

ÍNDICE

II.5.1 – MEIO FÍSICO.....	3
II.5.1.1 – METEOROLOGIA.....	3
II.5.1.1.1 – CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS.....	3
II.5.1.1.2 – CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA.....	5
TEMPERATURA.....	6
PRESSÃO ATMOSFÉRICA.....	10
PRECIPITAÇÃO, EVAPORAÇÃO E UMIDADE RELATIVA.....	11
INSOLAÇÃO.....	14
DIREÇÃO E VELOCIDADE DOS VENTOS.....	14
SISTEMAS FRONTAIS.....	26
II.5.1.1.3 – CONCLUSÕES.....	28
II.5.1.2 – OCEANOGRAFIA.....	30
II.5.1.2.1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	30
II.5.1.2.2 – TEMPERATURA, SALINIDADE E DENSIDADE.....	32
II.5.1.2.3 – MASSAS D'ÁGUA.....	39
II.5.1.2.4 – REGIME DE CORRENTES.....	45
II.5.1.2.5 – REGIME DE ONDAS.....	53
II.5.1.2.6 – REFRAÇÃO DE ONDAS.....	64
II.5.1.2.7 – REGIME DE MARÉS.....	70
II.5.1.2.8 – CONDIÇÕES EXTREMAS.....	74
II.5.1.2.9 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
II.5.1.3 – QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTOS.....	79
II.5.1.3.1 – ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	79
II.5.1.3.2 – QUALIDADE DA ÁGUA.....	89
CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT).....	89
FENÓIS.....	90
HIDROCARBONETOS TOTAIS.....	91
HIDROCARBONETOS POLIAROMÁTICOS (HPA).....	92
HIDROCARBONETOS TOTAIS DE PETRÓLEO (TPHS).....	93
METAIS.....	94
NUTRIENTES (ORTOFOSFATOS, AMÔNIA, NITRITOS, NITRATOS, FOSFATO, FÓSFORO TOTAL E SILICATO).....	97
ORTOFOSFATO.....	97

NITROGÊNIO AMONÍACAL.....	99
NITRITO.....	100
NITRATO.....	101
FÓSFORO TOTAL.....	102
SILICATO.....	103
OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....	104
PH.....	105
SULFETOS.....	106
CLOROFILA A.....	106
II.5.1.3.3 – QUALIDADE DO SEDIMENTO.....	109
GRANULOMETRIA.....	109
METAIS.....	113
HIDROCARBONETOS.....	118
CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT).....	124
CARBONO, NITROGÊNIO, FÓSFORO E MATÉRIA ORGÂNICA.....	124
II.5.1.4 – GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	128
II.5.1.4.1 – GEOLOGIA REGIONAL.....	128
II.5.1.4.2 – ARCABOUÇO ESTRUTURAL.....	133
II.5.1.4.2.A – ARCABOUÇO ESTRUTURAL DA BACIA DE CAMPOS.....	133
II.5.1.4.2.B – ARCABOUÇO ESTRUTURAL DOS CAMPOS DE PARQUE DAS BALEIAS E CATUÁ.....	139
II.5.1.4.3 – LITOLOGIA E ESTRATIGRAFIA.....	142
II.5.1.4.4 – FISIOGRAFIA MARINHA.....	146
II.5.1.4.5 – COBERTURA SEDIMENTAR.....	158
II.5.1.4.6 – CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA.....	161

II.5.1 – MEIO FÍSICO

II.5.1.1 – METEOROLOGIA

A seguir será apresentada uma descrição das condições meteorológicas vigentes nas áreas de influência direta e indireta da região denominada Parque das Baleias e do Campo de Catuá, atendendo às exigências do Termo de Referência nº 030/06 emitido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA).

II.5.1.1.1 – CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS

Os empreendimentos em questão encontram-se situados na região limítrofe da Bacia de Campos e da Bacia do Espírito Santo. Dessa maneira, tentando melhor caracterizar as condições meteorológicas locais e de toda a sua área de influência o presente capítulo baseou-se nos dados disponíveis para as cidades do Rio de Janeiro, Vitória e os dados existentes dos locais específicos dos empreendimentos em bibliografias disponíveis.

Para a caracterização meteorológica da região de influência indireta dos empreendimentos foram utilizados dados de fontes diversas: do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) normalmente tendo como base as estações meteorológicas das cidades do Rio de Janeiro e Vitória.

Os dados do INMET foram obtidos das Normais Climatológicas, que fornecem médias mensais de parâmetros meteorológicos de um determinado local pelo período de 30 anos, caracterizando a distribuição dos dados dentro de uma faixa de incidência habitual. Serão apresentadas as Normais climatológicas obtidas nas estações mais próximas à região dos Campos (estação do Rio de Janeiro e estação de Vitória), para os períodos de 1931 a 1960 e 1961 a 1990, perfazendo um total de 60 anos.

Para a caracterização meteorológica na região específica dos empreendimentos (área de influência direta) além dos dados do INMET e INPE também foram utilizados dados da Marinha do Brasil, do Centro de Previsão de Tempo e Clima (CPTEC) e das reanálises do NCEP/NCAR (National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research).

