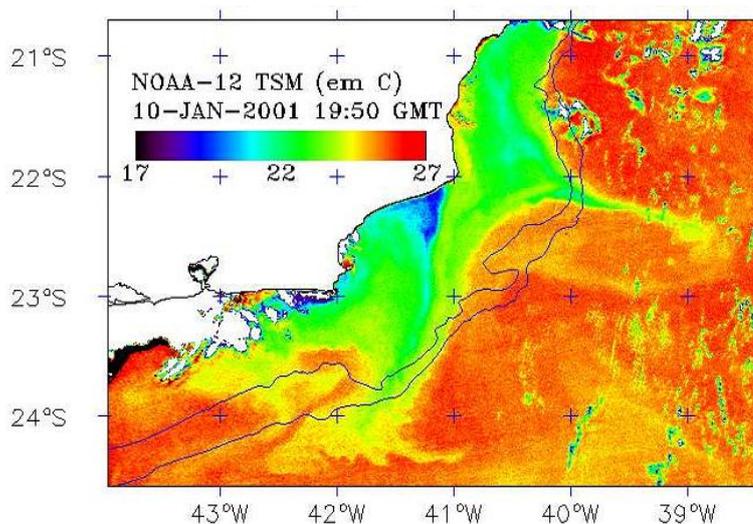
Os vórtices têm um papel determinante na ressurgência de quebra de plataforma continental. Campos *et al.* (1995) propuseram um modelo conceitual explicando a ressurgência na quebra de plataforma induzida por meandramento da CB (**Figura II.5.1.6-56**). Campos *et al.* (2000) aplicaram esta hipótese, considerando um meandro de rotação ciclônica ao longo da Bacia de Santos. Neste esquema proposto, na parte traseira do vórtice, ocorre convergência de água e, por continuidade, água proveniente da plataforma sofre subsidência sobre o talude continental. Já na parte dianteira do vórtice ocorre divergência de água e, novamente, por continuidade, águas de camadas inferiores do talude sofrem ressurgência e são advectadas em direção à plataforma continental.



Fonte: CALADO (2006).

Figura II.5.1.6-56 – Esquema de como um vórtice ciclônico propagante pode bombear água em sua parte dianteira, propiciando ressurgência na região de quebra de plataforma.

Estes sistemas ciclônicos podem, além de gerar ressurgência de plataforma continental, advectar água de região costeira para região de oceano profundo, e vice versa. A **Figura II.5.1.6-57** mostra uma imagem satelital de temperatura da superfície do mar, nas proximidades da diretriz do gasoduto Rota Cabiúnas, que apresenta este fenômeno.



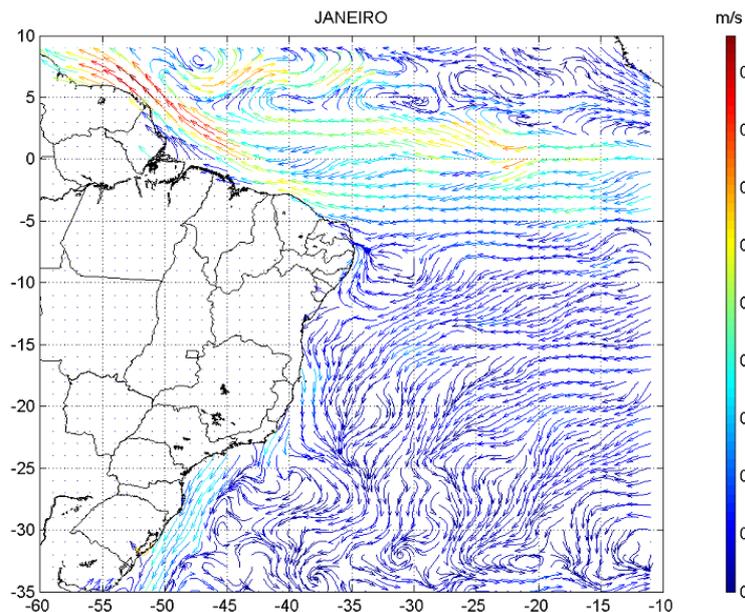
Fonte: CALADO (2006).

Figura II.5.1.6-57 – Imagem de temperatura da superfície do mar indicando um filamento de água costeira advectada por um vórtice ciclônico para oceano aberto.

Correntes

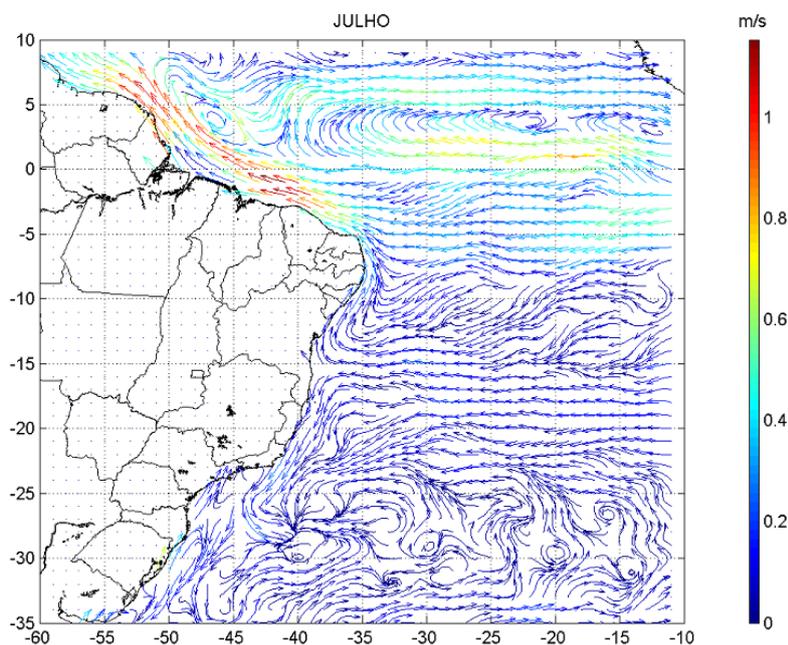
A partir de derivadores lançados entre os anos de 1990 e 2004, Lumpkin & Garrafo (2005) obtiveram campos mensais médios de velocidade superficial de correntes com resolução de 1°, por todo o globo.

A **Figura II.5.1.6-58** e a **Figura II.5.1.6-59** apresentam os resultados para os meses de janeiro (típico de verão) e julho (típico de inverno), respectivamente. Ao longo da costa Sudeste brasileira, incluindo a área de estudo, é possível identificar fluxos predominantes para Sudoeste, tanto em período de verão quanto de inverno.



Fonte: LUMPKIN & GARRAFFO (2005).

Figura II.5.1.6-58 – Correntes superficiais médias no mês de janeiro (1990-2004) obtidas a partir de dados de boias de deriva oceanográficas. Os vetores indicam a direção, e as cores, a intensidade das correntes.



Fonte: LUMPKIN & GARRAFFO (2005).

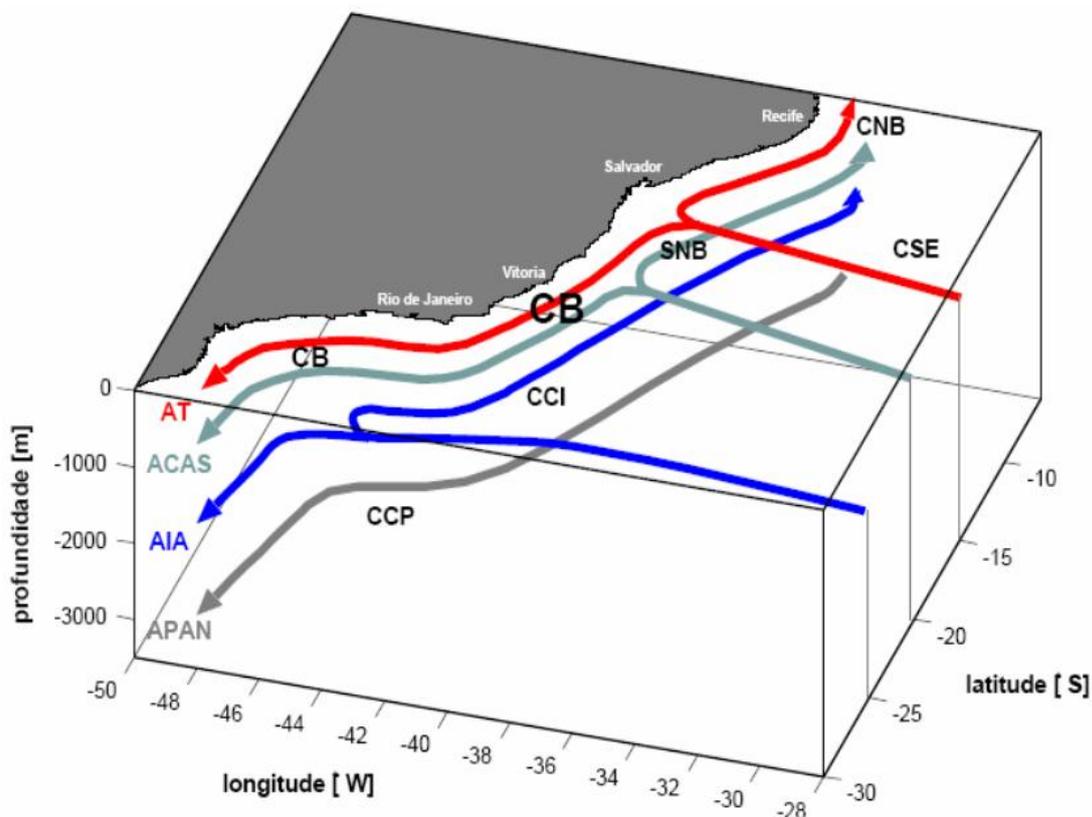
Figura II.5.1.6-59 – Correntes superficiais médias no mês de julho (1990-2004) obtidas a partir de dados de boias de deriva oceanográficas. Os vetores indicam a direção, e as cores, a intensidade das correntes.

Conforme descrito no **tópico A** do **subitem II.5.1.6 - Oceanografia**, deve-se destacar que os movimentos são regidos por suas escalas temporais significativas: maregráficas e submaregráficas (ou subinerciais). No TC e OP da área de estudo, os movimentos supramaregráficos são aqueles gerados ou influenciados pela ação da maré astronômica e os movimentos subinerciais são aqueles gerados ou influenciados pelos ventos médios, ventos de passagem de frentes frias, ciclones, variações laterais do campo de massa e escoamento de correntes de contorno, como a CB.

Por meio dos estudos de Pereira *et al.* (2007), que propôs um mapa das elipses de marés para a região Sudeste do Brasil, onde está compreendida a área de estudo, para a componente astronômica M_2 , que é a mais importante da região (conforme detalhada no item **C** em **variação do nível do mar**) disponível na **Figura II.5.1.6-11**. Essa figura mostra que sobre o TC e OP as correntes geradas pela maré são insignificantes, com magnitudes inferiores a 1 cm/s. Estes movimentos não são detectados na **Figura II.5.1.6-58** e na **Figura II.5.1.6-59**, que mostram os fluxos médios.

Já para as correntes subinerciais, o quadro sinótico é mais importante e complexo. Na **Figura II.5.1.6-58** e na **Figura II.5.1.6-59**, o fluxo superficial que se propaga no sentido E-W, e atinge a costa brasileira em torno de 15°S, é denominado Corrente Sul Equatorial - CSE, e sua ramificação Sul, que percorre o TC, é a Corrente do Brasil (CB) (SILVEIRA *et al.*, 2000; STRAMMA & ENGLAND, 1999). A CB é a corrente de contorno Oeste do Atlântico Sul, completando o Giro Subtropical do Atlântico Sul - GSAS.

A CB flui para o Sul ao largo da margem continental brasileira até a convergência subtropical (33°S - 38°S), onde conflui com a Corrente das Malvinas e se separa da costa (SILVEIRA *et al.*, 2000). Um esquema simplificado da ramificação da CSE e da CB, fluindo para o Sul ao longo do TC da área de estudo pode ser observado na **Figura II.5.1.6-60**.



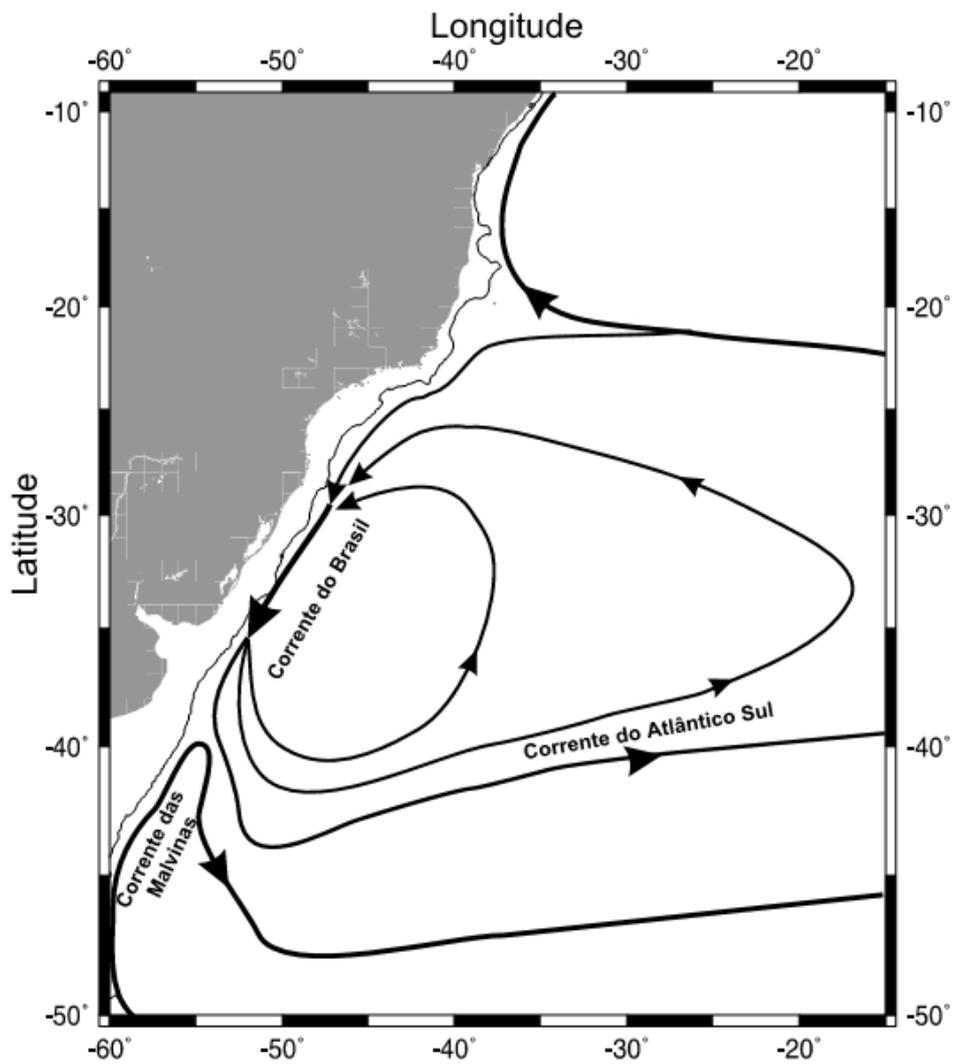
Fonte: adaptado de SOUTELINO (2008).

Figura II.5.1.6-60 – Síntese da origem e do escoamento da Corrente do Brasil (CB) ao longo da margem continental brasileira. CSE refere-se a Corrente Sul Equatorial, CNB - Corrente Norte do Brasil, SNB - Subcorrente Norte do Brasil, CCI - Corrente de Contorno Intermediária e CCP - Corrente de Contorno Profundo. AT, ACAS, AIA e APAN refere-se as massas de água: Água Tropical, Água Central do Atlântico Sul, Água Intermediária Antártica e Água Profunda do Atlântico Norte.

Próximo de seu provável sítio de origem em torno de 15° S, a base do jato da CB está a 150-200 m de profundidade (STRAMMA & ENGLAND, 1999; SOUTELINO *et al.*, 2011) e transporta basicamente AT. A partir de 20°S a CB passa a receber contribuição picnoclínica da ACAS e seu jato se espessa até 400-500 m de profundidade (EVANS & SIGNORINI, 1985; SILVEIRA *et al.* 2004; 2008). Após este ganho de volume, a CB é novamente alimentada em latitudes médias da Bacia de Santos (25 - 28° S) com a contribuição da AIA que passa a ser transportada para Sul onde a CCI bifurca-se (MÜLLER *et al.*, 1998; STRAMMA & ENGLAND, 1999; SILVEIRA, 2006). A base do jato da CB alcança, então, aproximadamente 1.000 m de profundidade.

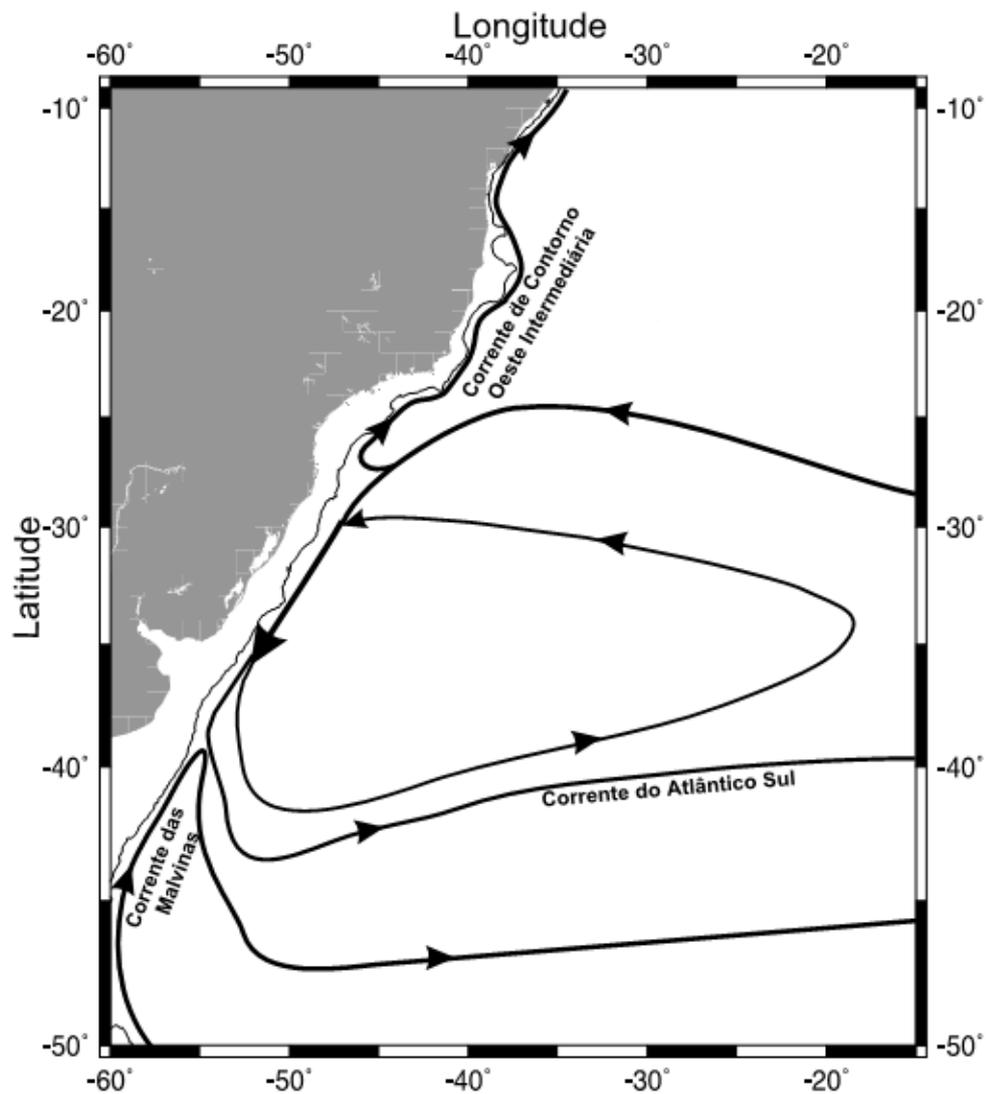
Em torno de 1000-1300 m de profundidade, a Água Circumpolar Superior é considerada como limite inferior do GSAS e flui solidariamente à AIA (STRAMMA & ENGLAND, 1999; MÉMERY *et al.*, 2000; SILVEIRA, 2006). Por fim, junto ao fundo marinho entre 1.300 e 3.000 m está localizada a APAN que escoava para o quadrante Sul no contorno do sopé continental, transportada pela CCP.

Silveira (2007), baseado em estudos de Reid (1989) e Stramma & England (1999), esquematizou a variação vertical deste sistema até a profundidade de 2.000 m (**Figura II.5.1.6-61** a **Figura II.5.1.6-63**). Nesta última profundidade, é encontrada a CCP, fluindo na mesma direção da CB (para Sul/Sudeste). Contudo, a presença da feição fisiográfica conhecida como Platô de São Paulo, interrompe o talude continental em cerca de 1.500 m a 2.000 m de profundidade e desloca para o oceano aberto a CCP. Com isto, esta corrente profunda está desacoplada dinamicamente da CB e da CCI nas Bacias de Campos e Santos (SILVEIRA, 2007).



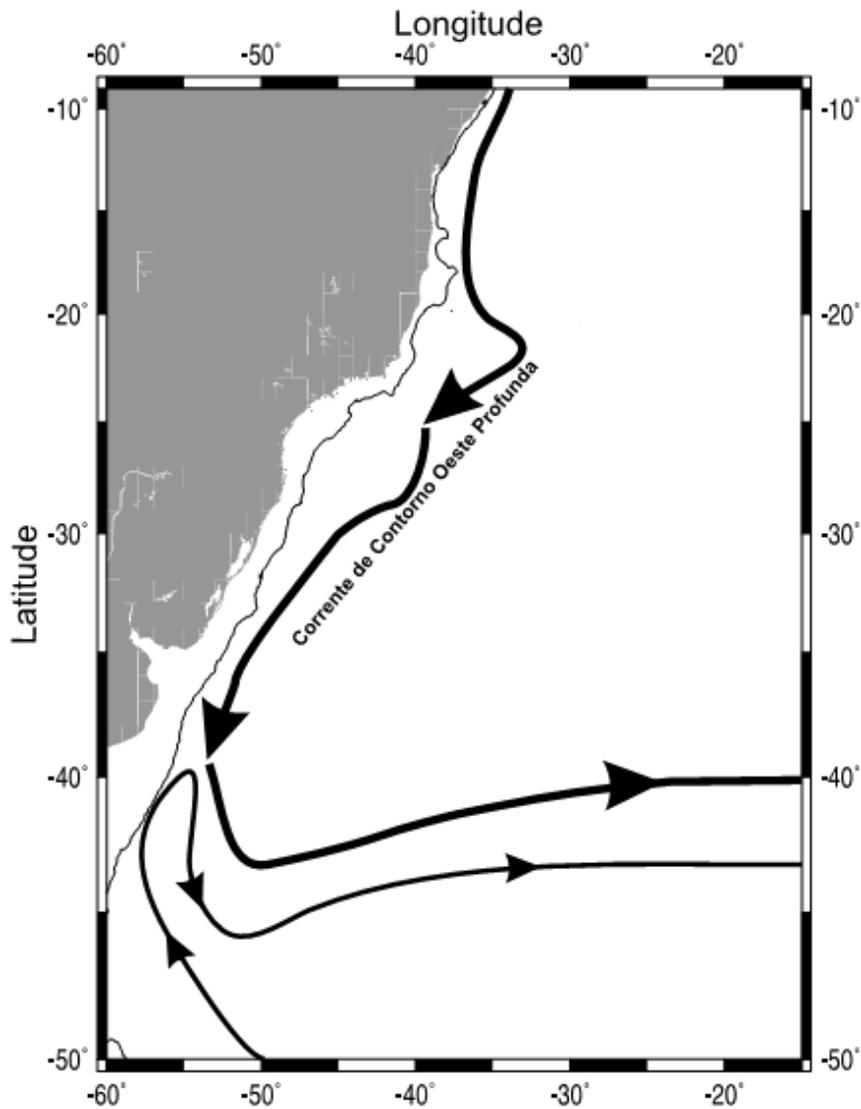
Fonte: SILVEIRA (2007)

Figura II.5.1.6-61 – Representação vertical das correntes no Atlântico Sul ao nível de 250 m.



Fonte: SILVEIRA (2007)

Figura II.5.1.6-62 – Representação vertical das correntes no Atlântico Sul ao nível de 800 m.



Fonte: SILVEIRA (2007)

Figura II.5.1.6-63 – Representação vertical das correntes no Atlântico Sul ao nível de 2.000 m.

A

Tabela II.5.1.6-5 apresenta estimativas de transportes de volume em Sv (1 Sv = 10^6 m³/s) e velocidades máximas encontradas na literatura para a CB, por diversos autores, na faixa latitudinal entre 21°S e 24°S.

Tabela II.5.1.6-5 – Estimativas de transporte de volume e da velocidade máxima da CB entre 21°S e 24°S. Os sinais negativos denotam a direção Sul-Sudoeste.

Latitude	Prof. ref. (m) ¹	Transp. (Sv)	Vel.(m/s)	Referência
21°S	600	-9,4	-	SCHMID <i>et al.</i> (1995)
21°S	numérico	-6,7	-0,83	SILVEIRA <i>et al.</i> (2005)
21°S	numérico	-7,9	-0,60	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	fundeio	-5,5 ± 2,6	-	LIMA (1997)
22°S	numérico	-7,1	< -0,55	LIMA (1997)
23°S	600	-6,0	-0,70	SIGNORINI (1978)
23°S	550	-2,2 / -2,7	-0,49	MIRANDA & CASTRO FILHO (1979)
23°S	Pegasus	-11,0	-0,50	EVANS & SIGNORINI (1985)
23°S	Pegasus	-6,0	-0,70	GARFIELD (1990)
23°S	600 / 1300	-10,1/ -10,9	-	STRAMMA (1989)
23°S	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	-4,1 / -7,8	-0,31	EVANS <i>et al.</i> (1983)
24°S	600 / 1300	-9,4 / -10,1	-	STRAMMA (1989)
24°S	750 / 900	-7,3 / -8,8	-	CAMPOS <i>et al.</i> (1995)

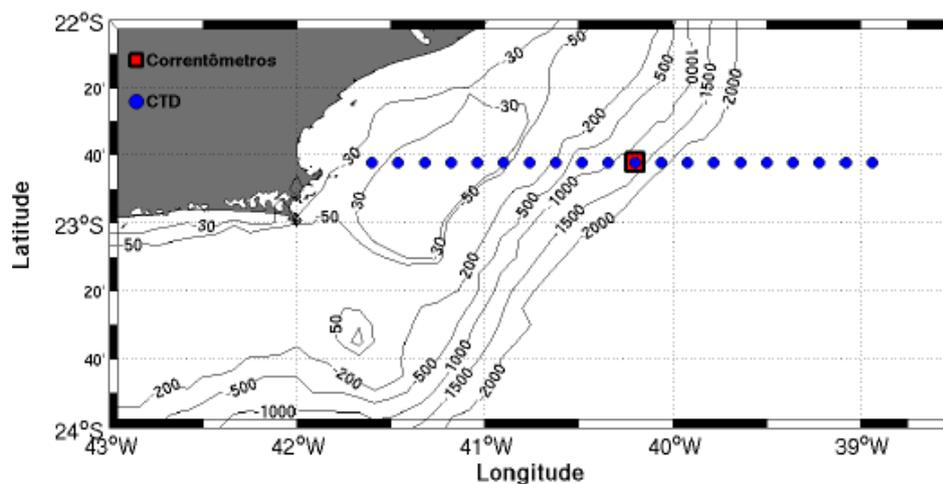
¹ - A profundidade de referência é o valor utilizado no cálculo da corrente pelo método dinâmico. Numérico refere-se ao cálculo do transporte realizado por métodos numéricos (modelagem). Fundeio refere-se a medições in situ de correntes. Pégasus refere-se a medições por meio de perfiladores verticais de velocidade da corrente.

Fonte: Silveira (2007)

Em termos de valores de transporte, deve-se chamar atenção para a diferença entre os métodos utilizados: cálculo geostrófico (referenciado arbitrariamente), numérico (por modelagem, que permite avaliação de velocidades baroclínicas absolutas) e por fundeios correntográficos (que são dependentes da resolução dos correntógrafos, da escolha das interfaces e do método de cálculo dos transportes). Ainda assim, observa-se que, tipicamente, os valores de transporte variam entre -2,2 e -11 Sv. A média e o desvio padrão dos valores listados na **Tabela II.5.1.6-7** são de $-6,4 \pm 2,8$ Sv (SILVEIRA, 2007).

SILVEIRA (2007), a partir de dados de correntes coletados durante o segundo semestre de 1992, em região próxima ao empreendimento (**Figura II.5.1.6-64**), descreveu como ocorre o escoamento do sistema CB. A **Figura**

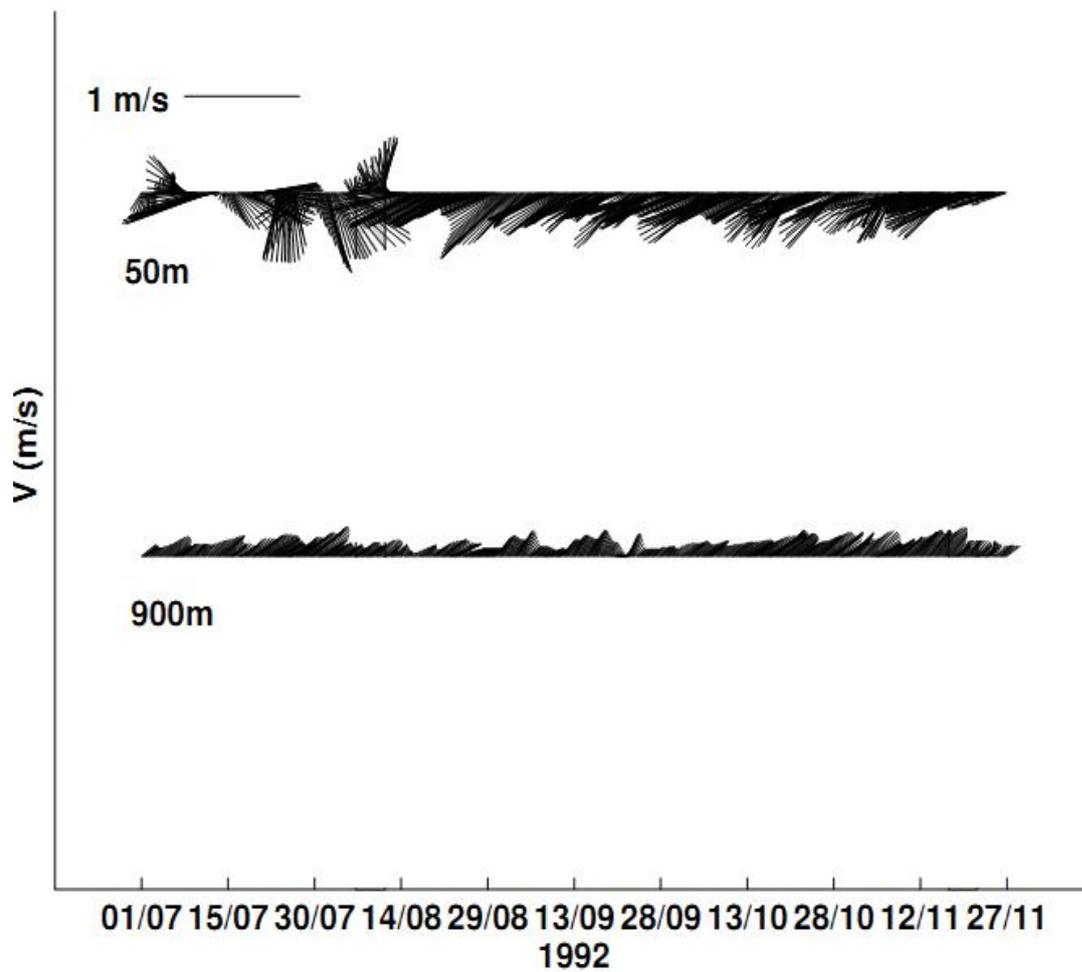
II.5.1.6-65 apresenta a série temporal coletada por estes correntógrafos. Nesta figura é possível perceber a inversão da corrente ao longo da coluna d'água, onde na profundidade de 50 m as correntes têm padrão preferencial de deslocamento para sul/sudoeste, e na profundidade de 900 m, a direção predominante das correntes é para nordeste. Em superfície é representada a CB, e em profundidade a CCI.



Fonte: Silveira (2007)

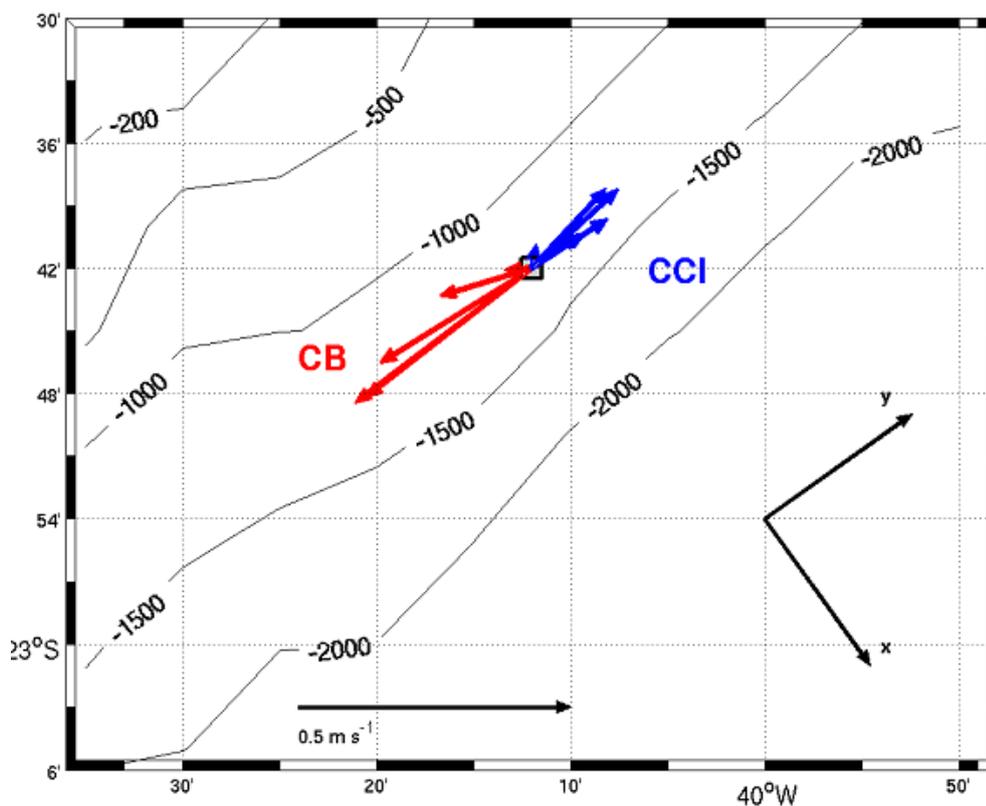
Figura II.5.1.6-64 – O quadrado em vermelho indica local de medições de correntes descrita por Silveira (2007), sob a isobata de 1200 m. As medições foram realizadas no segundo semestre de 1992.

SILVEIRA (2007) determina, ainda, valores médios para o escoamento do sistema CB, para este mesmo conjunto de dados (**Figura II.5.1.6-66** e **Tabela II.5.1.6-6**). Os valores de velocidade U da **Tabela II.5.1.6-6** representam esta propriedade ao longo do eixo X (paralelo à isóbata) da **Figura II.5.1.6-66** enquanto que os valores de velocidade V representam os valores para o eixo Y (perpendicular à isóbata) da mesma figura.



Fonte: Silveira (2007)

Figura II.5.1.6-65 – Séries temporais de velocidade dos correntógrafos analisados por Silveira (2007) a 50 m (série superior) e 900 m (série inferior) após a filtragem com filtro passa-baixa de 40 h.



Fonte: Silveira (2007)

Figura II.5.1.6-66 – Vetores velocidade média do sistema CB. A cor vermelha denota vetores na extensão vertical da CB, enquanto a cor azul, associados à CCI.

Tabela II.5.1.6-6 – Valores médios das componentes de velocidade normal (U) e ao longo (V) das isóbatas descrito por Silveira (2007) para fundeio próximo ao empreendimento.

Profundidade (m)	Componente U (m/s)	Componente V (m/s)
50	0,01	-0,41
100	0,02	-0,38
150	-0,02	-0,33
250	-0,06	-0,17
350	-0,03	-0,04
450	-0,03	0,03
550	0,00	0,11
750	0,01	0,17
900	0,01	0,21
1.050	0,00	0,22

Fonte: Silveira (2007)

Alguns autores sugerem a existência de uma recirculação interna do GSAS, e esta pode estar subdividida em um padrão de dupla-célula, alongado zonalmente. Tsuchiya (1985) usou dados históricos climatológicos de temperatura e salinidade, e mostrou que o GSAS possui duas células centradas próximas a 22°S e 32°S. A primeira envolvendo recirculação de águas tropicais e a segunda, recirculando também águas subtropicais. A extensão zonal destas abrange desde a região costeira até cerca de 30°W. O padrão dupla-célula alongado assemelha-se a dois subgiros.

Mémery *et al.* (2000) corroborou Tsuchiya (1985), sugerindo que em profundidades mais rasas que 200 m haveria uma subdivisão do giro subtropical em duas células, provavelmente separadas pela Contracorrente Subtropical do Atlântico Sul (CCST-AS). Mattos (2006), centrando esforços na célula Norte da recirculação corrobora os padrões descritos acima e sugere que próximo de 27°S, cerca de 80% do escoamento da CB recircule como um escoamento de retorno. As três representações destes autores para essa recirculação estão na **Figura II.5.1.6-67**.

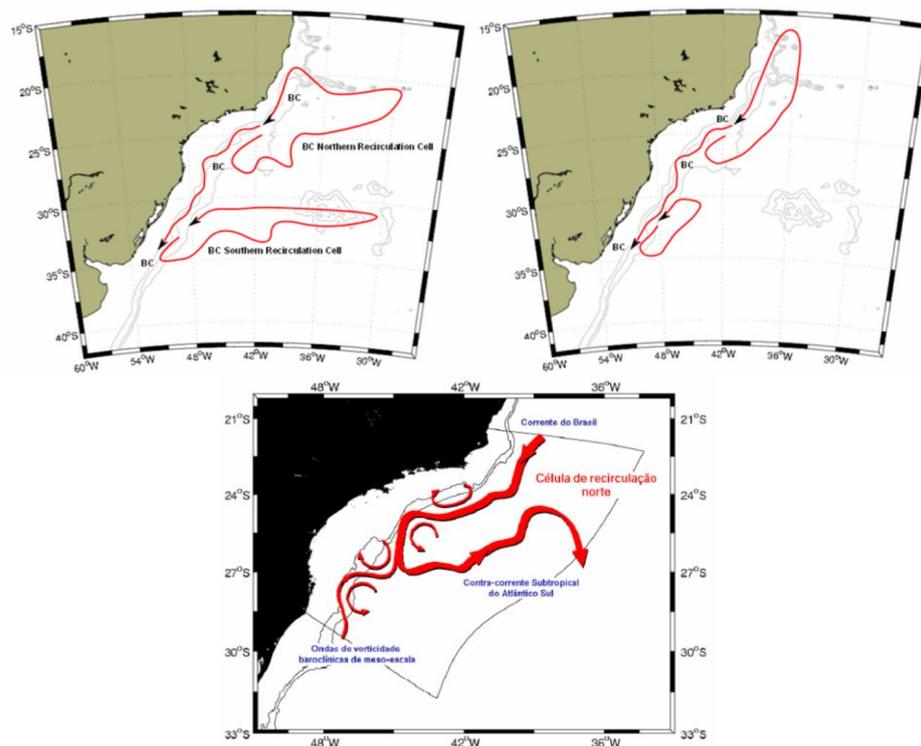
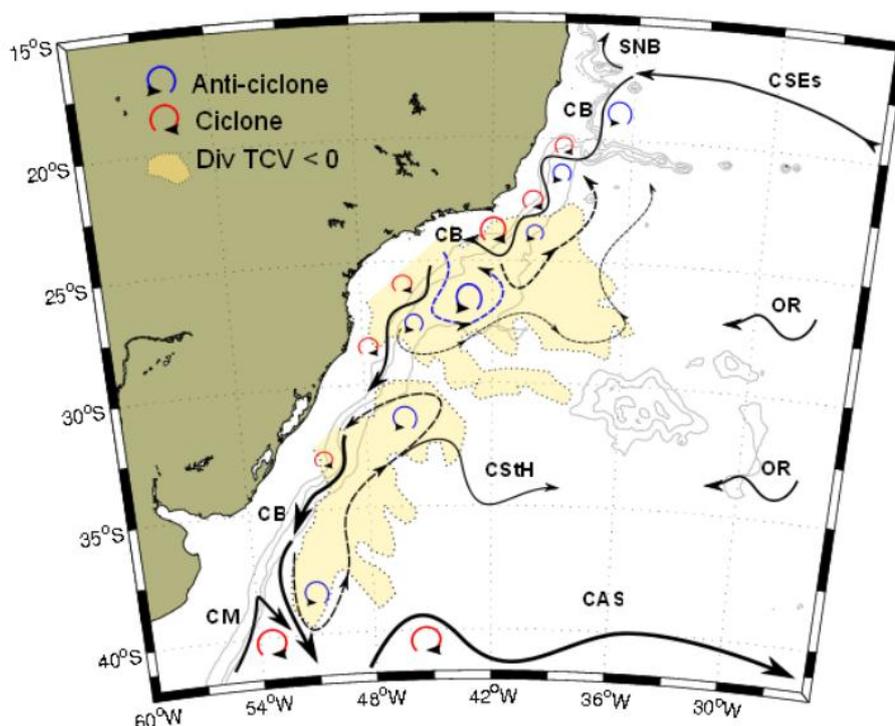


Figura II.5.1.6-67 – Padrões médios de da recirculação interna do Giro Subtropical do Atlântico Sul, segundo Tsuchiya (1965) – superior esquerdo; Reid (1989) – superior direito; e Mattos (2006) – inferior.

Belo (2011) propõe que o processo de recirculação do GSAS não seria apenas governado pelo vento, mas também por uma componente termohalina. Proveniente do contraste termal entre as águas superficiais mais frias na região e menos salinas do OP e a AT que é transportada pela CB. O esquema proposto por este autor está na **Figura II.5.1.6-68**.



Fonte: Belo (2011).

Figura II.5.1.6-68 – Cenário proposto para o esquema de recirculação interna do Giro Subtropical nos primeiros 200 – 400 m da coluna de água. CB: Corrente do Brasil; CM: Corrente das Malvinas; CAS: Corrente do Atlântico Sul; CStH: Corrente de Santa Helena; CSEs: ramo Sul da Corrente Sul Equatorial; SNB: Sub-corrente Norte do Brasil; OR: Ondas de Rossby.

Desta maneira, seguindo o arcabouço teórico apresentado, para a região do TC e OP da área de estudo, o regime de correntes subinerciais tem uma configuração complexa. Sobre o TC, da superfície a aproximadamente 500 m de profundidade, está localizada a CB fluindo para S/SE. Abaixo desta, na coluna de água, está a CCI fluindo para o Norte, até a profundidade aproximada de 2.000 m. Nas proximidades do fundo marinho existe a CCP fluindo para S. Na região do OP adjacente ao TC, na área de estudo, os regimes de correntes não apresentam direção preferencial, denotando um regime fortemente influenciado por meandramentos e vórtices das correntes localizadas no TC.

Para verificar a variabilidade e estatísticas desta estrutura de correntes no TC e OP da área de estudo foram analisados dados coletados *in situ*. O programa *Deep Ocean*, integrante do *World Ocean Circulation Experiment* (WOCE), instalou dois fundeios, BW333, BM334 e BE335, na Baía de Santos,

no TC e OP a Sudoeste da área de estudo (**Tabela II.5.1.6-1 e Figura II.5.1.6-3**), que registraram intensidade e direção de correntes em diversos níveis de profundidade, entre 01/1991 e 11/1992.

As representações dessas correntes, ao longo do tempo (com filtro passa baixa de 40h para facilitar a visualização dos vetores), são apresentadas da **Figura II.5.1.6-69** até a **Figura II.5.1.6-71**, para os fundeios BW333, BM334 e BE335. Os primeiros momentos estatísticos destas representações estão dispostos da **Tabela II.5.1.6-7** até a **Tabela II.5.1.6-9**.

Tabela II.5.1.6-7 – Primeiros momentos estatísticos da intensidade das correntes coletadas pelo fundeio BW333 do programa WOCE.

Profundidade (m)	Intensidade				
	Média (m/s)	Mínimo (m/s)	Máximo (m/s)	Desvio Padrão (m/s)	Variância (m ² /s ²)
Anual					
230	0,20	0,01	0,68	0,10	0,01
475	0,20	0,01	0,68	0,10	0,01
680	0,11	0,01	0,54	0,09	0,01
885	0,11	0,01	0,44	0,08	0,01
Verão					
230	0,22	0,01	0,68	0,11	0,01
475	0,22	0,01	0,68	0,11	0,01
680	0,14	0,01	0,54	0,09	0,01
885	0,11	0,01	0,37	0,08	0,01
Outono					
230	0,17	0,01	0,52	0,09	0,01
475	0,17	0,01	0,52	0,09	0,01
680	0,10	0,01	0,46	0,09	0,01
885	0,11	0,01	0,44	0,09	0,01
Inverno					
230	0,19	0,01	0,54	0,09	0,01
475	0,19	0,01	0,54	0,09	0,01
680	0,09	0,01	0,42	0,08	0,01
885	0,10	0,01	0,37	0,07	0,01
Primavera					
230	0,22	0,01	0,60	0,10	0,01
475	0,22	0,01	0,60	0,10	0,01
680	0,13	0,01	0,40	0,08	0,01
885	0,11	0,01	0,35	0,08	0,01

Fonte de dados: Fundeio WOCE BW333 (2013)

Tabela II.5.1.6-8 – Primeiros momentos estatísticos da intensidade das correntes coletadas pelo fundeio BM334 do programa WOCE.