Os dados do BNDO foram coletados no período de 1958 a 2002 na região adjacente aos empreendimentos e se encontram disponibilizados através do Estudo de Impacto Ambiental Atividade de Produção de Petróleo e Gás no Bloco BC-10, Bacia de Campos (SHELL, 2006). Tais dados são coletados ao longo da rota dos navios, não havendo uma regularidade nas frequências, temporal e espacial, de amostragem. No entanto, a análise destes dados permite caracterizar sazonalmente a variação do parâmetro em questão, desde que existam em um volume representativo, como é o caso do período aqui analisado.

A base de dados conhecida como Reanálises do NCEP foi originada de uma cooperação entre o próprio NCEP e o National Center for Atmospheric Research (NCAR), com intuito de produzir inicialmente uma rede de 40 anos de dados meteorológicos globais com base nas análises dos campos atmosféricos (KALNAY et al., 1996). Posteriormente, esse projeto foi ampliado para uma janela de tempo de 50 anos (KISTLER et al., 2001), mantendo-se até hoje.

A reanálise do NCEP usa o estado da arte em sistemas de assimilação de dados e um banco de dados mais completo possível, abrangendo informações meteorológicas primárias das mais diversas fontes associadas aos dados do modelo atmosférico global do NCEP (KISTLER et al., 2001).

Os dados do NCEP/NCAR correspondem a uma série de 21 anos no período de 1983 a 2003, para a latitude de 21° 54' 15" e longitude de 39° 22' 30" W. Estes, são largamente utilizados pela comunidade científica em estudos dessa natureza.

Todos os dados utilizados nas reanálises passam por um rigoroso controle de qualidade e recebem um tratamento diferenciado, de acordo com a forma de obtenção. Utilizando-se técnicas de interpolação espaço-temporal, que levam em consideração não somente a estatística como também a dinâmica dos fenômenos meteorológicos (análise objetiva), esses dados são dispostos em matrizes com resolução espacial de 2,5 graus, cobrindo todo o globo. As reanálises são gratuitamente disponibilizadas na Internet para a comunidade científica.

Foram ainda analisados os dados de frequência de passagem de sistemas frontais da Climanálise do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional Pesquisas Espaciais (INPE).

II.5.1.1.2 – CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA

A área da costa brasileira adjacente à região de estudo é genericamente caracterizada pelo clima úmido de estação chuvosa no verão e seca no inverno (clima Aw de Köppen), especificamente apresentando clima tropical com chuva no verão e dois períodos secos no inverno (clima Aw' de Köppen adaptado ao Brasil). As distribuições sazonais dos diversos parâmetros climáticos são ciclicamente uniformes, exceto a de insolação, que é alta devido à latitude em que se encontra, mas dependente de diversos parâmetros meteorológicos e orográficos, pois é função da nebulosidade. Esta é acentuada, principalmente na primavera. Neste trecho da costa brasileira a ventilação é forte e a precipitação reduzida. A classificação climática de Gaussen considera o clima ombrófilo, sem déficit hídrico e com acentuada influência marinha, o mais freqüente. Apesar da genérica uniformidade climática da área, ocorrem particularidades locais. A classificação de Thornthwaite (Romano e Alves, 1992), considera o clima subúmido com duas especificações, quais sejam:

- **Subúmido úmido:** com pouco ou nenhum déficit de água, mesotérmico, com calor bem distribuído o ano todo, no trecho de Armação de Búzios até um limite pouco definido nas proximidades do rio Macaé.
- **Subúmido seco:** com grande excesso de água no verão, megatérmico, com calor bem distribuído o ano todo, a partir das proximidades da Lagoa Feia.

Como pode ser observado nos gráficos apresentados a seguir, ambas as cidades escolhidas para a caracterização da área de influência possuem comportamentos climatológicos semelhantes, indicando um mesmo tipo de clima predominante para ambas as regiões.

TEMPERATURA:

Nas Normais climatológicas de temperatura do INMET, para os períodos de 1931 a 1960 e 1961 a 1990, da cidade do Rio de Janeiro e Vitória, verifica-se um ciclo anual bem marcado, com a temperatura máxima mensal ocorrendo em fevereiro (final do verão) e a mínima ocorrendo em julho (meio do inverno).

Pode-se observar que os valores das Normais para o período de 1961 a 1990 são mais elevados em ambas as estações. No entanto, com base na correlação das curvas, pode-se dizer que o comportamento sazonal desse parâmetro para ambos os períodos é semelhante.