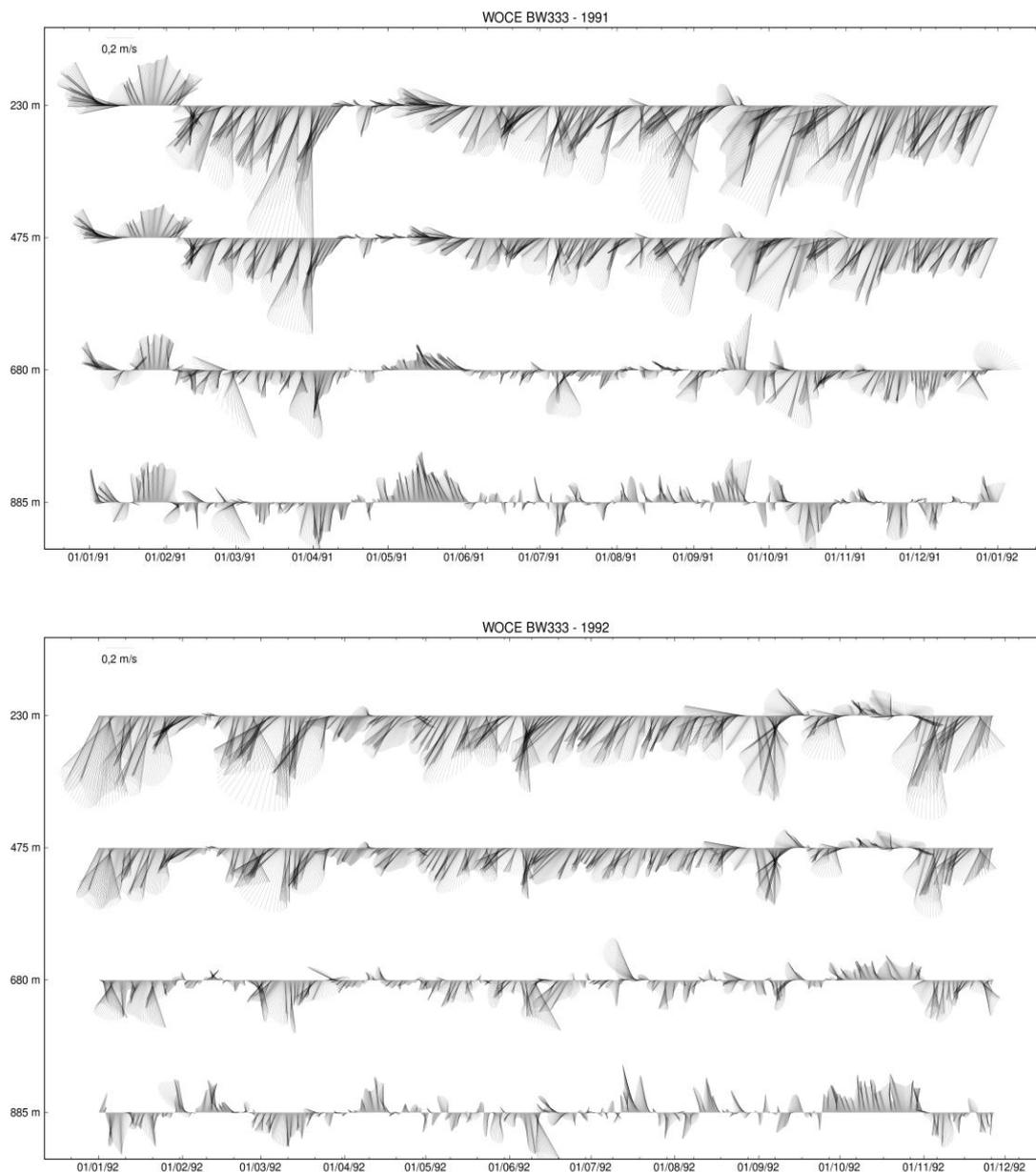
Profundidade (m)	Intensidade				
	Média (m/s)	Mínimo (m/s)	Máximo (m/s)	Desvio Padrão (m/s)	Variância (m ² /s ²)
Anual					
230	0,18	0,01	0,63	0,11	0,01
470	0,13	0,01	0,53	0,08	0,01
870	0,08	0,01	0,41	0,07	0,00
1370	0,07	0,01	0,36	0,05	0,00
2140	0,06	0,01	0,37	0,06	0,00
Verão					
230	0,23	0,01	0,63	0,15	0,02
470	0,17	0,01	0,53	0,10	0,01
870	0,12	0,01	0,41	0,09	0,01
1370	0,09	0,01	0,36	0,06	0,00
2140	0,07	0,01	0,35	0,06	0,00
Outono					
230	0,17	0,01	0,53	0,10	0,01
470	0,12	0,01	0,40	0,08	0,01
870	0,06	0,01	0,31	0,05	0,00
1370	0,07	0,01	0,32	0,05	0,00
2140	0,06	0,01	0,37	0,06	0,00
Inverno					
230	0,13	0,01	0,41	0,09	0,01
470	0,10	0,01	0,30	0,06	0,00
870	0,06	0,01	0,36	0,05	0,00
1370	0,06	0,01	0,21	0,04	0,00
2140	0,05	0,01	0,33	0,05	0,00
Primavera					
230	0,17	0,01	0,39	0,08	0,01
470	0,13	0,01	0,30	0,06	0,00
870	0,07	0,01	0,28	0,05	0,00
1370	0,06	0,01	0,23	0,05	0,00
2140	0,05	0,01	0,26	0,05	0,00

Fonte de dados: Fundeio WOCE BM334 (2013)

Tabela II.5.1.6-9 – Primeiros momentos estatísticos da intensidade das correntes coletadas pelo fundeio BE335 do programa WOCE

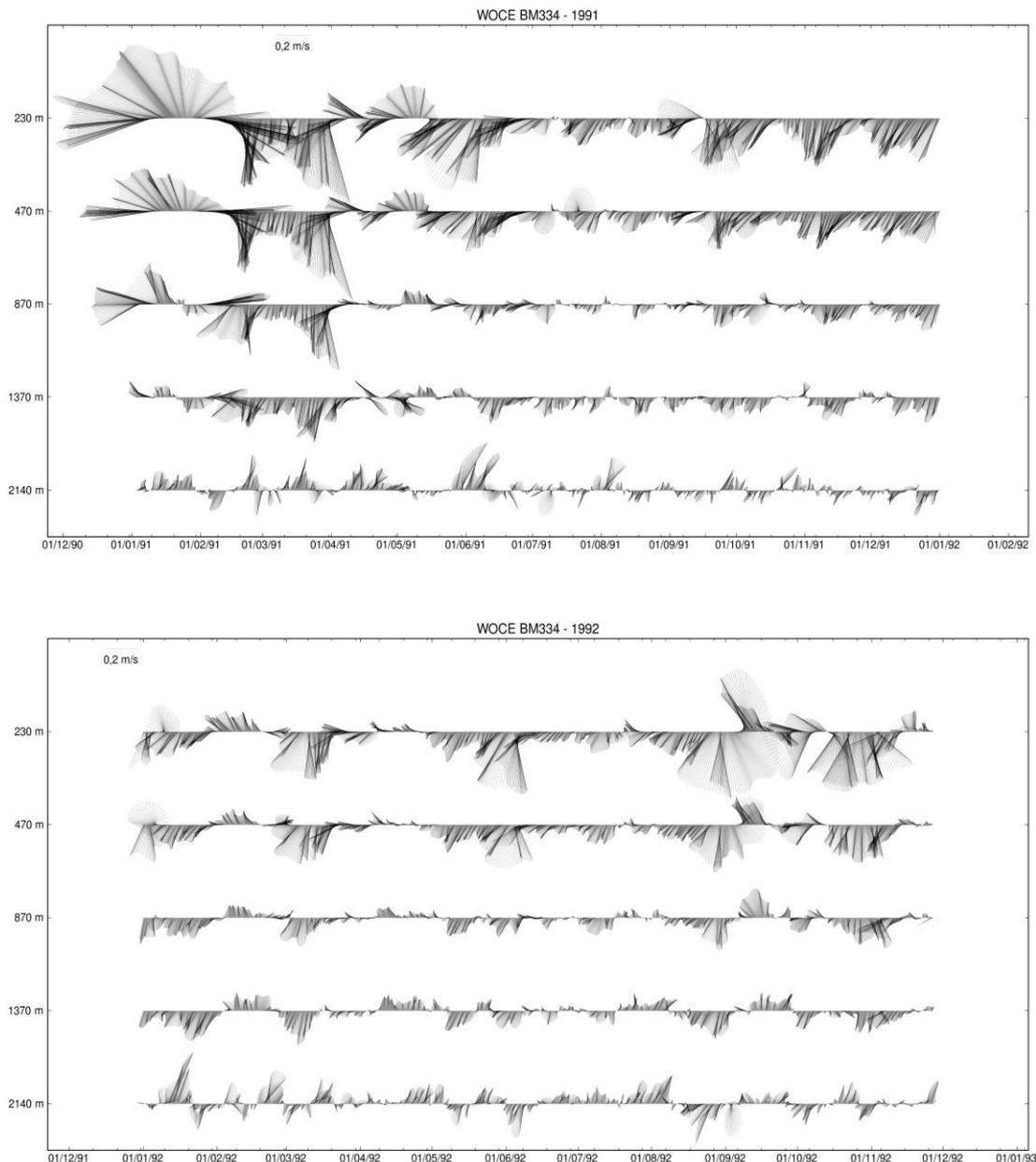
Profundidade (m)	Intensidade				
	Média (m/s)	Mínimo (m/s)	Máximo (m/s)	Desvio Padrão (m/s)	Variância (m ² /s ²)
Anual					
275	0,16	0,01	0,59	0,10	0,01
515	0,10	0,01	0,46	0,08	0,01
915	0,05	0,01	0,32	0,05	0,00
1415	0,07	0,01	0,27	0,06	0,00
2510	0,06	0,01	0,26	0,05	0,00
3215	0,07	0,01	0,33	0,06	0,00
Verão					
275	0,20	0,01	0,57	0,13	0,02
515	0,14	0,01	0,46	0,10	0,01
915	0,08	0,01	0,32	0,07	0,00
1415	0,09	0,01	0,25	0,06	0,00
2510	0,06	0,01	0,22	0,05	0,00
3215	0,09	0,01	0,33	0,06	0,00
Outono					
275	0,15	0,01	0,59	0,10	0,01
515	0,10	0,01	0,38	0,07	0,01
915	0,05	0,01	0,22	0,04	0,00
1415	0,07	0,01	0,23	0,05	0,00
2510	0,07	0,01	0,26	0,05	0,00
3215	0,07	0,01	0,31	0,06	0,00
Inverno					
275	0,13	0,01	0,37	0,08	0,01
515	0,07	0,01	0,33	0,06	0,00
915	0,04	0,01	0,15	0,03	0,00
1415	0,06	0,01	0,25	0,05	0,00
2510	0,05	0,01	0,23	0,05	0,00
3215	0,06	0,01	0,30	0,06	0,00
Primavera					
275	0,16	0,01	0,49	0,08	0,01
515	0,08	0,01	0,31	0,06	0,00
915	0,03	0,01	0,13	0,02	0,00
1415	0,07	0,01	0,27	0,06	0,00
2510	0,04	0,01	0,17	0,04	0,00
3215	0,08	0,01	0,31	0,07	0,01

Fonte de dados: Fundeio WOCE BE335 (2013)



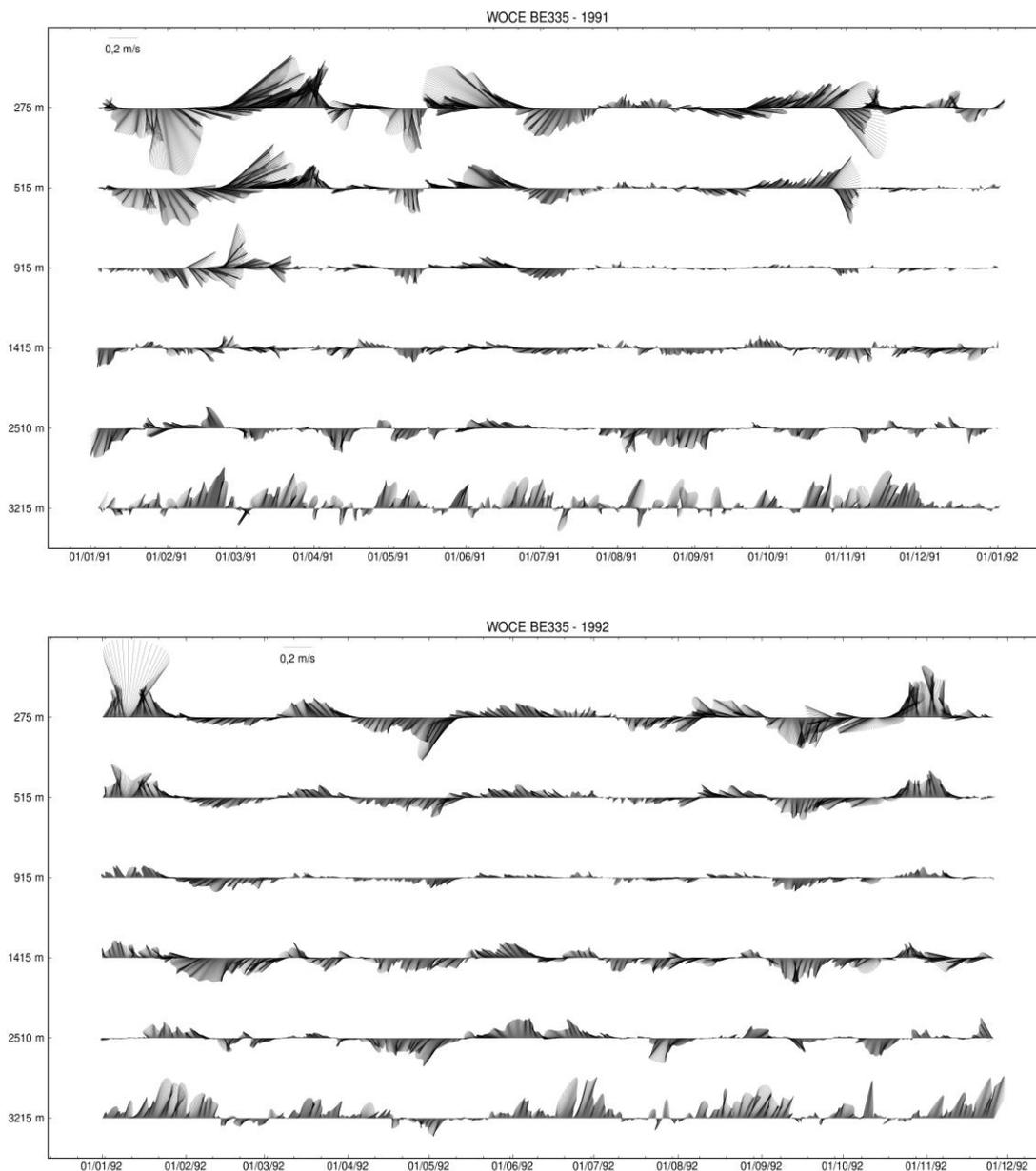
Fonte de dados: Fundeio WOCE BW333 (2013)

Figura II.5.1.6-69 – Vetores de velocidade (com filtro passa baixa de 40 h) de corrente a 230, 475, 680 e 885 m de profundidade, ao longo dos anos de 1991 (superior) e 1992 (inferior), coletados pelo fundeio BW333 do projeto WOCE, a Sudoeste da região dos empreendimentos. O Norte aponta para cima e o Leste, para direita. O vetor referência está localizado no canto superior esquerdo.



Fonte de dados: Fundeio WOCE BM334 (2013)

Figura II.5.1.6-70 – Vetores de velocidade (com filtro passa baixa de 40 h) de corrente a 230, 470, 870, 1370 e 2140 m de profundidade ao longo dos anos de 1991 (superior) e 1992 (inferior), coletados pelo fundeio BM334 do projeto WOCE, a Sudoeste da região dos empreendimentos. O Norte aponta para cima e o Leste, para direita. O vetor referência está localizado no canto superior esquerdo.



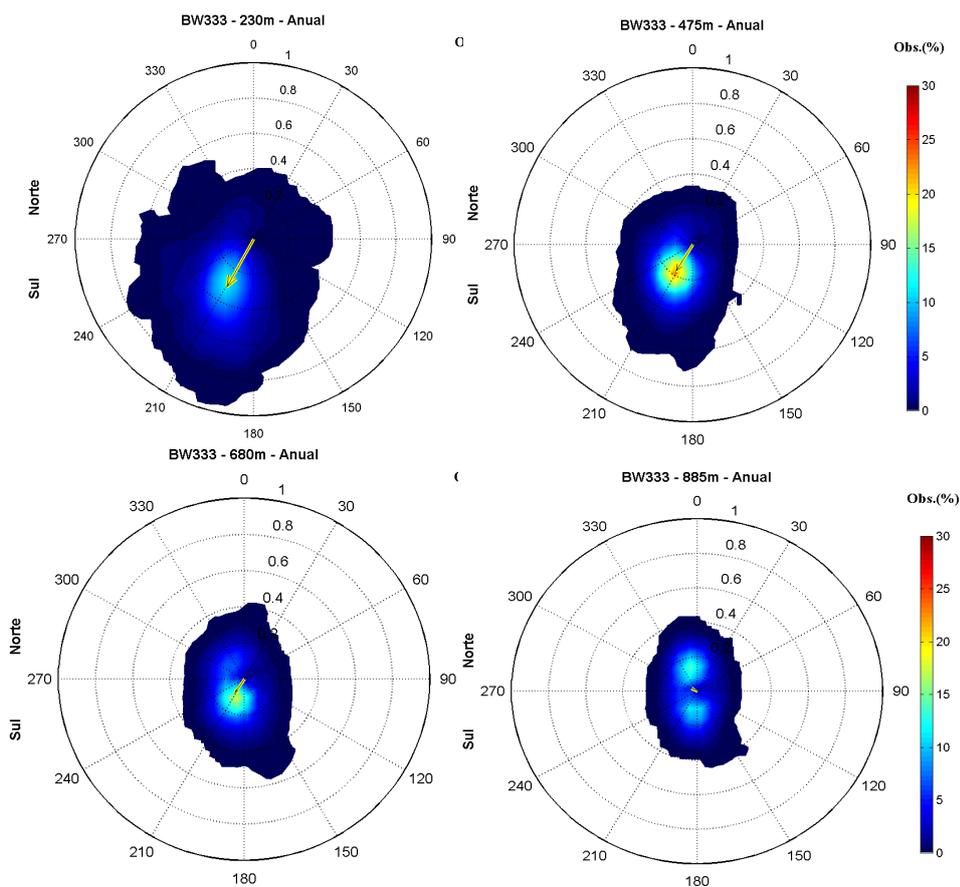
Fonte de dados: Fundeio BE335 WOCE

Figura II.5.1.6-71 – Vetores de velocidade (com filtro passa baixa de 40 h) de corrente a 275, 515, 915, 1415, 2510 e 3215 m de profundidade ao longo dos anos de 1991 (superior) e 1992 (inferior), coletados pelo fundeio BE335 do projeto WOCE, a Sudoeste da região dos empreendimentos. O Norte aponta para cima e o Leste, para direita. O vetor referência está localizado no canto superior esquerdo.

A Tabela II.5.1.6-7 até a Tabela II.5.1.6-9 Figura II.5.1.6-69 até a Figura II.5.1.6-71, mostram que a média da intensidade das correntes diminui com o aumento da profundidade, e as intensidades no verão são maiores que no inverno. Além disso, para as correntes em 230 m, a variabilidade da intensidade

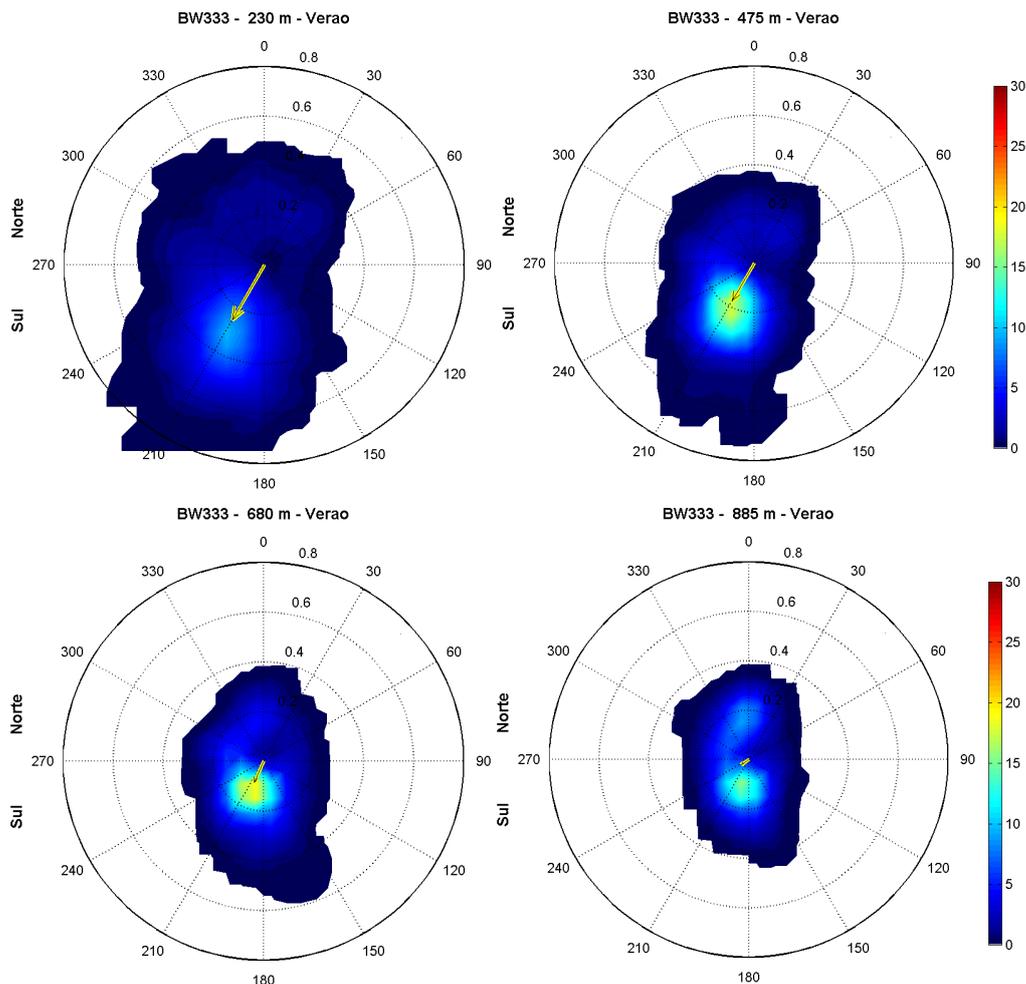
é maior que nas camadas mais profundas. Nessas camadas superiores, a variabilidade é maior no verão quando comparada ao inverno. Nota-se também que, com o aumento da profundidade, inversões do padrão de circulação são mais frequentes.

Para melhor visualização da direção preferencial das correntes, são apresentadas da **Figura II.5.1.6-72** até a **Figura II.5.1.6-86**, contendo diagramas de dispersão, com valores anuais, de verão, outono, inverno e primavera, para os três fundeios em análise.



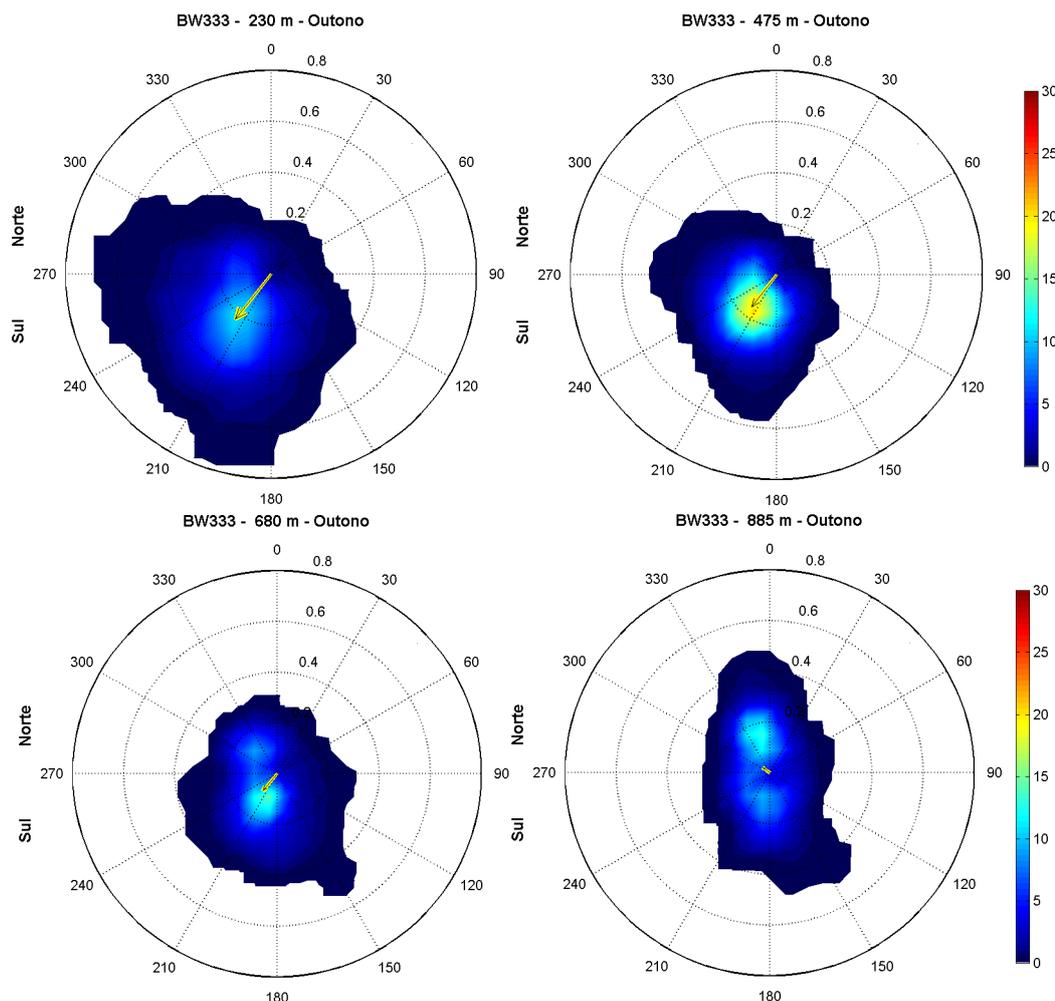
Fonte de dados: Fundeio WOCE BW333 (2013)

Figura II.5.1.6-72 – Diagramas de dispersão direcional para as correntes medidas pelo fundeio BW 333 do projeto WOCE – dados totais. Superior esquerdo representa a profundidade de 230 m, superior direito 475 m, inferior esquerdo 680 m e inferior direito 885 m. As intensidades estão representadas pelas circunferências, com valor máximo de 1,0 m/s. A direção está representada pela variação radial (0 a 360°) – convenção vetorial. As cores representam a frequência (%) de ocorrência de acordo com a intensidade e direção. O vetor no centro de cada diagrama representa a velocidade média.



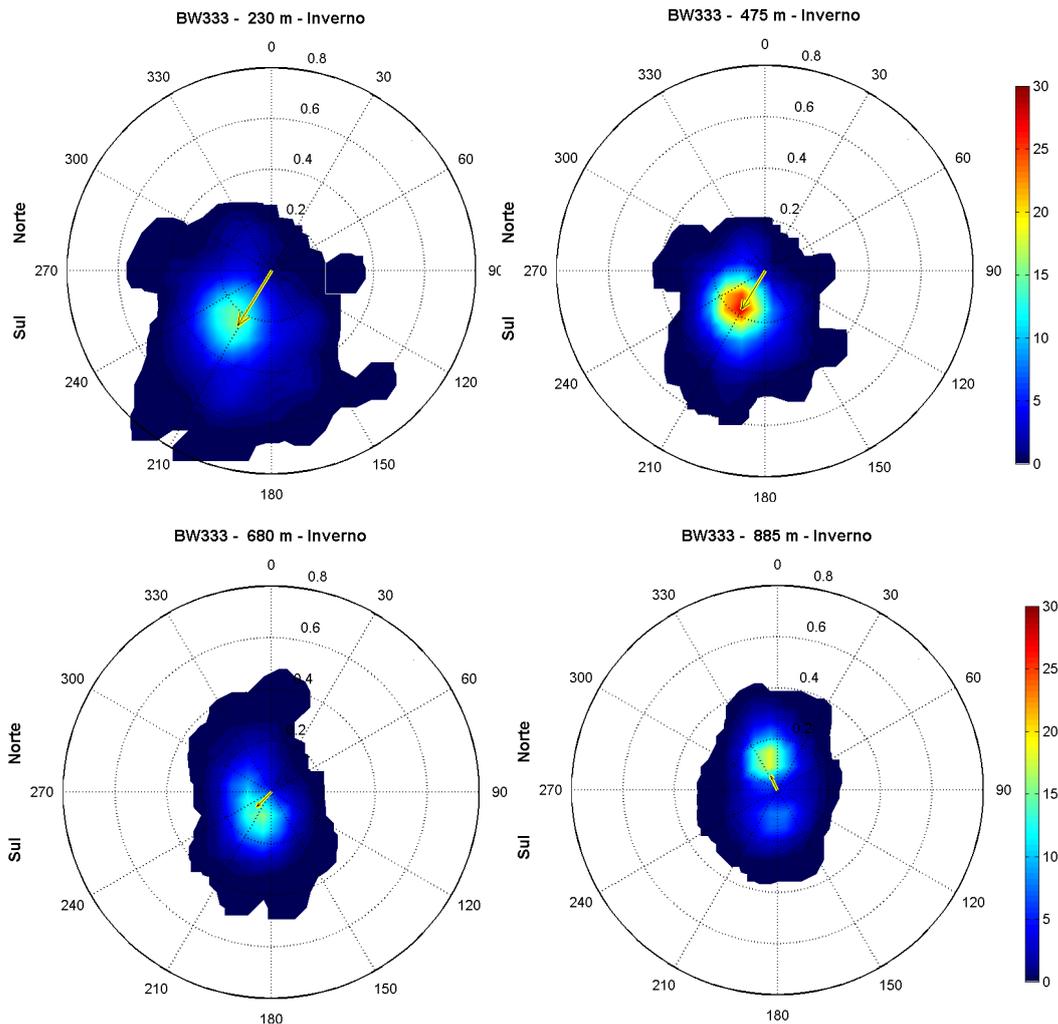
Fonte de dados: Fundeio WOCE BW333 (2013)

Figura II.5.1.6-73 – Diagramas de dispersão direcional para as correntes medidas pelo fundeio BW 333 do projeto WOCE – dados de verão. Superior esquerdo representa a profundidade de 230 m, superior direito 475 m, inferior esquerdo 680 m e inferior direito 885 m. As intensidades estão representadas pelas circunferências, com valor máximo de 1,0 m/s. A direção está representada pela variação radial (0 a 360°) – convenção vetorial. As cores representam a frequência (%) de ocorrência de acordo com a intensidade e direção. O vetor no centro de cada diagrama representa a velocidade média.



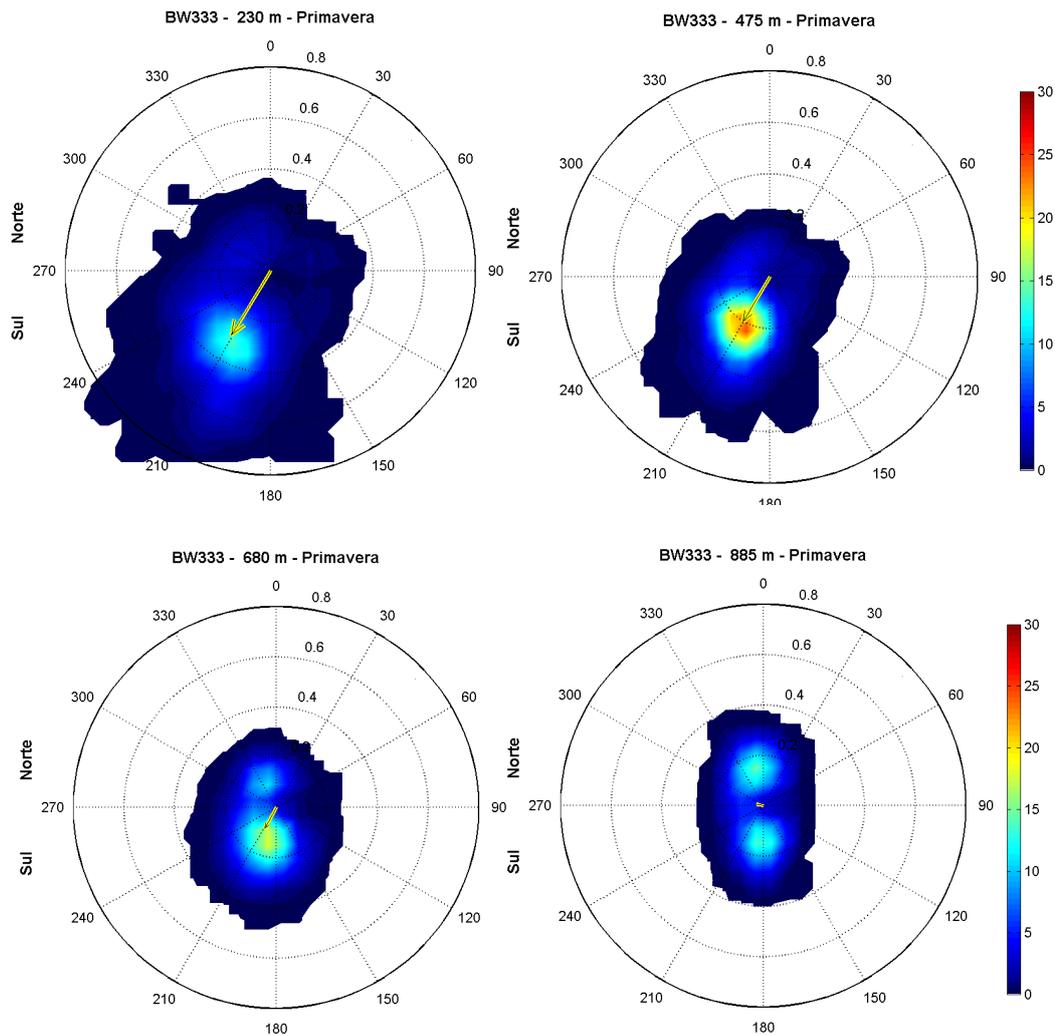
Fonte de dados: Fundeio WOCE BW333 (2013)

Figura II.5.1.6-74 – Diagramas de dispersão direcional para as correntes medidas pelo fundeio BW 333 do projeto WOCE – dados de outono. Superior esquerdo representa a profundidade de 230 m, superior direito 475 m, inferior esquerdo 680 m e inferior direito 885 m. As intensidades estão representadas pelas circunferências, com valor máximo de 1,0 m/s. A direção está representada pela variação radial (0 a 360°) – convenção vetorial. As cores representam a frequência (%) de ocorrência de acordo com a intensidade e direção. O vetor no centro de cada diagrama representa a velocidade média.



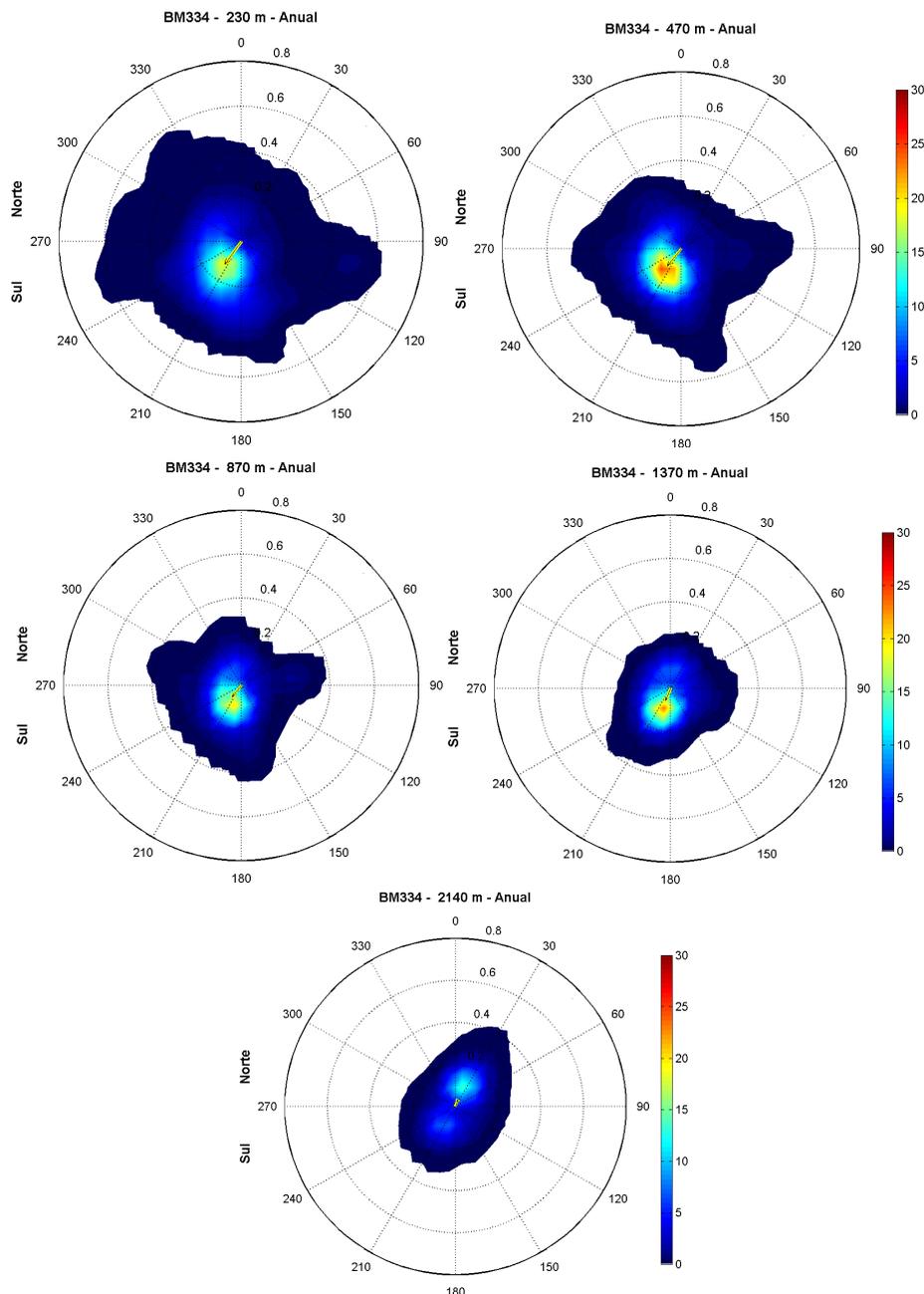
Fonte de dados: Fundeio WOCE BW333 (2013)

Figura II.5.1.6-75 – Diagramas de dispersão direcional para as correntes medidas pelo fundeio BW 333 do projeto WOCE – dados de inverno. Superior esquerdo representa a profundidade de 230 m, superior direito 475 m, inferior esquerdo 680 m e inferior direito 885 m. As intensidades estão representadas pelas circunferências, com valor máximo de 1,0 m/s. A direção está representada pela variação radial (0 a 360°) – convenção vetorial. As cores representam a frequência (%) de ocorrência de acordo com a intensidade e direção. O vetor no centro de cada diagrama representa a velocidade média.



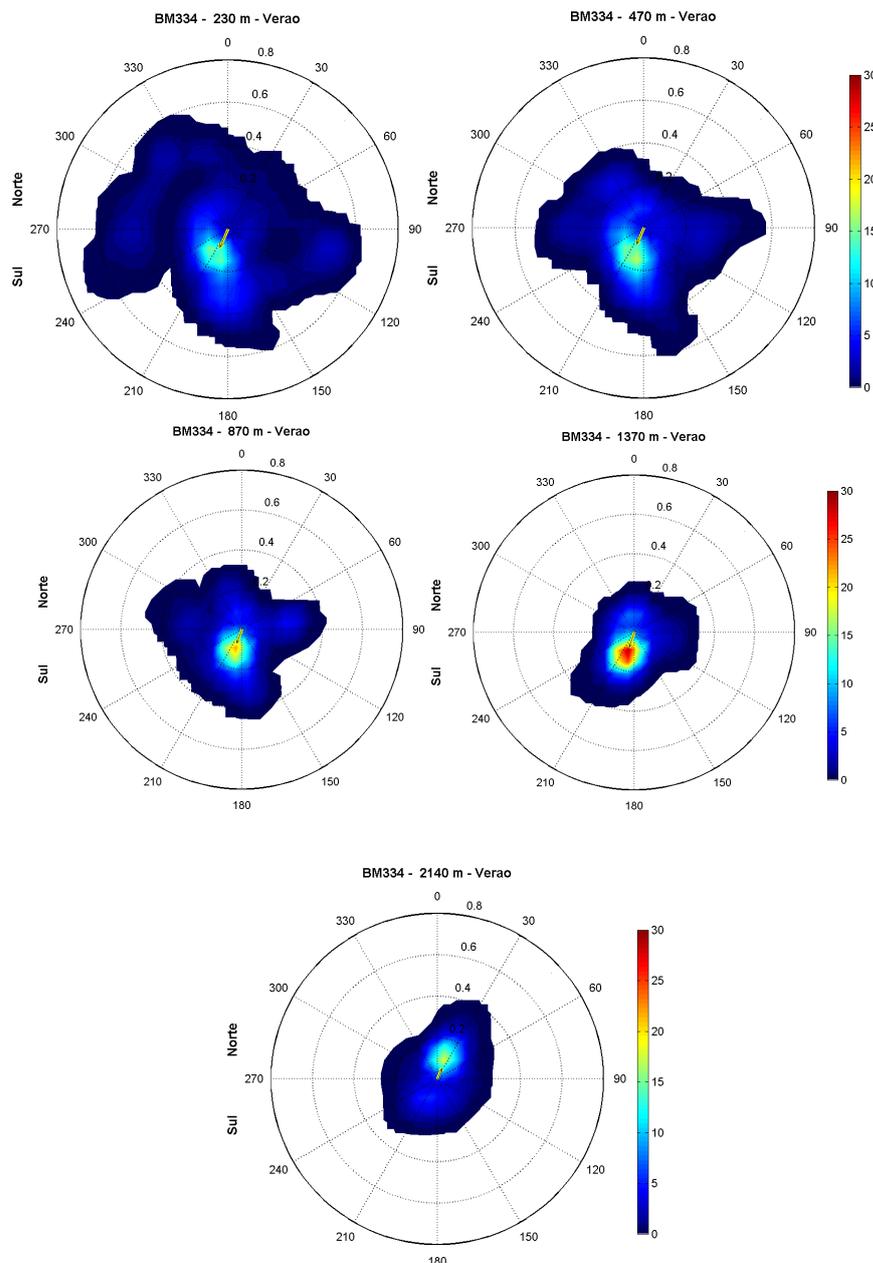
Fonte de dados: Fundeio WOCE BW333 (2013)

Figura II.5.1.6-76 – Diagramas de dispersão direcional para as correntes medidas pelo fundeio BW 333 do projeto WOCE – dados de primavera. Superior esquerdo representa a profundidade de 230 m, superior direito 475 m, inferior esquerdo 680 m e inferior direito 885 m. As intensidades estão representadas pelas circunferências, com valor máximo de 1,0 m/s. A direção está representada pela variação radial (0 a 360°) – convenção vetorial. As cores representam a frequência (%) de ocorrência de acordo com a intensidade e direção. O vetor no centro de cada diagrama representa a velocidade média.



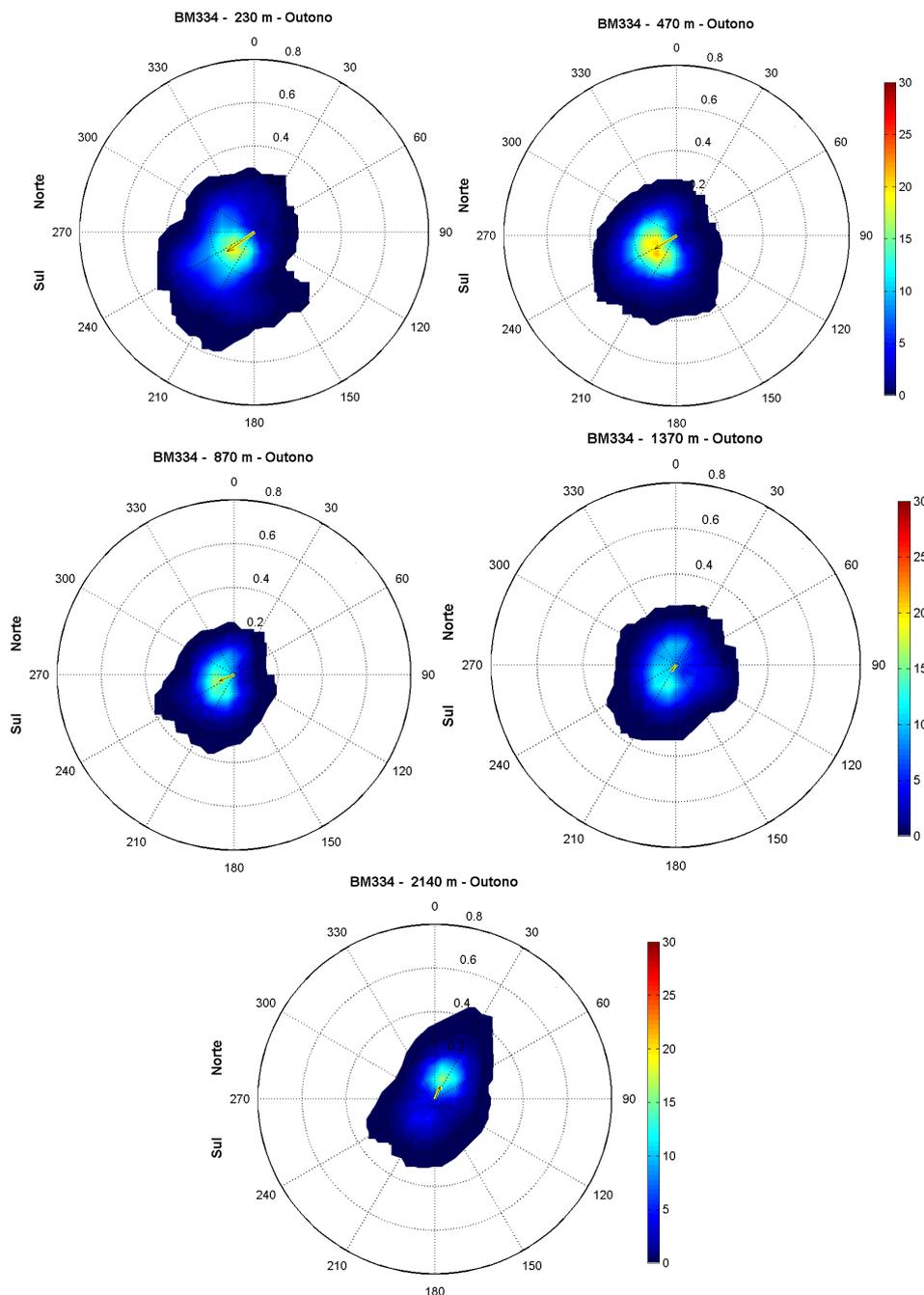
Fonte de dados: Fundeio WOCE BM334 (2013)

Figura II.5.1.6-77 – Diagramas de dispersão direcional para as correntes medidas pelo fundeio BM334 do projeto WOCE – dados totais. Superior esquerdo representa a profundidade de 230 m, superior direito 470 m, centro esquerdo 870 m, centro direito 1.370 m e inferior 2.140 m. As intensidades estão representadas pelas circunferências, com valor máximo de 1,0 m/s. A direção está representada pela variação radial (0 a 360°) – convenção vetorial. As cores representam a frequência (%) de ocorrência de acordo com a intensidade e direção. O vetor no centro de cada diagrama representa a velocidade média.



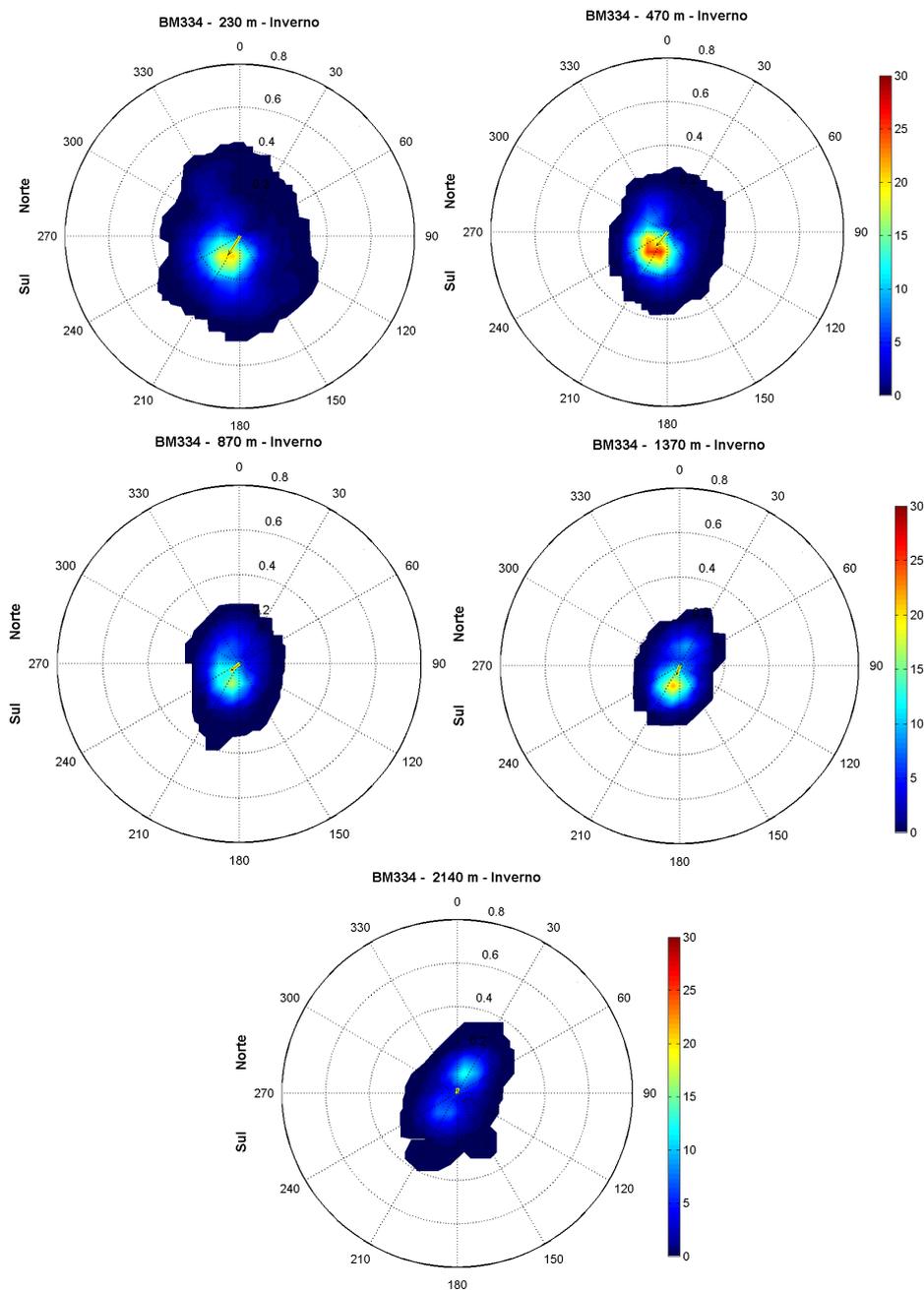
Fonte de dados: Fundeio WOCE BM334 (2013)

Figura II.5.1.6-78 – Diagramas de dispersão direcional para as correntes medidas pelo fundeio BM334 do projeto WOCE – dados de verão. Superior esquerdo representa a profundidade de 230 m, superior direito 470 m, centro esquerdo 870 m, centro direito 1.370 m e inferior 2.140 m. As intensidades estão representadas pelas circunferências, com valor máximo de 1,0 m/s. A direção está representada pela variação radial (0 a 360°) – convenção vetorial. As cores representam a frequência (%) de ocorrência de acordo com a intensidade e direção. O vetor no centro de cada diagrama representa a velocidade média.