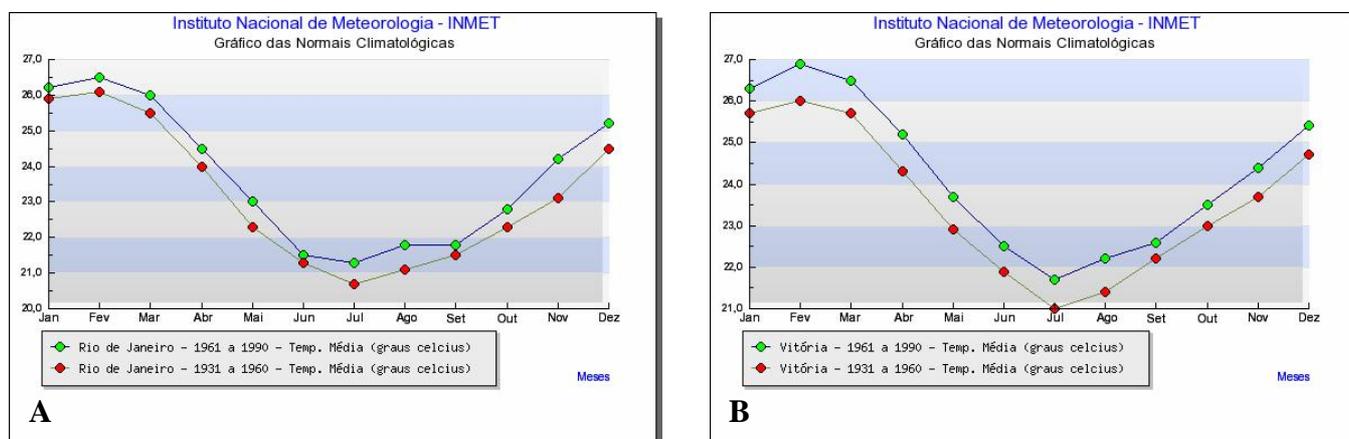


Figura II.5.1.1-1 – Temperatura média (°C) na área de influência obtidas na estação meteorológica do Rio de Janeiro (A) e de Vitória (B). Fonte: INMET (<http://www.inmet.gov.br>, acessado em 2007).

De uma forma geral a amplitude entre as médias de temperatura é de aproximadamente 6 °C considerando seus valores extremos para ambos os períodos analisados nas duas estações meteorológicas em questão. Porém uma vez analisados os gráficos de temperaturas máximas e mínimas apresentados a seguir, estes indicam uma variação da temperatura para a estação do Rio de Janeiro variando de 30,5 °C no mês de fevereiro e 17,5 °C no mês de julho. Já a cidade de Vitória apresenta extremos de temperatura ligeiramente superiores, quando comparado com a cidade do Rio de Janeiro, indicando uma máxima em torno de 31,5 °C e 18,0 °C também nos meses de fevereiro e julho respectivamente.

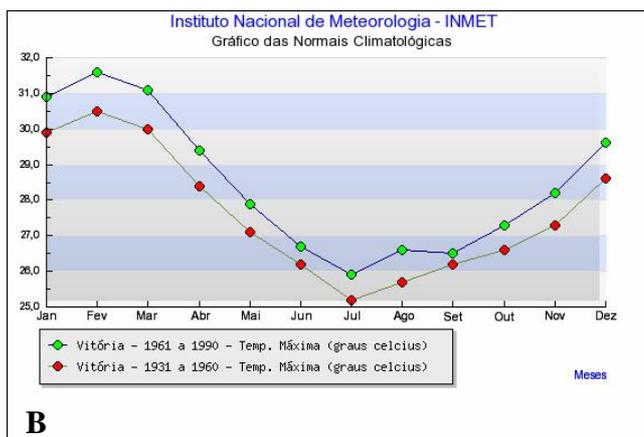
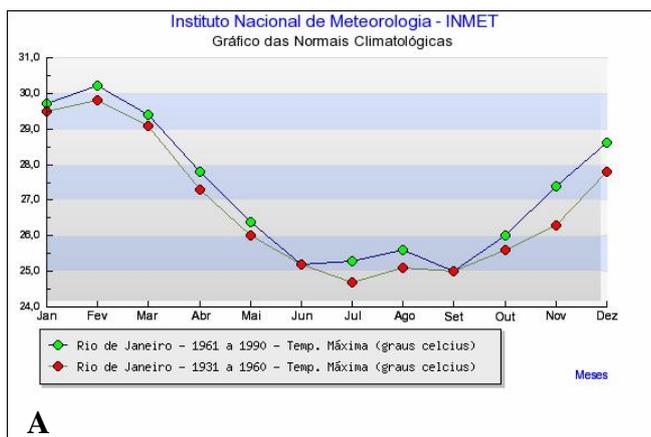


Figura II.5.1.1-2 – Temperatura máxima (°C) na área de influência obtidas na estação meteorológica do Rio de Janeiro (A) e de Vitória (B). Fonte: INMET (<http://www.inmet.gov.br>, acessado em 2007).

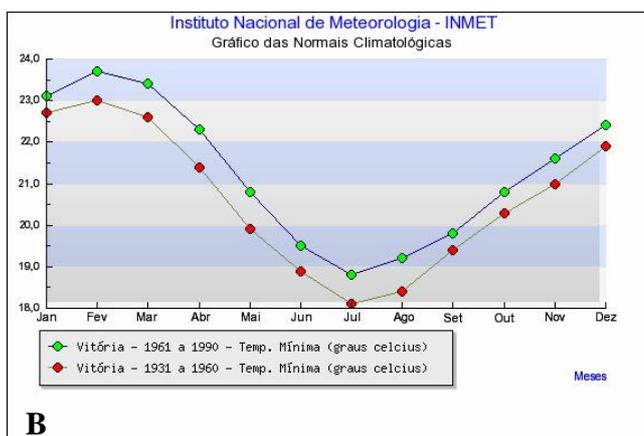
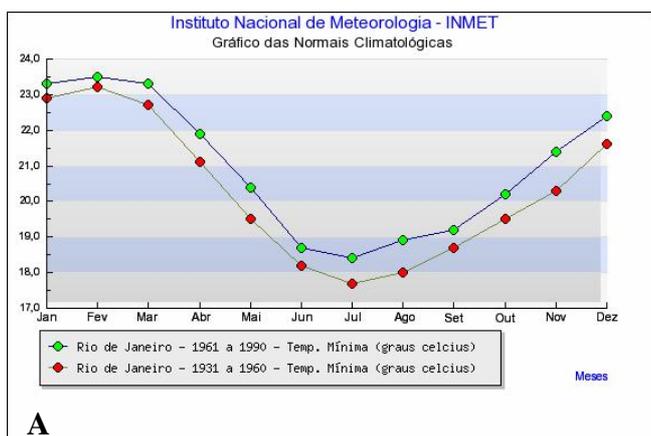


Figura II.5.1.1-3 – Temperatura mínima (°C) na área de influência obtidas na estação meteorológica do Rio de Janeiro (A) e de Vitória (B). Fonte: INMET (<http://www.inmet.gov.br>, acessado em 2007).

A região oceânica em estudo possui temperaturas mais elevadas que as demais regiões próximas na mesma latitude, durante o ano todo, embora essa diferença seja ainda mais marcante durante o período do verão (Figura II.5.1.1-4).

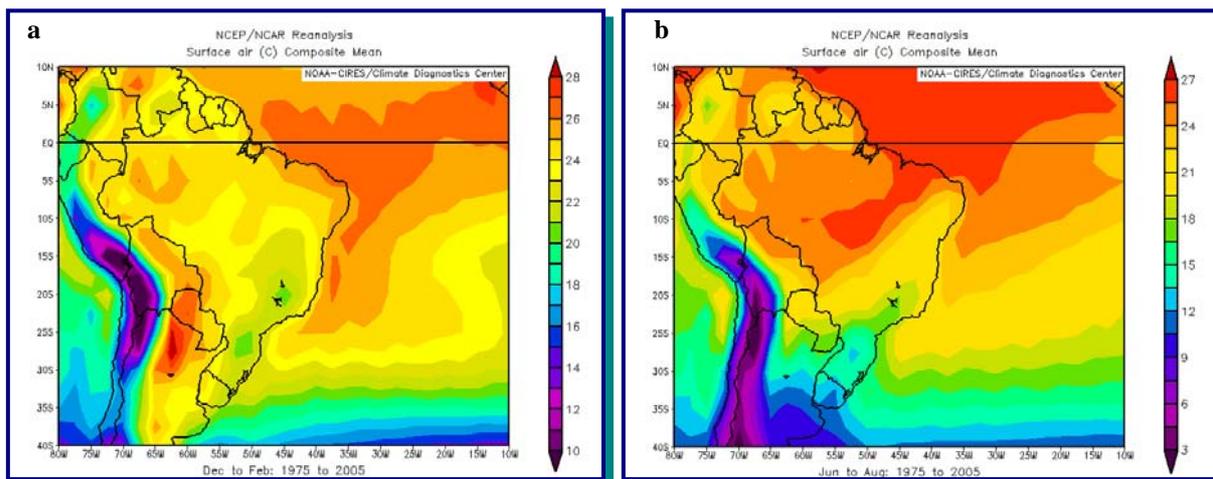


Figura II.5.1.1-4: Médias diárias de temperatura do ar para os períodos de verão (a) e inverno (b) de 1975 a 2005 com base em dados do Climate Diagnostics Center.

As elevadas temperaturas na região de estudo se devem em grande parte ao transporte de água quente das regiões equatoriais pela Corrente do Brasil (Figura II.5.1.1-5). Embora esse transporte de água quente fique bem reduzido no inverno, ele ainda é intenso o suficiente para influenciar a temperatura do ar dessa região. Esse efeito, somado a advecção de ar quente pelo ramo Norte da Alta Subtropical do Atlântico Sul geram a manutenção das altas temperaturas na região dos empreendimentos ao longo de todo o ano.