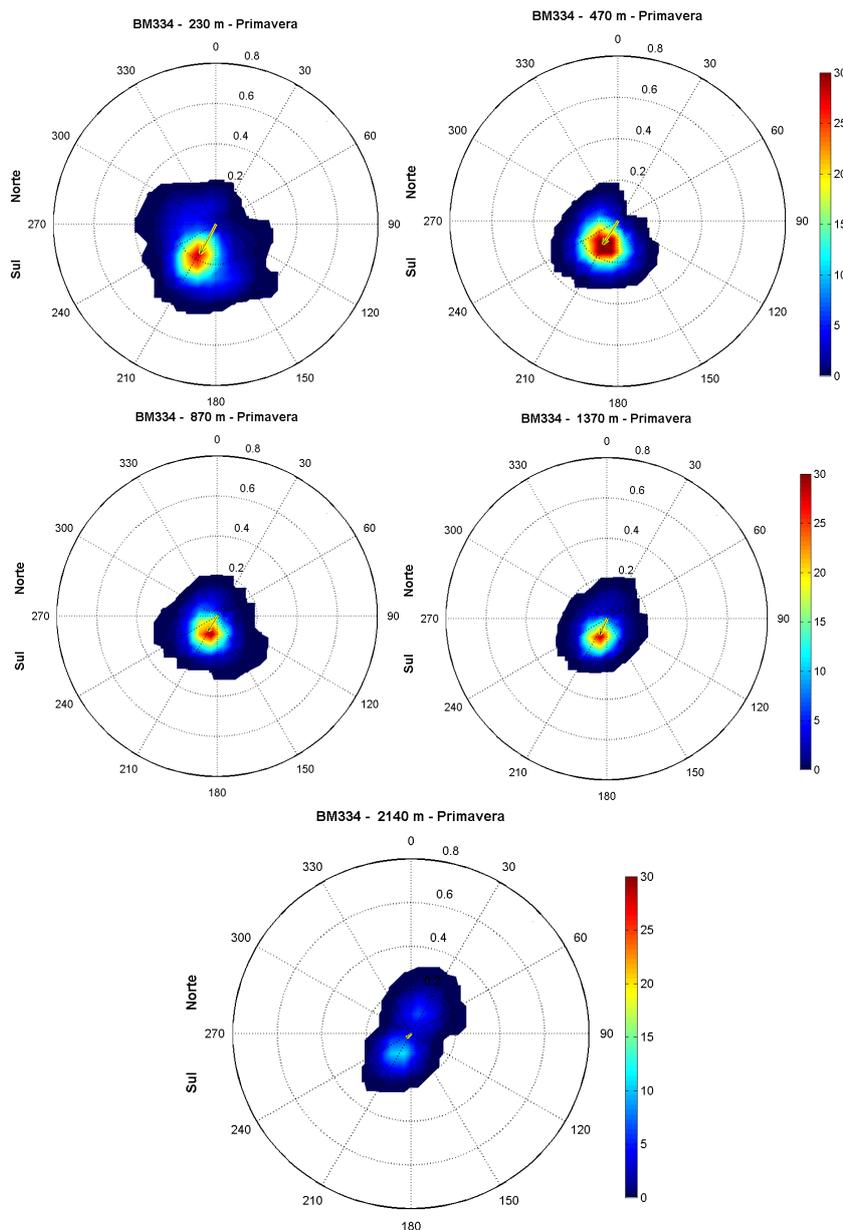
Fonte de dados: Fundeio WOCE BM334 (2013)

Figura II.5.1.6-79 – Diagramas de dispersão direcional para as correntes medidas pelo fundeio BM334 do projeto WOCE – dados de outono. Superior esquerdo representa a profundidade de 230 m, superior direito 470 m, centro esquerdo 870 m, centro direito 1.370 m e inferior 2.140 m. As intensidades estão representadas pelas circunferências, com valor máximo de 1,0 m/s. A direção está representada pela variação radial (0 a 360°) – convenção vetorial. As cores representam a frequência (%) de ocorrência de acordo com a intensidade e direção. O vetor no centro de cada diagrama representa a velocidade média.



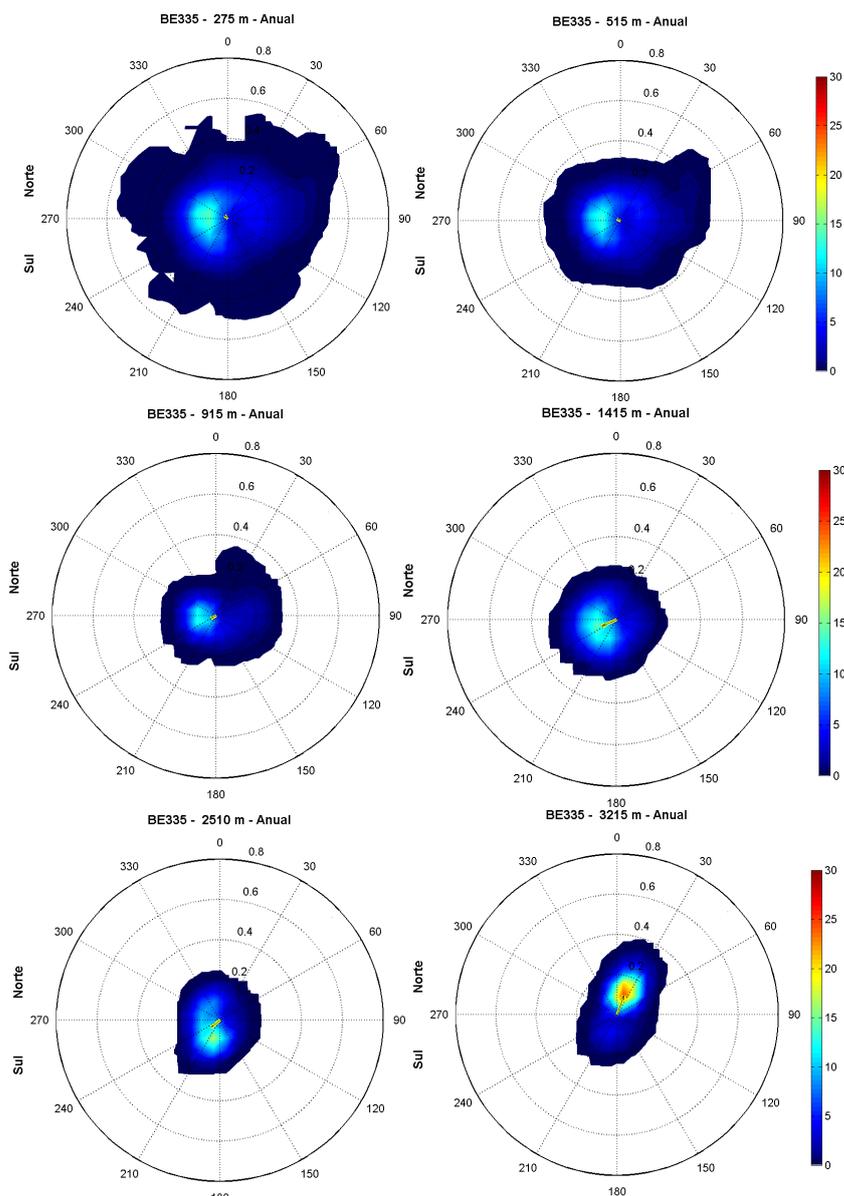
Fonte de dados: Fundeio WOCE BM334 (2013)

Figura II.5.1.6-80 – Diagramas de dispersão direcional para as correntes medidas pelo fundeio BM334 do projeto WOCE – dados de inverno. Superior esquerdo representa a profundidade de 230 m, superior direito 470 m, centro esquerdo 870 m, centro direito 1.370 m e inferior 2.140 m. As intensidades estão representadas pelas circunferências, com valor máximo de 1,0 m/s. A direção está representada pela variação radial (0 a 360°) – convenção vetorial. As cores representam a frequência (%) de ocorrência de acordo com a intensidade e direção. O vetor no centro de cada diagrama representa a velocidade média.



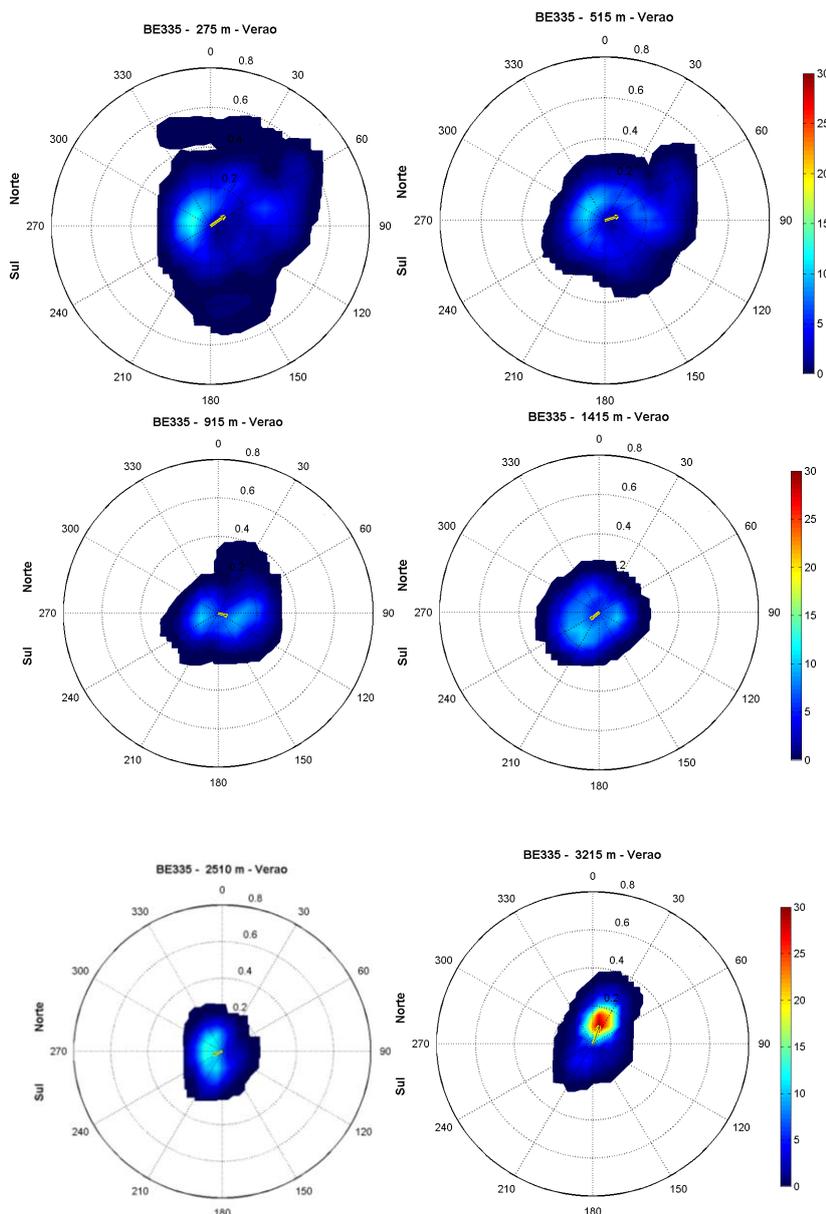
Fonte de dados: Fundeio WOCE BM334 (2013)

Figura II.5.1.6-81 – Diagramas de dispersão direcional para as correntes medidas pelo fundeio BM334 do projeto WOCE – dados de primavera. Superior esquerdo representa a profundidade de 230 m, superior direito 470 m, centro esquerdo 870 m, centro direito 1.370 m e inferior 2.140 m. As intensidades estão representadas pelas circunferências, com valor máximo de 1,0 m/s. A direção está representada pela variação radial (0 a 360°) – convenção vetorial. As cores representam a frequência (%) de ocorrência de acordo com a intensidade e direção. O vetor no centro de cada diagrama representa a velocidade média.



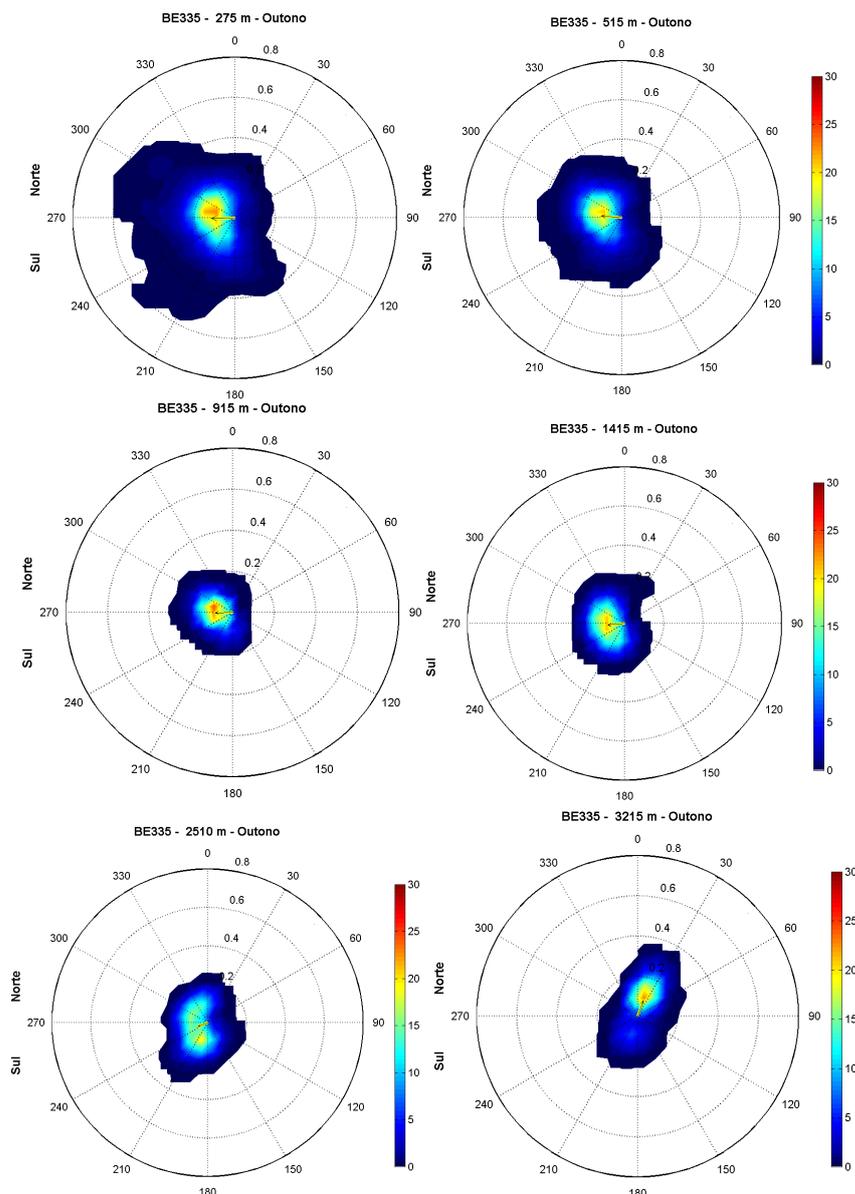
Fonte de dados: Fundeio WOCE BE335 (2013)

Figura II.5.1.6-82 – Diagramas de dispersão direcional para as correntes medidas pelo fundeio BE335 do projeto WOCE – dados totais. Superior esquerdo representa a profundidade de 275 m, superior direito 515 m, centro esquerdo 915 m, centro direito 1.415 m, inferior direito 2.510 m e inferior esquerdo 3.215 m. As intensidades estão representadas pelas circunferências, com valor máximo de 1,0 m/s. A direção está representada pela variação radial (0 a 360°) – convenção vetorial. As cores representam a frequência (%) de ocorrência de acordo com a intensidade e direção. O vetor no centro de cada diagrama representa a velocidade média.



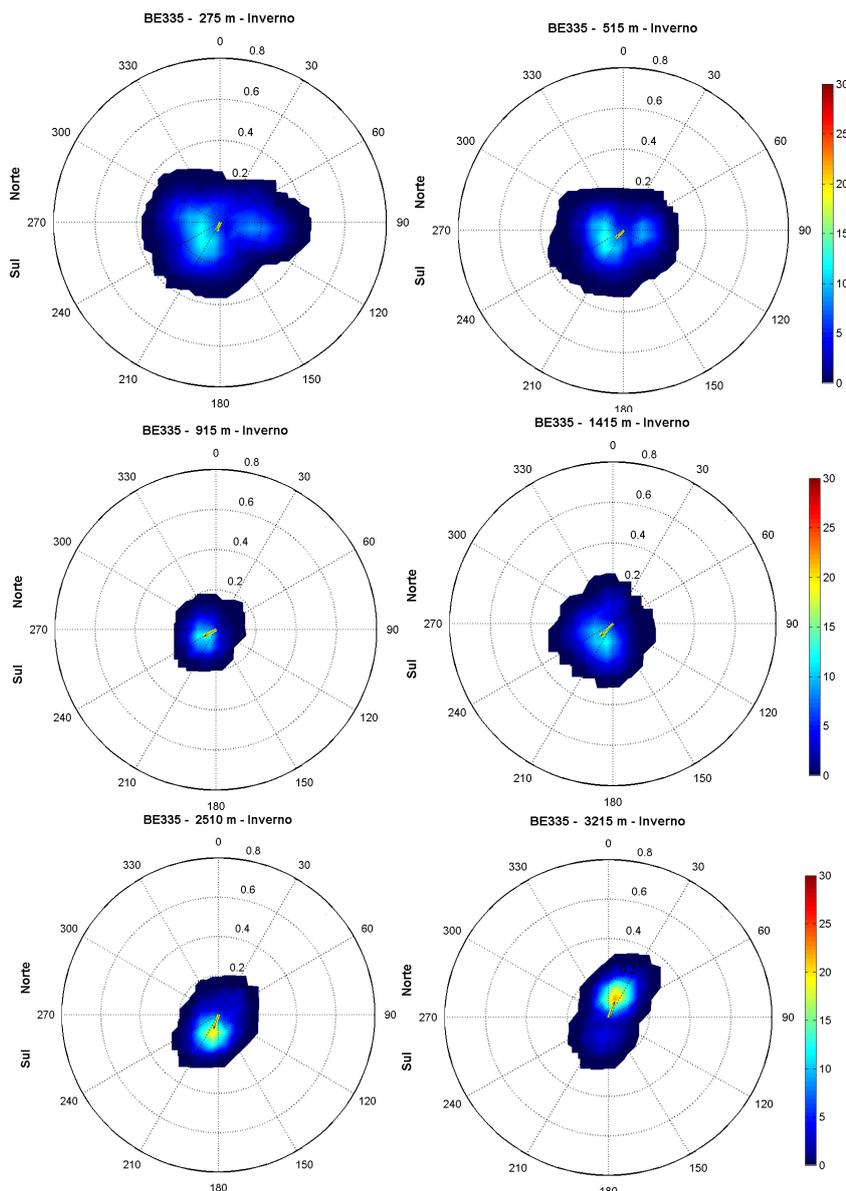
Fonte de dados: Fundeio WOCE BE335 (2013)

Figura II.5.1.6-83 – Diagramas de dispersão direcional para as correntes medidas pelo fundeio BE335 do projeto WOCE – dados de verão. Superior esquerdo representa a profundidade de 275 m, superior direito 515 m, centro esquerdo 915 m, centro direito 1.415 m, inferior direito 2.510 m e inferior esquerdo 3.215 m. As intensidades estão representadas pelas circunferências, com valor máximo de 1,0 m/s. A direção está representada pela variação radial (0 a 360°) – convenção vetorial. As cores representam a frequência (%) de ocorrência de acordo com a intensidade e direção. O vetor no centro de cada diagrama representa a velocidade média.



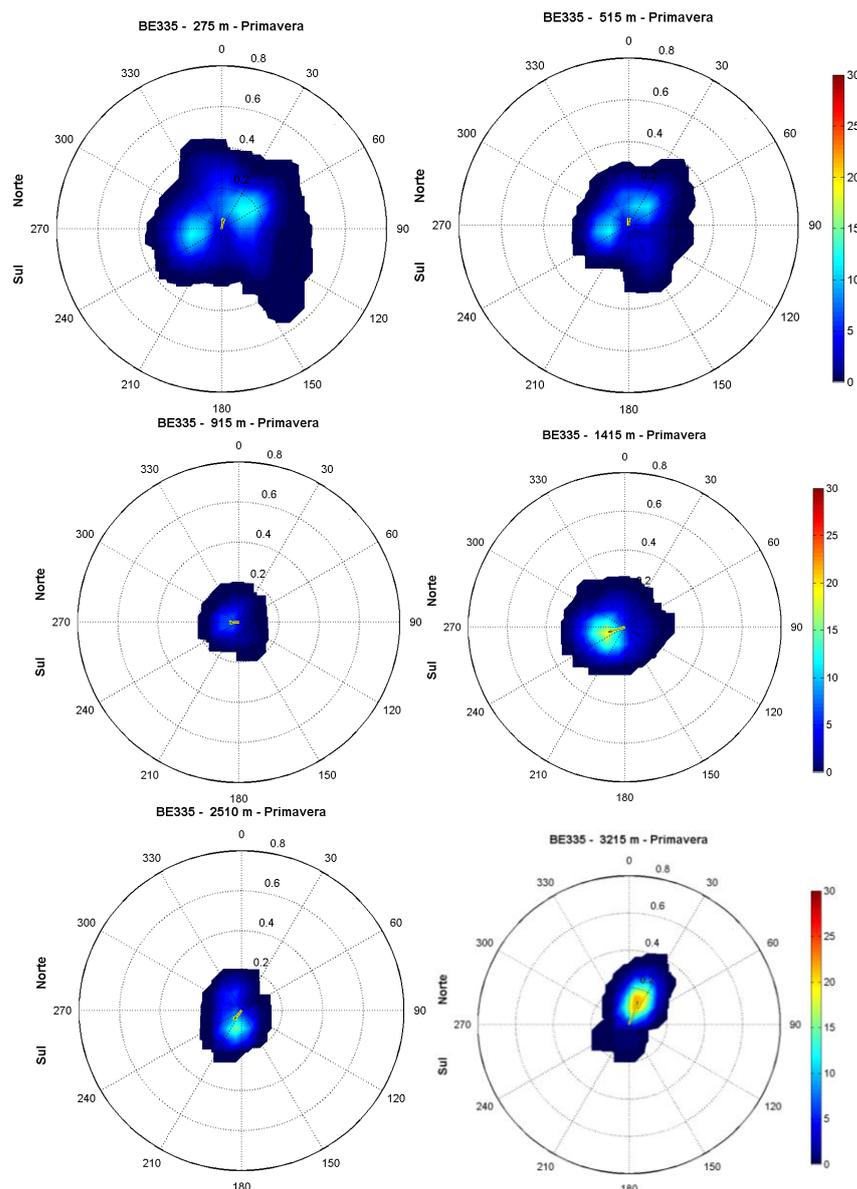
Fonte de dados: Fundeio WOCE BE335 (2013)

Figura II.5.1.6-84 – Diagramas de dispersão direcional para as correntes medidas pelo fundeio BE335 do projeto WOCE – dados de outono. Superior esquerdo representa a profundidade de 275 m, superior direito 515 m, centro esquerdo 915 m, centro direito 1.415 m, inferior direito 2.510 m e inferior esquerdo 3.215 m. As intensidades estão representadas pelas circunferências, com valor máximo de 1,0 m/s. A direção está representada pela variação radial (0 a 360°) – convenção vetorial. As cores representam a frequência (%) de ocorrência de acordo com a intensidade e direção. O vetor no centro de cada diagrama representa a velocidade média.



Fonte de dados: Fundeio WOCE BE335 (2013)

Figura II.5.1.6-85 – Diagramas de dispersão direcional para as correntes medidas pelo fundeio BE335 do projeto WOCE – dados de inverno. Superior esquerdo representa a profundidade de 275 m, superior direito 515 m, centro esquerdo 915 m, centro direito 1.415 m, inferior direito 2.510 m e inferior esquerdo 3.215 m. As intensidades estão representadas pelas circunferências, com valor máximo de 1,0 m/s. A direção está representada pela variação radial (0 a 360°) – convenção vetorial. As cores representam a frequência (%) de ocorrência de acordo com a intensidade e direção. O vetor no centro de cada diagrama representa a velocidade média.



Fonte de dados: Fundeio WOCE BE335 (2013)

Figura II.5.1.6-86 – Diagramas de dispersão direcional para as correntes medidas pelo fundeio BE335 do projeto WOCE – dados de primavera. Superior esquerdo representa a profundidade de 275 m, superior direito 515 m, centro esquerdo 915 m, centro direito 1.415 m, inferior direito 2.510 m e inferior esquerdo 3.215 m. As intensidades estão representadas pelas circunferências, com valor máximo de 1,0 m/s. A direção está representada pela variação radial (0 a 360°) – convenção vetorial. As cores representam a frequência (%) de ocorrência de acordo com a intensidade e direção. O vetor no centro de cada diagrama representa a velocidade média.

Em todas as distribuições direcionais apresentadas da **Figura II.5.1.6-72** até a **Figura II.5.1.6-86**, é possível identificar o fluxo predominantemente para Sudoeste nas camadas superiores, característico das descrições bibliográficas para a CB. As correntes nos níveis de 870 e 1370 m são predominantemente para S/SW, indicando o fluxo para Sul, caracterizando o transporte da AIA pela CB.

Nos dados do fundeio BW333 a 680 m, em todas as estações do ano, o fluxo é predominantemente para S/SW, caracterizando novamente o transporte da AIA pela CB. Nas distribuições direcionais fica evidente, também, o cisalhamento vertical sofrido pelas correntes, sendo que as maiores intensidades estão situadas nas camadas mais próximas à superfície.

Da **Tabela II.5.1.6-10** a **Tabela II.5.1.6-12** são sintetizados os resultados para as correntes mais frequentes, em cada um dos fundeios, em todas as profundidades e em período anual, em nos períodos sazonais.

Tabela II.5.1.6-10 – Características das correntes mais frequentes no fundeio BW333 do projeto WOCE, entre os anos de 1991 e 1992.

BW333									
Profundidade (m)	Direção	Média (m/s)	Desvio Padrão (m/s)	Máxima (m/s)	Profundidade (m)	Direção	Média (m/s)	Desvio Padrão (m/s)	Máxima (m/s)
Anual					Verao				
230 m	SW	0,21	0,09	0,64	230 m	SW	0,23	0,11	0,64
475 m	SW	0,21	0,09	0,64	475 m	SW	0,23	0,11	0,64
680 m	S	0,14	0,1	0,54	680 m	S	0,17	0,11	0,54
885 m	N	0,15	0,08	0,41	885 m	S	0,12	0,09	0,37
Outono					Inverno				
230 m	SW	0,18	0,09	0,42	230 m	SW	0,19	0,08	0,54
475 m	SW	0,18	0,09	0,42	475 m	SW	0,19	0,08	0,54
680 m	SW	0,1	0,08	0,37	680 m	SW	0,09	0,08	0,38
885 m	N	0,14	0,09	0,41	885 m	N	0,14	0,08	0,37
Primavera									
230 m	SW	0,24	0,09	0,6					
475 m	SW	0,24	0,09	0,6					
680 m	S	0,15	0,09	0,4					
885 m	S	0,13	0,08	0,34					

Fonte de dados: Fundeios WOCE BW333 (2013)

Tabela II.5.1.6-11 – Características das correntes mais frequentes no fundeio BM334 do projeto WOCE, entre os anos de 1991 e 1992.

BM334									
Profundidade (m)	Direção	Média (m/s)	Desvio Padrão (m/s)	Máxima (m/s)	Profundidade (m)	Direção	Média (m/s)	Desvio Padrão (m/s)	Máxima (m/s)
Anual					Verão				
230 m	SW	0,17	0,09	0,59	230 m	S	0,25	0,11	0,55
470 m	SW	0,13	0,07	0,4	470 m	S	0,21	0,1	0,53
870 m	SW	0,08	0,06	0,35	870 m	S	0,14	0,09	0,4
1370 m	S	0,08	0,06	0,32	1370 m	S	0,11	0,06	0,3
2140 m	N	0,07	0,06	0,35	2140 m	N	0,08	0,06	0,32
Outono					Inverno				
230 m	SW	0,19	0,11	0,53	230 m	SW	0,13	0,08	0,39
470 m	SW	0,14	0,08	0,4	470 m	SW	0,1	0,05	0,26
870 m	SW	0,07	0,06	0,29	870 m	S	0,06	0,06	0,36
1370 m	SW	0,07	0,06	0,31	1370 m	S	0,07	0,05	0,21
2140 m	NE	0,09	0,07	0,37	2140 m	N	0,05	0,05	0,32
Primavera									
230 m	SW	0,19	0,07	0,38					
470 m	SW	0,14	0,05	0,3					
870 m	SW	0,08	0,05	0,25					
1370 m	SW	0,07	0,05	0,23					
2140 m	SW	0,06	0,05	0,25					

Fonte de dados: Fundeios WOCE BM334 (2013)

Tabela II.5.1.6-12 – Características das correntes mais frequentes no fundeio BE335 do projeto WOCE, entre os anos de 1991 e 1992.

BE335									
Profundidade (m)	Direção	Média (m/s)	Desvio Padrão (m/s)	Máxima (m/s)	Profundidade (m)	Direção	Média (m/s)	Desvio Padrão (m/s)	Máxima (m/s)
Anual					Verao				
275 m	W	0,14	0,08	0,57	275 m	NE	0,29	0,13	0,57
515 m	W	0,09	0,07	0,37	515 m	E	0,24	0,08	0,41
915 m	W	0,05	0,04	0,23	915 m	SW	0,07	0,05	0,25
1415 m	SW	0,08	0,06	0,25	1415 m	SW	0,12	0,07	0,25
2510 m	SW	0,07	0,05	0,26	2510 m	NW	0,05	0,05	0,19
3215 m	N	0,09	0,07	0,33	3215 m	N	0,1	0,07	0,33
Outono					Inverno				
275 m	W	0,15	0,1	0,57	275 m	SW	0,14	0,07	0,3
515 m	W	0,11	0,07	0,37	515 m	SW	0,09	0,07	0,33
915 m	W	0,07	0,04	0,22	915 m	SW	0,05	0,03	0,15
1415 m	W	0,08	0,05	0,2	1415 m	SW	0,07	0,05	0,22
2510 m	SW	0,08	0,06	0,26	2510 m	SW	0,06	0,06	0,23
3215 m	N	0,08	0,07	0,31	3215 m	N	0,08	0,06	0,24
Primavera									
275 m	NE	0,16	0,07	0,42					
515 m	NE	0,09	0,07	0,31					
915 m	W	0,04	0,03	0,11					
1415 m	SWW	29,7	0,08	0,1					
2510 m	NW	0,03	0,03	0,15					
3215 m	N	0,09	0,07	0,31					

Fonte de dados: Fundeios WOCE BE335 (2013)

Dos resultados apresentados na sa **Tabela II.5.1.6-10** a **Tabela II.5.1.6-12**, conclui-se que as camadas superiores apresentam direção média para Sul-Sudoeste, enquanto que na camada mais profunda, o fluxo é inverso (Norte).

Além das descrições sobre as correntes médias na região dos empreendimentos, é importante caracterizar como ocorre a variabilidade destas. Sobre o TC e no OP, onde ocorre o domínio do sistema CB, são desenvolvidos estudos que descrevem a variação geográfica da CB.

Silveira (2007) apresentou, a partir da digitalização de imagens satelitais de temperatura do oceano (AVHRR), a localização da borda mais interna da CB no TC da área de estudo. A representação das frentes termais entre os anos de 1993 e 2001 pode ser observada na **Figura II.5.1.6-87**. A localização média

desta borda interna, proveniente do mesmo estudo de Silveira (2007), é apresentada na **Figura II.5.1.6-88**.

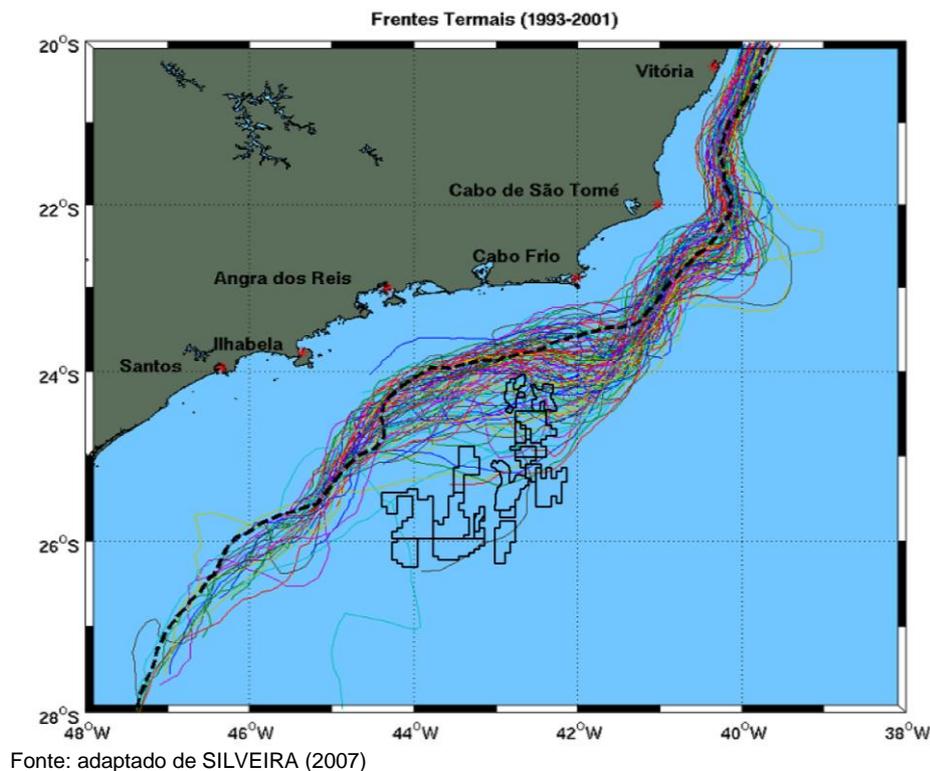


Figura II.5.1.6-87 – Borda interna da CB para o período entre 1993 e 2001 na região Sudeste do Brasil. A linha tracejada representa a isóbata de 200 m. Os polígonos com bordas pretas indicam os blocos do Pré-Sal.

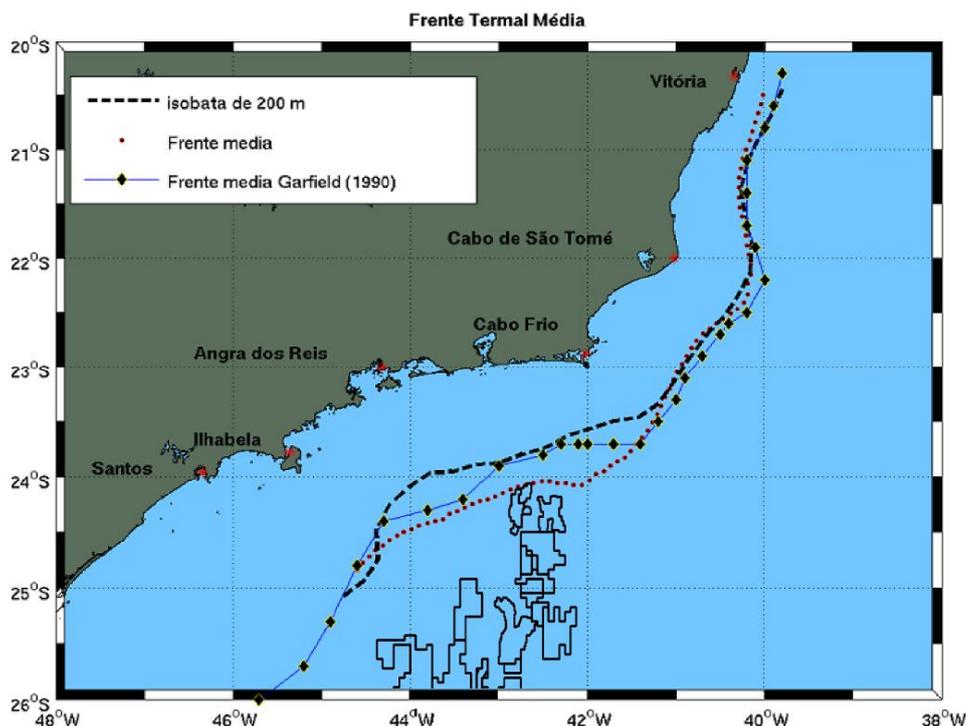


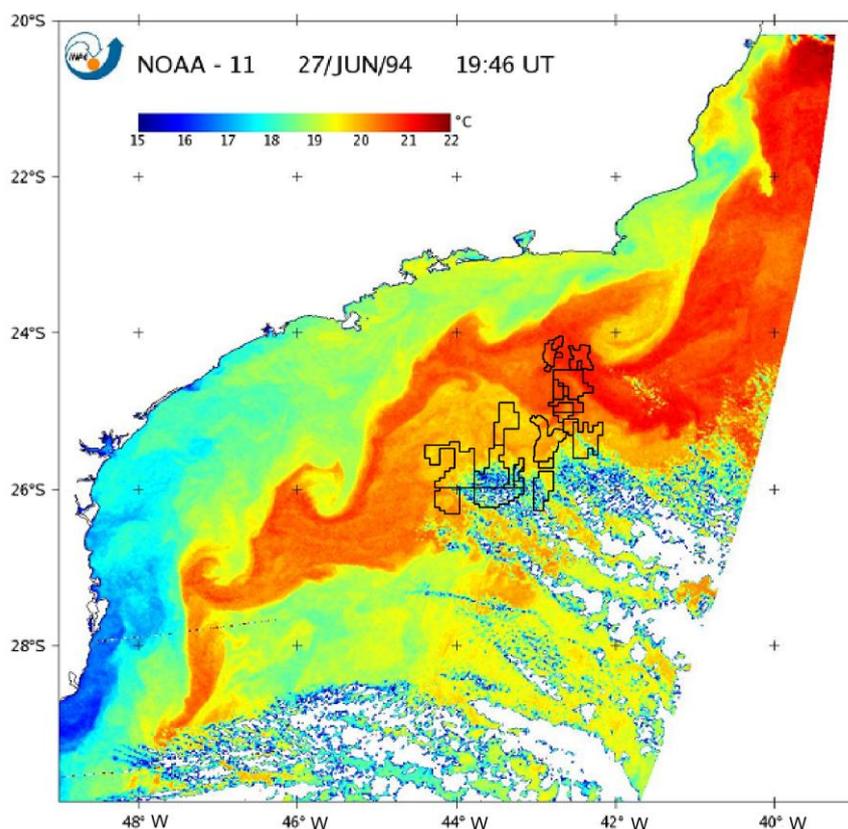
Figura II.5.1.6-88 – A linha tracejada vermelha indica a borda interna média da CB, entre 1993 e 2001, obtida por Silveira (2007). A linha tracejada preta indica a isóbata de 200 m. A linha tracejada azul com pontos pretos indica a borda interna da CB obtida por Garfield (1990). Os polígonos com bordas pretas indicam os blocos do Pré-Sal.

A partir da comparação entre a **Figura II.5.1.6-87** e **Figura II.5.1.6-88**, é possível identificar o padrão de variabilidade geográfica da borda interna da CB. Esta variabilidade é importante, pois, como descrito anteriormente, os padrões de correntes são diferentes sobre o sistema CB e sobre a PC. Nestas figuras é possível concluir que a CB encontra-se muitas vezes em sua totalidade sobre os blocos do Pré-Sal, principalmente os localizados mais ao Norte.

Outra característica importante sobre a variabilidade da CB está associada ao surgimento de meandros e vórtices. Meandros são composições de vórtices com um escoamento básico, sendo que vórtices são estruturas que se comportam aproximadamente como um corpo sólido em rotação. A CB representa o escoamento junto à borda Oeste do giro subtropical do Atlântico Sul, sendo, portanto, uma Corrente de Contorno Oeste - CCO, que é caracterizada como sendo um escoamento intenso. A CB exibe intensa atividade vinculada à ocorrência de meandros e vórtices, a variabilidade temporal destes

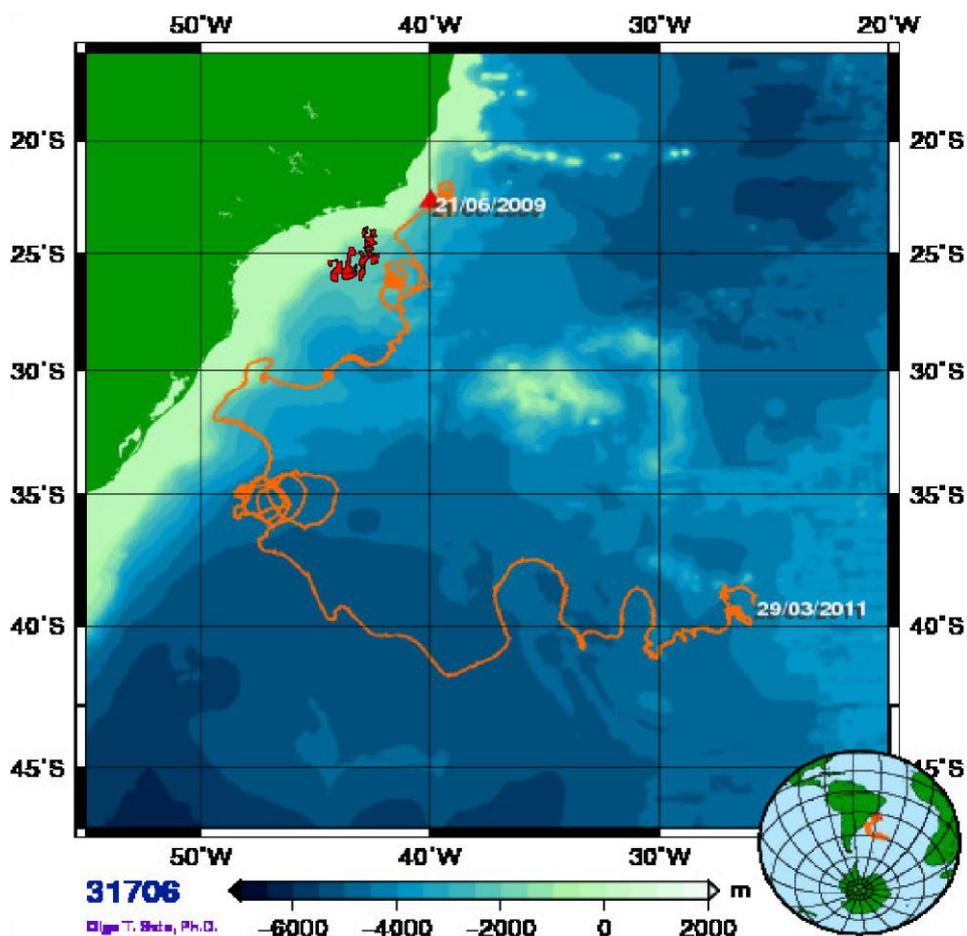
fenômenos é da ordem de semanas ou meses e a escala espacial varia de dezenas a algumas centenas de quilômetros.

Esses vórtices e meandros podem ser observados através de imagens satelitais de temperatura da superfície do mar, e um exemplo desta formação pode ser observado na **Figura II.5.1.6-89**. Outra forma de visualização é através da deriva de boias oceanográficas. A **Figura II.5.1.6-90** mostra a trajetória de uma boia de deriva do Projeto Nacional de Boias (PNBOIA), lançada no dia 21/06/2009 em região ao Norte da região dos empreendimentos. Nota-se o intenso movimento circular em sua trajetória, característico da ocorrência de meandramento e vórtices.



Fonte: adaptado de MATTOS (2006)

Figura II.5.1.6-89 – Temperatura da superfície do mar (TSM-AVHRR), em 27 de junho de 1994, ao longo do Sudeste brasileiro. As águas mais quentes, associada à frente térmica da CB, evidenciam seu padrão meandrante. Os blocos do Pré-Sal estão demarcados com contornos pretos.

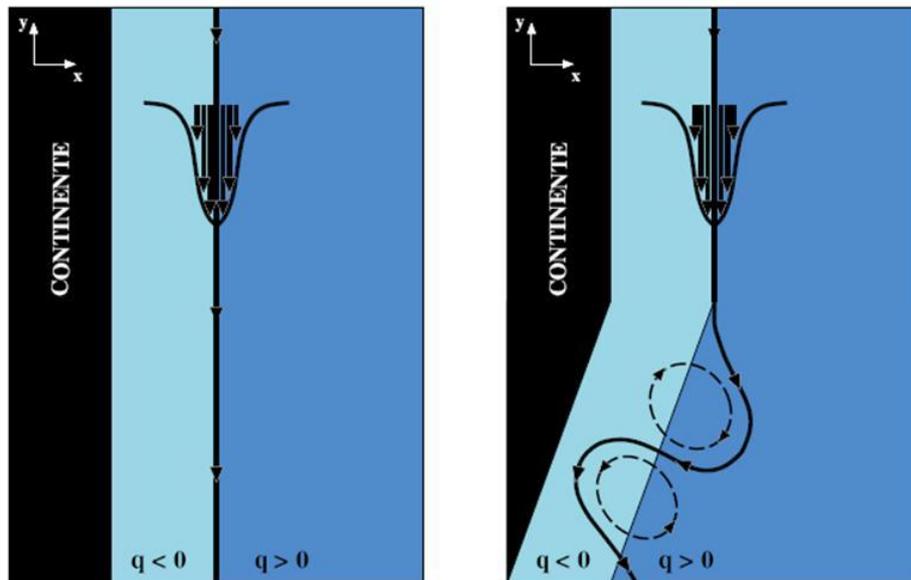


Fonte: adaptado de GOOS-Brasil (2011)

Figura II.5.1.6-90 – Trajetória (linha laranja) de boia oceanográfica lançada pelo Projeto Nacional de Boias (PNBOIA) em 2 de junho de 2009, em região próxima aos empreendimentos (blocos em vermelho). As cores representam a profundidade, de acordo com a escala graduada.