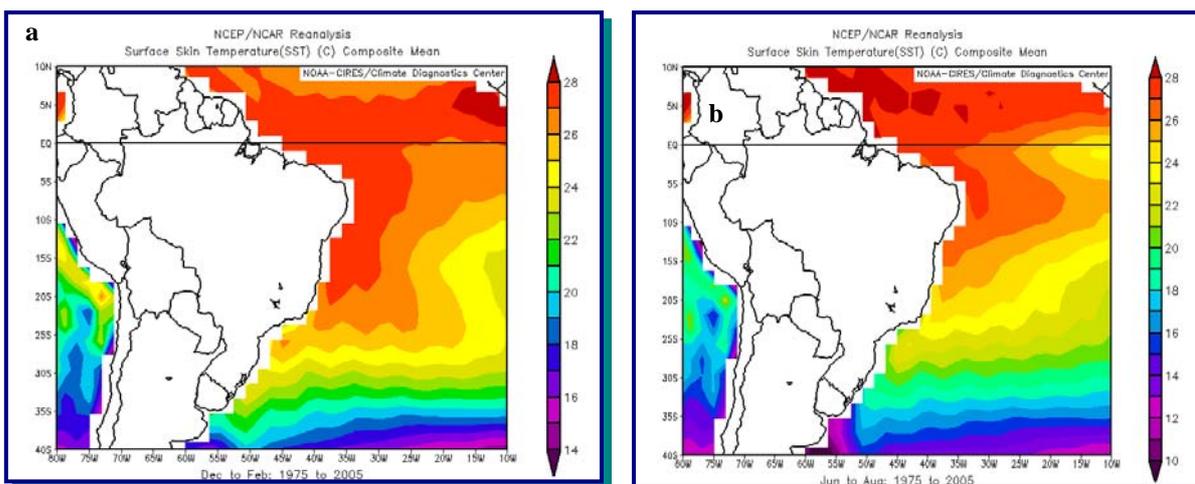


Figura II.5.1.1-5: Médias diárias de temperatura de superfície (Surface Skin Temperature) para os períodos de verão (a) e inverno (b) de 1975 a 2005, com base em dados do Climate Diagnostics Center.

Na Figura II.5.1.1-6 abaixo são apresentados os valores de temperatura obtidos da reanálise do NCEP, para o período de 1983 a 2003.

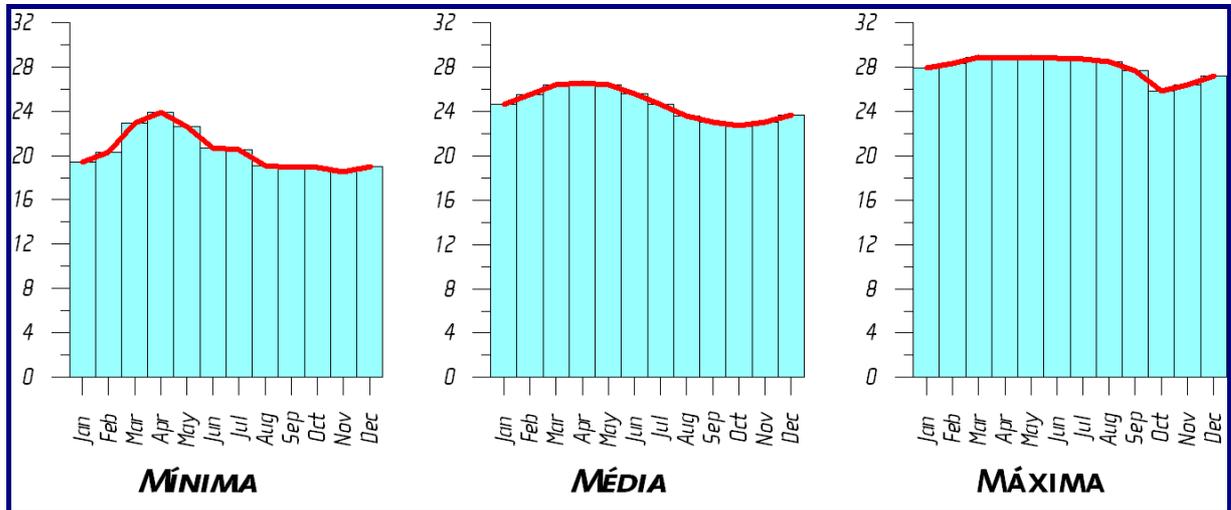


Figura II.5.1.1-6: Gráficos de Temperatura (°C) mínima, máxima e média, obtidos da reanálise do NCEP, para o período de 1983 a 2003.

Pode-se observar que amplitude de variação das máximas é de apenas 3°C. Os valores máximos e mínimos ocorrem em março e novembro, respectivamente. Nota-se uma defasagem entre os picos registrados nas Normais e nas reanálises, fato esse que pode ser atribuído a diferença de aquecimento, entre continente e oceano, uma vez que os dados das reanálises foram amostrados no oceano. As trocas de calor entre o oceano e a atmosfera são regidas, principalmente pela radiação. O fluxo de calor do oceano para a atmosfera irá depender então da quantidade de calor existente na superfície do oceano e irradiada para a atmosfera, ou seja, fundamentalmente, a temperatura do ar sobre o oceano depende da temperatura da superfície do mar (TSM) abaixo dele. A TSM possui dinâmica muito diversa da temperatura da superfície do continente. Esses fatos fazem com que a temperatura do ar sobre o mar e sobre o continente possua valores que podem chegar até dezenas de graus centígrados de diferença. Logo, são esperados os diferentes comportamentos da temperatura do ar sobre o continente (caso das estações meteorológicas do Rio de Janeiro e Vitória) e sobre o mar (caso do ponto da reanálise).