Uma das hipóteses mais clássicas que explica a formação de vórtices na CB é encontrada em Campos *et al.* (1995), demonstrada na **Figura II.5.1.6-91**. Estes autores especularam que o meandro ciclônico ao largo de Cabo Frio (22°S) é causado primariamente pela abrupta mudança da orientação da linha de costa na região. Estes autores mencionam que, quando a costa Sudeste muda de direção (relativamente à direção Norte-Sul) em torno de Cabo Frio, o fluxo da CB, antes centrado na isóbata de 1.000 m, por inércia, atinge regiões mais profundas do talude continental. Como consequência, há um estiramento da coluna de água e a CB adquire vorticidade ciclônica. Ao entrar na Bacia de Santos, a CB tenta se realinhar à isóbata de 1.000 m, atingindo regiões mais

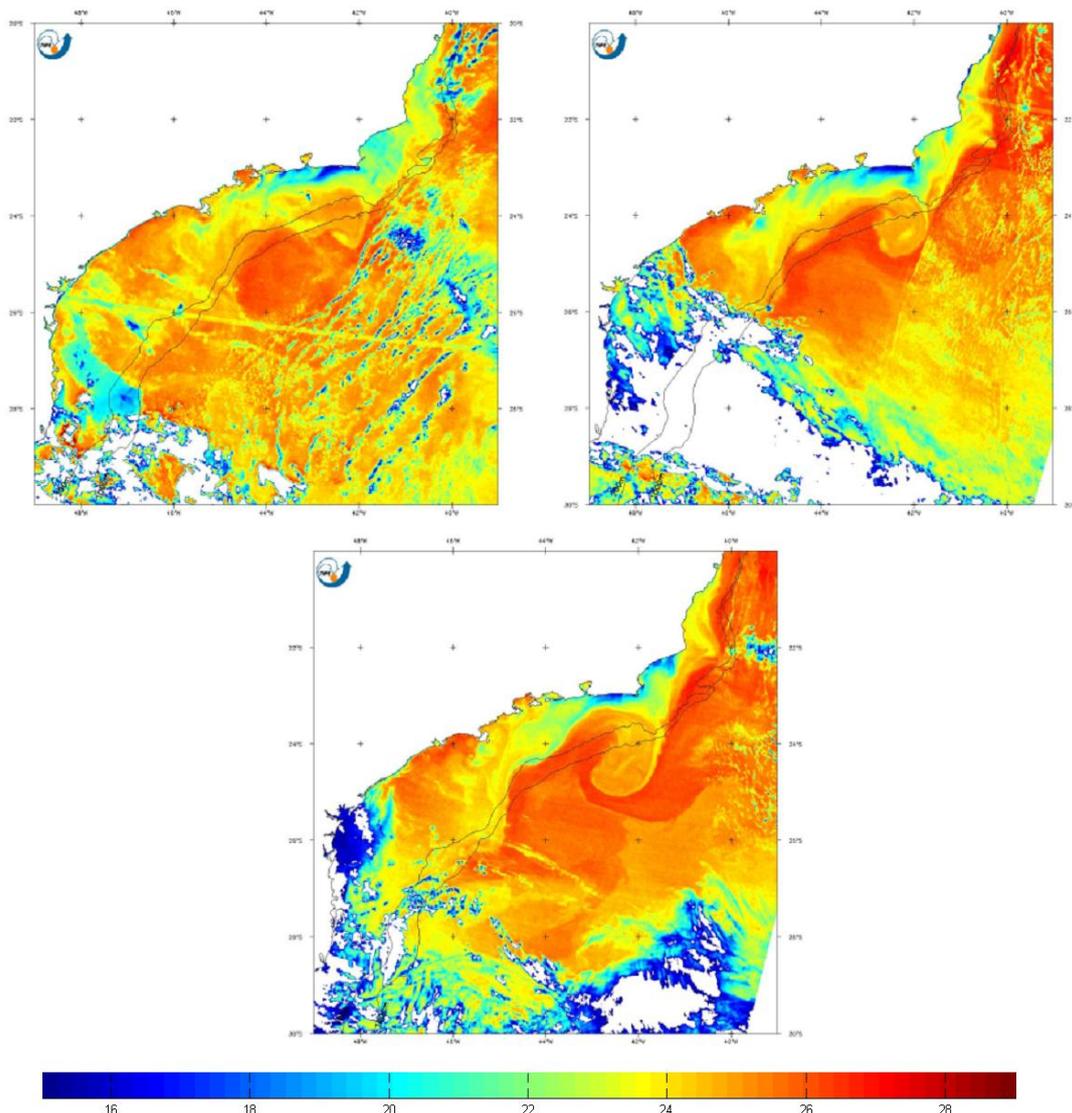
rasas e ganhando vorticidade anticiclônica. O resultado desses sucessivos estiramentos e compressões da coluna de água seria de uma onda de Rossby topográfica superposta ao fluxo básico, o qual é representado pela CB. Essa onda de Rossby topográfica representa os meandros e vórtices formados ao longo da CB nesta região.



Fonte: CAMPOS et al. (1995).

Figura II.5.1.6-91 – Esquema da hipótese de Campos et al. (1995) para a ocorrência de meandramento da CB. O painel esquerdo apresenta a costa orientada na mesma direção do fluxo básico, não propiciando a formação de meandros. O painel direito mostra a mudança brusca de direção da linha de costa, propiciando a ocorrência de meandros. A referência $q > 0$ ($q < 0$) indica regiões em que a corrente adquire vorticidade ciclônica (anticiclônica).

A **Figura II.5.1.6-92** mostra o crescimento de um vórtice, na área de estudo, entre os dias 12 e 26/04/2002.



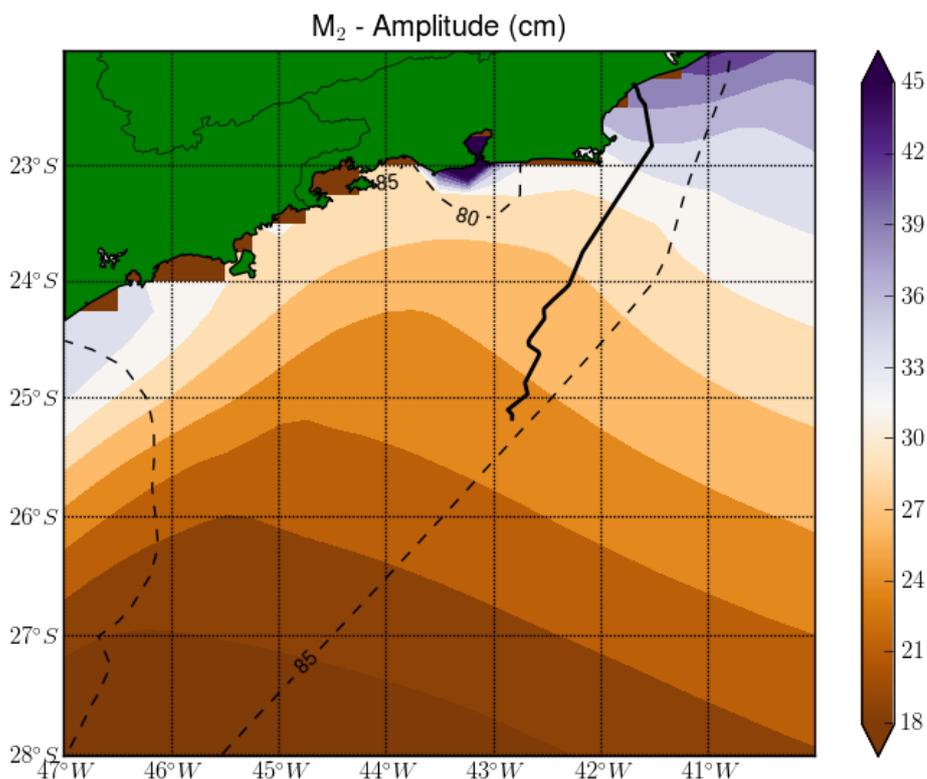
Fonte: adaptado de SILVEIRA (2007)

Figura II.5.1.6-92 – *Imagens AVHRR da região dos empreendimentos. O painel superior esquerdo mostra a temperatura superficial da água do mar no dia 12/04/2002. O painel superior direito mostra o dia 18/04/2002 e o inferior, o dia 26/04/2002. Os valores de temperatura variam entre 15°C e 29°C, sendo que as cores frias (quentes) representam os menores (maiores) valores.*

Nível do Mar

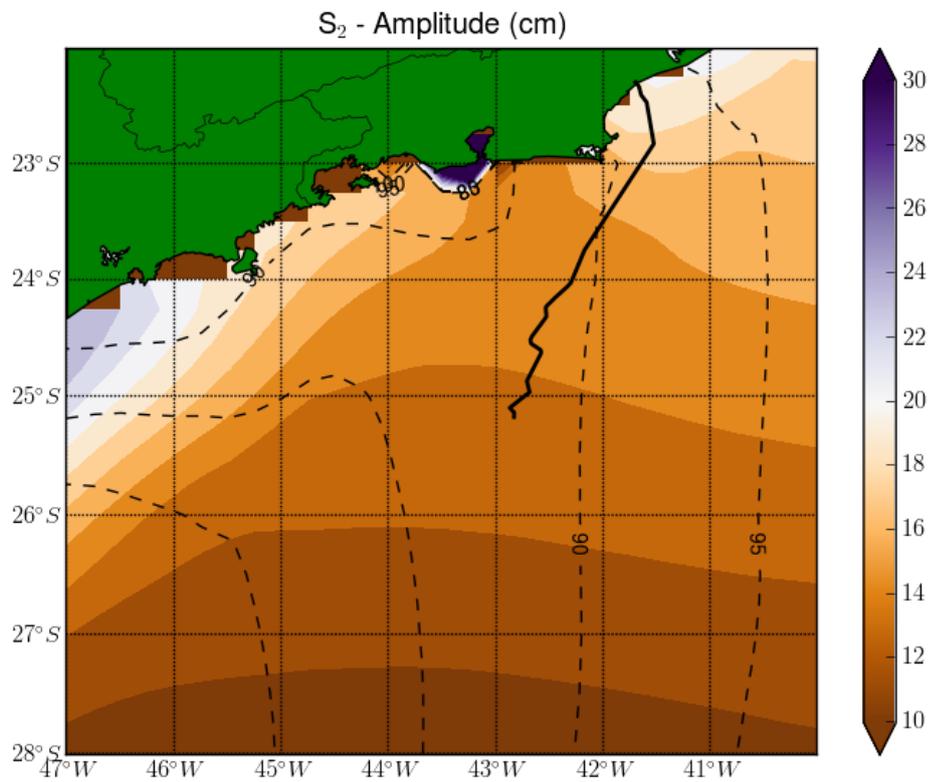
Para a avaliação do nível do mar no TC e OP da área de estudo, são apresentadas da **Figura II.5.1.6-93** até a **Figura II.5.1.6-96**, que se constituem de mapas co-tidais (elevação e fase) das quatro principais componentes

astronômicas, provenientes do modelo global inverso TPXO 7.2 (EUROFEEVA *et al.*, 2002), que calcula as amplitudes e fases das componentes de maré através das medições de altimetria por satélites. As fases são referentes ao meridiano 43°W.



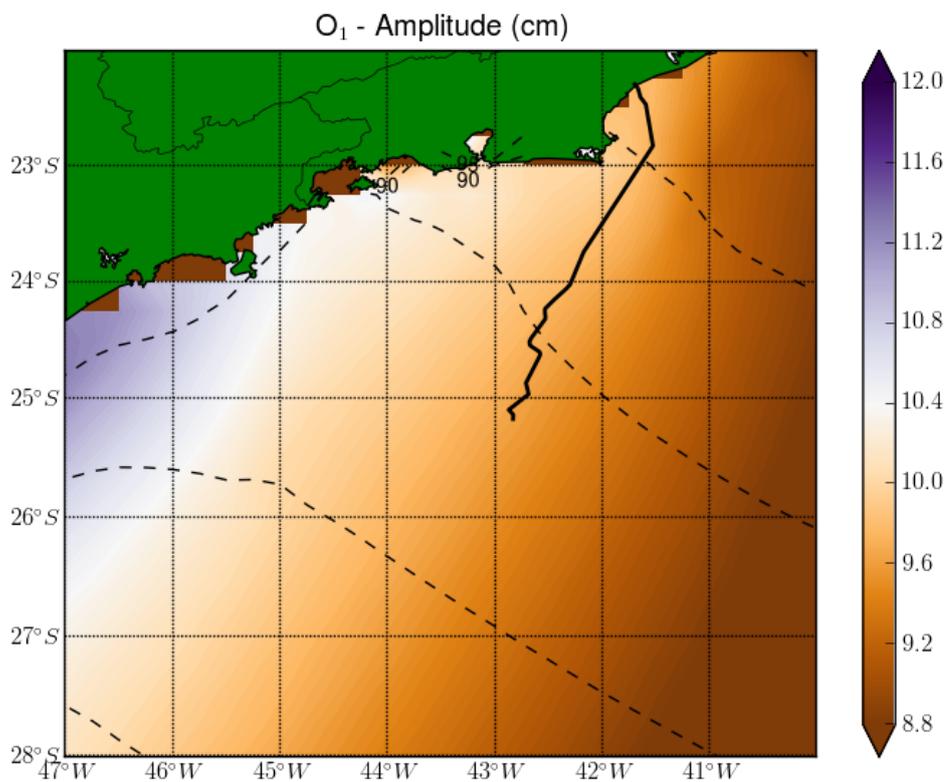
Fonte de dados: Eurofееva *et al.* (2002).

Figura II.5.1.6-93 – Mapa co-tidal da componente astronômica M_2 . As cores indicam a amplitude, e as linhas pretas, as fases, em graus, relativas ao meridiano de 43°W.



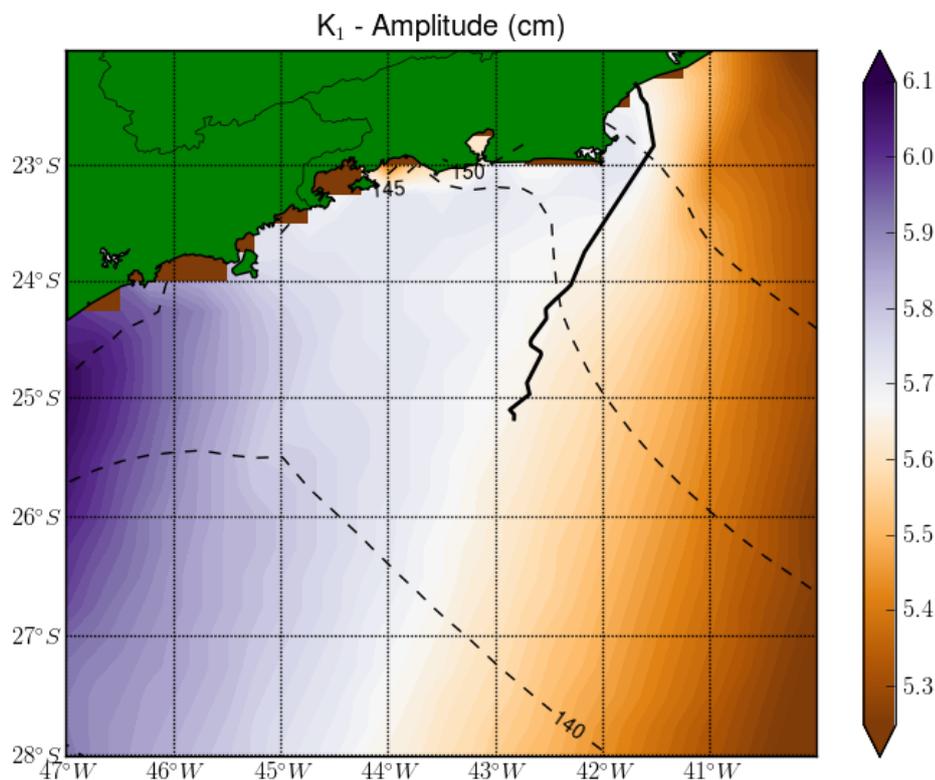
Fonte de dados: Eurofeeva *et al.* (2002).

Figura II.5.1.6-94 – Mapa co-tidal da componente astronômica S_2 .
As cores indicam a amplitude, e as linhas pretas, as fases, em graus, relativas ao meridiano de 43°W.



Fonte de dados: Eurofeeva *et al.* (2002).

Figura II.5.1.6-95 – Mapa co-tidal da componente astronômica O₁. As cores indicam a amplitude, e as linhas pretas, as fases, em graus, relativas ao meridiano de 43°W.



Fonte de dados: Eurofeeva *et al.* (2002).

Figura II.5.1.6-96 – Mapa co-tidal da componente astronômica K_1 . As cores indicam a amplitude, e as linhas pretas, as fases, em graus, relativas ao meridiano de $43^\circ W$.

De acordo com a **Figura II.5.1.6-93** a **Figura II.5.1.6-96**, observa-se que, na região oceânica, as amplitudes não variam horizontalmente de forma significativa. A componente M_2 varia desde 21 a 27 cm com fase de 85° , enquanto que a componente S_2 oscila entre 12 e 16 cm, com fase entre 85° e 90° na região dos empreendimentos. Para as componentes diurnas, O_1 e K_1 , as variações sobre a referida região são de 9,2 a 10 cm com $80-85^\circ$ de fase e 5,5 a 5,8 cm com $140-145^\circ$ de fase.

Comparando estes valores com a análise harmônica para região costeira, especificamente para o Porto do Rio de Janeiro (**Figura II.5.1.6-18**), observa-se que, em especial, as duas principais componentes semidiurnas (M_2 e K_2) sofrem amplificação na costa (estação costeira) quando comparadas aos valores de

oceano aberto. As fases são similares entre o oceano profundo e a estação costeira do Porto do Rio de Janeiro.

D) Regime de Ondas

As ondas presentes em um determinado local, próximo à costa ou em mar aberto, podem ser classificadas em vagas e marulho (CANDELLA, 1997). Vagas (em inglês *wind-sea*) são ondas localizadas na zona de geração, ou seja, estão em processo de formação, recebendo energia do vento. O marulho (em inglês *swell*) é composto por ondas que se propagaram para fora da zona de geração (CANDELLA, 1997).

As maiores ondas que atingem a costa Sul-Sudeste brasileira, onde se encontra a área de estudo, são do tipo marulho com direções entre SW e SE, e as principais zonas de geração estão nas tempestades ocorridas entre os paralelos 35°S e 55°S (FREIRE, 1960). Porém, é possível que ocorram algumas ondas de amplitudes significativas vindas do quadrante Nordeste (SEIXAS, 1997).

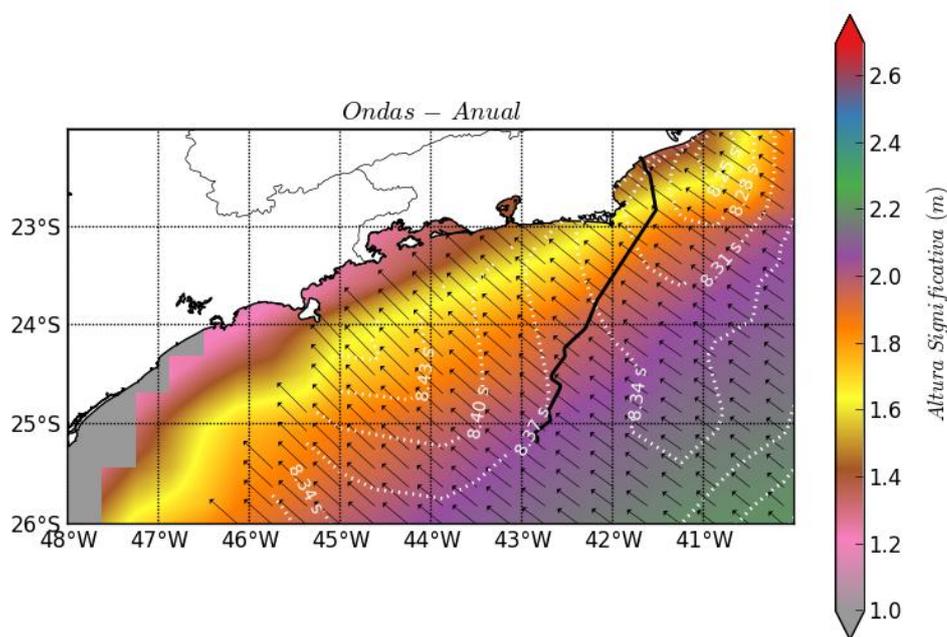
Pinho (2003) propõe a classificação do estado de mar na Bacia de Campos de acordo com os sistemas meteorológicos que dominam a circulação dos ventos em cada situação. Estes cenários podem ser estendidos para a Bacia de Santos, por estar sujeita, na maior parte do tempo, aos mesmos padrões atmosféricos. São basicamente três situações:

- a) Situação de Bom Tempo: ondulações de N, NE e E (principalmente NE), com ASAS dominante;
- b) Situação de Mau Tempo de SW: ondulações de SW e S em que há a passagem de frente fria seguida de um ciclone extratropical;
- c) Situação de Mau Tempo de SE: após a passagem de uma frente fria, um anticiclone polar domina a circulação na região.

Para a caracterização do regime de ondas na área de estudo foram utilizados dados do modelo global *WaveWatch III* (TOLMAN, 2002), desenvolvido pelo *Marine Modeling and Analysis Branch/ Environmental Modeling Center* do NCEP, com resolução espacial de 1° e temporal de 8 h, com rodadas disponibilizadas pelo próprio centro.

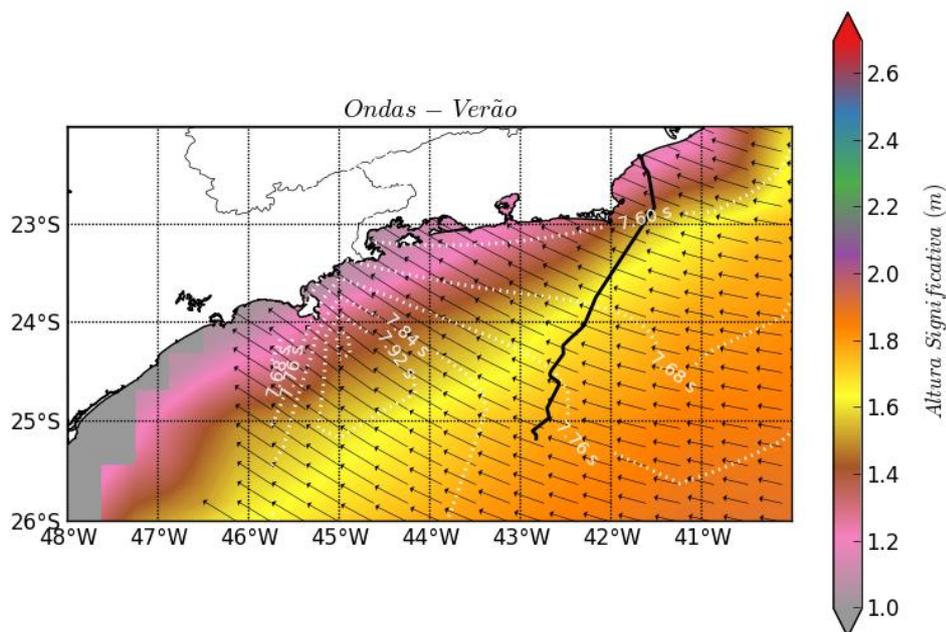
Foram utilizados dados de janeiro de 1997 a dezembro de 2009 e analisadas distribuições horizontais médias de direção, altura significativa e período de pico para a área de estudo. Além disto, também foi analisada uma série temporal gerada na área de estudo, nas proximidades dos blocos do Pré-Sal, na coordenada 24°S, 42°W, que pode ser observada na **Figura II.5.1.6-1**.

Da **Figura II.5.1.6-97** até a **Figura II.5.1.6-101** mostra-se o campo de altura significativa, período de pico e direção de onda para a área de estudo em médias anual, de verão, outono, inverno e primavera.



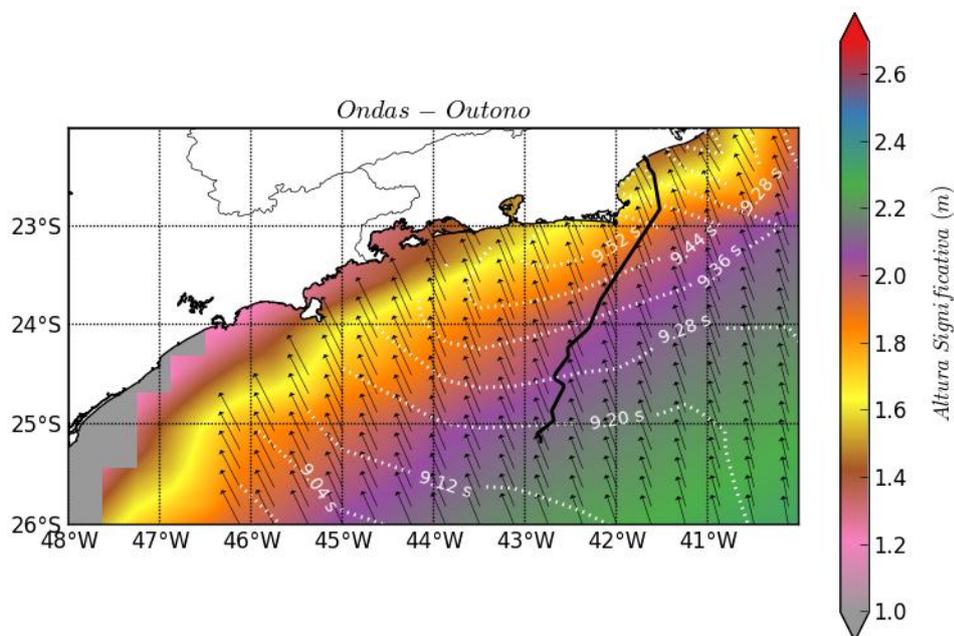
Fonte de dados: WaveWatch III Global (1997-2009).

Figura II.5.1.6-97 – *Altura significativa (escala de cores), período de pico (isolinha branca - s) e direção de onda (vetores) - média anual.*



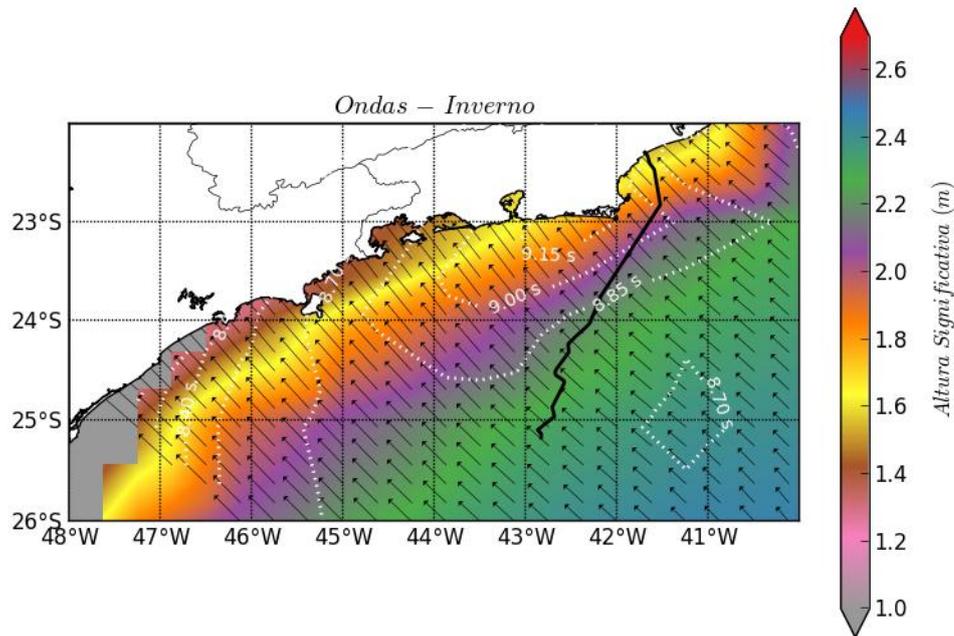
Fonte de dados: WaveWatch III Global (1997-2009).

Figura II.5.1.6-98 – Altura significativa (escala de cores), período de pico (isolinha branca - s) e direção de onda (vetores) - média de verão.



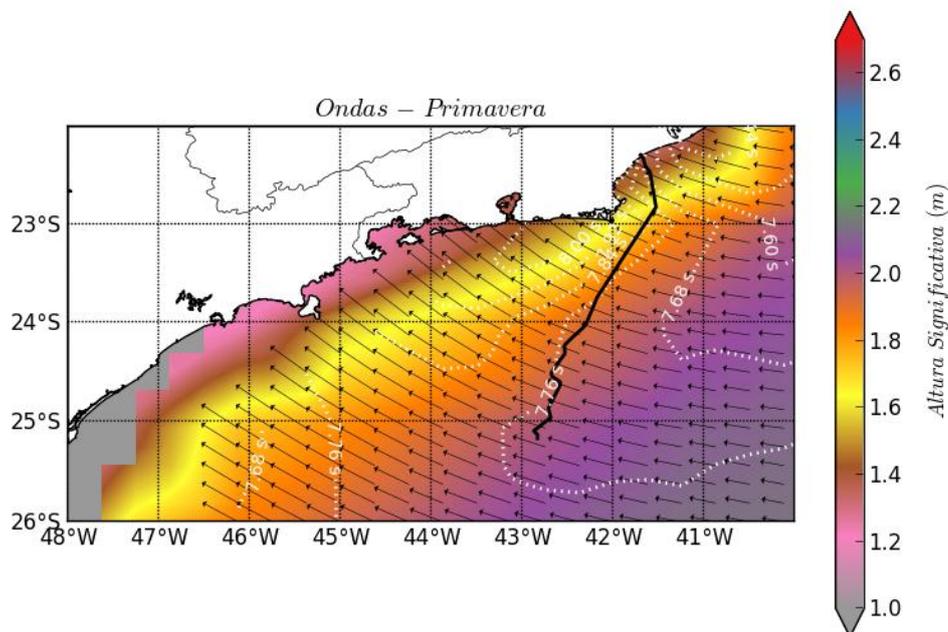
Fonte de dados: WaveWatch III Global (1997-2009).

Figura II.5.1.6-99 – Altura significativa (escala de cores), período de pico (isolinha branca - s) e direção de onda (vetores) - média de outono.



Fonte de dados: WaveWatch III Global (1997-2009).

Figura II.5.1.6-100 – *Altura significativa (escala de cores), período de pico (isolinha branca - s) e direção de onda (vetores) - média de inverno.*



Fonte de dados: WaveWatch III Global (1997-2009).

Figura II.5.1.6-101 – *Altura significativa (escala de cores), período de pico (isolinha branca - s) e direção de onda (vetores) - média de primavera*

O campo característico médio anual de onda, apresentado na **Figura II.5.1.6-97** mostra que a média anual da altura significativa varia de 2,1 m na região oceânica e de 1,2 m na região costeira da área de estudo. O período médio anual é de aproximadamente 8 s na área de estudo e a direção de incidência é de SE.

No verão (**Figura II.5.1.6-98**), a altura significativa de onda média é de 1,8 e de 1,0 m em regiões oceânicas e costeiras, respectivamente, e o período 7 s para toda a área de estudo. Já no inverno (**Figura II.5.1.6-101**), a altura significativa de onda média de inverno é de 2,3 m em região oceânica e 1,4 m em regiões costeiras e o período médio na região é de 9 s. Nas estações de primavera e outono os campos são intermediários entre as estações extremas de verão e inverno.

Para a série temporal obtida para o ponto na **Figura II.5.1.6-1**, é apresentado na **Figura II.5.1.6-102** e na **Figura II.5.1.6-103**, o diagrama de dispersão de altura significativa e de período de pico para o período total, para os meses de verão, outono, inverno e primavera, respectivamente. Os primeiros momentos estatísticos para estes dados estão listados na **Tabela II.5.1.6-13**.

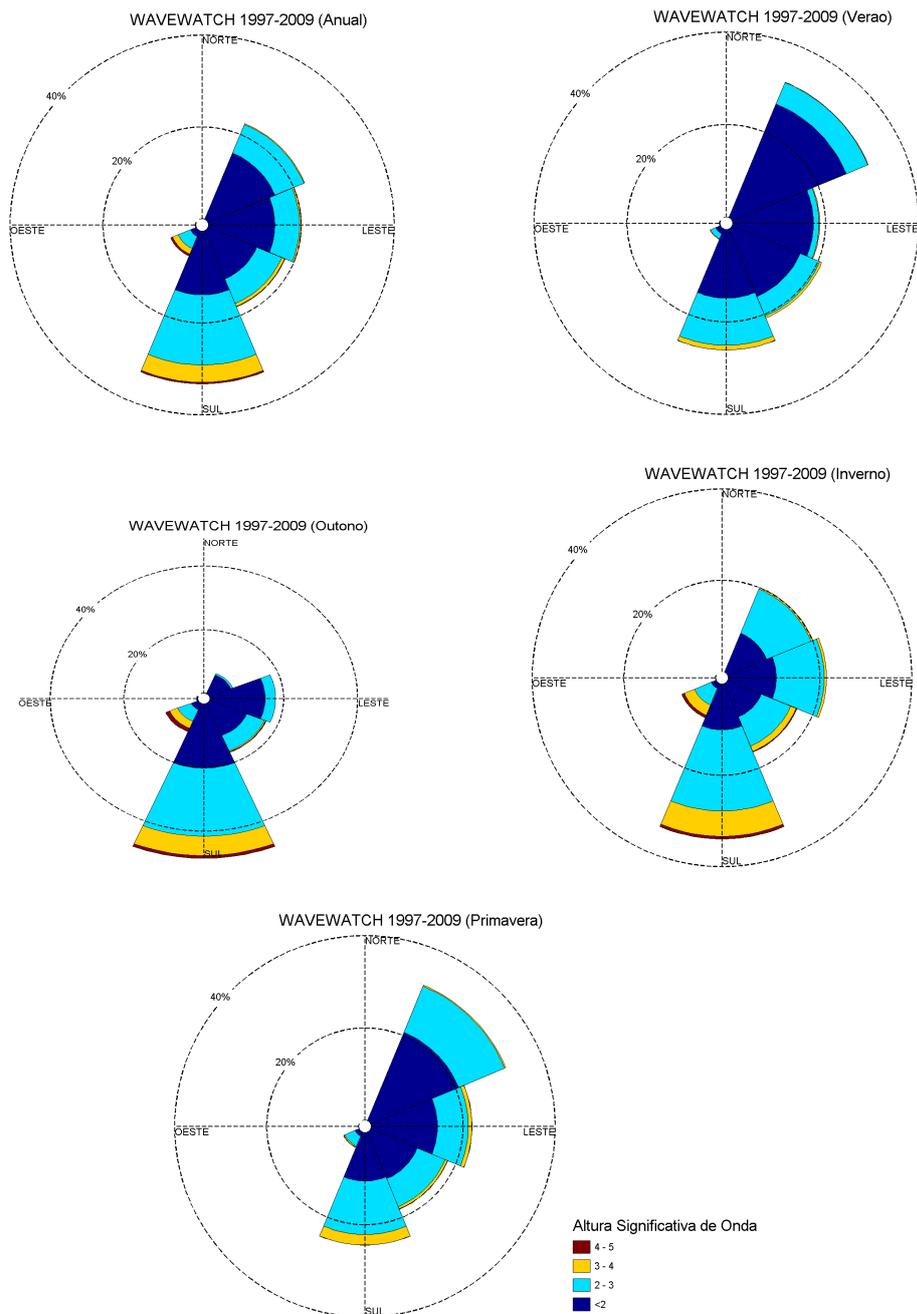
Tabela II.5.1.6-13 – Primeiros momentos estatísticos para altura e período de pico de onda obtidos no ponto situado em 24 S e 42°W, na Baía de Santos.

	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Variância (m ² ou s ²)
Anual					
Altura (m)	1,99	0,47	6,26	0,65	0,42
Período (s)	8,39	3,31	17,02	2,19	4,81
Verão					
Altura (m)	1,71	0,47	4,02	0,50	0,25
Período (s)	7,74	3,33	16,59	2,04	4,15
Outono					
Altura (m)	2,06	0,54	6,26	0,75	0,56
Período (s)	9,33	3,48	15,78	2,27	5,17
Inverno					
Altura (m)	2,24	0,63	5,68	0,65	0,42
Período (s)	8,78	3,41	17,02	2,16	4,68

	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Variância (m ² ou s ²)
Primavera					
Altura (m)	1,95	0,71	4,46	0,55	0,30
Período (s)	7,71	3,31	16,23	1,82	3,31

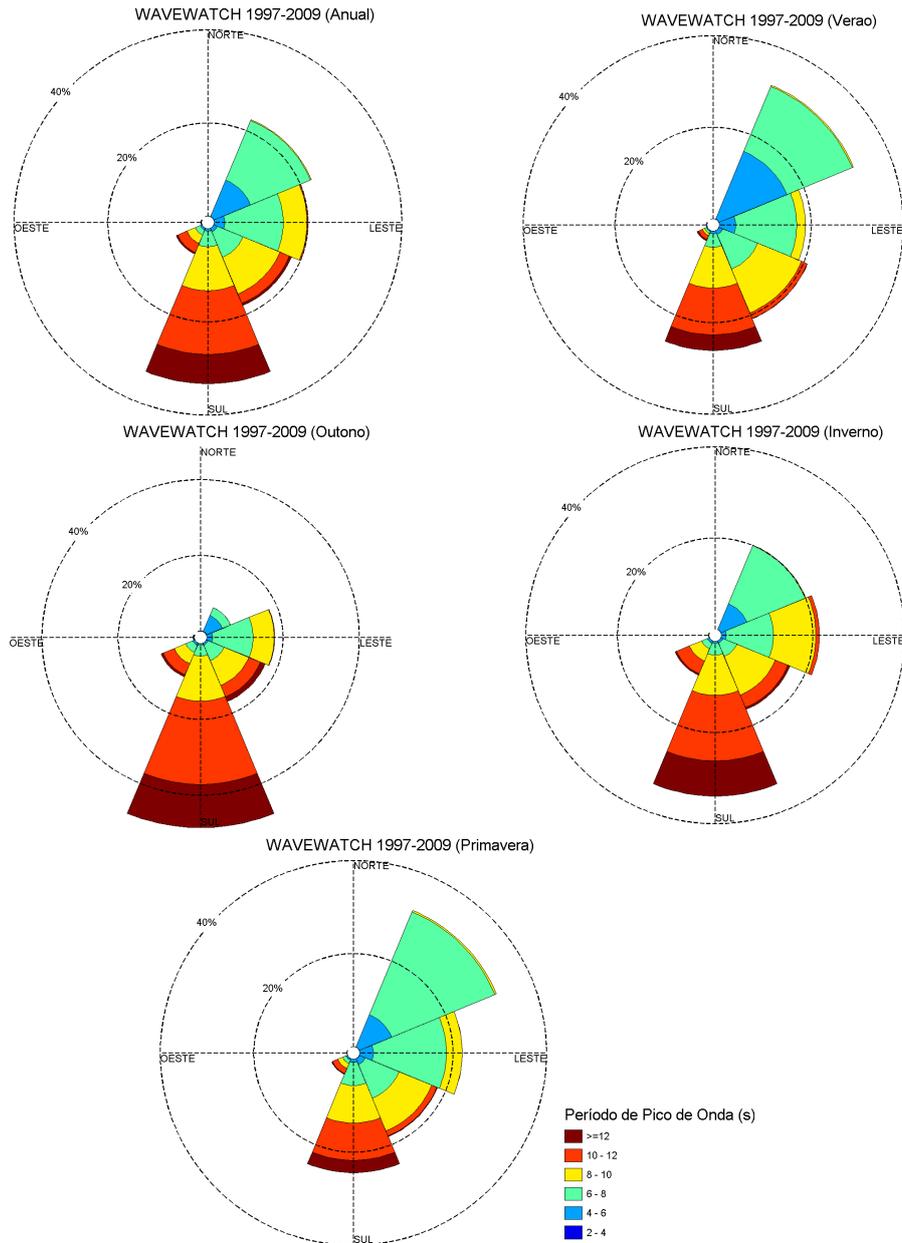
Fonte de dados: WaveWatch III Global (1997-2009)

Os dados apresentados na **Tabela II.5.1.6-13** confirmam os valores médios descritos anteriormente na **Figura II.5.1.6-97** e na **Figura II.5.1.6-101**. Estes valores mostram ainda que no período de outono ocorre maior variabilidade de altura e período, quando comparados com as médias anual e das outras estações.



Fonte de dados: WaveWatch III Global (1997-2009).

Figura II.5.1.6-102 – *Altura significativa de onda (m) para período anual (superior esquerdo), verão (superior direito), outono (centro esquerda), inverno (centro direita) e primavera (inferior) em local próximo à região dos empreendimentos (24°S e 42°W). As cores representam a altura significativa de acordo com a escala, e os anéis, as porcentagens de observação (máximo de 40%). Convenção meteorológica para as direções.*

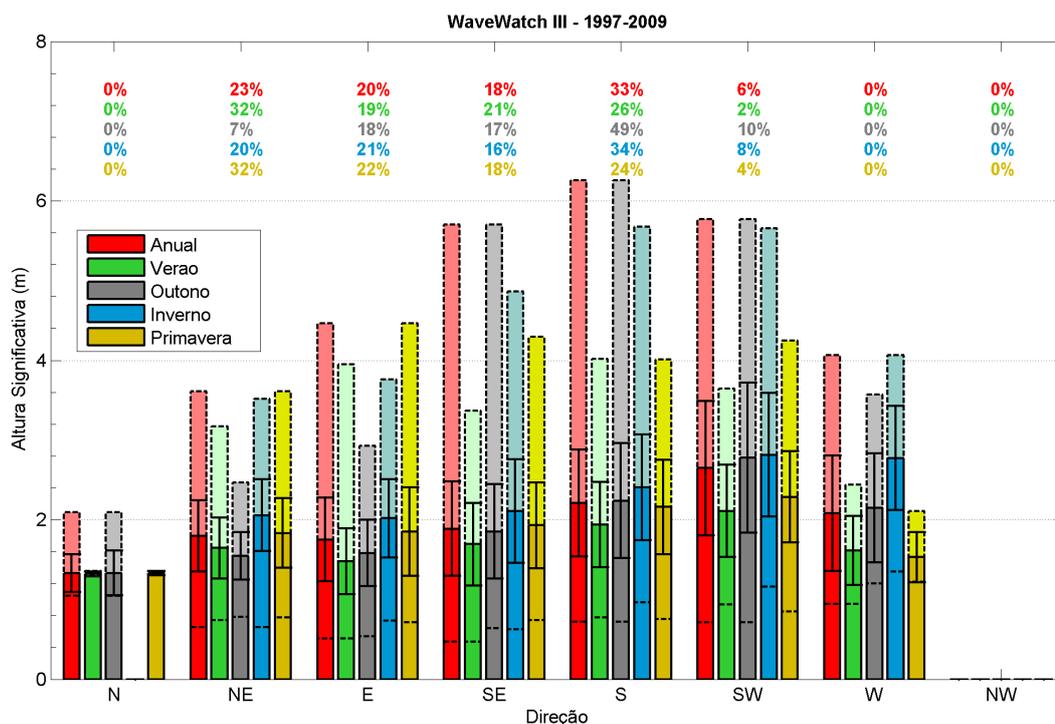


Fonte de dados: WaveWatch III Global (1997-2009).

Figura II.5.1.6-103 – Período de pico de onda (s) período anual (superior esquerdo), verão (superior direito), outono (centro esquerda), inverno (centro direita) e primavera (inferior) em local próximo à região dos empreendimentos (24°S e 42°W). As cores representam a altura significativa de acordo com a escala, e os anéis, as porcentagens de observação (máximo de 40%). Convenção meteorológica para as direções.

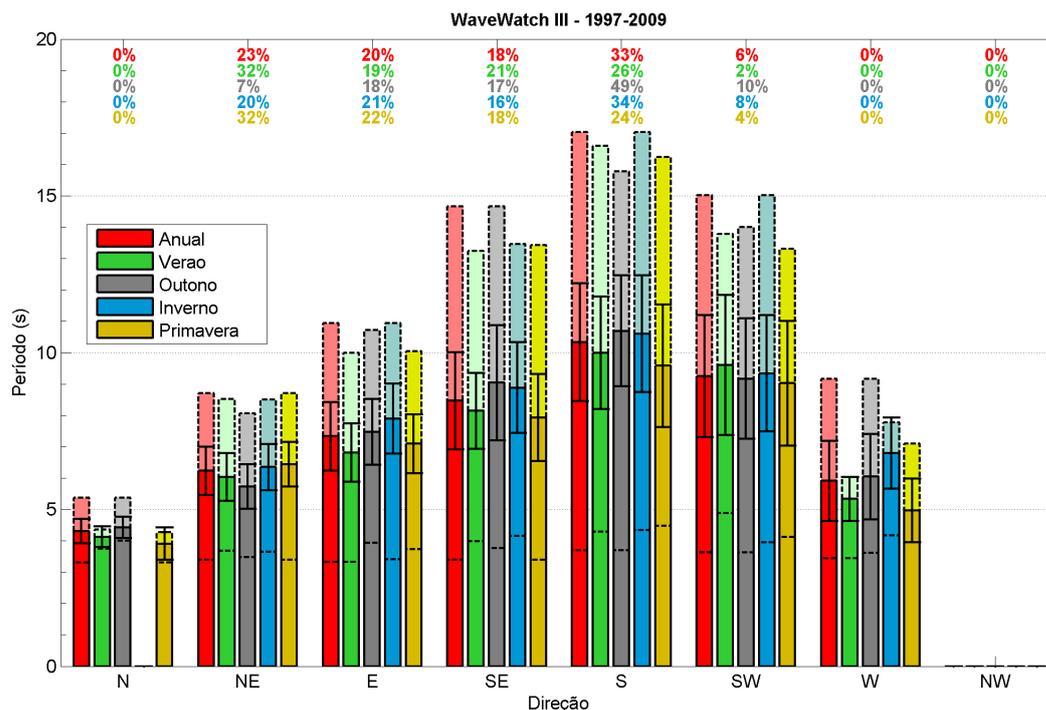
A **Figura II.5.1.6-102** e a **Figura II.5.1.6-103**, mostram que, anualmente, a maior frequência de ocorrência de ondas na área de estudo é de origem S, com alturas entre 2 e 2,5 m e períodos de 10 a 12 s. No verão, a direção predominante é de NE, com altura de 1,5 a 2,0 m e o período, de 6 a 8 s. No inverno, a ondulação predominante é de S, com maior ocorrência de alturas entre 2 a 2,5 m e períodos de 10 a 12s. Os diagramas de outono são similares aos de inverno e os de primavera aos de verão.

As mesmas distribuições apresentadas na **Figura II.5.1.6-102** e **Figura II.5.1.6-103**, podem ser convertidas em formatos gráficos, que agregam informações exibidas por classe de direção, como valores médios e respectivos máximos, mínimos e desvios padrão (**Figura II.5.1.6-104** a **Figura II.5.1.6-106**).



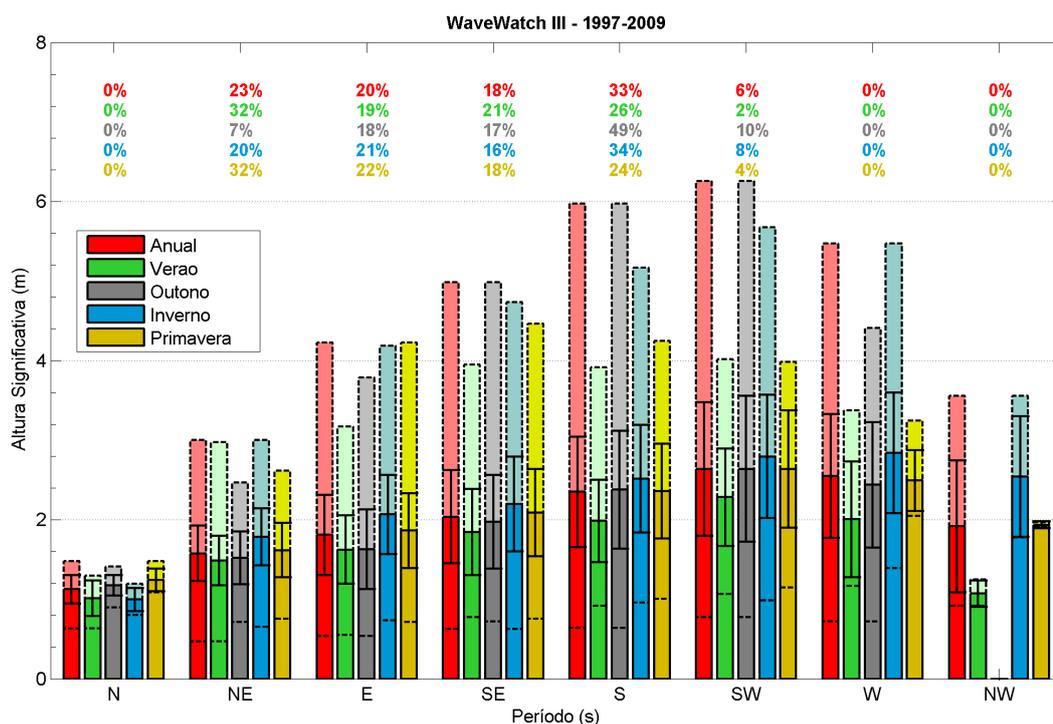
Fonte de dados: WaveWatch III Global (1997-2009).

Figura II.5.1.6-104 – Distribuição de altura significativa por direção de onda em ponto próximo à região dos empreendimentos (24° S e 42° W). As linhas tracejadas indicam os valores máximos e mínimos, e as linhas sólidas, os respectivos desvios padrão. Convenção meteorológica para a direção.



Fonte de dados: WaveWatch III Global (1997-2009).

Figura II.5.1.6-105 – Distribuição de período por direção de onda em ponto próximo à região dos empreendimentos (24°S e 42 W). As linhas tracejadas indicam os valores máximos e mínimos, e as linhas sólidas, os respectivos desvios padrão. Convenção meteorológica para a direção.



Fonte de dados: WaveWatch III Global (1997-2009).

Figura II.5.1.6-106 – Distribuição de altura significativa por período de onda em ponto próximo à região dos empreendimentos (24 S e 4° W). As linhas tracejadas indicam os valores máximos e mínimos, e as linhas sólidas, os respectivos desvios padrão.

Da **Figura II.5.1.6-104** até a **Figura II.5.1.6-106** é mostrado que, em todas as classes de direções, as ondas na área de estudo apresentam maior altura durante o inverno/outono, quando comparado à estação de verão/primavera. De modo geral, as propriedades no inverno/outono são superiores à média anual, e, no verão/primavera, é observado o oposto.

A **Tabela II.5.1.6-14** sintetiza os resultados para as ondulações na área de estudo, conforme a direção de maior ocorrência.

Tabela II.5.1.6-14 – Síntese do regime de ondas em ponto situado próximo à região dos empreendimentos (24°S e 42°W), para a direção de maior frequência de ocorrência.

	Direção	Frequência	Média	Máxima
Anual				
Altura	S	33%	2,21±0,67 m	6,26 m
Período		33%	10,33±1,88 s	17,02 s
Verão				
Altura	NE	32%	1,65±0,38 m	3,17 m
Período		32%	6,04±0,76 s	8,53 s
Outono				
Altura	S	49%	2,24±0,72 m	6,26 m
Período		49%	10,69±1,77 s	15,78 s
Inverno				
Altura	S	34%	2,40±0,66 m	5,68 m
Período		34%	10,60±1,86 s	17,02 s
Primavera				
Altura	NE	32%	1,83±0,44 m	3,61 m
Período		32%	6,44±0,71 s	8,70 s

Fonte de dados: WaveWatch III Global (2013).

A **Tabela II.5.1.6-14** mostra que, anualmente, as ondas atingem a área de estudo com direção predominante de S. Tais ondas apresentam altura média de 2,21 m e período de 10,33 s. No verão e primavera, predominam ondas de NE, para as quais a altura média é de 1,69 e 19,83 m e o período, de 6,21 e 6,44 s. No inverno/outono, houve predomínio de ondas de S, que apresentaram altura média de 2,40 e 2,24 m e período de 10,60 e 10,69 s.

E) Eventos Extremos

Correntes

Para analisar os eventos extremos de correntes na região, foi utilizado dados o fundeios: do BM334, do programa *Deep Ocean* do WOCE, que foi instalado na isóbata de 2.187 m, próximo à profundidade máxima do

empreendimento. A posição geográfica do fundeio pode ser verificada na **Figura II.5.1.6-3**.

A **Tabela II.5.1.6-15** apresenta as estatísticas das correntes com a direção que teve a maior média entre todas as direções, em todas as profundidades amostradas, para toda a série (anual), e sazonalmente.

Tabela II.5.1.6-15 – Estatística básica das correntes na direção com maior média de intensidade para o fundeio WOCE BM334. Convenção vetorial para a direção.

Profundidade	230 m	470 m	870 m	1370 m	2140 m
BM 334					
Anual					
Direção	E	E	E	S	NE
Frequência (%)	4	4	4	27	20
Intensidade Média (m/s)	0,23	0,16	0,11	0,08	0,08
Intensidade Máxima (m/s)	0,57	0,52	0,35	0,32	0,37
Verão					
Direção	E	E	E	SW	NE
Frequência (%)	9	9	10	23	21
Intensidade Média (m/s)	0,31	0,22	0,16	0,11	0,09
Intensidade Máxima (m/s)	0,57	0,52	0,35	0,36	0,35
Outono					
Direção	SW	SW	SW	SE	NE
Frequência (%)	43	35	35	7	23
Intensidade Média (m/s)	0,11	0,08	0,06	0,06	0,07
Intensidade Máxima (m/s)	0,53	0,40	0,29	0,21	0,37
Inverno					
Direção	S	S	N	S	NE
Frequência (%)	29	26	8	26	19
Intensidade Média (m/s)	0,15	0,11	0,07	0,07	0,07
Intensidade Máxima (m/s)	0,41	0,30	0,22	0,21	0,33
Primavera					
Direção	S	SW	SE	S	N
Frequência (%)	32	50	4	31	12
Intensidade Média (m/s)	0,20	0,14	0,08	0,07	0,06
Intensidade Máxima (m/s)	0,39	0,30	0,24	0,21	0,22

Fonte: Fundeio WOCE BM334 (2013) 0,08

De acordo com os valores listados na, para o fundeio WOCE BM334 nas profundidades de 230 m, 470 m e 870 m, a direção que apresenta maior média para a intensidade das correntes é E, tanto de forma anual quanto nos meses de verão. Nos meses de inverno esta direção é S, S e W, respectivamente, para as três profundidades. Ainda nessa tabela, até a profundidade de 1.370 m, as correntes são mais intensas no verão quando comparadas ao inverno, tanto de forma média quanto para os valores máximos. Na camada mais profunda (2.140 m), as estatísticas tanto anual, quanto no verão e inverno, são muito similares, inclusive na direção de maior intensidade média (NE). Para o fundeio BS500 tanto no verão quanto no inverno a direção com maior frequência de ocorrência é a SW (50% e 46%), com maiores intensidades médias para o verão (0,63 e 0,43 m/s).

Para o ajuste dos dados em valores extremos, das três distribuições (Gumbel, Freshet e Weibull) propostas por Fisher & Tippett (1928), onde os parâmetros VEG foram analisados pelo método de Probabilidade de Momentos Moderados (HOSKING *et al.*, 1985), a que mais se adequou foi a distribuição de Gumbel. Com isso, os resultados apresentados de estatísticas de retorno das correntes são baseados na distribuição citada.

A **Tabela II.5.1.6-16** mostra a probabilidade de ocorrência de valores de correntes superiores a 0,05 m/s, 0,10 m/s, 0,20 m/s, 0,30 m/s, 0,40 m/s, 0,50 m/s e 0,60 m/s em período anual, e estações sazonais, para todas as profundidades amostradas.

Tabela II.5.1.6-16 – Probabilidade de ocorrência de correntes superiores aos valores listados na primeira linha, calculados com base nos dados de correntes coletados pelo fundeio WOCE BM334.

Intensidade	>0,05 m/s	>0,10 m/s	>0,20 m/s	>0,30 m/s	>0,40 m/s	>0,50 m/s	>0,60 m/s
230 m							
Anual	97,8	89,9	59,7	27,3	8,2	1,6	0,2
Verão	97,5	86,4	42,9	9,5	0,8	0,0	0,0
Outono	90,6	65,3	15,9	1,3	0,0	0,0	0,0
Inverno	92,6	64,7	8,4	0,1	0,0	0,0	0,0
Primavera	90,0	61,9	11,4	0,5	0,0	0,0	0,0
470 m							
Anual	98,5	93,4	72,8	45,9	22,9	8,9	2,7
Verão	98,8	92,7	62,9	26,4	6,0	0,7	0,0
Outono	94,8	79,0	35,1	8,2	1,0	0,1	0,0
Inverno	95,1	75,5	20,9	1,4	0,0	0,0	0,0
Primavera	94,1	71,6	15,8	0,7	0,0	0,0	0,0
870 m							
Anual	98,1	90,2	56,8	21,7	4,6	0,5	0,0
Verão	98,4	89,1	43,8	7,3	0,3	0,0	0,0
Outono	92,1	62,7	7,2	0,1	0,0	0,0	0,0
Inverno	93,5	66,6	8,5	0,1	0,0	0,0	0,0
Primavera	89,6	62,7	13,8	1,0	0,0	0,0	0,0
1370 m							
Anual	97,5	86,6	44,0	10,4	0,9	0,0	0,0
Verão	97,7	82,0	17,8	0,2	0,0	0,0	0,0
Outono	87,0	53,6	6,2	0,1	0,0	0,0	0,0
Inverno	95,3	60,6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Primavera	89,0	58,9	9,1	0,3	0,0	0,0	0,0
2140 m							
Anual	99,8	97,3	69,2	18,9	0,8	0,0	0,0
Verão	99,5	92,8	35,9	0,9	0,0	0,0	0,0
Outono	95,1	69,6	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Inverno	92,7	57,6	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Primavera	86,6	53,1	6,2	0,1	0,0	0,0	0,0

Fonte: Fundeio WOCE BM334 (2013)

De acordo com a **Tabela II.5.1.6-16**, os meses de verão apresentam maior probabilidade de ocorrência de correntes mais intensas que os meses de inverno, para ambos os fundeios e em todas as profundidades amostradas pelo

fundeio BM334. Neste fundeio as correntes mais intensas têm maior probabilidade de ocorrer nas camadas superiores.

Para a profundidade de 273 m, a probabilidade de ocorrência de correntes superiores a 0,1 m/s é superior a 60% em qualquer época do ano. Em 2.140 m este valor sempre é menor que 20%. Nesta camada, correntes com intensidades maiores que 0,05 m/s possuem probabilidade de ocorrência acima de 50%, em períodos de verão e inverno.

A **Tabela II.5.1.6-17** apresenta as intensidades máximas ocorridas em cada uma das profundidades amostradas no fundeio BM334.

Tabela II.5.1.6-17 – Intensidades máximas registradas pelos fundeios BM334 do WOCE em todas as profundidades amostradas. Convenção vetorial para a direção.

Período	Intensidade (m/s)	Direção (°)	Ocorrência
230 m			
Anual	0,63	250	09-01-1991 07h
Verão	0,63	250	09-01-1991 07h
Outono	0,53	203	04-06-1991 19h
Inverno	0,41	163	29-08-1992 09h
Primavera	0,39	201	24-10-1992 15h
470 m			
Anual	0,53	168	28-03-1991 23h
Verão	0,53	168	28-03-1991 23h
Outono	0,4	229	02-04-1991 05h
Inverno	0,3	185	30-08-1992 13h
Primavera	0,3	219	17-11-1991 23h
870 m			
Anual	0,41	286	08-01-1991 13h
Verão	0,41	286	08-01-1991 13h
Outono	0,31	249	04-04-1991 21h
Inverno	0,36	195	31-08-1992 01h
Primavera	0,28	256	07-11-1992 21h
1370 m			
Anual	0,36	221	30-03-1991 05h
Verão	0,36	221	30-03-1991 05h
Outono	0,32	177	01-04-1991 15h
Inverno	0,21	191	29-08-1992 11h

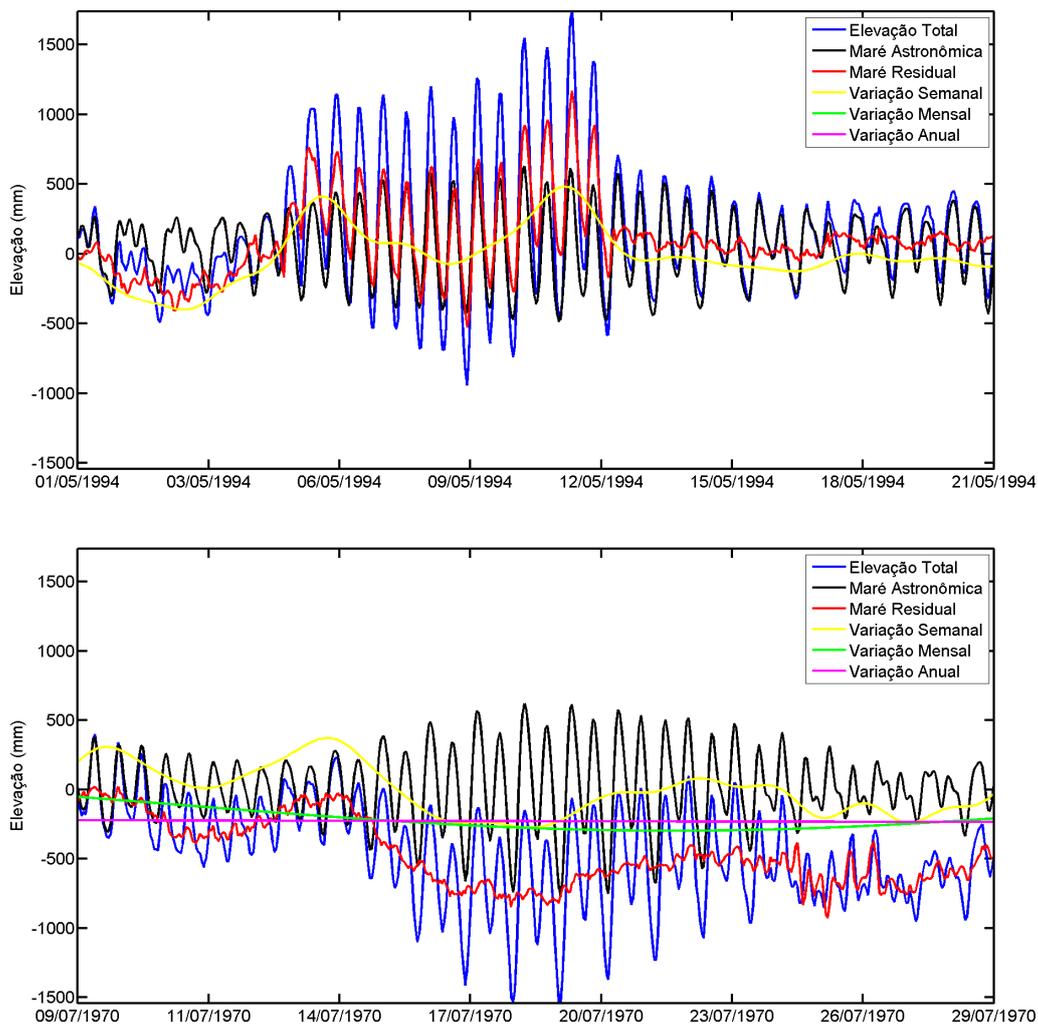
Período	Intensidade (m/s)	Direção (°)	Ocorrência
Primavera	0,23	232	04-10-1992 15h
2140 m			
Anual	0,37	25	29-05-1991 01h
Verão	0,35	27	13-01-1992 01h
Outono	0,37	25	29-05-1991 01h
Inverno	0,33	212	25-08-1992 21h
Primavera	0,26	32	25-11-1992 19h

Fonte: Fundeios WOCE BM334

De acordo a **Tabela II.5.1.6-17**, os valores máximos obtidos na profundidade de 2.140 m são superiores aos obtidos na profundidade de 1.370 m. Nas camadas superiores, com exceção do verão na profundidade de 470 m, todos os valores máximos obtidos foram na mesma direção predominante da CB. Na camada mais profunda, com exceção do inverno, as correntes máximas estão orientadas no sentido da CCP.

Nível do Mar

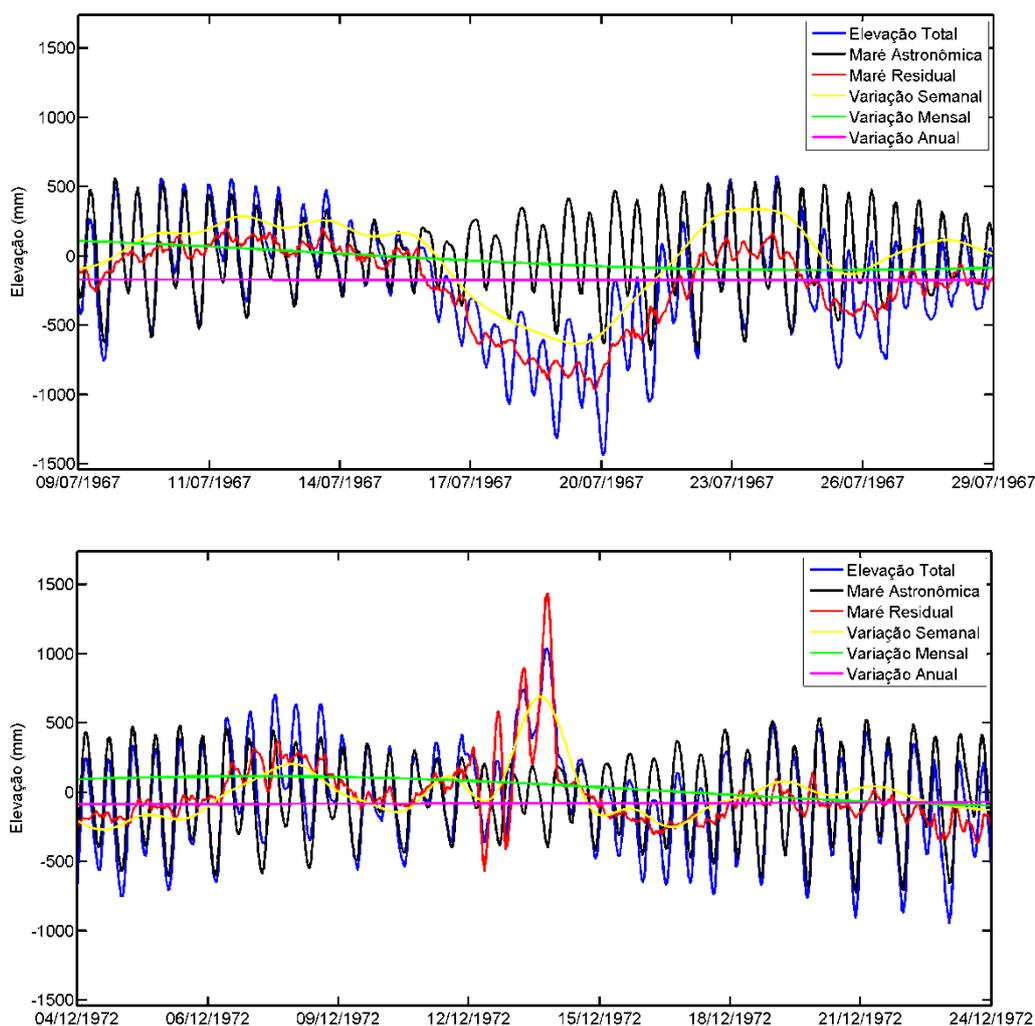
Para avaliar os eventos extremos de nível do mar, foram utilizados os dados da Estação Maregráfica do Rio de Janeiro, conforme já apresentada na seção DD. É importante se ter em mente que a elevação total do nível do mar é a somatória de todas as componentes da maré (residual e astronômica). Portanto, a elevação total é máxima quando coincide a preamar superior da maré astronômica de sizígia com aumento da maré residual. Já a elevação mínima está associada à ocorrência conjunta da baixa-mar de maré de sizígia com diminuição da maré residual. A **Figura II.5.1.6-107** apresenta os períodos da série temporal analisada onde ocorreram os máximos e os mínimos da elevação total, conforme **Tabela II.5.1.6-3**, que apresenta as estatísticas médias da série total de nível do mar analisada.



Fonte de dados: Estação maregráfica do Porto do Rio de Janeiro (GLOSS-Brasil)

Figura II.5.1.6-107 – Elevações do nível do mar na estação maregráfica da Ilha Fiscal/RJ. Nos painéis superior e inferior são apresentados os períodos em que a elevação do nível do mar é mínima e máxima, respectivamente, considerando-se toda a série de dados analisada, entre fevereiro de 1963 e novembro de 2007.

A **Figura II.5.1.6-108** apresenta os momentos de elevação máxima e mínima da maré residual e da variação que ocorre em períodos de ordem semanal, os quais, conforme pode ser verificado na **Tabela II.5.1.6-3**, ocorrem na mesma data.



Fonte de dados: Estação maregráfica do Porto do Rio de Janeiro (GLOSS-Brasil).

Figura II.5.1.6-108 – Elevações do nível do mar na estação maregráfica da Ilha Fiscal/RJ. No painel superior e inferior são apresentados os períodos em que a elevação do nível do mar residual é mínima e máxima, respectivamente, considerando-se toda a série de dados analisada, entre fevereiro de 1963 e novembro de 2007.

Como descrito anteriormente, a variação do nível do mar em períodos semanais está correlacionada a variações atmosféricas na região. A **Figura II.5.1.6-109** apresenta instantes do campo de vento e pressão em superfície (NCEP/NCAR) no período de ocorrência do mínimo de nível residual.

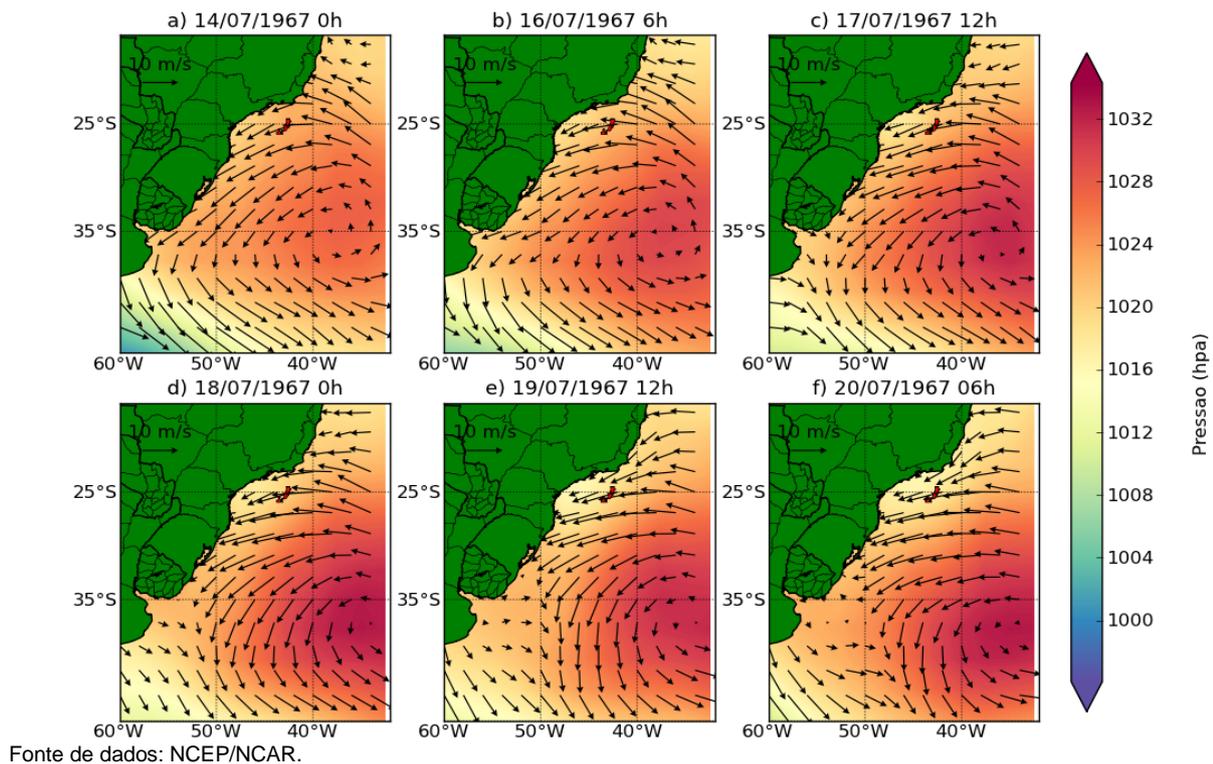
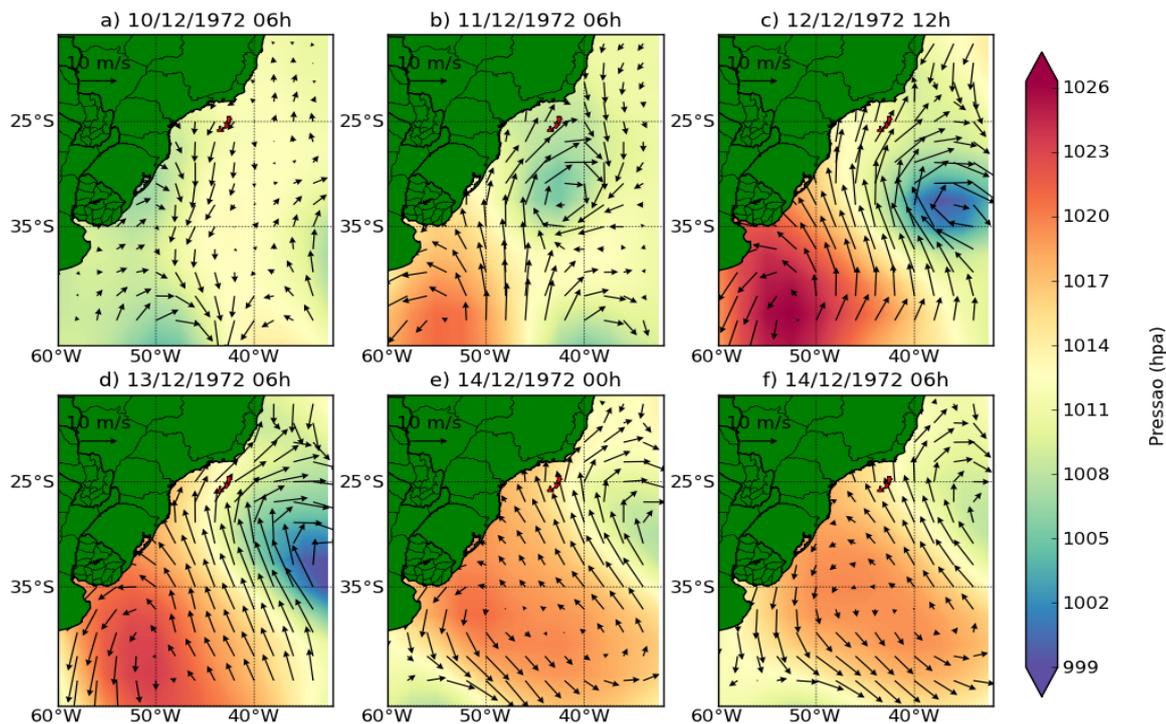


Figura II.5.1.6-109 – Campo de ventos (vetores) e pressão em superfície (cores), no período de 14 a 20 de julho de 1967.

Para o instante de mínima elevação da maré residual é possível observar um sistema de alta pressão atuante de 14/07/1967 a 20/07/1967. Os ventos possuem direção predominantemente de Nordeste.

A **Figura II.5.1.6-110** apresenta instantes do campo de vento e pressão em superfície (NCEP/NCAR) no período de ocorrência do máximo de nível residual.



Fonte de dados: NCEP/NCAR

Figura II.5.1.6-110 – Campo de ventos (vetores) e pressão (cores), no período de 10 a 14 de dezembro de 1972.

Para o instante de máxima elevação da maré residual, é possível observar nos campos de pressão e ventos o deslocamento de um sistema de baixa pressão atmosférica, associado a ventos do quadrante Sul, dias antes do evento. Este centro de baixa pressão fica estacionário nos dois dias antecedentes ao evento, deslocando-se, posteriormente para o oceano.

Tanto a ocorrência do mínimo, quanto a do máximo de nível do mar residual na região podem ser explicadas pela interferência atmosférica sobre o oceano, demonstrada na **Figura II.5.1.6-109** e na **Figura II.5.1.6-110**. De acordo com a dinâmica clássica de Ekman, para a região do empreendimento, nas primeiras dezenas de metros superficiais da coluna de água, as correntes são alteradas pelo vento. Esta influência resulta em um transporte de água, nesta parcela, orientado 90° à esquerda da direção do vento.

Desta maneira, os ventos de Sul/Sudoeste na região Sudeste do Brasil, apresentados na **Figura II.5.1.6-110**, induzem a formação de um transporte de deriva do vento nas camadas superiores do oceano convergindo para a costa,

fazendo com que ocorra um empilhamento de água e, por consequência, aumento do nível do mar.

Já para o evento apresentado na **Figura II.5.1.6-109** ocorre o inverso pois, o vento proveniente de Nordeste/Leste na região Sudeste do Brasil provoca um transporte de água nas camadas superiores do oceano para o largo da costa, rebaixando o nível.

Adicionalmente a este efeito do vento, também é descrito na literatura o “efeito do barômetro invertido”, discutido longamente por Wunsch & Stammer (1997), em que centros de alta pressão atmosférica podem induzir o rebaixamento do nível do mar e centros de baixa pressão atmosférica podem contribuir para o aumento deste. Ambos os efeitos são importantes (vento e pressão atmosférica), contudo o vento tem papel principal neste deslocamento de água (GILL & SCHUMANN, 1974).

Ondas

Para se obter maior detalhamento sobre as condições extremas do regime de ondas na área de estudo foi realizada uma análise de extremo com a mesma série temporal utilizada na descrição do regime de ondas.

A **Tabela II.5.1.6-18** apresenta as estatísticas das ondas na direção que apresenta a maior média de altura e período, em toda a série analisada, em meses de verão e de inverno.

Tabela II.5.1.6-18 – *Síntese do regime de ondas em ponto situado próximo à região dos empreendimentos (24°S e 42°W), para a direção que apresenta maior média de altura e período de onda.*

	Direção	Frequência (%)	Média	Máxima
Anual				
Altura	SW	6 %	2,65±0,84 m	5,77 m
Período			9,25±1,95 s	15,2 s
Verão				
Altura	SW	2%	2,11±0,58 m	3,64 m
Período			9,61±2,23 s	13,79 s
Outono				

Altura	SW	10%	2,78±0,94 m	5,77 m
Período			9,17±1,92 s	14,00 s
Inverno				
Altura	SW	8%	2,82±0,78 m	5,65 m
Período			9,34±1,86 s	15,02 s
Primavera				
Altura	SW	4%	2,29±0,57 m	4,25 m
Período			9,02±1,99 s	13,30 s

Fonte de dados: WaveWatch III Global (2013).

A **Tabela II.5.1.6-18** lista as maiores alturas e períodos médios, provenientes do setor SW. Em toda a série, a frequência de ocorrência dessa ondulação é de 6%, com média de altura de 2,65 m e período de 9,25 s. Os máximos registrados para a altura e o período nessa direção, ao longo do ano, foram de 5,77 m e 15,2 s. Para os meses de verão/primavera, a incidência é de 2% e 4%, com valores de 2,11 e 2,29 m de altura e 9,61 e 9,53 s períodos médios. No inverno/outono, a incidência de ondulações de SW é de 8% e 10%, com alturas e períodos médios de 2,82, 2,79 m e 9,34 e 9,17 s.

A **Tabela II.5.1.6-19** apresenta os resultados de maiores alturas de ondas registradas na área de estudo pela série analisada, em período anual, durante os meses de verão, outono, inverno e primavera.

Tabela II.5.1.6-19 – Alturas máximas registradas em todo o período, meses de verão e inverno, para ponto situado próximo à área de estudo (24°S e 42°W).

Período	Altura (m)	Período (s)	Direção (°)	Ocorrência
Anual	6,3	12	189 (S)	30/05/1997 12 h
Verão	4,0	13	182 (S)	22/03/2002 12h
Outono	6,3	12	189 (S)	30/05/1997 12 h
Inverno	5,7	14	202 (S)	29/07/2007 12h
Primavera	4,5	9	198 (S)	14/11/2006 18h

Fonte de dados: WaveWatch III Global (2013).

A **Tabela II.5.1.6-19** mostra a maior altura registrada na série ocorrendo no outono de 1997 (30-05-1997), com 6,3 m, 12 s de período e direção de origem S. O maior registro para o período de inverno ocorreu dois dias depois, com 5,7 m de altura, 13 s de período e direção S. Para os meses de

verão, a máxima altura registrada foi no ano de 2002 (22/03/2002), com 4,0 m, período de 13 s e direção S.

Com isto tem-se que, em todas as estações, os máximos absolutos de altura de onda na área de estudo tiveram origem do quadrante S-SW.

Para o máximo de outono, a **Figura II.5.1.6-111** mostra os campos de ventos e pressão na superfície (NCEP/NCAR), em momento anterior, no instante e em momentos posteriores ao registro de máxima altura observada.

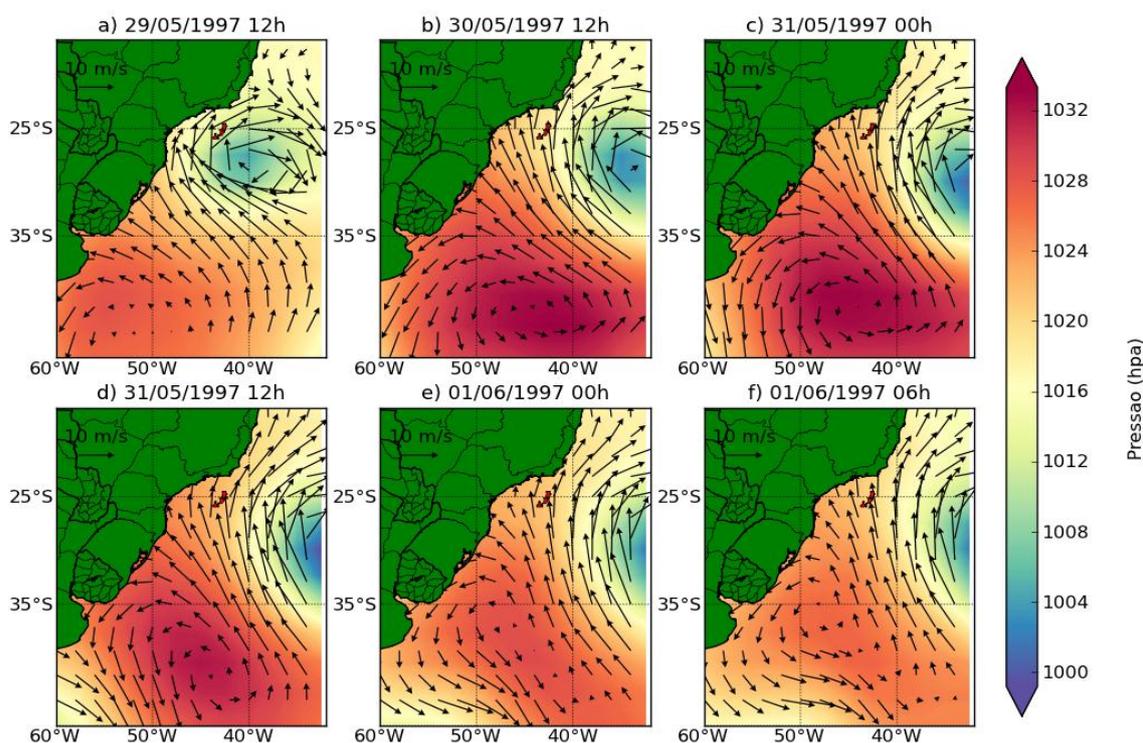


Figura II.5.1.6-111 – Campo de ventos (vetores) e pressão (cores) no período de 29 de maio a 1º de junho de 1997.

Na **Figura II.5.1.6-111**, no dia 29/05/1997, é possível identificar a presença de um centro de baixa pressão próximo ao Sudeste brasileiro. Este se desloca sentido oceano, nos dias seguintes (**Figura II.5.1.6-111c**). No Boletim Climanálise (1997), este fenômeno é descrito da seguinte maneira: “a presença de um cavado em médios e altos níveis associaram-se a um sistema frontal vindo pelo Oceano no dia 28, o que originou uma frontogênese e ciclogênese no litoral da Região Sul. Durante a sua trajetória, causou chuvas nas Regiões Sul,

Sudeste e Centro-Oeste. No dia 30, a frente fria encontrava-se no Oceano, na altura do litoral do Rio de Janeiro, onde se dissipou”.

Este fenômeno foi responsável pelo registro da maior altura significativa de onda em toda a série e da maior altura significativa de onda para os meses de outono.

Ajustando os dados de onda para análise de valores extremos segundo a distribuição de Weibull (distribuição esta que apresentou melhor ajuste, quando comparada a outras, como Gumbell), é possível calcular a probabilidade de ocorrência de alturas significativas (**Tabela II.5.1.6-20**).

Tabela II.5.1.6-20 – Probabilidade de ocorrências de alturas significativas de onda superior a 1,5 m, 2,0 m, 2,5 m, 3,0 m, 3,5 m, 4 m e 5 m.

Altura (m)	>1,5	>2,0	>2,5	>3,0	>3,5	>4,0	>5,0
Anual	82,2	60,7	35,7	15,5	4,6	0,9	0,0
Verão	74,6	42,5	14,0	2,1	0,1	0,0	0,0
Outono	82,1	63,2	41,5	22,3	9,5	3,1	0,1
Inverno	90,2	74,1	50,2	25,1	8,9	1,9	0,0
Primavera	85,3	61,3	30,9	9,1	1,2	0,1	0,0

Fonte de dados: WaveWatch III Global (2013).

A **Tabela II.5.1.6-20** mostra que, em período de verão, existe probabilidade inferior a 50% de ocorrerem ondas superiores a 2 m na área de estudo, porém, em períodos de inverno, essa probabilidade é superior a 70%. Ondas acima de 3,5 m apresentam a probabilidade de menos de 1% de ocorrerem no verão e mais de 9,5% de ocorrerem no outono. Ondas acima de 5,00 m são muito raras em qualquer época do ano.

F) PROCESSOS COSTEIROS ATUANTES NA REGIÃO - EROÇÃO, ACRESÇÃO E ESTABILIDADE DE PRAIAS

A evolução costeira, segundo WRIGHT & THOM (19977), é o produto da morfodinâmica costeira que ocorrem em resposta às mudanças nas condições externas, promovendo o ajuste mútuo da topografia e hidrodinâmica, envolvendo o transporte sedimentar. Portanto, o processo morfodinâmico na costa reflete, ao longo do tempo, diferentes padrões de transporte sedimentar e seus produtos

deposicionais, que estão controlados pela interação entre topografia e hidrodinâmica (CARTER & WOODROFFE, 1995).

A análise morfodinâmica do litoral, isto é, o estudo temporal e espacial das variações morfológicas das praias em associação com as diferentes condições de ondas e tipos de sedimentos, está associada à caracterização da estabilidade e

mobilidade das praias.

A classificação e descrição morfodinâmica das praias vêm recebendo um novo enfoque a partir principalmente de trabalhos realizados na costa da Austrália. Nos trabalhos publicados por WRIGHT *et al.* (1979 a, b), SHORT (1981), WRIGHT *et al.* (1982), SHORT (1984) e WRIGHT & SHORT (1984), os autores integraram fatores morfológicos e hidrodinâmicos e reconheceram 6 estágios morfodinâmicos distintos, sendo dois deles extremos (refletivo e dissipativo) e quatro intermediários. Do ponto de vista morfológico, o estágio dissipativo corresponde a praias planas e rasas com grande estoque de areia na parte submersa, enquanto que o estágio refletivo é caracterizado por praias íngremes com pequeno estoque de areia.

O extremo dissipativo pode ser comparado morfológicamente aos perfis de tempestade em praias com variação sazonal. É um perfil aplainado, geralmente composto de areia fina e gradientes suaves, geralmente apresentando extensa zona de surfe e mais de uma linha de arrebentação o que caracteriza a ocorrência de vários bancos paralelos.

O estágio extremo refletivo é caracterizado por perfis com a face de praia bastante íngreme e as ondas comumente quebram diretamente na face de praia, causando uma maior velocidade de espraiamento. As praias refletivas geralmente desenvolvem cúspides ou alinhamento de cristas de berma elevadas, sendo compostas por areias grossas e são também mais instáveis à erosão em função do aumento da energia das ondas.

Os quatro estágios intermediários apresentam maior complexidade morfológica e hidrodinâmica e caracterizam-se por praias com grande mobilidade, onde ocorrem seqüências acrescionais, como megacúspides e bancos longitudinais.

SILVA (1987) dividiu a planície costeira fluminense do Rio Paraíba do Sul em duas regiões com características morfológicas e estratigráficas distintas: a) litoral progradante em forma de cúspide entre Porto de Manginhos e Cabo de São Tomé formado por sucessivas cristas de praia que marcam o contínuo avanço do continente sobre o mar; b) litoral retrogradante entre o Cabo de São Tomé e Macaé, onde um cordão arenoso transgressivo vem se deslocando em direção ao continente, truncando lagunas costeiras e antigos sistemas de cristas de praia associados ao antigo curso do rio Paraíba do Sul.

BASTOS & SILVA (2000) realizaram um estudo de dinâmica costeira no litoral norte fluminense, através de perfis de praia e dados bibliográficos. O levantamento topográfico dos perfis foi realizado por meio de teodolito, apenas no prisma praiado emerso, até a linha de recuo das ondas, onde foram coletadas amostras na face de praia. Os perfis foram levantados no período de entre dezembro de 1989 a junho de 1991, totalizando 13 em Cabiúnas. A partir destes perfis procurou-se descrever as características morfodinâmicas dos diferentes pontos de acordo com a terminologia e os parâmetros morfométricos propostos por WRIGHT & SHORT (1984), SHORT & HESP (1982) e KLEIN (1997) adaptados para a área de estudo por BASTOS (1997). O clima de ondas utilizado foi à partir de dados bibliográficos, coincidentes com o descrito na **sessão de ondas** deste documento.

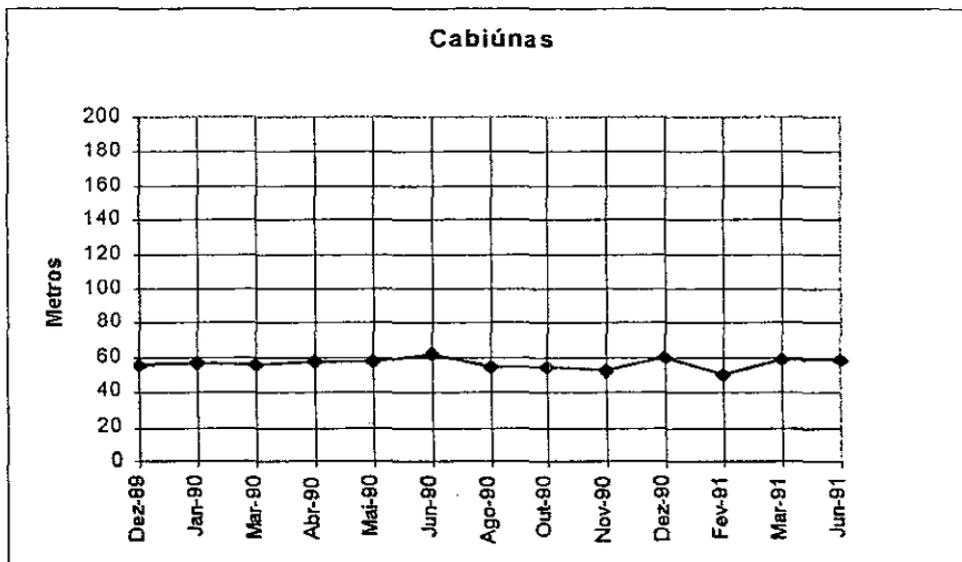
Estes autores (BASTOS & SILVA, 2000) classificaram a praia de Cabiúnas como tendo caracterização morfológica de crista elevada (5 m) que marca o topo do cordão litorâneo. A largura média da praia é de 56 m, com uma face de praia apresentando declive de 1:6,5 (8,6°), sendo composta de areia grossa à muito grossa (1,22 mm). O gráfico de variação da largura da praia (**Figura II.5.1.6-112**) denota a característica de baixa mobilidade do perfil, evidenciada ainda pelos índices de mobilidade da linha de praia e do pós-praia. Esta praia foi caracterizada dentro do domínio morfodinâmico refletivo com $Q = 0,63$.

Ainda, a região de Cabiúnas, pôde ser classificada como:

- Litoral retrogradante caracterizado por um cordão arenoso transgressivo, associado a uma plataforma continental com gradientes elevados (1:560 até 38 m de profundidade);

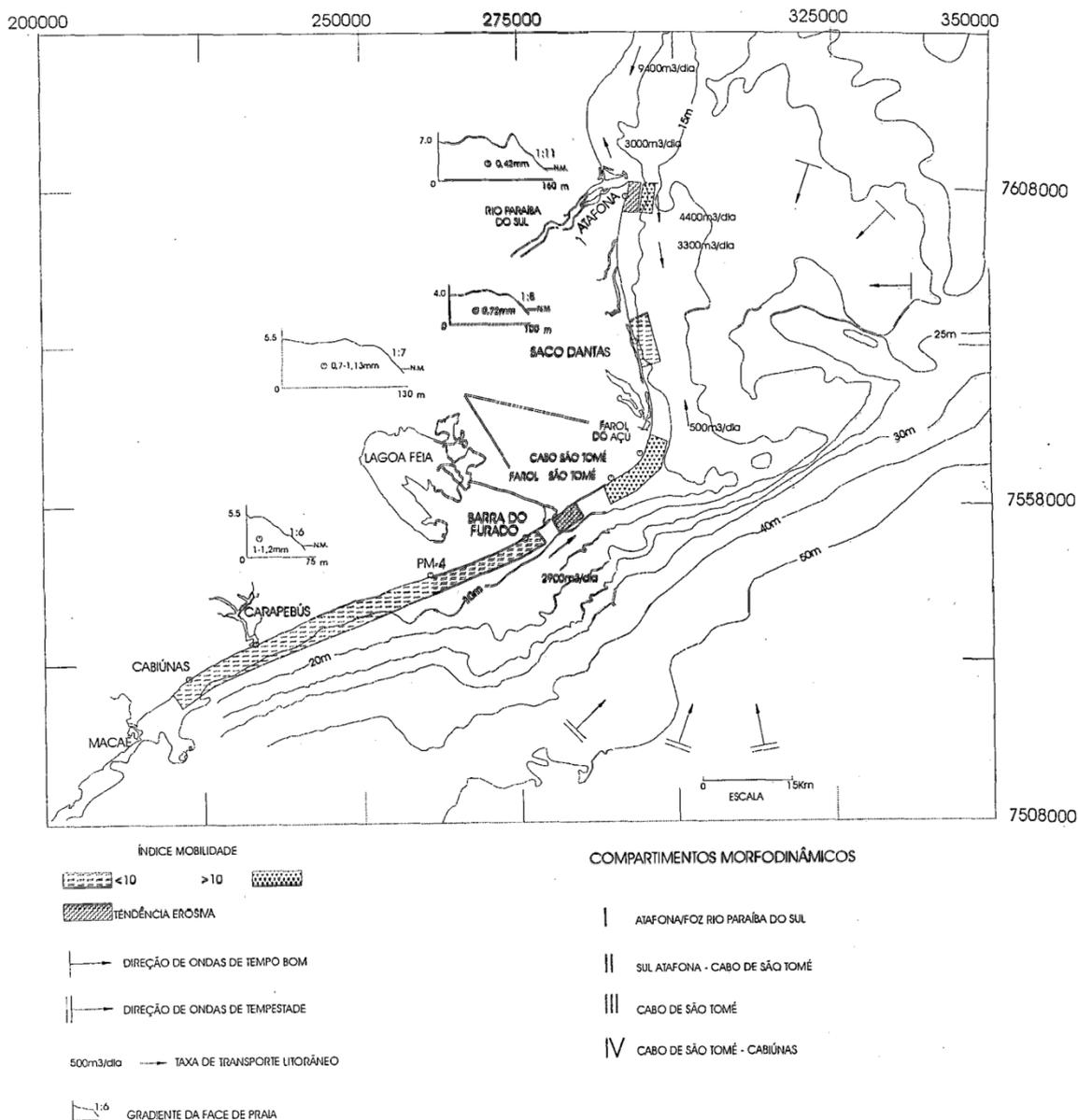
- Zona de surfe estreita com ondas mergulhantes e apenas uma zona de arrebentação;
- Estágio morfodinâmico refletivo;
- Baixo índice de mobilidade.

Esta caracterização, no contexto do litoral norte fluminense, pode ser observada na **Figura II.5.1.6-113**.



Fonte: BASTOS & SILVA (2000)

Figura II.5.1.6-112 — *Varição temporal da largura da praia de Cabiúnas.*



Fonte: BASTOS & SILVA (2000)

Figura II.5.1.6-113 — Mapa de comportamento morfodinâmico do litoral norte fluminense, ressaltando os principais parâmetros morfométricos e hidrodinâmicos que caracterizam os diferentes setores morfodinâmicos do litoral. (Projeção UTM, Meridiano central -39).

Ainda, sob o escopo do Programa de Monitoramento Ambiental Marinho, (apresentado no **Capítulo II.7, item D.6.3.1** deste documento), que é uma medida controle que visa acompanhar e caracterizar os impactos decorrentes da implantação do empreendimento, está previsto o monitoramento das alterações

morfodinâmicas e geomorfológicas das áreas sob ação do gasoduto durante toda sua fase de instalação.

Dentre as metas previstas para este monitoramento, destaca-se:

- Realização de campanhas bimestrais de monitoramento morfodinâmico praiial na região de Cabiúnas, durante todo o período de instalação do gasoduto;
- Realização de campanhas anuais, durante os 3 primeiros anos após o término das instalações, para monitoramento do enterramento do gasoduto em sua região de chegada na praia e toda a região de enterramento do duto.

Desta maneira, a alteração dos padrões morfodinâmicos e profundidades de enterramento do gasoduto no trecho de praia e no trecho submarino, será o principal indicador ambiental deste sub-projeto.

Toda a metodologia que será empregada nesta etapa de monitoramento encontra-se na **Capítulo II.7, item D.6.3.1**.

Como produto, os resultados obtidos nas campanhas mensais de monitoramento da morfodinâmica praiial serão encaminhados semestralmente. Os resultados obtidos nas campanhas de levantamentos sísmicos serão encaminhados anualmente, em relatório contendo também a descrição das metodologias empregadas. Ao término do monitoramento, será emitido um relatório final, integrando os resultados obtidos.