PRESSÃO ATMOSFÉRICA:

A Figura II.5.1.1-7 apresenta a Normal climatológica das médias mensais de pressão atmosférica nas cidade do Rio de Janeiro e Vitória. Observa-se um ciclo anual muito bem marcado em ambas as estações meteorológicas. A cidade do Rio de Janeiro apresenta valores máximos um pouco mais altos, com o valor de máxima em torno de 1020 hPa em julho (no auge do inverno) e o valor da mínima em torno de 1009 hPa em janeiro (auge do verão) enquanto que a cidade de Vitória apresenta valores dentro da faixa de 1008 hPa a 1019 hPa.

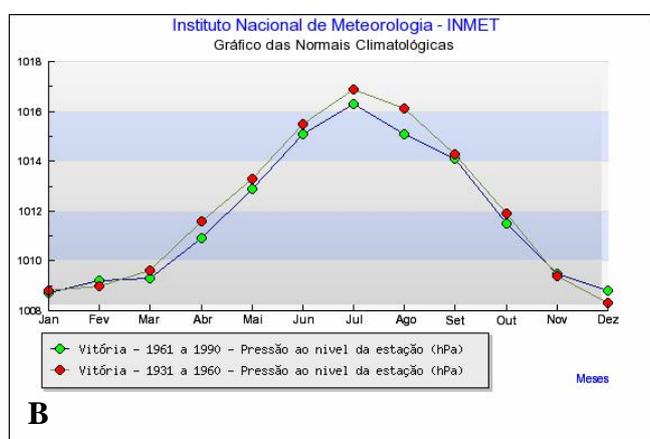
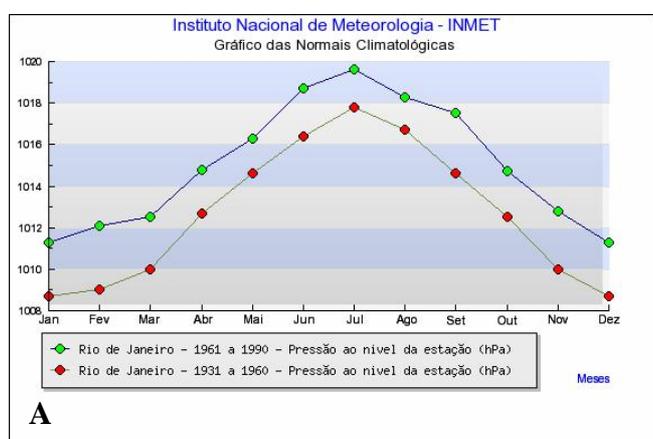


Figura II.5.1.1-7 – Pressão atmosférica(hPa) na área de influência obtidas na estação meteorológica do Rio de Janeiro (A) e de Vitória (B). Fonte: INMET (<http://www.inmet.gov.br>, acessado em 2007).

Esse ciclo anual bem marcado dessa região é devido basicamente a dois fatores. No verão o intenso aquecimento do continente somado a perda de velocidade do vento devido ao atrito com o relevo aumentam a convergência em superfície intensificando a anomalia de baixa pressão continental e, conseqüentemente, a circulação local e a pressão atmosférica sobre a região da Bacia de Campos. No inverno, embora a passagem de sistemas frontais seja mais intensa, a média da pressão atmosférica é maior. Isso ocorre devido a desintensificação da anomalia de baixa pressão continental e uma maior influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul sobre a região, ocasionando uma anomalia de alta pressão sobre a região.

PRECIPITAÇÃO, EVAPORAÇÃO E UMIDADE RELATIVA:

Nas Normais climatológicas de precipitação e evaporação observa-se um ciclo anual muito tênue e uma ausência de grandes intensidades mensais nas variáveis. As altas taxas de evaporação durante praticamente o ano todo, devem-se basicamente as temperaturas elevadas da região em todas as estações do ano. Existe ocorrência de déficit hídrico nos meses de inverno e um pequeno superávit nos meses de verão (Figuras II.5.1.1-8 e II.5.1.1-9). Talvez esses sejam os parâmetros meteorológicos de maior diferença entre ambas as estações apresentadas.

A cidade de Vitória apresenta um maior volume de precipitação ao longo do ano, variando de 200 mm no mês de dezembro a 50 mm no mês de agosto enquanto que a estação do Rio de Janeiro apresenta valores menores, em dezembro chegando a máximo de 170 mm e em agosto em torno de 40 mm.