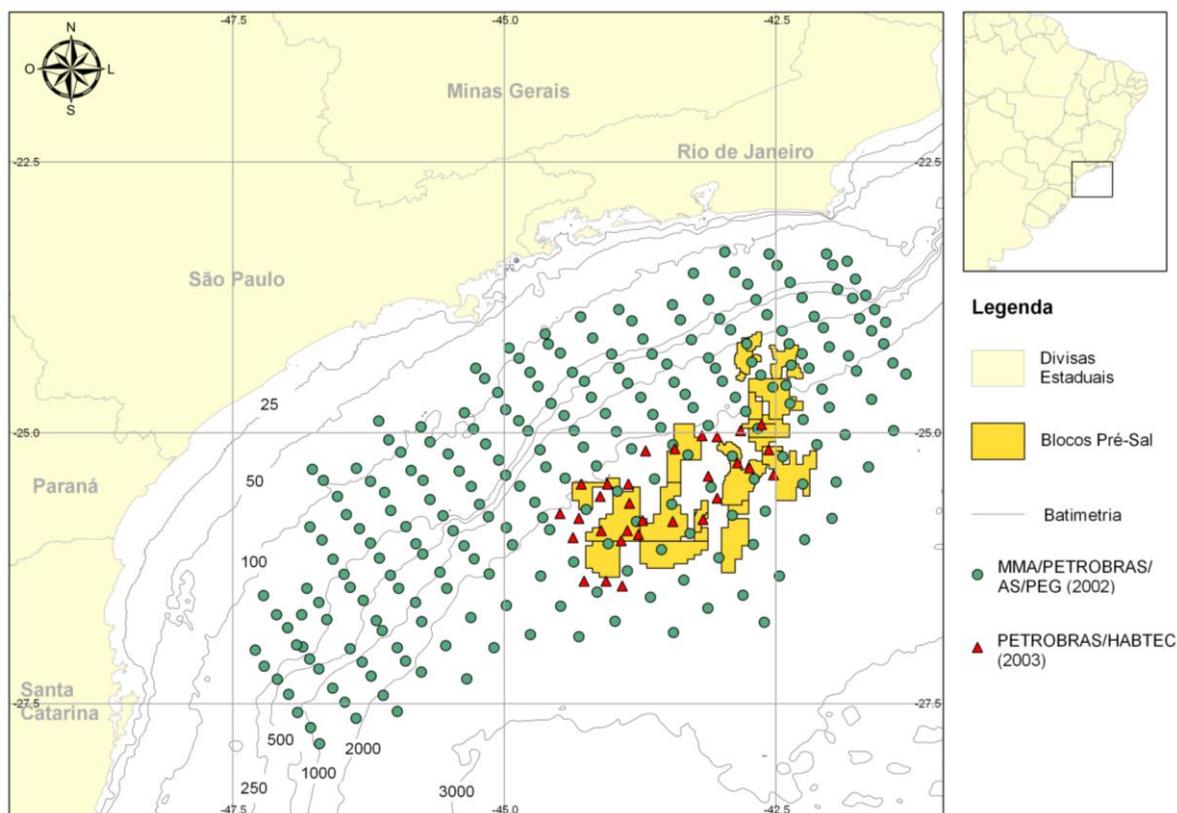
II.5.1.7 - Qualidade de Água e Sedimento

Para caracterizar a qualidade da água e dos sedimentos na área de estudo, foram utilizados dados oriundos de projetos desenvolvidos pela PETROBRAS na região oceânica da Bacia de Santos, compreendendo:

- Relatório de Caracterização da Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/ PEG, 2002);
- Caracterização Ambiental dos Blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21 (PETROBRAS/HABTEC, 2003).

Nas campanhas do projeto PETROBRAS/HABTEC (2003) foram coletadas amostras de água e sedimento nas isóbatas de 2.100 m (6 estações), 2.150 m (6

estações), 2.200 m (4 estações), 2.225 m (2 estações) e 2.425 m (2 estações), totalizando 20 estações amostrais distintas no mês de agosto de 2002 (inverno). Já no projeto MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) realizou-se medições por toda a área da Bacia de Santos. Um mapa com a localização das estações amostrais de ambos os projetos é apresentado na **Figura II.5.1.7-1**.



Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2003) e MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002).

Figura II.5.1.7-1 – Estações de coleta de água e sedimentos na Bacia de Santos para as referências utilizadas neste diagnóstico. Batimetria em metros.

O **Quadro II.5.1.7-1** mostra as metodologias de coleta de água e sedimentos utilizadas pelos estudos referenciados neste diagnóstico.

Quadro II.5.1.7-1 – Metodologias de coleta de amostras de água e sedimentos para as referências utilizadas neste diagnóstico.

Referência	Compartimento Amostrado	Método de Amostragem
PETROBRAS/HABTEC (2003)	Água	Garrafa de Niskin (10 L)
	Sedimento	BoxCorer
MMA/Petrobras/AS/PEG (2002)	Água	Garrafa Go-Flo (10 L)

Referência	Compartimento Amostrado	Método de Amostragem
	Sedimento	Box Corer

Para a análise da qualidade de água, foram contemplados os parâmetros: oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico, carbono orgânico total, fenóis, hidrocarbonetos totais de petróleo, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, nutrientes (amônia, nitrito, nitrato e fosfato), sulfetos e clorofila-a.

Para a qualidade de sedimentos foram descritos os parâmetros: carbono orgânico total, nitrogênio total, fósforo total, teor de carbonato, teor de matéria orgânica, granulometria, metais (ferro, níquel, cromo, zinco, chumbo, cobre, vanádio, cádmio, bário, manganês, mercúrio e arsênio), hidrocarbonetos totais de petróleo e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos.

O **Quadro II.5.1.7-2** e o **Quadro II.5.1.7-3** apresentam respectivamente as metodologias de análise das amostras de água e sedimento.

Quadro II.5.1.7-2 – *Metodologia de análise das amostras de água para as referências utilizadas neste diagnóstico.*

Parâmetro	Referência	Método Analítico
Oxigênio Dissolvido (OD)	PETROBRAS/HABTEC (2003)	Titulação por Winkler
	MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)	Oxímetro
Potencial Hidrogeniônico (pH),	PETROBRAS/HABTEC (2003)	Potenciômetro
	MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)	PH-metro digital modelo HI9622
Carbono orgânico total (COT)	PETROBRAS/HABTEC (2003)	Titulometria
	MMA/PETROBRAS/AS/PEG(2002)	Combustão catalítica à alta temperatura seguida de quantificação do CO ₂ em um detector de infravermelho não disperso
Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP)	PETROBRAS/HABTEC (2003)	Cromatografia Gasosa
	MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)	Cromatografia gasosa com detector de chama CG-FID (HP modelo 6890) (EPA 8015C)
Hidrocarbonetos Poliaromáticos (HPA)	PETROBRAS/HABTEC (2003)	EPA 8270C
	MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)	EPA 8270C
Amônia	PETROBRAS/HABTEC (2003)	Derivado do Método Koroleff, 1969
	MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)	Derivado do Método Koroleff, 1969
Nitrito	MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)	Baseado na reação de Griess e aplicado em águas salgadas por Bendschneider e Robinson, 1952
Nitrato	MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)	Método de redução com coluna de Cd e Cu segundo Aminot e Chaussepied, 1983
Fosfato	MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)	Aminot & Chaussepied, 1983

Parâmetro	Referência	Método Analítico
Sulfeto	PETROBRAS/HABTEC (2003)	Clorimetria
Clorofila - a	PETROBRAS/HABTEC (2003)	Método tricromático
	MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)	Espectrofluorimétrico

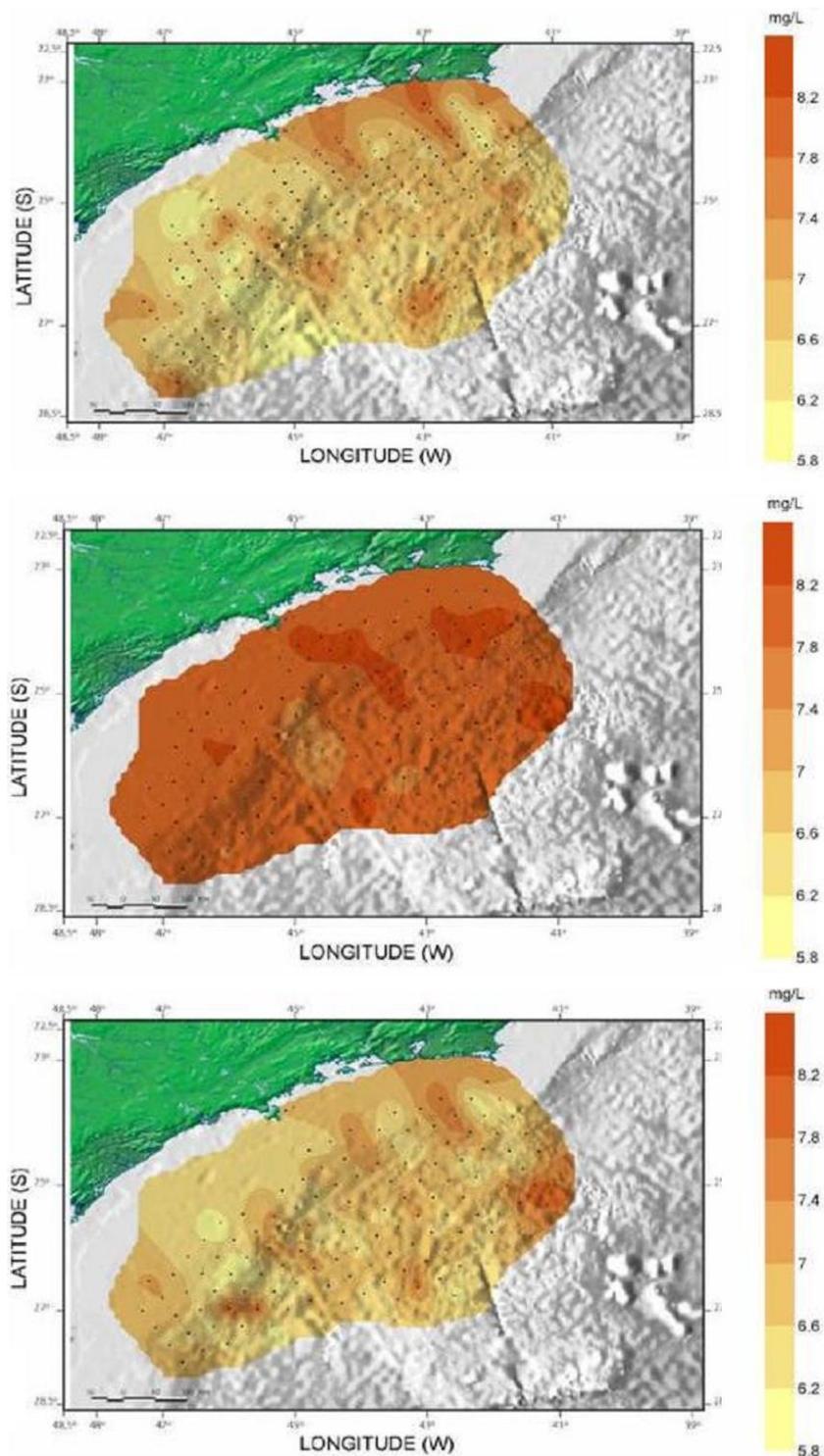
Quadro II.5.1.7-3 - Metodologia de análise das amostras de sedimento para as referências utilizadas neste diagnóstico.

Parâmetro	Referência	Método Analítico
Carbono Orgânico Total (COT)	PETROBRAS/HABTEC (2003)	Digestão com Dicromato de Potássio
Nitrogênio Total	PETROBRAS/HABTEC (2003)	Método de Kjeldal
Fósforo Total	PETROBRAS/HABTEC (2003)	Digestão com Ácido Sulfúrico
Teor de Carbonato	PETROBRAS/HABTEC (2003)	Acidificação com HCl
	MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)	Acidificação com HCl
Teor de Matéria Orgânica	PETROBRAS/HABTEC (2003)	Queima com H ₂ O ₂
Granulometria	PETROBRAS/HABTEC (2003)	Peneiramento e pipetagem
	MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)	Holme & MCinyre (1984) e Suguio (1973)
Metais (Ferro, Níquel, Cromo, Zinco, Chumbo, Cobre, Vanádio, Cádmio, Bário, Manganês e Arsênio)	PETROBRAS/HABTEC (2003)	Espectrofotometria de emissão de plasma
	MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)	Espectrofotometria de emissão de plasma e Espectrofotometria de Absorção Atômica
Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP)	PETROBRAS/HABTEC (2003)	Cromatografia gasosa com detector de chama CG-FID (EPA 8015C)
	MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)	Cromatografia gasosa com detector de chama CG-FID (EPA 8015C)
Hidrocarbonetos Poliaromáticos (HPA)	PETROBRAS/HABTEC (2003)	Cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC/MS)
	MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)	EPA 8270C
Metais (Mercúrio)	PETROBRAS/HABTEC (2003)	Espectrofotometria de emissão de plasma
	MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)	Espectrofotometria de Absorção Atômica

A) Qualidade de Água

Oxigênio Dissolvido (OD)

A **Figura II.5.1.7-2** apresenta os valores de oxigênio dissolvido obtidos pelo estudo MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002), na profundidade de 10 m, em meia água e fundo (atingindo no máximo 200 m).

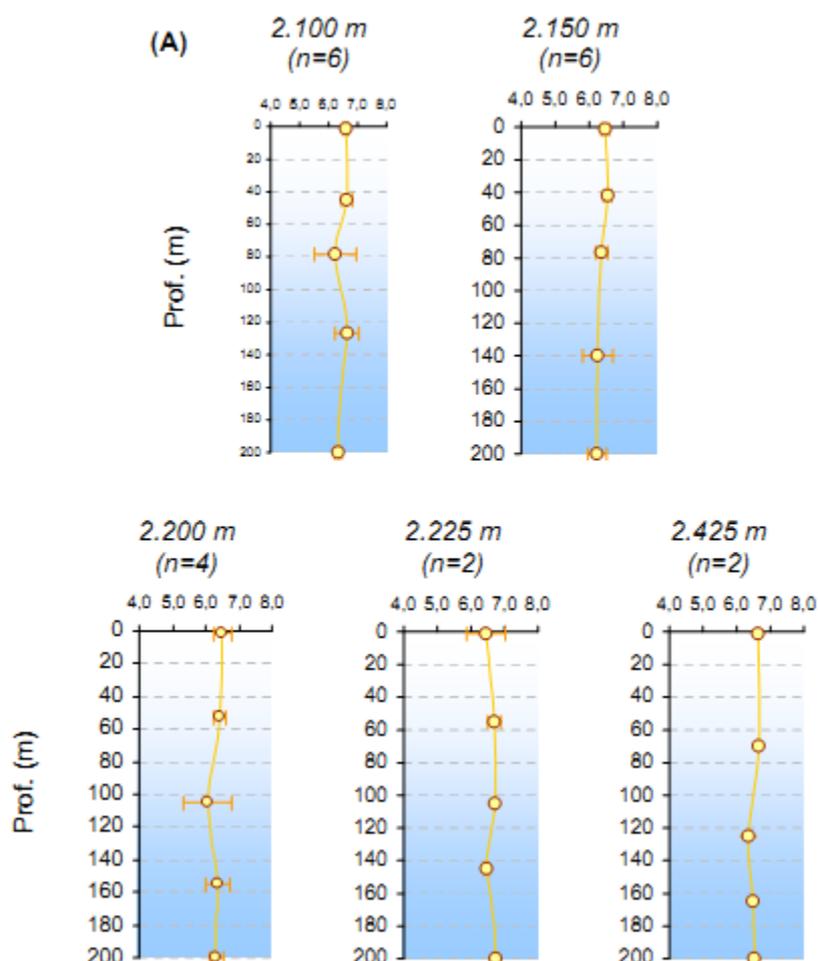


Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002).

Figura II.5.1.7-2 – *Varição espacial de oxigênio dissolvido na água (mg/L) na Bacia de Santos. O painel superior é referente à profundidade de 10 m, o central, meia água e o inferior, fundo (atingindo no máximo 200 m).*

As concentrações de oxigênio dissolvido apresentadas na **Figura II.5.1.7-2** variam entre 5,8 e 8,4 mg/L. Estes valores são mais elevados em meia água, nas proximidades da termoclina, com valores entre 7,4 e 8,2 mg/L. As concentrações nas superfície e fundo são similares, variando desde 5,8 a 7,4 mg/L.

A **Figura II.5.1.7-3** apresenta os resultados obtidos por PETROBRAS/HABTEC (2003).



Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2003).

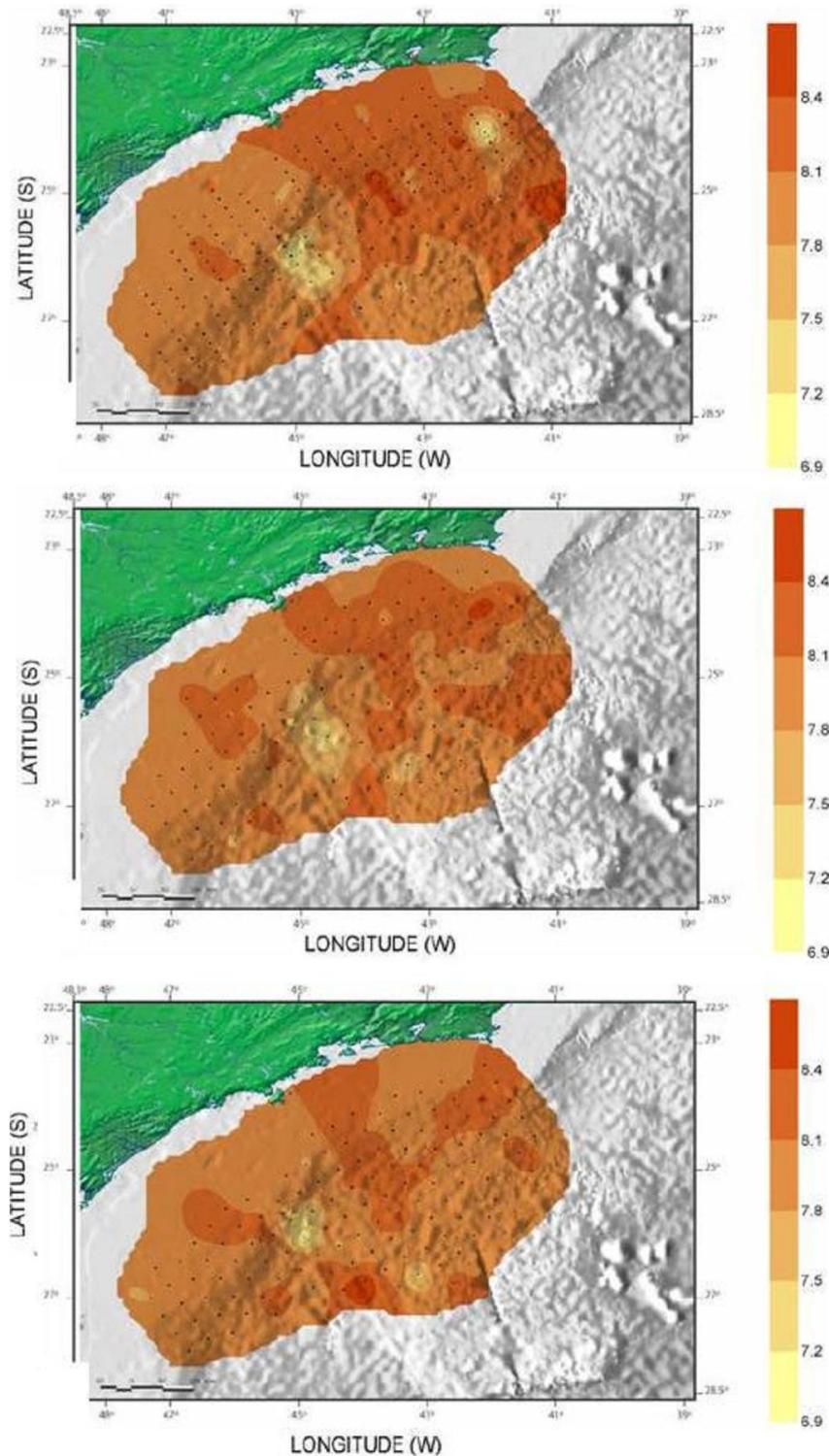
Figura II.5.1.7-3 – Variação vertical de oxigênio dissolvido na água (mg/L) nas estações profundas da Bacia de Santos. São apresentados somente os 200 m iniciais da coluna de água. A barra laranja horizontal indica o desvio padrão (n – n° de estações)

A **Figura II.5.1.7-3** apresenta valores variando entre 6,05 e 6,86 mg/L nas camadas superficiais, similarmente ao obtido para a mesma profundidade no estudo de MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002). Estes valores têm pouca variação ao longo da coluna de água, sendo desta forma diferente do obtido por MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002), que encontrou maiores valores próximos à termoclina (**Figura II.5.1.7-2**).

Segundo Niencheski *et al.* (1999), somente a concentração de oxigênio dissolvido é insuficiente para a caracterização de um ambiente, devido aos inúmeros fatores físicos e biológicos que podem afetar a sua distribuição. Dentre esses fatores, podem ser atribuídos: contato com o oxigênio da atmosfera nas camadas superficiais (REDFIELD, 1963), variação da pressão atmosférica, aquecimento ou resfriamento da água (HAYWARD & MANTYLA, 1990), processos biológicos de produção (fotossíntese) e consumo (respiração) de oxigênio (AIDAR *et al.*, 1993). Ainda, de forma local, o vento, ondas e precipitação atmosférica podem influenciar na concentração de oxigênio dissolvido na água do mar.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

A variação espacial de pH apresentada em MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) é exibida na **Figura II.5.1.7-4**. Nessa figura, é possível observar variações de pH entre 6,9 e 8,4.

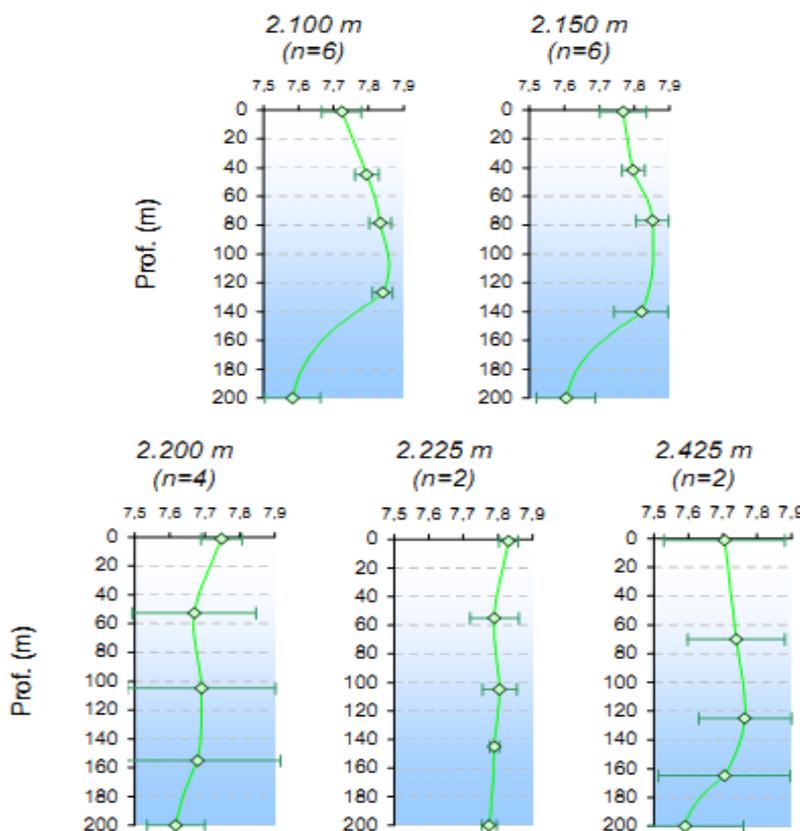


Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002).

Figura II.5.1.7-4 – *Variação espacial de pH na Bacia de Santos. O painel superior é referente à profundidade de 10 m, o central, meia água e o inferior, fundo (atingindo no máximo 200 m).*

No estudo de PETROBRAS/HABTEC (2003), são apresentados os valores para os primeiros 200 m de profundidade (**Figura II.5.1.7-5**). Em superfície, o pH variou entre 7,58 e 7,85, não sendo significativamente alterado até a profundidade de 200 m.

O pH médio da água do mar é em torno de 8,2, ou seja, levemente básico. Fatores como atividades de respiração, fotossíntese e trocas entre a atmosfera e o oceano fazem com que o equilíbrio dos íons CO_2 , HCO_3^- e CO_3^{2-} seja alterado, modificando os valores de pH (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983).



Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2003).

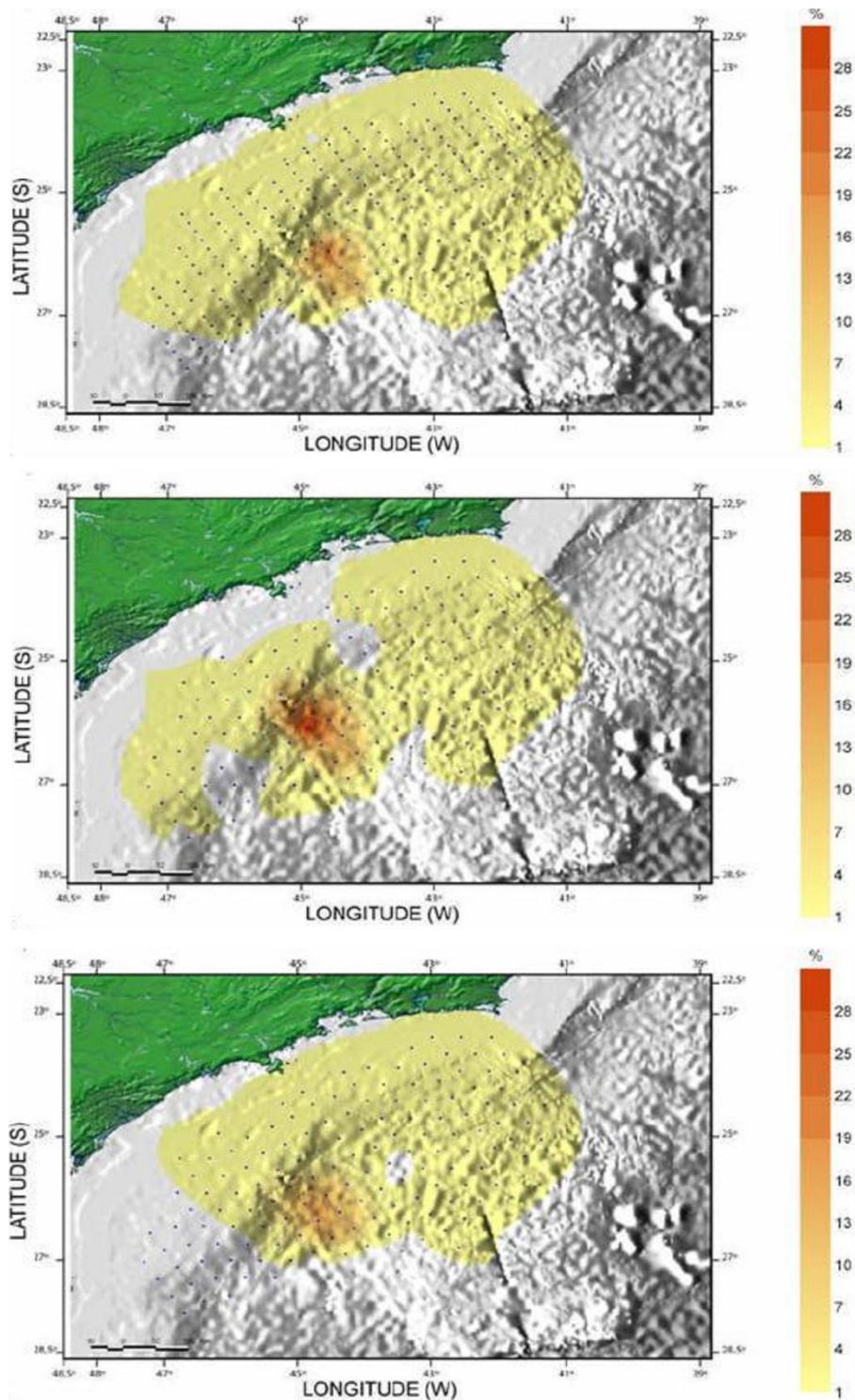
Figura II.5.1.7-5 – Variação vertical de pH nas estações profundas da Bacia de Santos. São apresentados somente os 200 m iniciais da coluna de água. A barra horizontal indica o desvio padrão ($n - n^\circ$ de estações)

Carbono Orgânico Total (COT)

A variação espacial, em superfície, meia água e fundo, para o carbono orgânico total (COT) proveniente de MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) na Bacia de Santos é apresentada na **Figura II.5.1.7-6**.

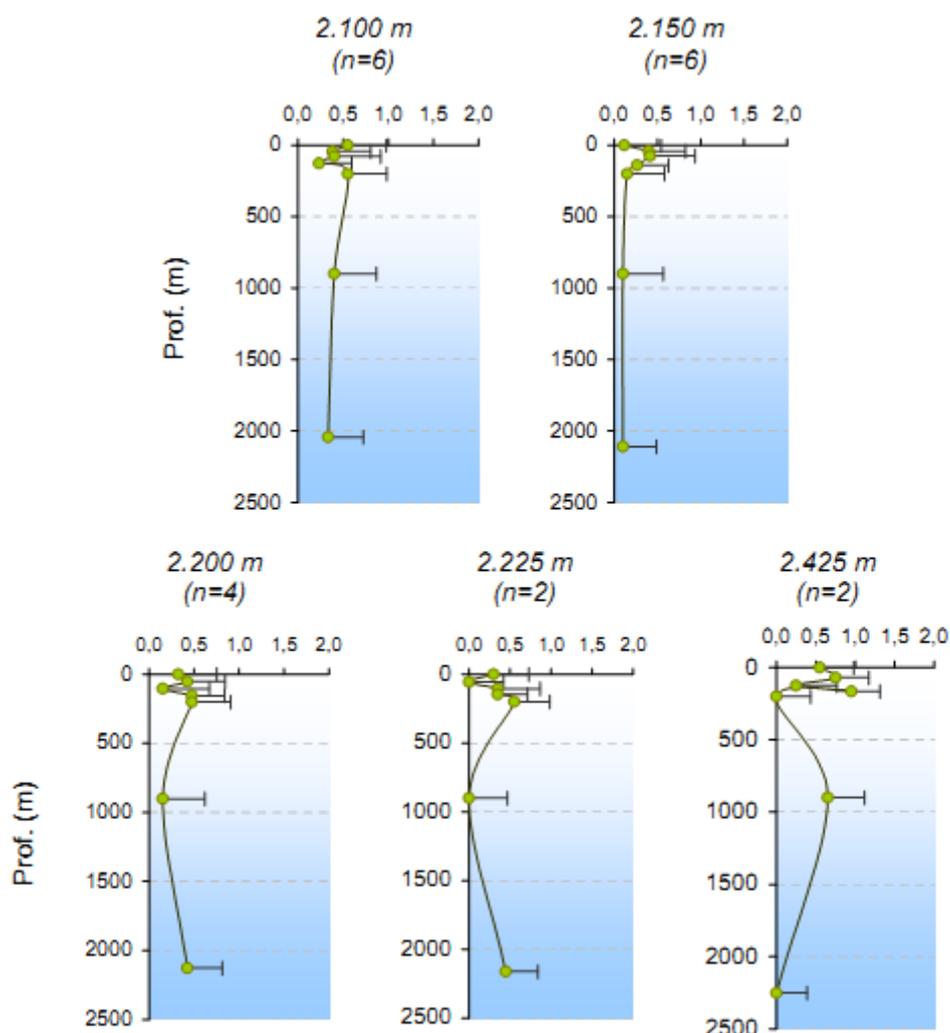
Os valores verticais provenientes de PETROBRAS/HABTEC (2003) aparecem na **Figura II.5.1.7-7**.

Os valores encontrados no projeto PETROBRAS/HABTEC (2003) encontram-se entre 0,5 e 1 mg/L, em todas as estações e profundidades amostradas, e as maiores variações foram encontradas entre superfície e termoclina.



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

Figura II.5.1.7-6 – *Variação espacial de carbono orgânico total (COT) na Bacia de Santos. O painel superior é referente à profundidade de 10 m, o central, meia água e o inferior, fundo (atingindo no máximo 200 m).*



Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2003).

Figura II.5.1.7-7 – *Variação vertical de carbono orgânico total (mg/L) nas estações profundas da Bacia de Santos. A barra horizontal indica o desvio padrão (n – nº de estações)*

Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP)

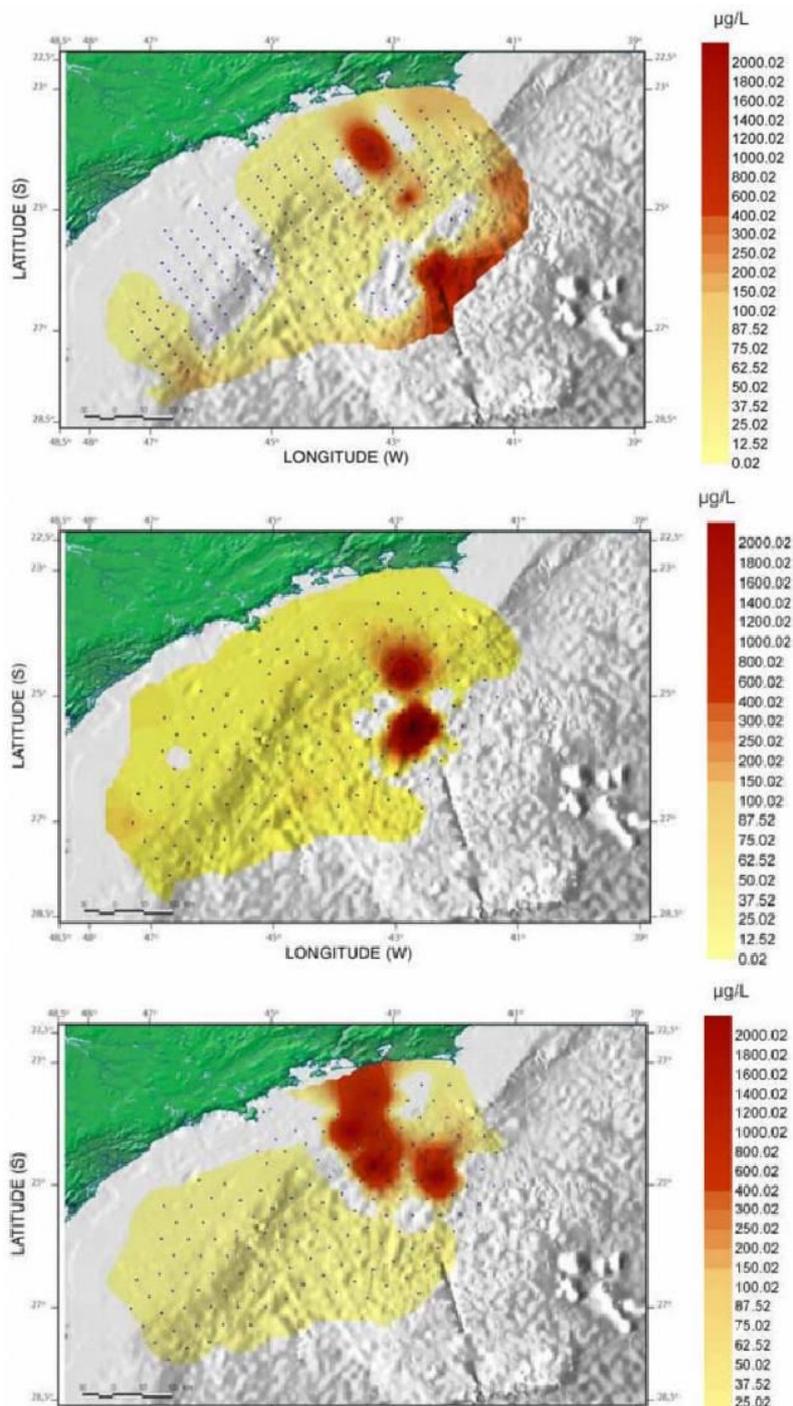
A variação espacial em superfície, meia água e em fundo, da concentração de hidrocarbonetos totais proveniente de MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) para a Bacia de Santos é apresentada na **Figura II.5.1.7-8**.

De modo geral, os resultados apresentam baixas concentrações de HTP na Bacia de Santos, com valor máximo de 2.706 µg/L e média de 64 µg/L (considerando toda a extensão horizontal e vertical apresentada).

Em superfície, maiores concentrações foram observadas nas proximidades do talude na região ao largo do estado do Rio de Janeiro e na mesma radial, contudo em oceano profundo. Estes valores máximos são próximos a 2.000 µg/L.

Em meia água, pontos ao largo da Baía de Guanabara/RJ, no talude e no oceano profundo, apresentaram os maiores valores (próximos a 2.000 µg/L). Nesta profundidade, as demais regiões tiveram valores próximos a zero.

Na camada de 200 m, região de plataforma continental e talude ao largo da Baía de Guanabara, encontraram-se as maiores concentrações (próximas a 2.000 µg/L). Sobre o trabalho realizado por PETROBRAS/HABTEC (2003) não foi detectada concentração de HTP.

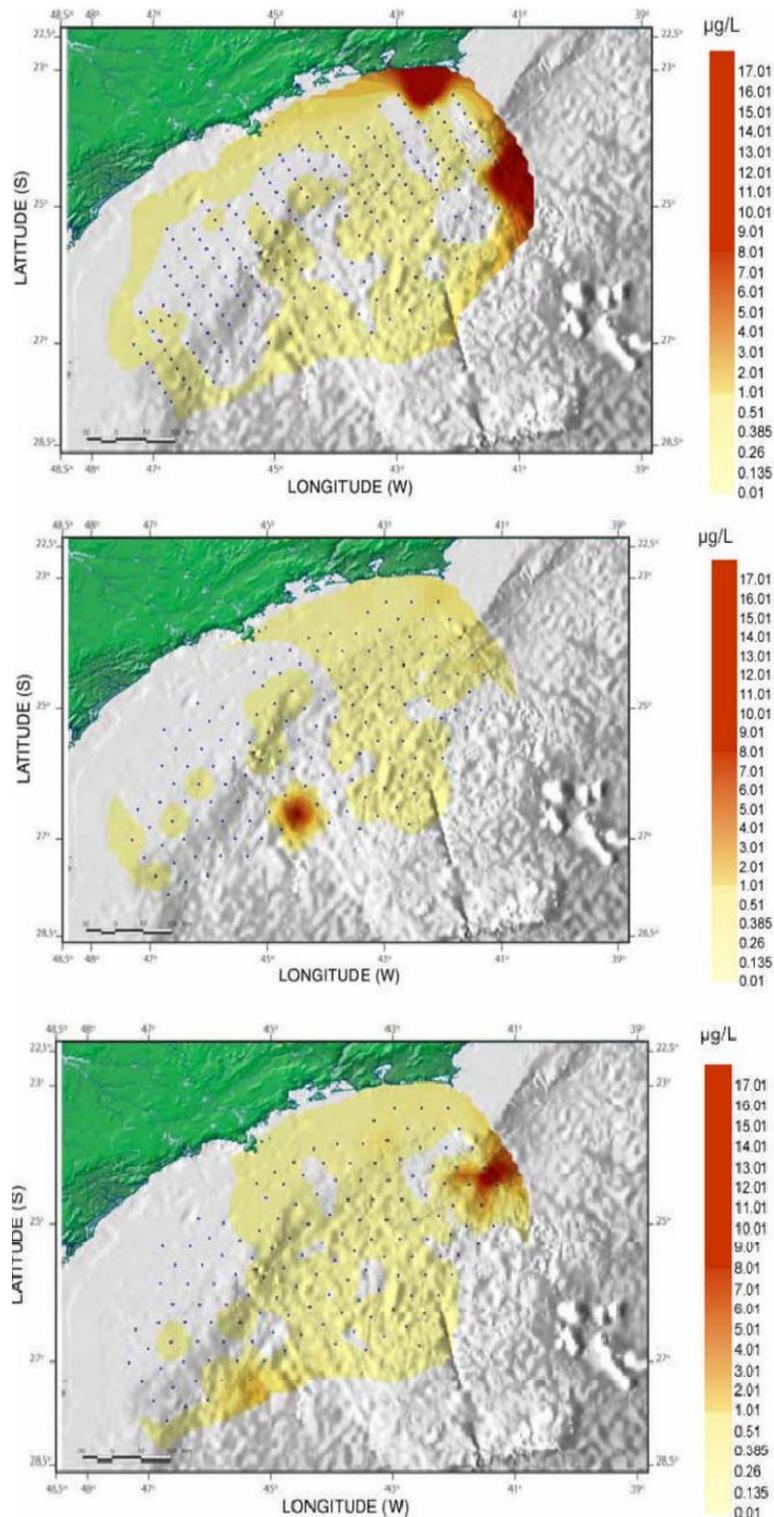


Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002).

Figura II.5.1.7-8 – *Varição espacial de hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) na Bacia de Santos. O painel superior é referente à profundidade de 10 m, o central, meia água e o inferior, fundo (atingindo no máximo 200 m).*

Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)

A **Figura II.5.1.7-9** mostra a variação espacial para a concentração de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos nas camadas de superfície, meia água e fundo nas regiões da plataforma continental e talude da Bacia de Santos, proveniente de MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002).



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

Figura II.5.1.7-9 – *Variação espacial de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos na Bacia de Santos. O painel superior é referente à profundidade de 10 m, o central, meia água e o inferior, fundo (atingindo no máximo 200 m).*

Assim como o observado para os HTP, as concentrações observadas de HPA também foram baixas. A concentração máxima observada foi de 21,30 µg/L e a média, de 0,44 µg/L. Ressalta-se que as maiores concentrações em superfície foram obtidas na porção norte da Bacia de Santos, tanto próximo ao continente quanto em oceano aberto. Em meia água o valor máximo (14 µg/L) foi encontrado em oceano profundo ao largo de Santos. Para a camada de fundo, a maior concentração observada foi em região de oceano profundo (a 200m), na porção Norte da Bacia de Santos (15 µg/L).

Para o trabalho de PETROBRAS/HABTEC (2003), não foi detectada concentração de HPA.

Nutrientes (Amônia, Nitrito, Nitrato e Fosfato)

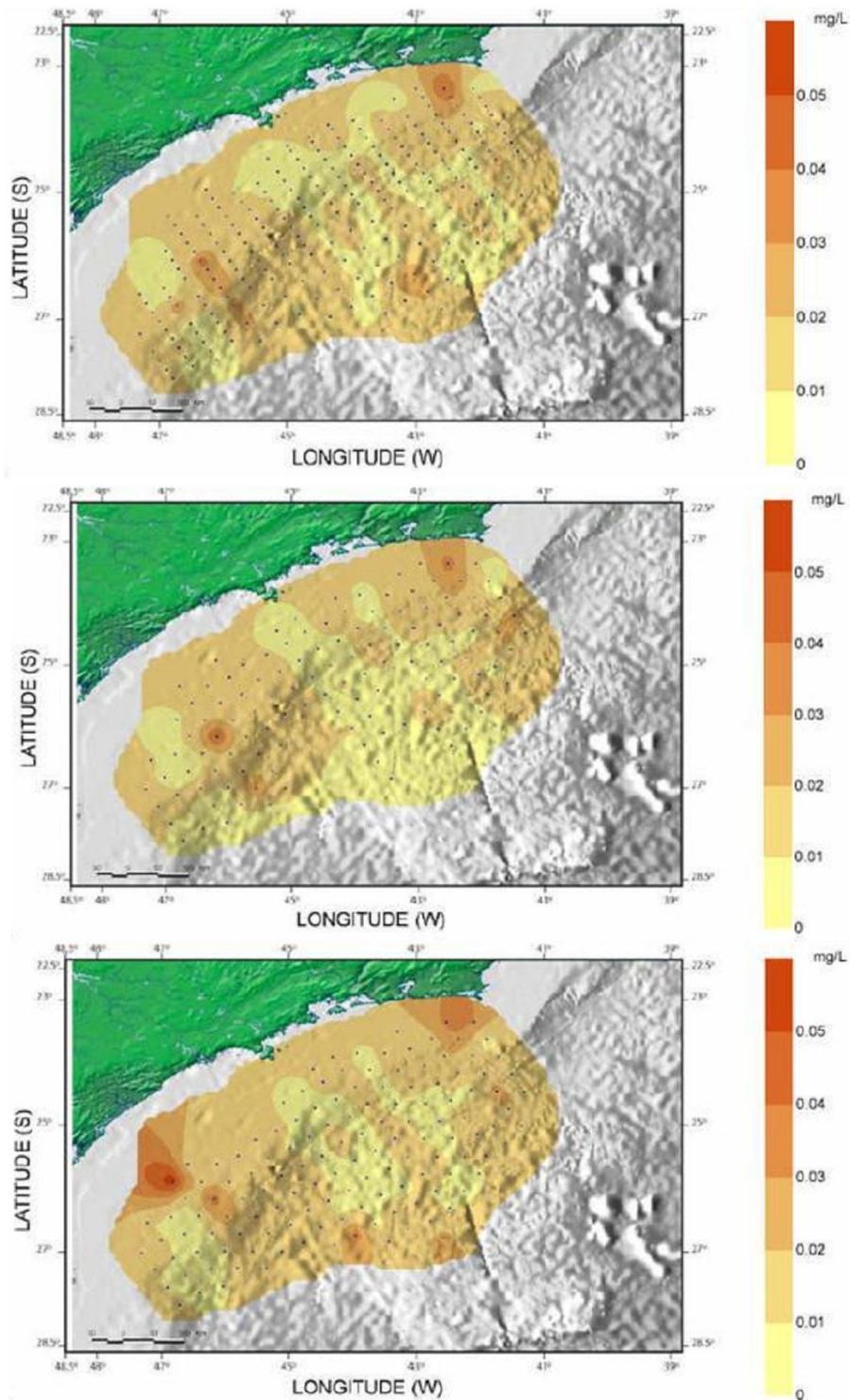
1) Amônia

A **Figura II.5.1.7-10** apresenta as variações horizontais (superfície, meia água e fundo) da concentração de amônia apresentada no relatório MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002), enquanto a **Figura II.5.1.7-11**, apresenta a variação vertical das concentrações de amônia proveniente do estudo de PETROBRAS/HABTEC (2003) na Bacia de Santos.

Os valores encontrados em MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) tiveram máximo de 0,060 mg/L e mínimo de 0,003 mg/L. As concentrações mais elevadas foram encontradas na camada profunda, em pontos mais próximos ao continente, porém, não foram observadas tendências espaciais.

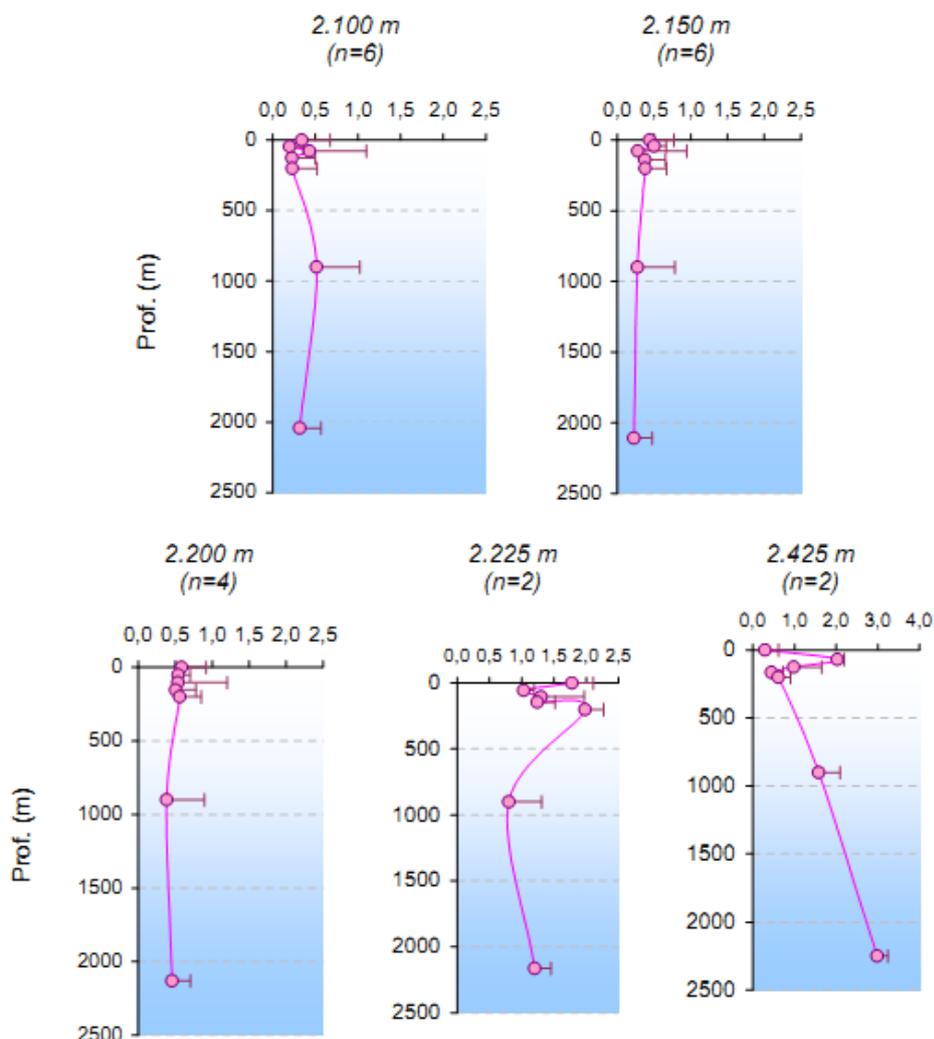
Para PETROBRAS/HABTEC (2003), foram encontrados valores entre 0,01 a 3,0 µmol/l (0,0002 mg/L a 0,052 mg/L), com relativa homogeneidade vertical nas estações das isóbatas de 2.100, 2.150 e 2.200 m. Para as estações da isóbata de 2.225 m foram observados maiores valores nas proximidades de 250 m, e nas de 2.425 m a maior concentração observada foi próxima ao fundo.