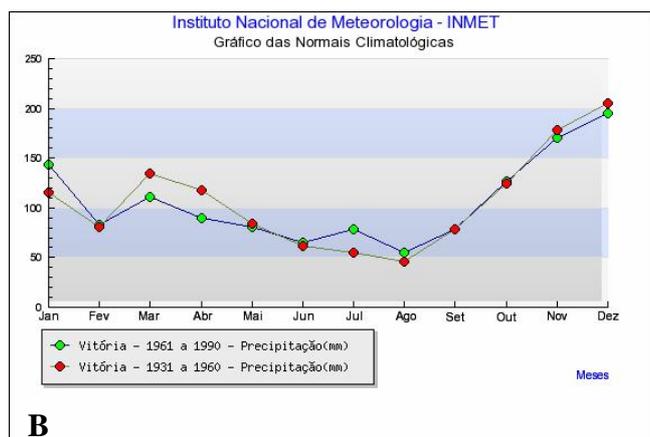
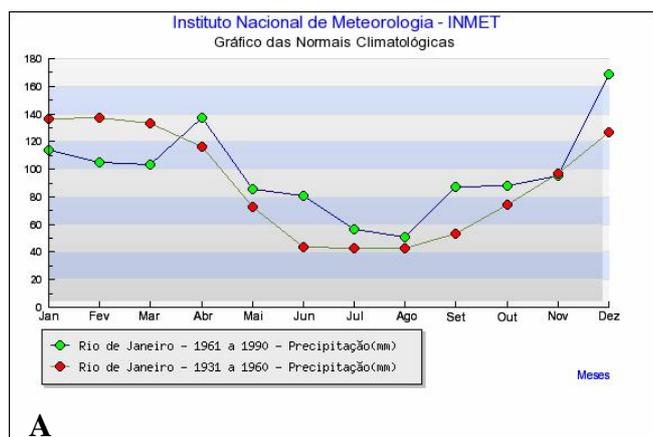


Figura II.5.1.1-8 – Precipitação (mm) na área de influência obtidas na estação meteorológica do Rio de Janeiro (A) e de Vitória (B). Fonte: INMET (<http://www.inmet.gov.br>, acessado em 2007).

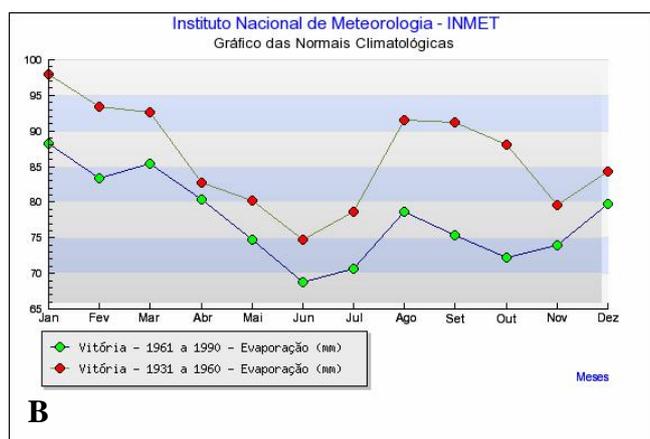
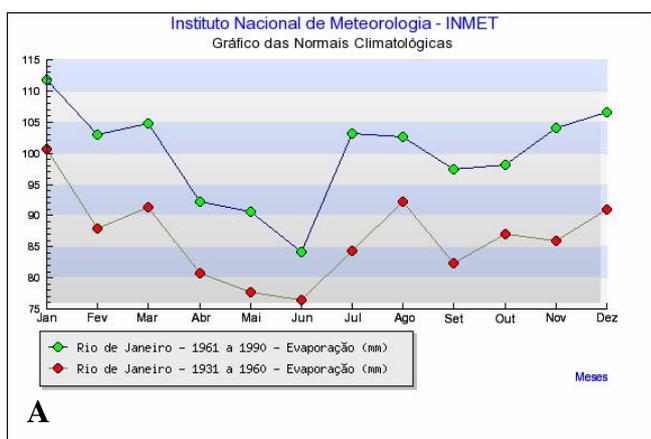


Figura II.5.1.1-9 – Evaporação (mm) na área de influência obtidas na estação meteorológica do Rio de Janeiro (A) e de Vitória (B). Fonte: INMET (<http://www.inmet.gov.br>, acessado em 2007).

Na Figura II.5.1.1-10 são apresentados os valores de precipitação máxima em 24 horas, também calculados a partir das Normais Climatológicas do Rio de Janeiro e Vitória.

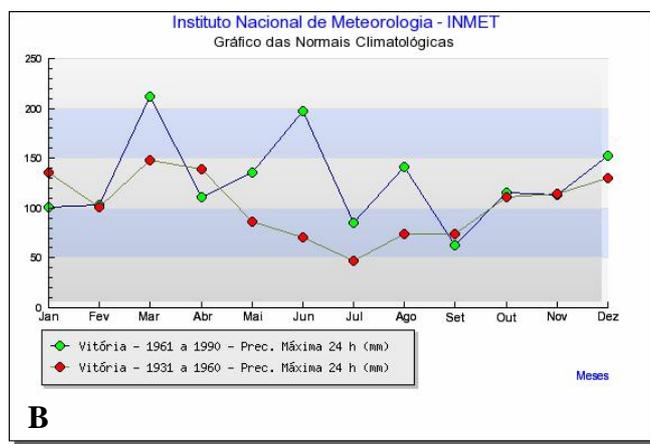
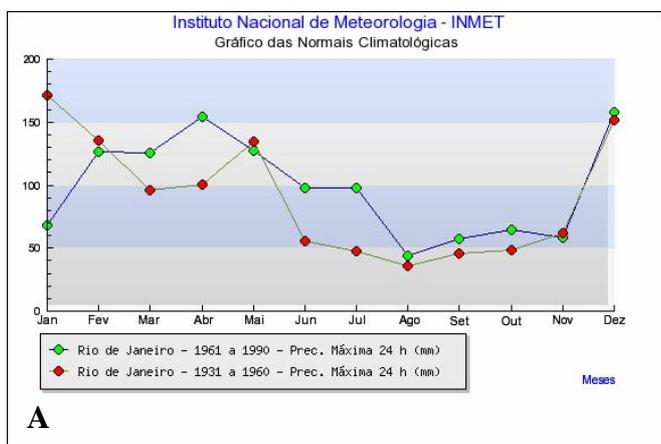