Por se tratar de um nutriente, é comum que concentrações de amônia sejam maiores em camadas profundas, onde não existe disponibilidade luminosa, diminuindo seu consumo por organismos fotossintetizantes (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002).



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

Figura II.5.1.7-10 – *Varição espacial de amônia na Bacia de Santos. O painel superior é referente à profundidade de 10 m, o central, meia água e o inferior, fundo (atingindo no máximo 200 m).*



Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2003).

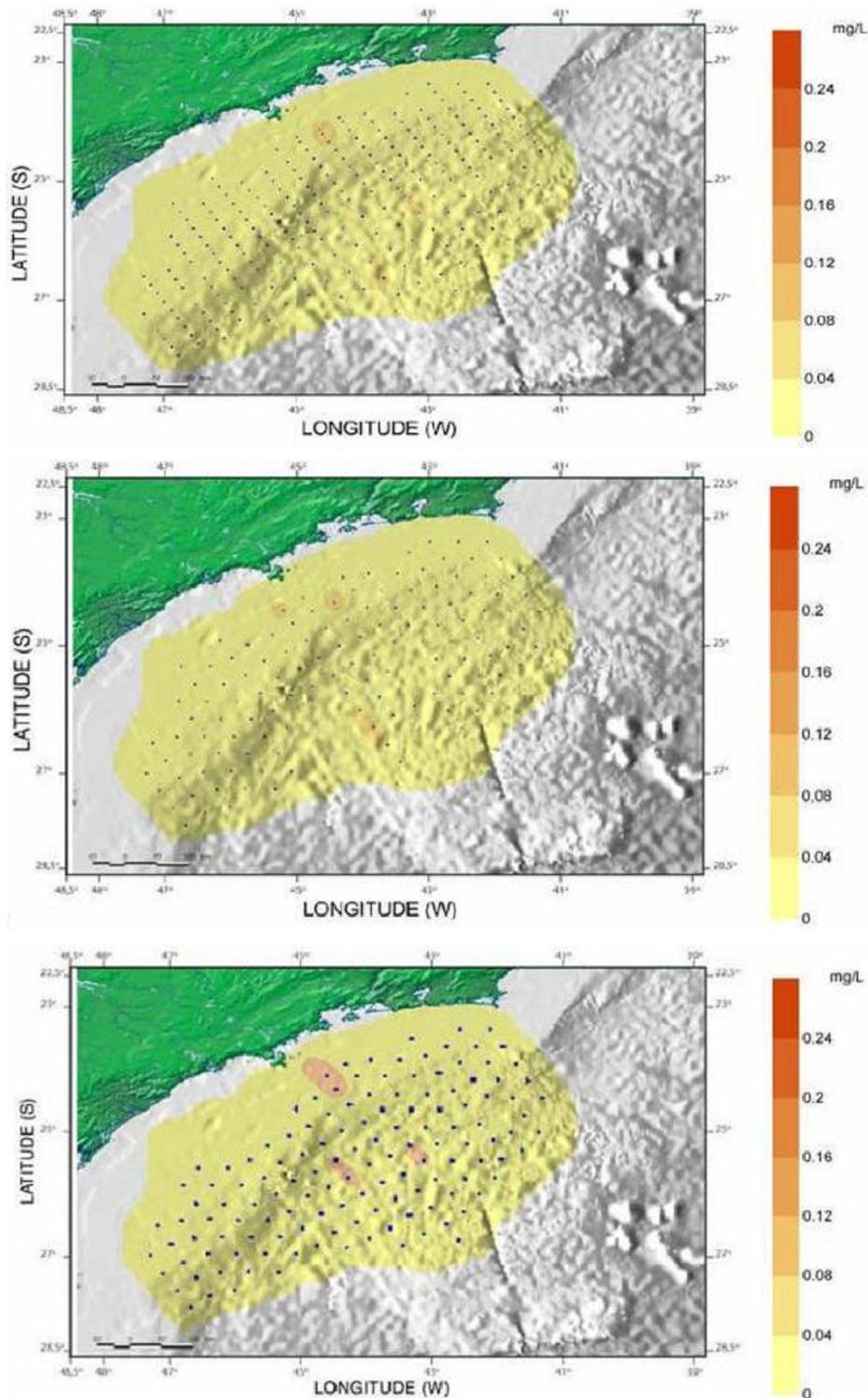
Figura II.5.1.7-11 – Variação vertical de amônia ($\mu\text{mol/l}$) nas estações profundas da Bacia de Santos. A barra horizontal indica o desvio padrão (n – nº de estações)

2) Nitrito

A variação horizontal (superfície, meia água e fundo) para o nitrito, proveniente de MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002), é apresentada na **Figura II.5.1.7-12**. Na **Figura II.5.1.7-13** aparecem os perfis verticais das estações amostradas por PETROBRAS/HABTEC (2003).

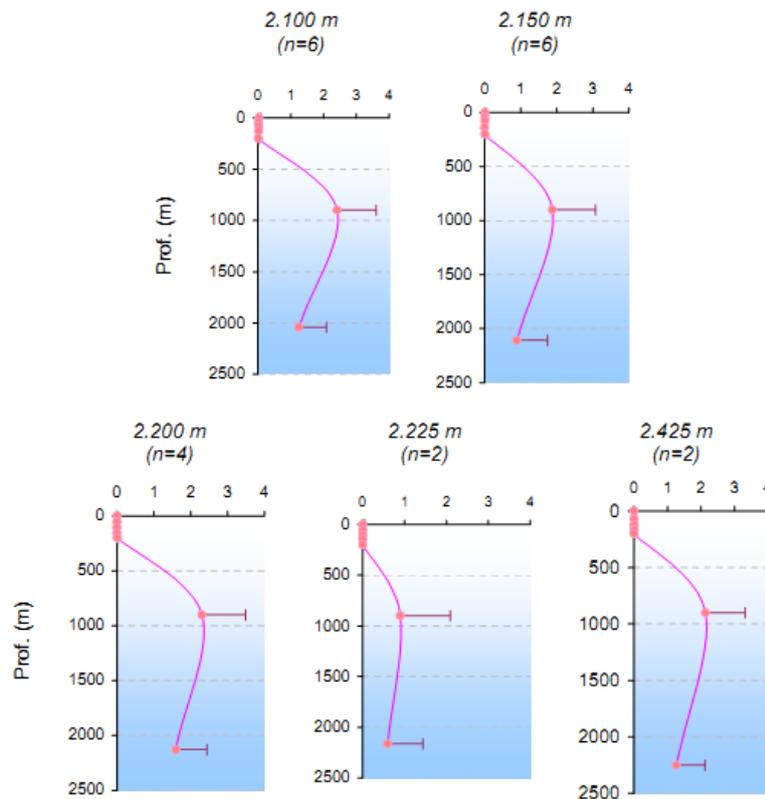
A partir de MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) identifica-se que as concentrações variaram entre 0,002 mg/L e 0,07 mg/L, sendo os maiores valores obtidos na camada de fundo (200 m) em região da plataforma continental ao

largo de São Sebastião/SP. No estudo PETROBRAS/HABTEC (2003), os valores médios obtidos estiveram entre 0,01 e 2,09 $\mu\text{mol/L}$ (0,0046 mg/L a 0,92 mg/L). As estações apresentaram, em sua maioria, padrão de estratificação similar, com valores muito baixos nas camadas superficiais e aumento na camada intermediária, indicando enriquecimento das massas de águas mais profundas. Os valores na camada de fundo se dispuseram de forma intermediária entre os valores de superfície e meia água.



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

Figura II.5.1.7-12 – *Variação espacial de nitrito na Bacia de Santos. O painel superior é referente à profundidade de 10 m, o central, meia água e o inferior, fundo (atingindo no máximo 200 m).*

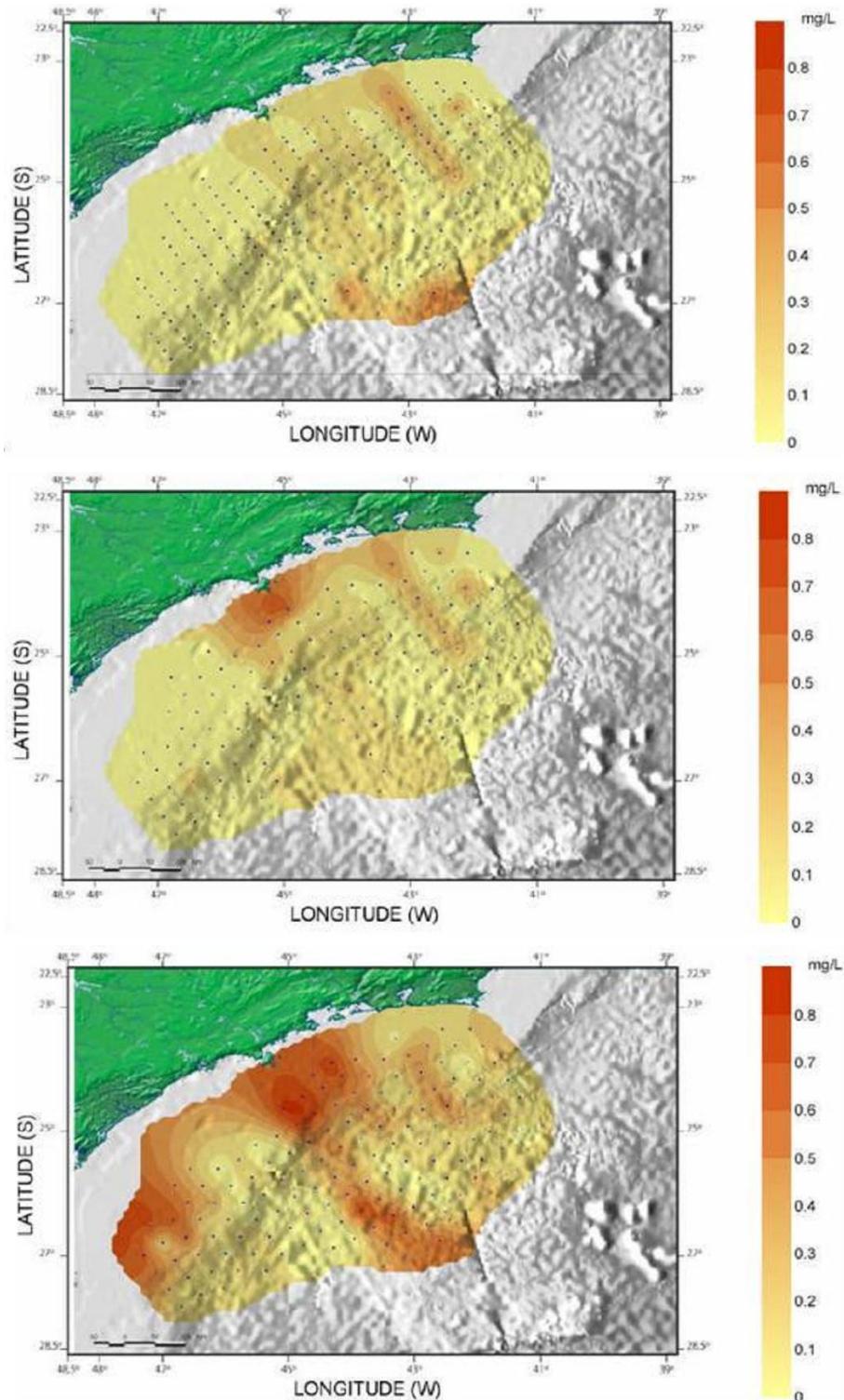


Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2003).

Figura II.5.1.7-13 – Variação vertical de nitrito ($\mu\text{mol/l}$) nas estações profundas da Bacia de Santos. A barra horizontal indica o desvio padrão ($n - n^\circ$ de estações)

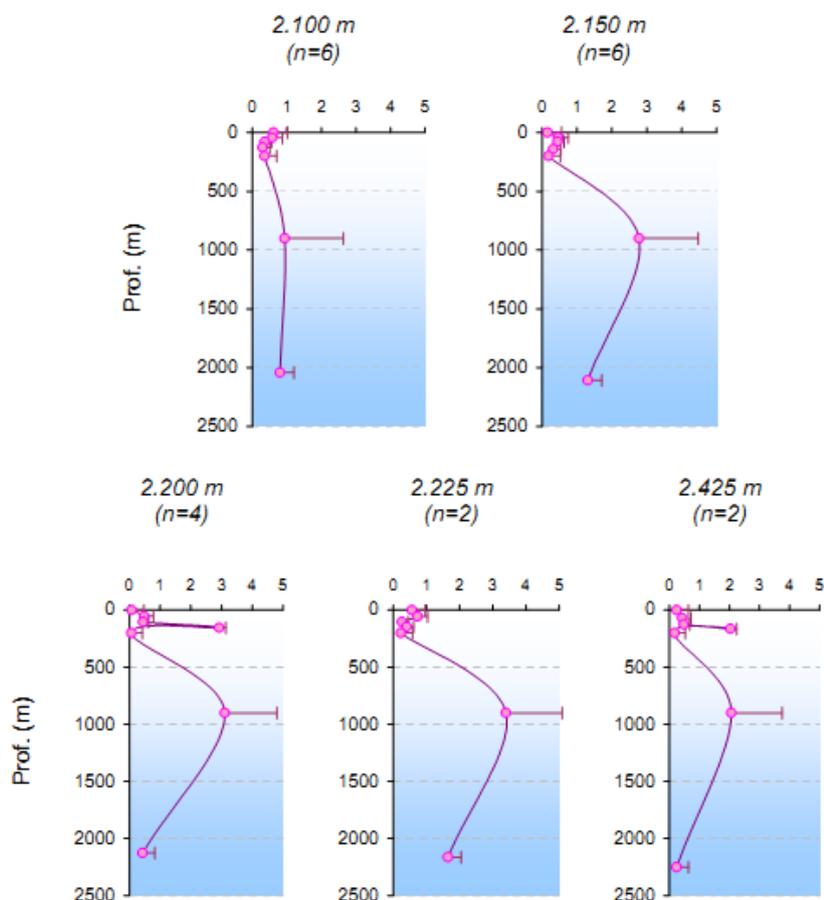
3) Nitrato

As concentrações de nitrato de MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) são apresentadas na **Figura II.5.1.7-14** e os valores verticais provenientes de PETROBRAS/HABTEC (2003) são exibidos na **Figura II.5.1.7-15**.



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

Figura II.5.1.7-14 – *Variação espacial de nitrato na Bacia de Santos. O painel superior é referente à profundidade de 10 m, o central, meia água e o inferior, fundo (atingindo no máximo 200 m).*



Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2003).

Figura II.5.1.7-15 – Variação vertical de nitrato ($\mu\text{mol/l}$) nas estações profundas da Bacia de Santos. A barra horizontal indica o desvio padrão (n – n° de estações)

Os valores de nitrato de MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) estiveram entre as concentrações de 0,066 mg/L e 0,835 mg/L, sendo que os maiores valores foram observados na camada de fundo (200 m). Em superfície, os maiores valores foram obtidos na região de oceano profundo, enquanto que em meia água as maiores concentrações foram obtidas sobre a Plataforma Continental, entre Santos e São Sebastião/SP. Esta mesma região apresentou as maiores concentrações na camada de fundo, juntamente com a porção Sul da Bacia de Santos.

A partir de PETROBRAS/HABTEC (2003), pôde-se verificar variações verticais de nitrito entre 0,01 $\mu\text{mol/l}$ e 3,00 $\mu\text{mol/l}$ (0,0062 mg/L e 1,86 mg/L) e,

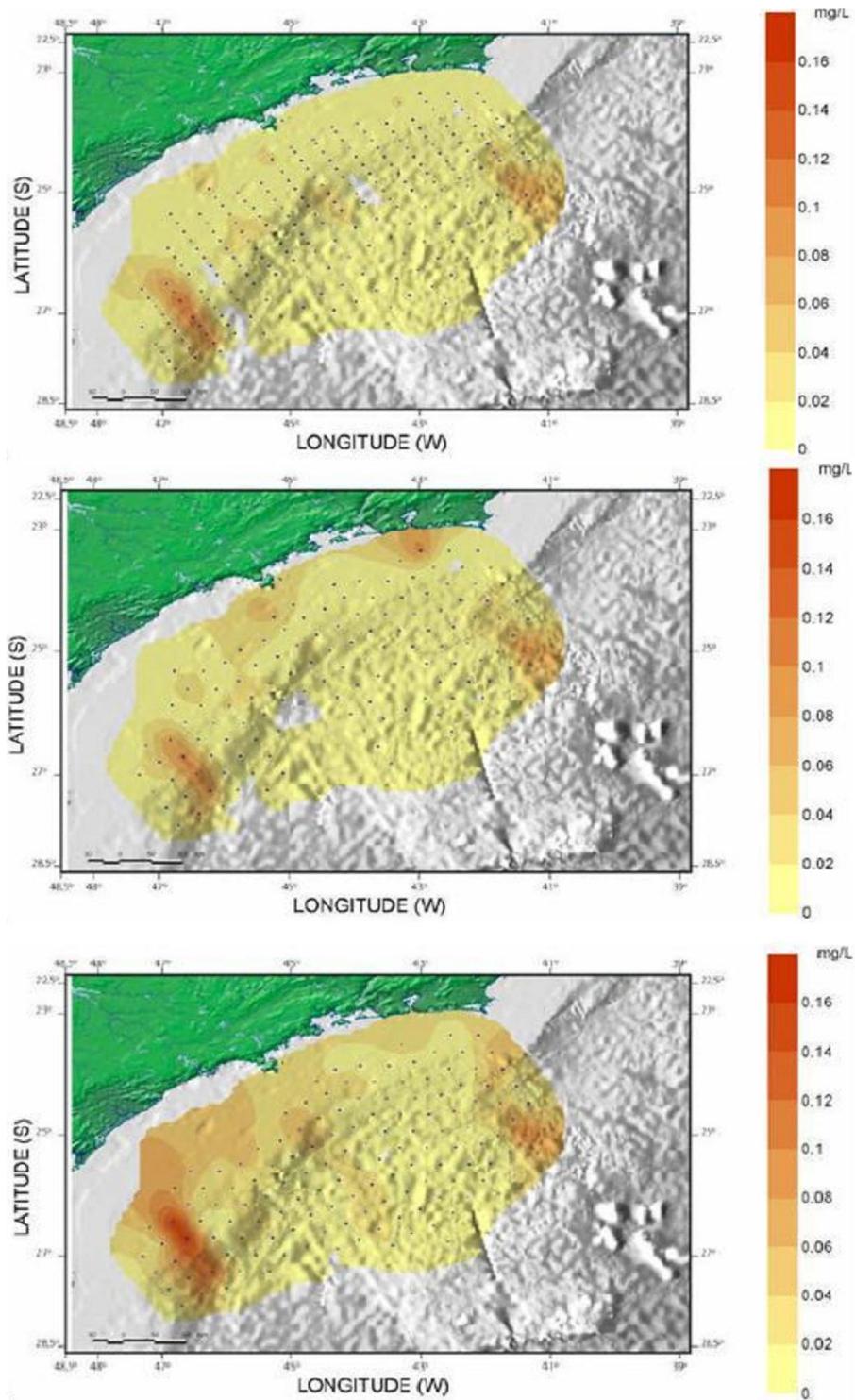
em praticamente todas as estações, profundidades próximas a 1.000 m apresentaram os maiores valores, quando comparados a superfície e fundo.

4) Fosfato

As variações horizontais da concentração de fosfato em superfície, meia água e fundo, da Bacia de Santos, proveniente de MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) é exibida na **Figura II.5.1.7-16**. A variação vertical proveniente de PETROBRAS/HABTEC (2003) é apresentada na **Figura II.5.1.7-17**.

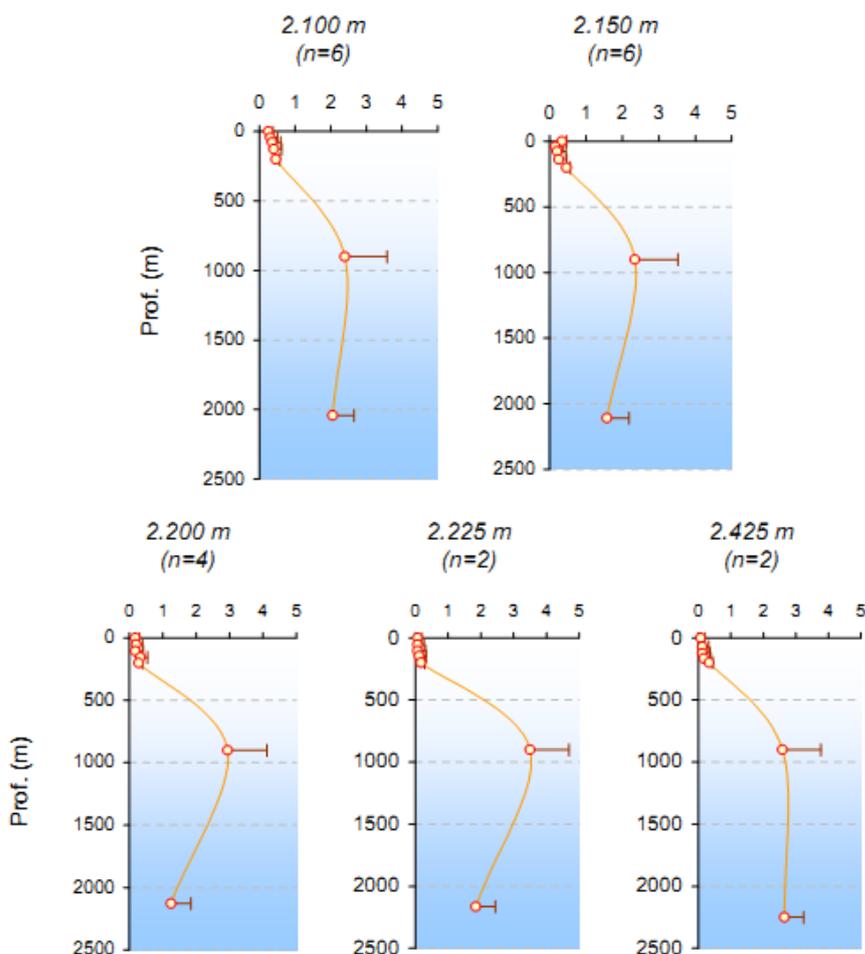
Os valores observados de MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) estiveram entre 0,01 e 0,165 mg/L, tendo sua média próxima a 0,02 mg/L. Foi observada homogeneidade horizontal, destacando-se região próxima ao talude continental na porção Sul da Bacia de Santos que, em todas as profundidades amostradas, apresentou maiores valores que as regiões adjacentes. Principalmente em meia água e fundo (200 m), a região de plataforma continental tem, em média, valores superiores aos observados em oceano profundo.

Nas amostragens verticais provenientes de PETROBRAS/HABTEC (2003), os valores médios oscilaram entre 0,07 $\mu\text{mol/l}$ e 3,00 $\mu\text{mol/l}$ (0,066 mg/L e 2,85 mg/L), com maiores concentrações nas camadas mais profundas e valores máximos na profundidade de 900 m, aproximadamente.



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

Figura II.5.1.7-16 – *Varição espacial de fosfato na Bacia de Santos. O painel superior é referente à profundidade de 10 m, o central, meia água e o inferior, fundo (atingindo no máximo 200 m).*



Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2003).

Figura II.5.1.7-17 – Variação vertical de fosfato ($\mu\text{mol/l}$) nas estações profundas da Bacia de Santos. A barra horizontal indica o desvio padrão ($n - n^\circ$ de estações)

Sulfeto

O íon sulfeto é proveniente das reações de redução dos íons sulfato, sendo estes os maiores componentes da água do mar. O sulfeto é o produto das reações de degradação da matéria orgânica em ambientes com baixas concentrações de oxigênio dissolvido (BRUCHERT *et al.*, 2003). Este íon apresenta, em ambientes aquáticos, equilíbrio com o ácido sulfídrico (H_2S), o qual se mostra tóxico a muitos organismos marinhos (RIPLEY & FORAN, 2007).

O estudo realizado pela PETROBRAS/HABTEC (2003) apresentou concentrações de sulfetos variando entre $<0,001$ e $0,93 \mu\text{mol/l}$ ($0,00032 \text{ mg/L}$ e

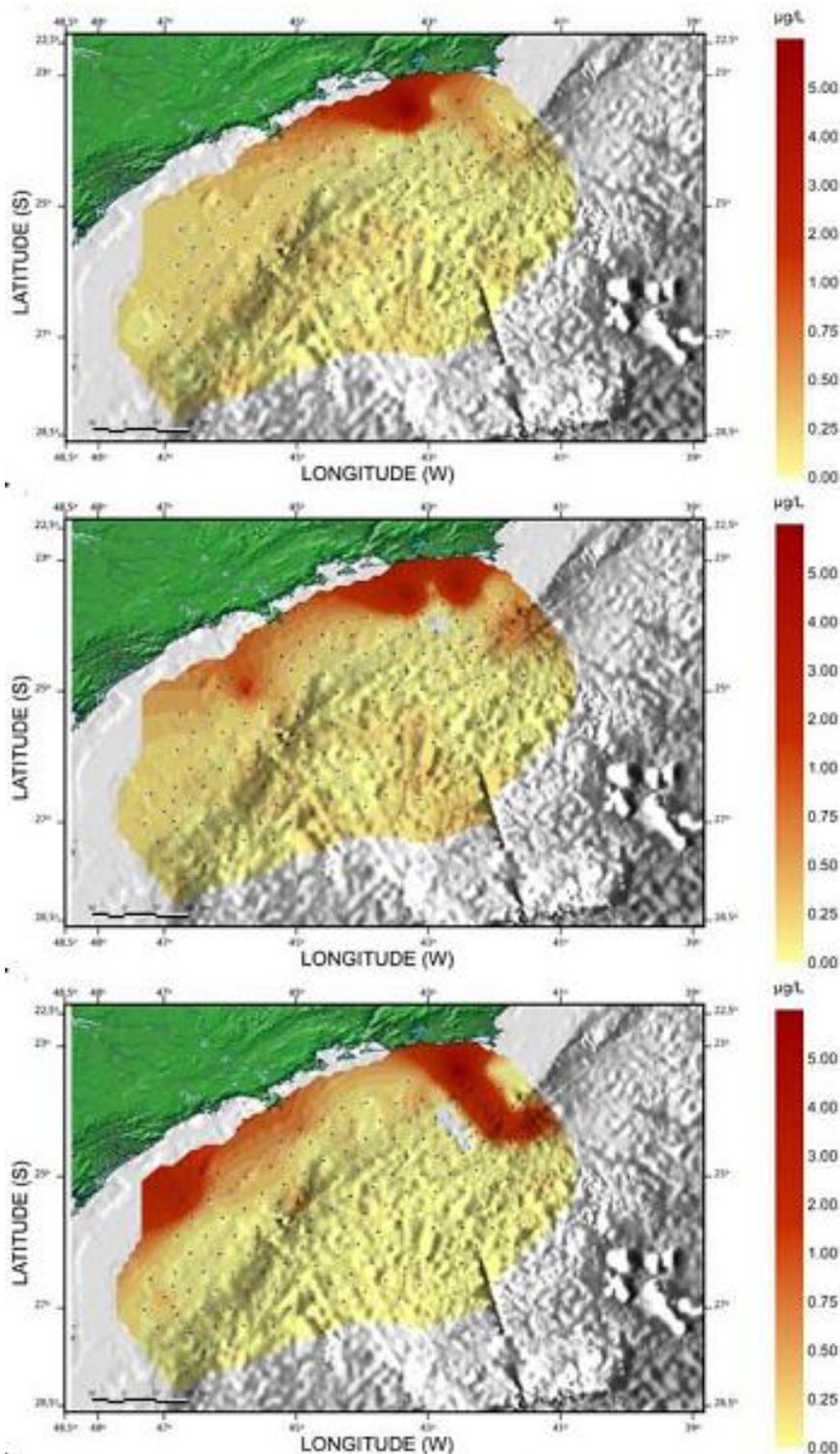
0,30 mg/L). As concentrações mais altas foram encontradas nas camadas mais profundas, com o pico de concentração a cerca de 900 m de profundidade.

Clorofila -a

A Clorofila-a é comumente utilizada como um fator indicador da biomassa fitoplanctônica (JEFFREY & MANTOURA, 1997). Esta molécula é o pigmento fotossintetizante primário desse grupo de produtores primários dos oceanos. Assim, sua medida pode ser convertida em valores de produção e produtividade primária (O'REILLY *et al.*, 1998).

O estudo realizado para a caracterização da Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002) apresentou concentrações de Clorofila-a variando de 0,0403 a 6,308 µg/L a 10 m de profundidade; de 0,0157 a 4,1543 µg/L junto à termoclina e de 0,0026 a 6,0472 µg/L próximo ao fundo (profundidade máxima de 200 m) nas estações profundas (**Figura II.5.1.7-18**).

Em superfície e meia água, os maiores valores encontrados foram sobre a Plataforma Continental, nas proximidades do continente, na porção Norte da Bacia de Santos. Na camada de fundo (atingindo no máximo 200 m), a região da plataforma continental apresenta maiores valores, em média, que os observados em oceano profundo, sendo que as porções Sul e Norte da Bacia de Santos tiveram valores superiores aos da porção central.



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

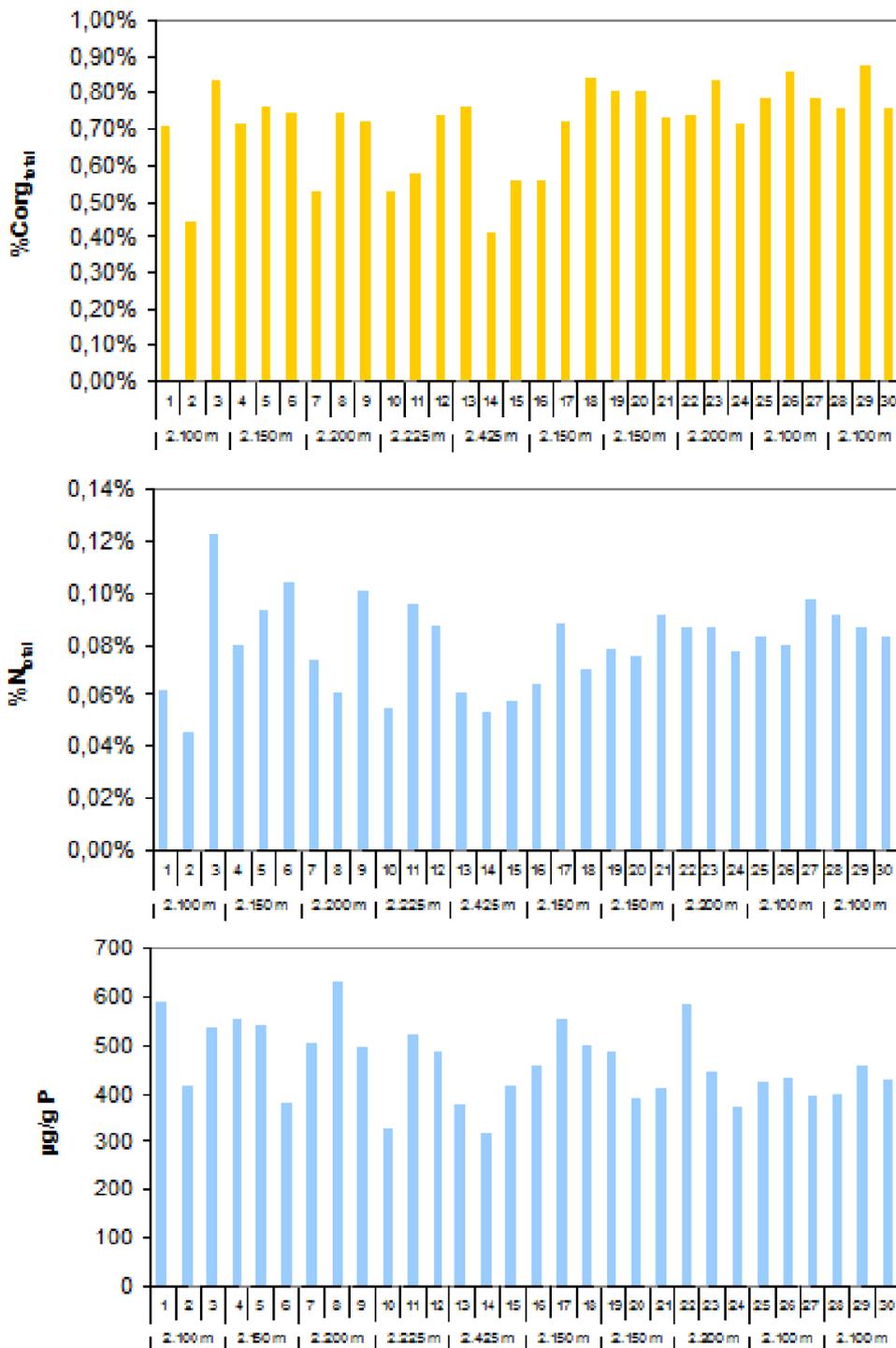
Figura II.5.1.7-18 – *Varição espacial de clorofila-a na Bacia de Santos. O painel superior é referente à profundidade de 10 m, o central, meia água e o inferior, fundo (atingindo no máximo 200 m).*

B) Qualidade de Sedimentos

Carbono Orgânico, Nitrogênio e Fósforo Total

De acordo com Mahiques *et al.* (2002), os teores de carbono orgânico no sedimento superficial da plataforma continental externa da Bacia de Santos variaram entre 2 e 18 mg/g, com valor máximo próximo à isóbata de 100 m, em frente ao litoral de Cabo Frio. Os teores de Nitrogênio obtidos por este mesmo autor tiveram valores máximos de 3 mg/g.

O estudo realizado por PETROBRAS/HABTEC (2003), em águas ultraprofundas da Bacia de Santos, indicou que a distribuição de carbono orgânico nos sedimentos é muito homogênea, apresentando variações de concentração de 0,41 a 0,88%. O nitrogênio total (N total) encontrado possui variação de 0,046% a 0,123% (465 µg/g a 1.226 µg/g) e o fósforo total no sedimento da área dos blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21 variou entre 0,03% e 0,06% (320 µg/g e 628 µg/g). A **Figura II.5.1.7-19** mostra os valores de Carbono Orgânico, Nitrogênio e Fósforo obtidos no estudo de PETROBRAS/HABTEC (2003).



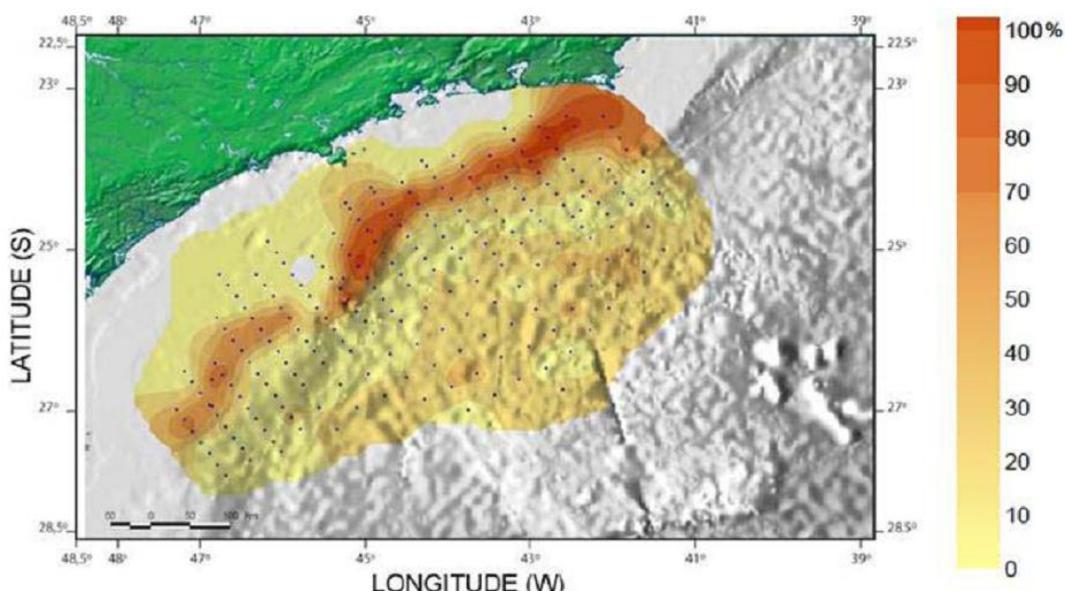
Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2003).

Figura II.5.1.7-19 – Painéis superior, central e inferior representam, respectivamente, concentrações de carbono orgânico, nitrogênio e fósforo totais nos sedimentos da Bacia de Santos. Os números no eixo horizontal representam as estações de coleta de dados.

Carbonato e Matéria Orgânica

No estudo de caracterização da Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002), foi evidenciada a ocorrência de uma faixa de altas concentrações de carbonato entre as isóbatas de 100 e 150 m de profundidade, como pode ser observado na **Figura II.5.1.7-20**.

A existência dessa faixa recoberta por sedimentos biogênicos carbonáticos na plataforma externa, estendendo-se até o talude, também foi notada por Mahiques & Furtado (1989), Furtado & Mahiques (1990) e Gonçalves & Lana (1991). Os teores de carbonato nas amostras variaram de 0,08% a 96,8% e estiveram presentes em 98,6% das amostras (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002).



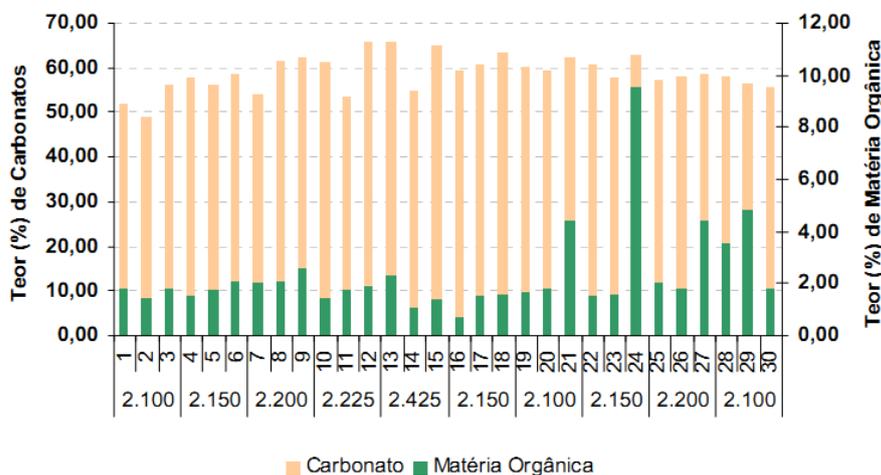
Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002).

Figura II.5.1.7-20 – *Variação espacial de carbonato nos sedimentos da Bacia de Santos.*

O estudo realizado na região ultraprofunda da Bacia de Santos (PETROBRAS/HABTEC, 2003) indicou que o teor de carbonato nos sedimentos da região variou de 56,65% a 61,74% e o de matéria orgânica, de 0,75% a 9,57% (**Figura II.5.1.7-21**).

A relação entre a distribuição do carbono orgânico e a análise textural dos sedimentos mostra que as maiores concentrações do carbono orgânico estão

associadas às frações lamosas, o que pode ser explicado pela conhecida relação entre sedimentos mais finos e retenção de substâncias (OVALLE *et al.*, 2000).



Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2003).

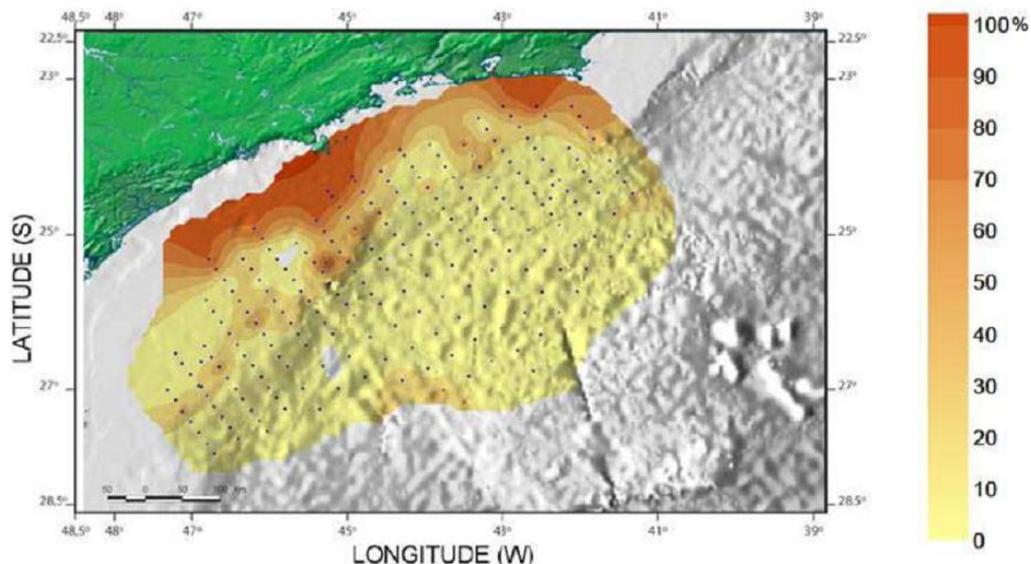
Figura II.5.1.7-21 – Teor de carbonato (amarelo) e matéria orgânica (verde) encontrado nas estações profundas da Bacia de Santos. Os números no eixo horizontal representam as estações de coleta de dados.

Granulometria

No estudo de caracterização da Bacia de Santos, produzido por MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002), o silte predominou em 89,2% das amostras, a areia em 9,9%, com maior contribuição de areia muito fina (5,6%) e areia fina (3,3%). A argila predominou em 0,9% das amostras. O cascalho foi encontrado em 3,3% das estações, areia muito grossa, em 7,5%, areia grossa, em 11,7%, areia média, em 14,9%, areia fina, em 18,2% e areia muito fina, em 5,6%.

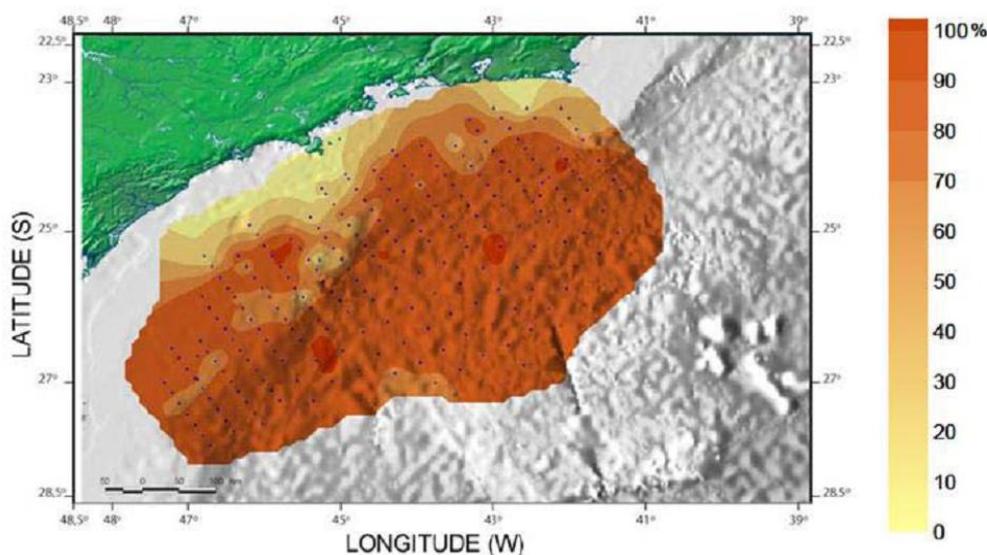
Como pode ser observado na **Figura II.5.1.7-22** e na **Figura II.5.1.7-23**, pelas análises da contribuição de sedimentos arenosos e lamosos nas estações de coleta na Bacia de Santos, há predomínio de fração mais grossa nas áreas adjacentes ao continente com diminuição da granulometria em direção a *offshore*, concomitante com o aumento de profundidade. Essa observação

ratifica alguns estudos pré-existentes na região como Mahiques & Furtado (1989) e Furtado & Mahiques (1990).



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

Figura II.5.1.7-22 – *Varição espacial da distribuição da fração arenosa nos sedimentos da Bacia de Santos.*

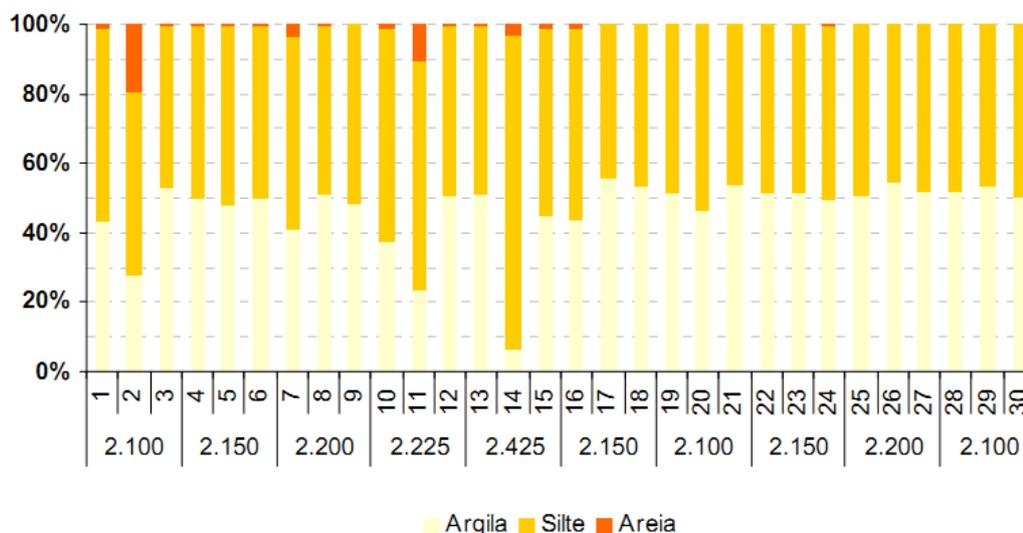


Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002).

Figura II.5.1.7-23 – *Varição espacial da distribuição da fração lamosa nos sedimentos da Bacia de Santos.*

De forma geral, a área da Bacia de Santos é caracterizada pela presença de sedimentos finos, com a fração lamosa associada diretamente ao aumento da batimetria. A plataforma interna apresenta uma tendência à presença de

sedimentos mais grossos. As análises realizadas na região da Bacia de Santos em águas ultraprofundas (PETROBRAS/HABTEC, 2003) revelaram um sedimento bastante homogêneo. A fração fina possui um percentual superior a 99% na maioria das estações. Somente em duas estações (estação nº2 a 2.100 m e estação nº11 a 2.225 m) o percentual de sedimentos mais grossos (fração areia) foi superior a 10% (**Figura II.5.1.7-24**).



Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2003).

Figura II.5.1.7-24 – Porcentagem de argila (amarelo claro), silte (amarelo) e areia (alaranjado) no sedimento da região profunda da Bacia de Santos. Os números no eixo horizontal representam as estações de coleta de dados.

Metais

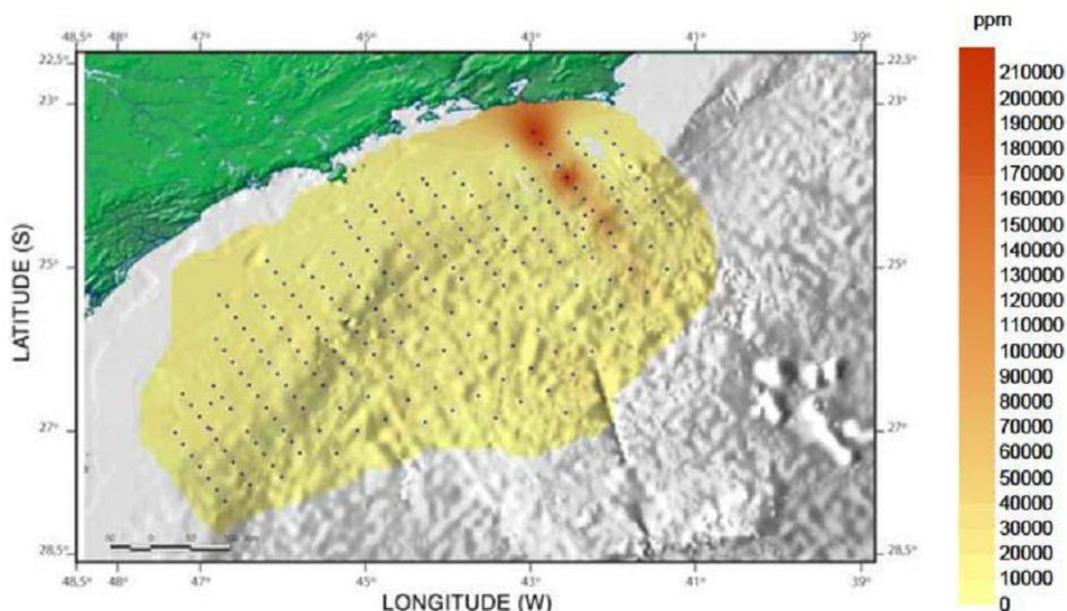
Nos ambientes aquáticos, os compostos metálicos geralmente ocorrem em baixas concentrações, normalmente em nanogramas a microgramas por litro (ESPINOZA-QUIÑONES *et al.*, 2005). Metais pesados têm proveniência de fontes naturais, a partir do intemperismo de rochas e solos, ou por aportes antropogênicos. Dependendo da solubilidade de cada elemento, esses podem estar dissolvidos ou associados a elementos particulados, os quais podem decantar e acumular-se nos sedimentos (ESPINOZA-QUIÑONES, *op. cit.*). A alta concentração de metais nos sedimentos e, em geral, no ambiente aquático, possui efeito deletério em sua biota (NEFF *et al.*, 2000).

A análise de metais é imprescindível para a caracterização ambiental de locais destinados a produção de petróleo, visto que estes elementos são encontrados como constituintes da maioria dos fluidos de perfuração utilizados (PATIN, 1999). Tais substâncias comumente são descartadas no ambiente marinho como fluido aderido a cascalhos residuais, alcançando os sedimentos devido à deposição dessas partículas ao longo da coluna d'água (PATIN, *op. cit.*; NRC, 2002; ABÍLIO, 2006).

1) Ferro

A caracterização da Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002) indicou que os teores de metais foram altos em toda a bacia. O teor médio de ferro no conjunto amostrado foi de 16.427,02 µg/g (1,64%), com desvio padrão de 25.902,77 µg/g.

Os sedimentos coletados em áreas próximas aos poços de petróleo estão com valores dentro da média, e pode-se concluir que a presença de ferro no sedimento está muito mais ligada ao tipo de rochas e à quantidade de carbonatos e argilas presentes nestes sedimentos (**Figura II.5.1.7-25**).



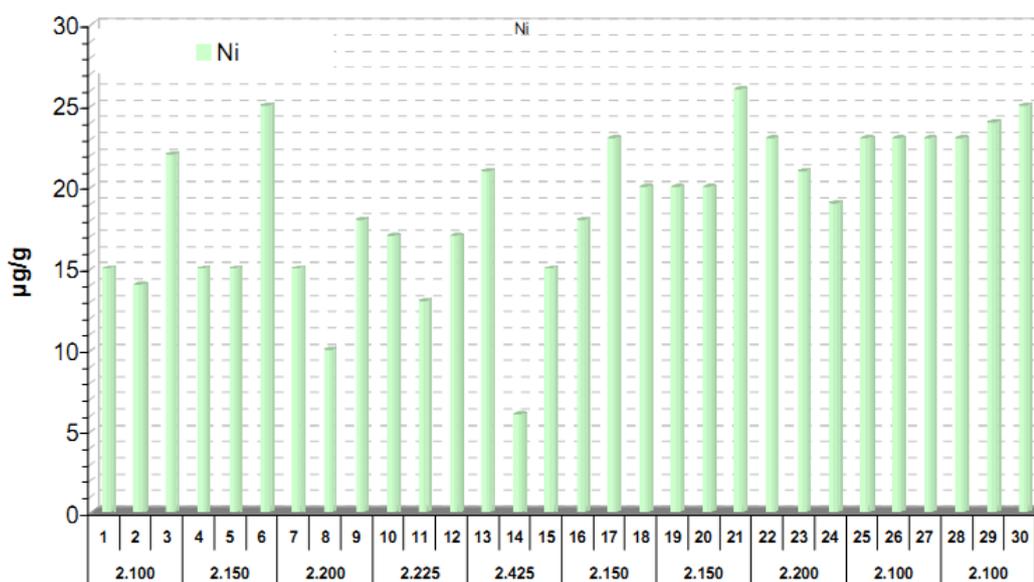
Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002).

Figura II.5.1.7-25 – Variação espacial da distribuição de ferro nos sedimentos da Bacia de Santos.

2) Níquel

O níquel, do mesmo modo que o vanádio, é adotado como indicador de descartes de óleos em ambiente marinho. A fixação deste metal em sedimentos superficiais é determinada, sobretudo, pela presença de óxidos/hidróxidos, carbonatos e silicatos de ferro e manganês (FORSTNER & WITTMANN, 1983; MOORE & RAMAMOORTHY, 1984).

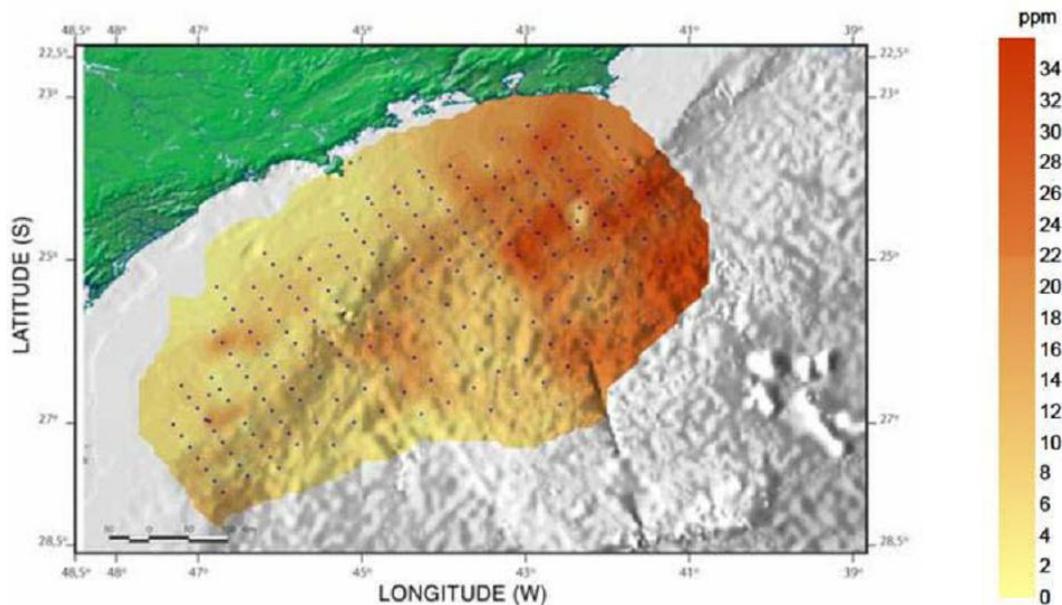
O estudo realizado pela PETROBRAS/HABTEC (2003), encontrou concentrações médias de níquel em torno de 19 ± 2 $\mu\text{g/g}$ (**Figura II.5.1.7-26**).



Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2003).

Figura II.5.1.7-26 – Concentração de níquel ($\mu\text{g/g}$) presente nos sedimentos na região profunda da Bacia de Santos. Os números no eixo horizontal representam as estações de coleta de dados.

De acordo com a caracterização da Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/ PEG, 2002), em toda a bacia foi obtido um valor médio de níquel de $13,30$ $\mu\text{g/g}$, com desvio padrão de $8,32$ $\mu\text{g/g}$. Como pode ser observado na **Figura II.5.1.7-27**, as concentrações de níquel tendem a ser menores em direção ao Sul da Bacia de Santos.



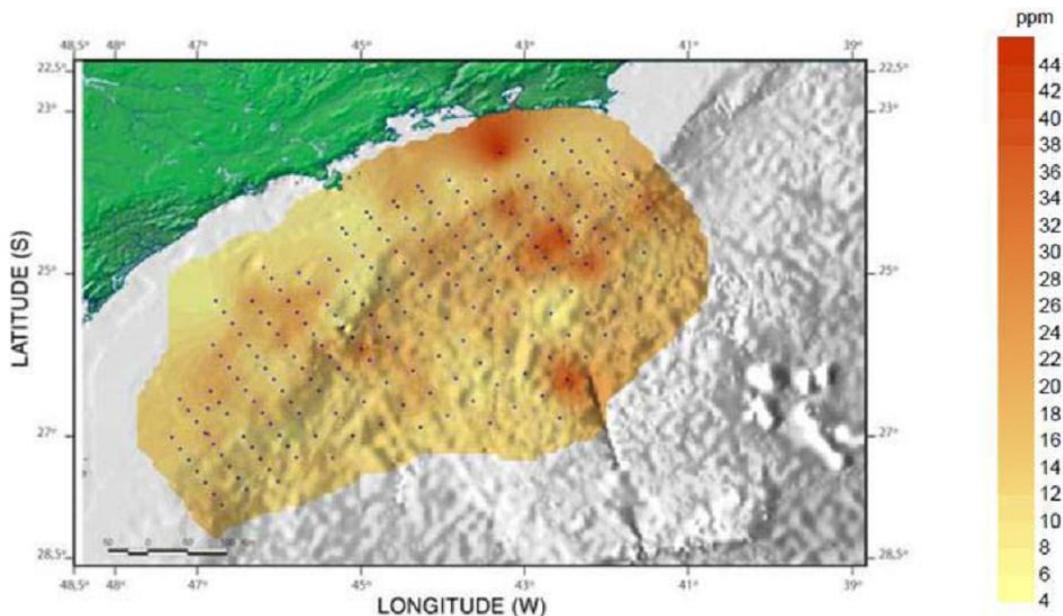
Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002).

Figura II.5.1.7-27 – Variação espacial da distribuição de níquel nos sedimentos da Bacia de Santos.

3) Cromo

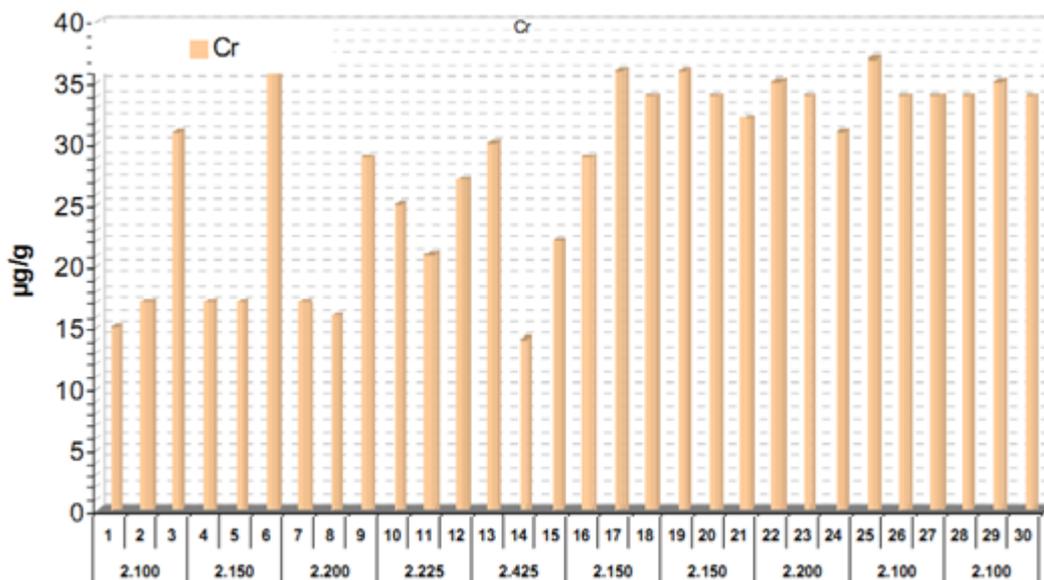
A caracterização da Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002) encontrou uma tendência à obtenção de maiores concentrações de cromo em direção ao Norte da bacia, com valor médio de $15,41 \pm 6,84 \mu\text{g/g}$, sendo observado um aumento das concentrações na região da plataforma continental próxima à Baía de Guanabara (**Figura II.5.1.7-28**).

Na região ultraprofunda, a concentração média de Cromo foi de $28 \pm 3 \mu\text{g/g}$ (**Figura II.5.1.7-29**) (PETROBRAS/ HABTEC, 2003).



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

Figura II.5.1.7-28 – Variação espacial da distribuição de cromo nos sedimentos da Bacia de Santos.

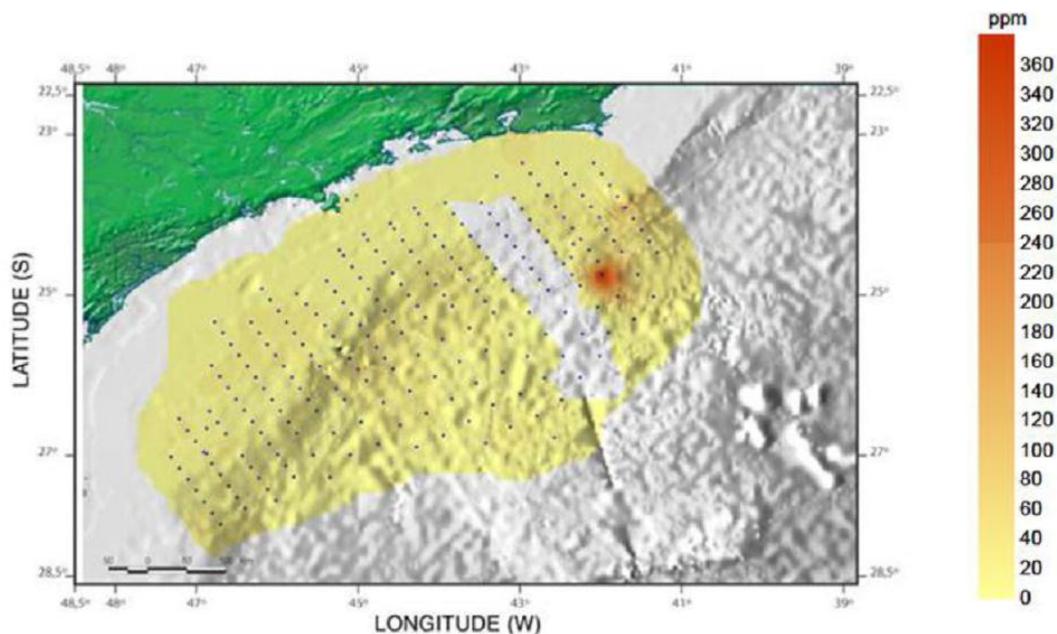


Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2003).

Figura II.5.1.7-29 – Concentração de cromo (µg/g) presente nos sedimentos na região profunda da Bacia de Santos. Os números no eixo horizontal representam as estações de coleta de dados.

4) Zinco

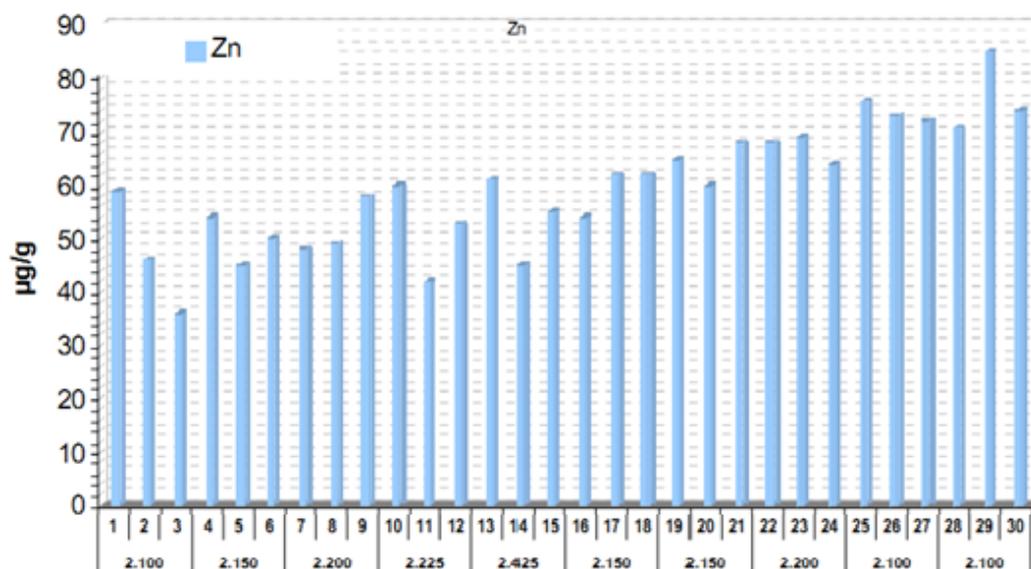
Os dados da caracterização da Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002) apresentaram um valor médio de zinco de 19,13 µg/g. Estes valores não apresentaram grandes variações, com exceção de um ponto de amostragem, o qual apresentou concentração de 320,20 µg/g (**Figura II.5.1.7-30**).



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

Figura II.5.1.7-30 – *Varição espacial da distribuição de zinco nos sedimentos da Bacia de Santos.*

A concentração média de zinco para a região ultraprofunda da Bacia de Santos foi de 59 ± 4 µg/g (**Figura II.5.1.7-31**) (PETROBRAS/HABTEC, 2003).

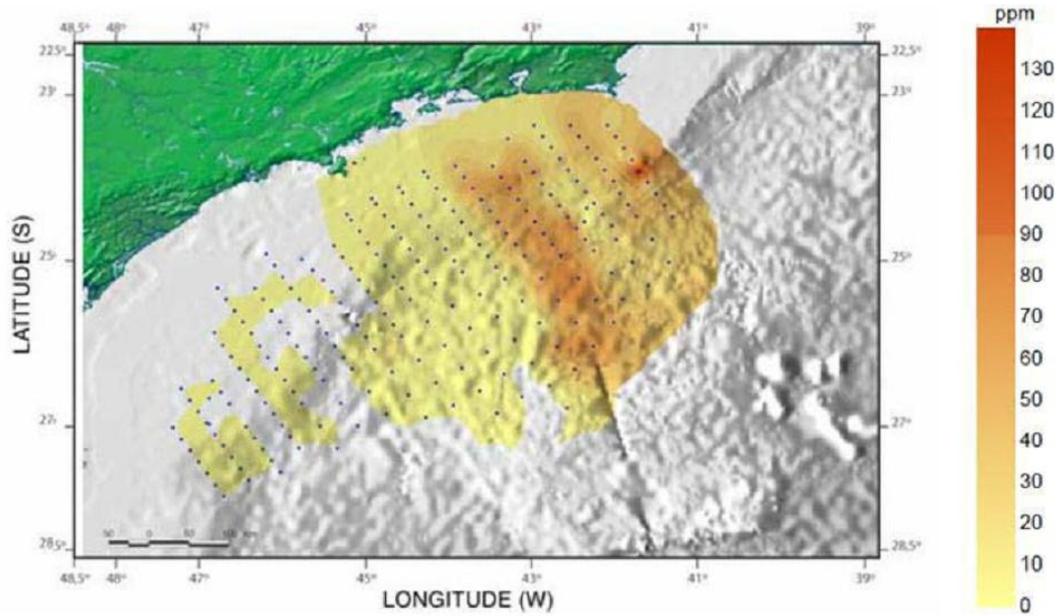


Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2003).

Figura II.5.1.7-31 – Concentração de zinco ($\mu\text{g/g}$) presente nos sedimentos na região profunda da Bacia de Santos. Os números no eixo horizontal representam as estações de coleta de dados.

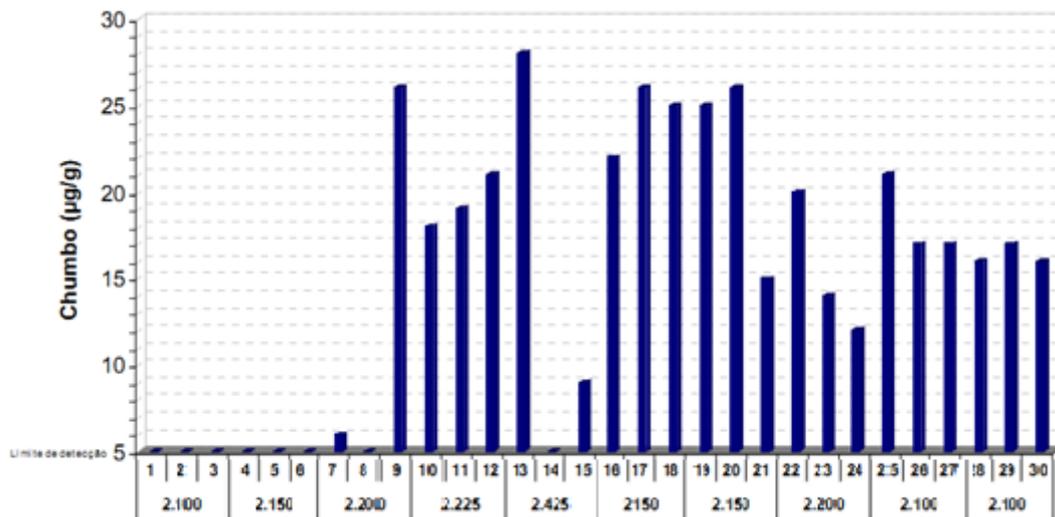
5) Chumbo

Os resultados do estudo de caracterização da Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002) indicaram que as maiores concentrações de chumbo na região estão localizadas na porção Norte da bacia (**Figura II.5.1.7-32**). O valor médio foi de $14,26 \pm 21,90 \mu\text{g/g}$. A concentração média de chumbo na região ultraprofunda da Bacia de Santos foi de $19 \pm 6 \mu\text{g/g}$ (PETROBRAS/HABTEC, 2003) (**Figura II.5.1.7-33**).



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

Figura II.5.1.7-32 – Variação espacial de chumbo nos sedimentos da Bacia de Santos.



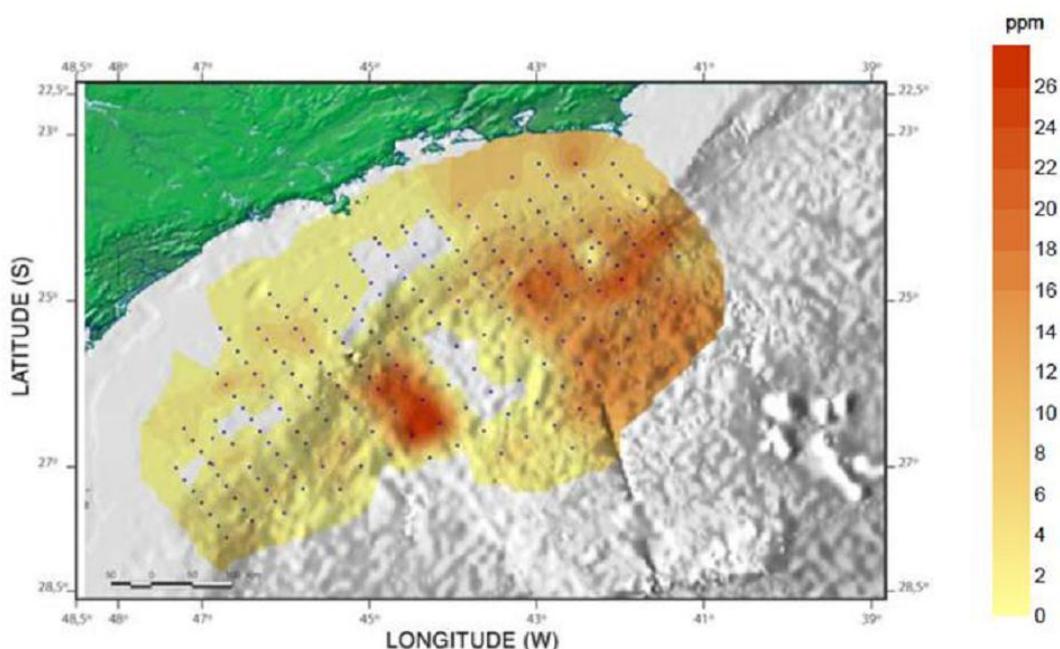
Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2003).

Figura II.5.1.7-33 – Concentração de chumbo (µg/g) presente nos sedimentos na região profunda da Bacia de Santos. Os números no eixo horizontal representam as estações de coleta de dados.

6) Cobre

O cobre apresenta uma dinâmica influenciada por outros fatores do meio. Segundo Lima *et al.* (2006), o cobre possui menor solubilidade em ambientes redutores do que em ambientes oxidantes e, desta maneira, uma pequena variação no pH e a presença de sulfato permitem que esse metal traço seja depositado no sedimento de fundo.

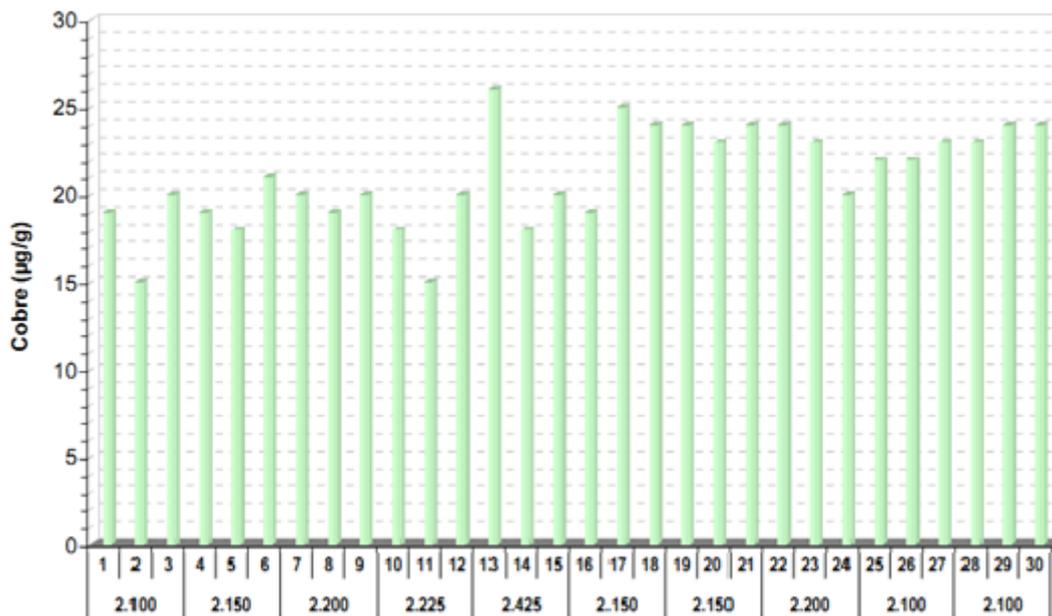
A concentração média de cobre na caracterização da Bacia de Santos foi de $5,7 \pm 6,90 \mu\text{g/g}$, com uma tendência a maiores valores nas partes Norte e central da bacia (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002) (**Figura II.5.1.7-34**).



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

Figura II.5.1.7-34 – Variação espacial da distribuição de cobre nos sedimentos da Bacia de Santos.

Na região ultraprofunda, a média foi de $21 \pm 1 \mu\text{g/g}$ (**Figura II.5.1.7-35**), com distribuição relativamente homogênea entre as estações (PETROBRAS/HABTEC, 2003).



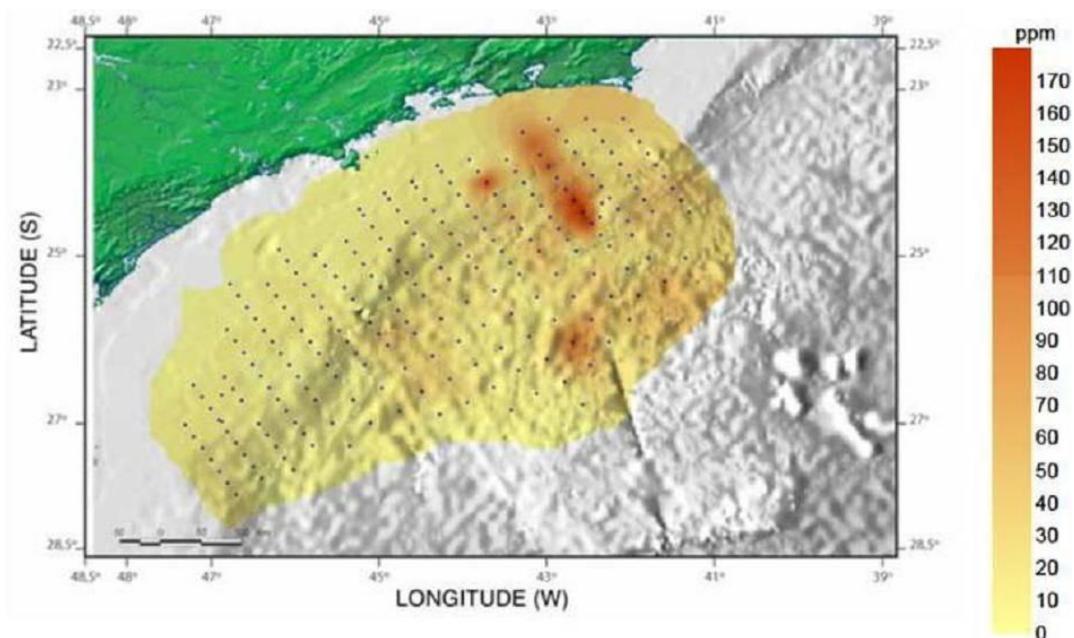
Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2003).

Figura II.5.1.7-35 – Concentração de cobre ($\mu\text{g/g}$) presente nos sedimentos na região profunda da Bacia de Santos. Os números no eixo horizontal representam as estações de coleta de dados.

7) Vanádio

O vanádio, do mesmo modo que o níquel, é adotado como indicador de descartes de óleos em ambientes marinhos. A fixação deste metal em sedimentos superficiais é determinada, sobretudo, pela presença de óxidos/hidróxidos, carbonatos e silicatos de ferro e manganês (FORSTNER & WITTMANN, 1983; MOORE & RAMAMOORTHY, 1984).

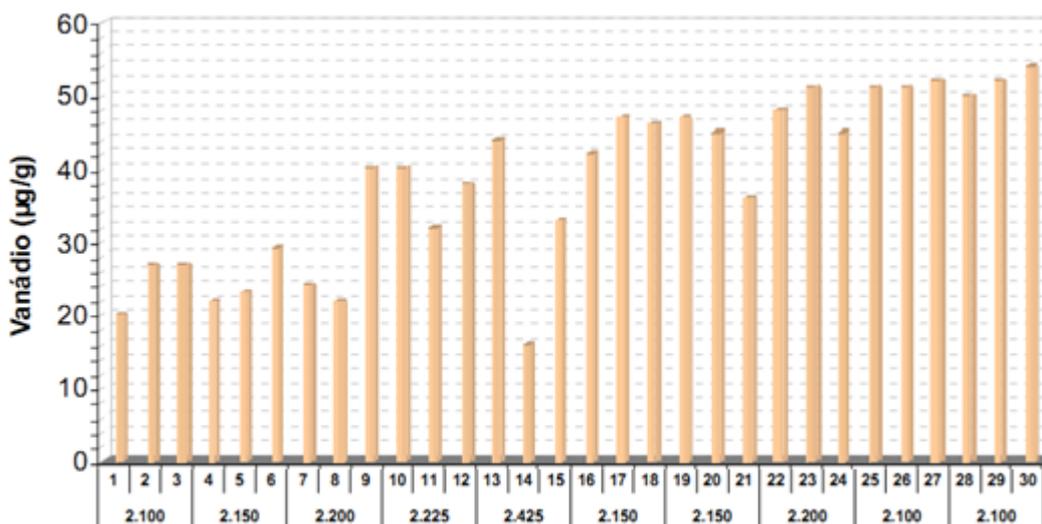
Os dados da caracterização da Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002) apresentam concentrações de vanádio em torno de $26,01 \mu\text{g/g}$. Ocorreram concentrações máximas da ordem de $160 \mu\text{g/g}$ na região da plataforma continental em frente à Baía de Guanabara (**Figura II.5.1.7-36**).



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

Figura II.5.1.7-36 – Variação espacial da distribuição de vanádio nos sedimentos da Bacia de Santos.

A distribuição deste elemento se mostra coincidente com a do níquel. No estudo realizado pela PETROBRAS/HABTEC (2003) a distribuição do vanádio apresentou concentração média de de $38 \pm 4 \mu\text{g/g}$ (Figura II.5.1.7-37).



Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2003).

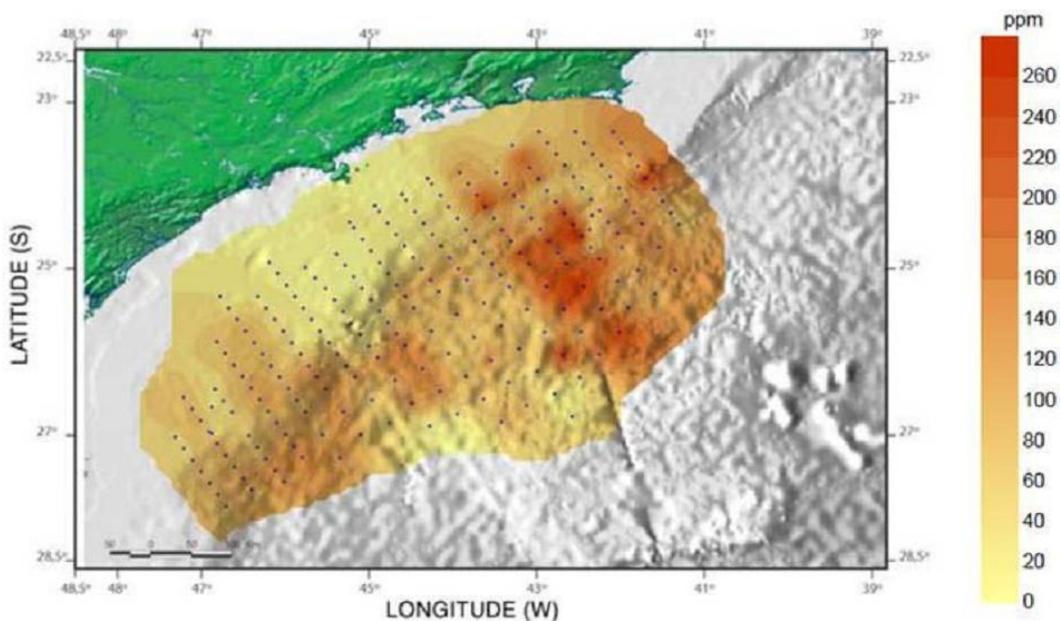
Figura II.5.1.7-37 – Concentração de vanádio ($\mu\text{g/g}$) presente nos sedimentos na região profunda da Bacia de Santos. Os números no eixo horizontal representam as estações de coleta de dados.

8) Cádmio

As amostras analisadas para a caracterização da Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002), em sua maioria, apresentaram concentrações de cádmio abaixo do limite de detecção do método, com resultados oscilando entre 0,2 a 0,5 µg/g. O mesmo ocorreu no estudo PETROBRAS/HABTEC (2003), nas amostras ultraprofundas da Bacia de Santos, onde as concentrações de cádmio estiveram abaixo do limite de detecção do método (0,2 µg/g).

9) Bário

O levantamento realizado na região ultraprofunda da Bacia de Santos indicou concentração média de bário de 124 ± 18 µg/g (PETROBRAS/HABTEC, 2003), enquanto que na caracterização da Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002) apresentada na **Figura II.5.1.7-38**, o teor médio deste elemento no conjunto amostrado foi de 88,87 µg/g com desvio padrão de 59,11 µg/g. Percebe-se que os valores apresentaram grande variação ao longo da área.

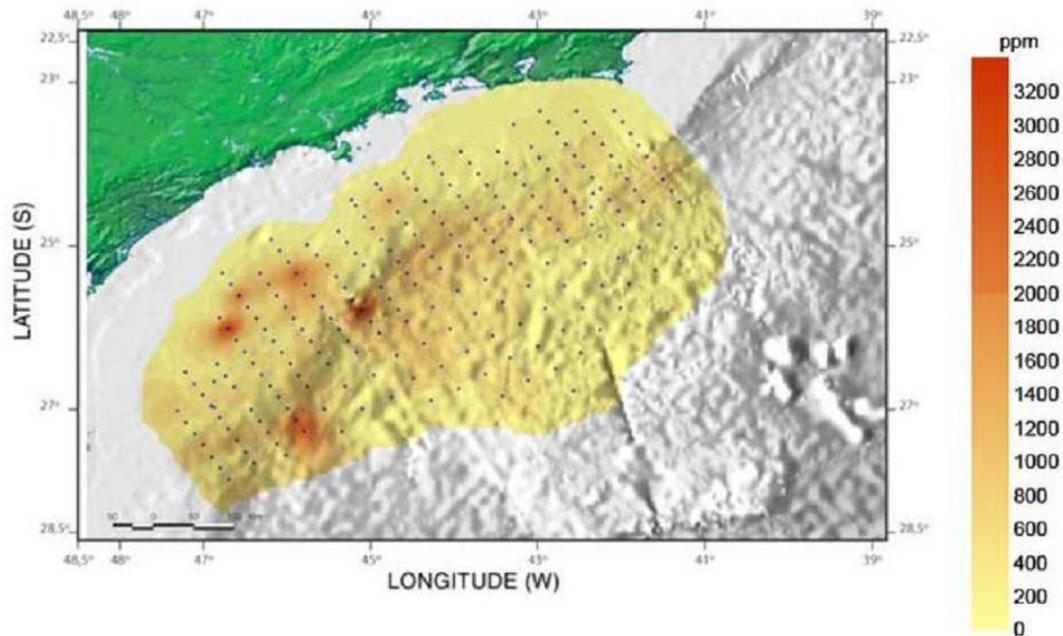


Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002).

Figura II.5.1.7-38 – *Variação espacial da distribuição de bário nos sedimentos da Bacia de Santos.*

10) Manganês

A concentração média de manganês na região ultraprofunda da Bacia de Santos foi de $602 \pm 30 \mu\text{g/g}$ (PETROBRAS/HABTEC, 2003). Na caracterização de toda a bacia (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002), este elemento apresentou teor médio de $540,75 \mu\text{g/g}$ (**Figura II.5.1.7-39**). Assim como o ferro, o manganês é um elemento muito associado ao tipo de sedimento presente na região, e a sua variação está fortemente relacionada com a granulometria da área.



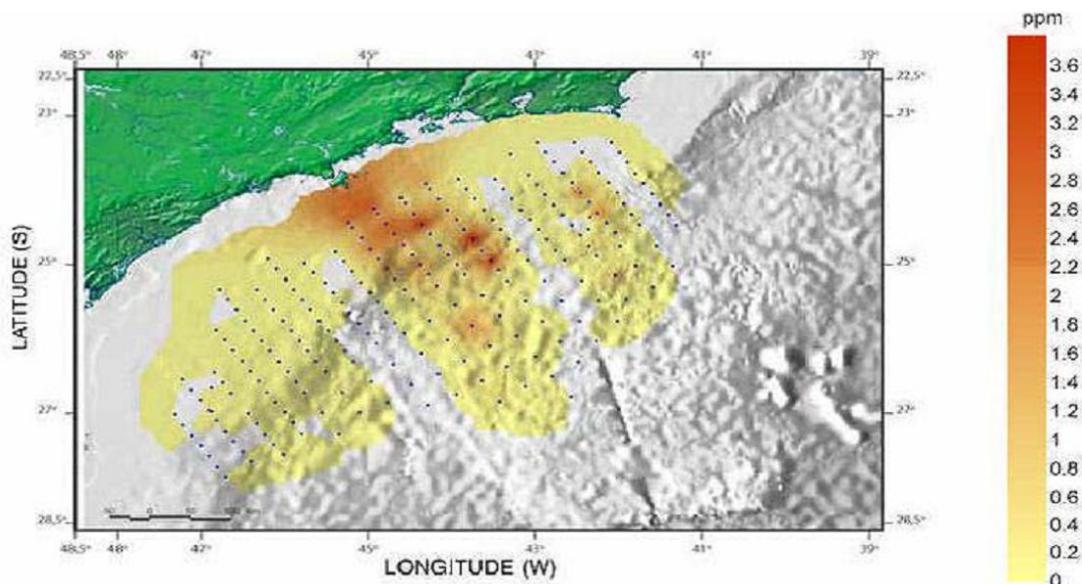
Fonte: MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002).

Figura II.5.1.7-39 – *Variação espacial da distribuição de manganês nos sedimentos da Bacia de Santos.*

11) Mercúrio

A caracterização da Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002) indicou que o mercúrio apresentou baixas concentrações na região, com valores mais altos na área da plataforma continental, em frente ao município de Ilhabela. As concentrações verificadas variaram desde ausência até teores na faixa de 4,0 mg/kg (**Figura II.5.1.7-40**).

As concentrações de mercúrio obtidas na parte ultraprofunda da Bacia de Santos (PETROBRAS/HABTEC, 2003) foram muito próximas ao limite de detecção do método (0,1 µg/g).



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

Figura II.5.1.7-40 – Variação espacial da distribuição de mercúrio nos sedimentos da Bacia de Santos.

12) Arsênio

Não existem estudos que contemplem a descrição da distribuição de arsênio ao longo da Bacia de Santos.

Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP)

A caracterização da Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002) indicou maiores concentrações de HTP próximo à costa. As concentrações variaram de 403 a 127.598 $\mu\text{g}/\text{kg}$, com a média de 6.760 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Os níveis mais altos foram registrados ao Norte da Bacia, na região compreendida entre a desembocadura das Baías de Sepetiba e de Guanabara **Figura II.5.1.7-41**.

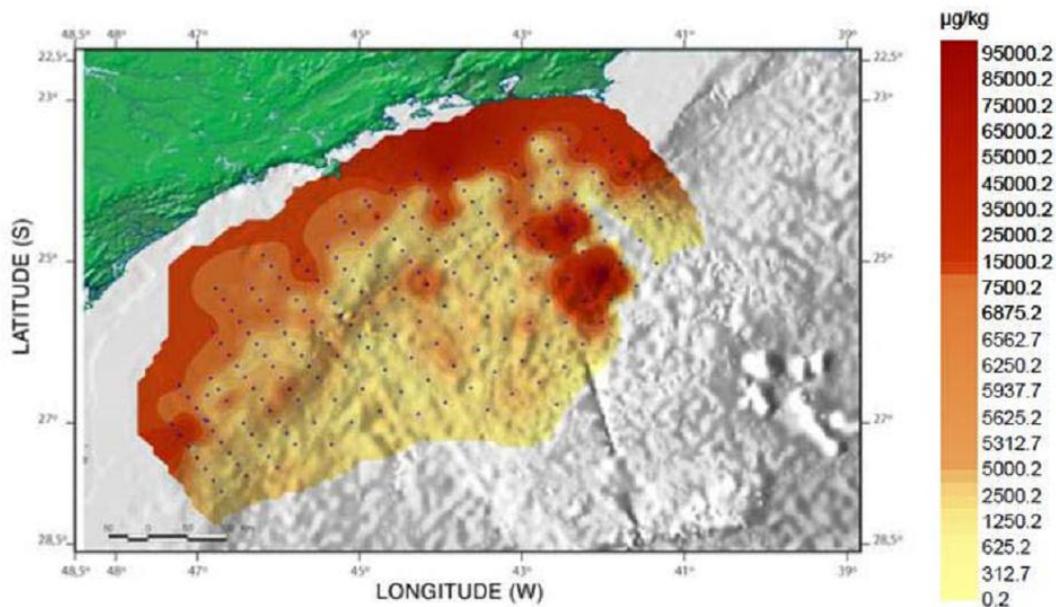


Figura II.5.1.7-41 – Variação espacial da distribuição de hidrocarbonetos totais (HTP) nos sedimentos da Bacia de Santos.

Na região ultraprofunda da Bacia de Santos (PETROBRAS/HABTEC, 2003), as concentrações de HTP variaram de 159 µg/kg a 1.303 µg/kg (Figura II.5.1.7-42).

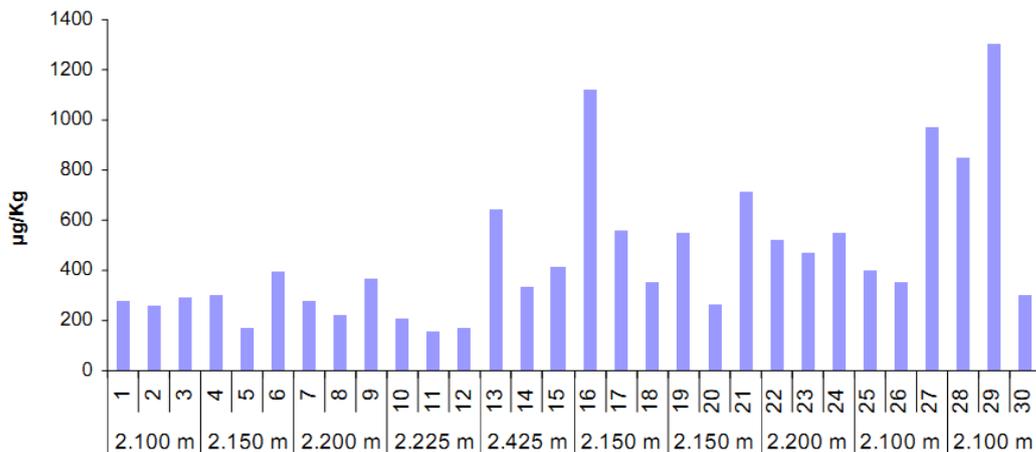
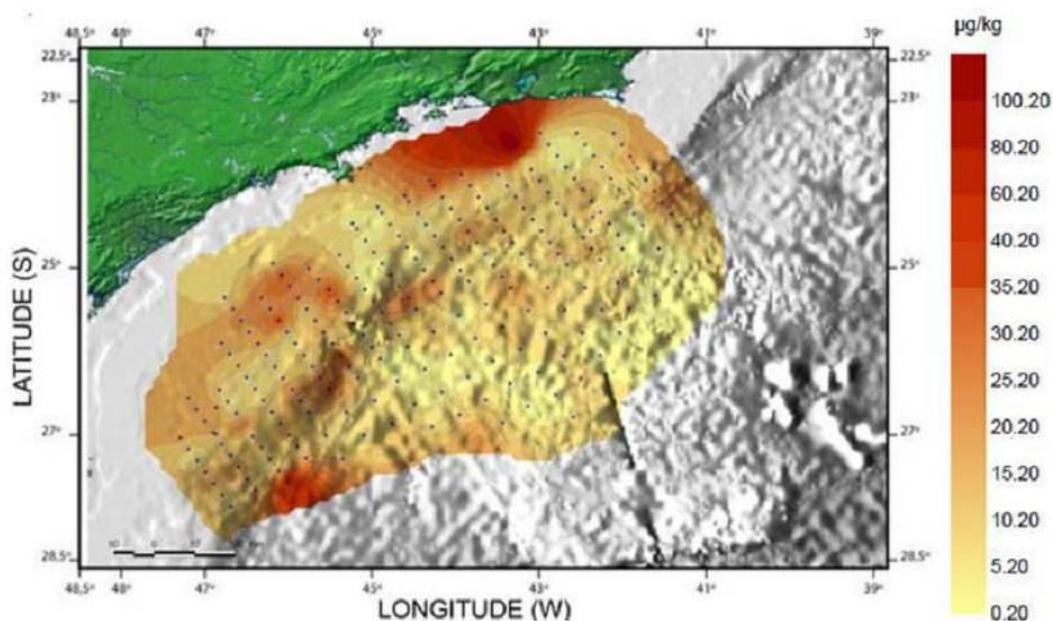


Figura II.5.1.7-42 – Concentração de hidrocarbonetos totais (µg/Kg) presentes nos sedimentos na região profunda da Bacia de Santos. Os números no eixo horizontal representam as estações de coleta de dados.

Hidrocarbonetos Poliaromáticos (HPA)

O levantamento realizado para a caracterização da Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002) indicou que as concentrações de HPA nos sedimentos variaram de <0,1 até 130,6 µg/kg, com média de 12,1 µg/kg e desvio padrão de 11,2 µg/kg (Figura II.5.1.7-43), com maiores concentrações próximo à região da baía da Guanabara.



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

Figura II.5.1.7-43 – Concentração de hidrocarbonetos poliaromáticos (µg/Kg) presentes nos sedimentos na região profunda da Bacia de Santos.