Figura II.5.1.1-10 – Precipitação máxima (mm) na área de influência obtidas na estação meteorológica do Rio de Janeiro (A) e de Vitória (B). Fonte: INMET (<http://www.inmet.gov.br>, acessado em 2007).

Observa-se que as máximas para o período mais recente são, em geral, superiores aos máximos para o período anterior, como pode ser observado no mês de março. Nota-se ainda, na estação de Vitória, uma diferença de mais de 100 mm entre os dois períodos, ocorrendo no mês de junho. Na estação da cidade do Rio de Janeiro essas diferenças não ultrapassam a 50 mm.

A principal fonte de vapor de água para a atmosfera do litoral da região sudeste do Brasil é a evaporação da água quente da Corrente do Brasil e sua advecção pelo sistema de brisa marinha. Como a variável umidade relativa é altamente influenciada pela temperatura do ar, o seu ciclo anual não corresponde à real quantidade de água na atmosfera (umidade absoluta). Os meses com menor umidade relativa são os meses de inverno, conseqüência da desintensificação da Corrente do Brasil e a menor evaporação local devido as menores temperaturas do ar. Os meses de maior umidade relativa são justamente os meses de primavera e outono, pois nessas estações a evaporação é quase tão intensa quanto no verão, porém as temperaturas do ar são proporcionalmente menores, resultando em uma pressão de vapor de saturação relativamente menor, e, conseqüentemente, em uma umidade relativa maior (Figura II.5.1.1-11).

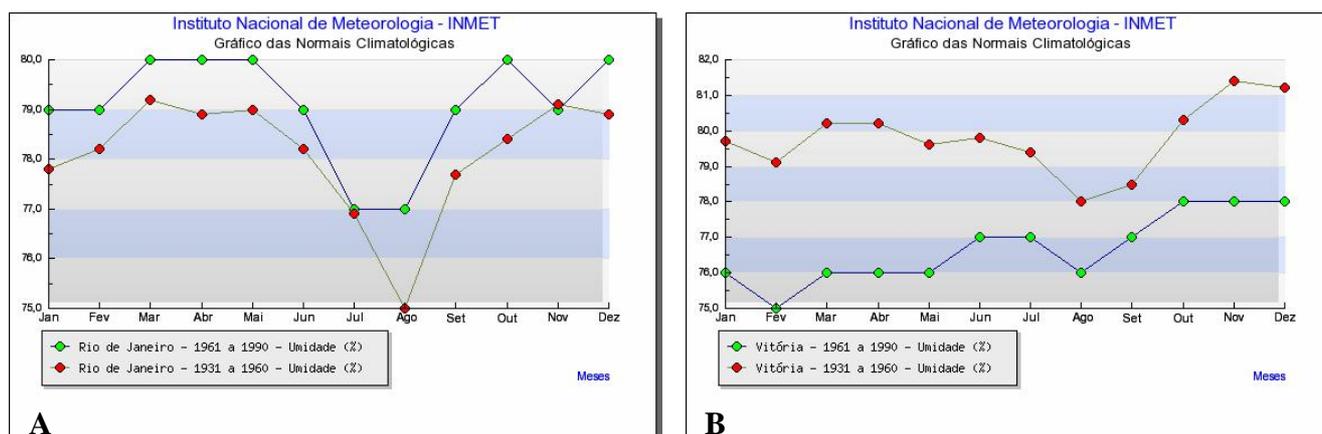


Figura II.5.1.1-11 – Umidade (mm) na área de influência obtidas na estação meteorológica do Rio de Janeiro (A) e de Vitória (B). Fonte: INMET (<http://www.inmet.gov.br>, acessado em 2007).

A umidade relativa do ar possui um ciclo anual ténue apresentado em ambas as estações em questão, com altas intensidades ao longo de todo o ano, com os seus máximos em torno de 80% nos meses de primavera e outono. As médias mensais mínimas ocorrem nos meses de inverno (julho a agosto) em torno de 75%.

INSOLAÇÃO

Na Figura II.5.1.1-12, são apresentados os valores de insolação para o período de 1931 a 1960 e de 1961 a 1990, respectivamente.

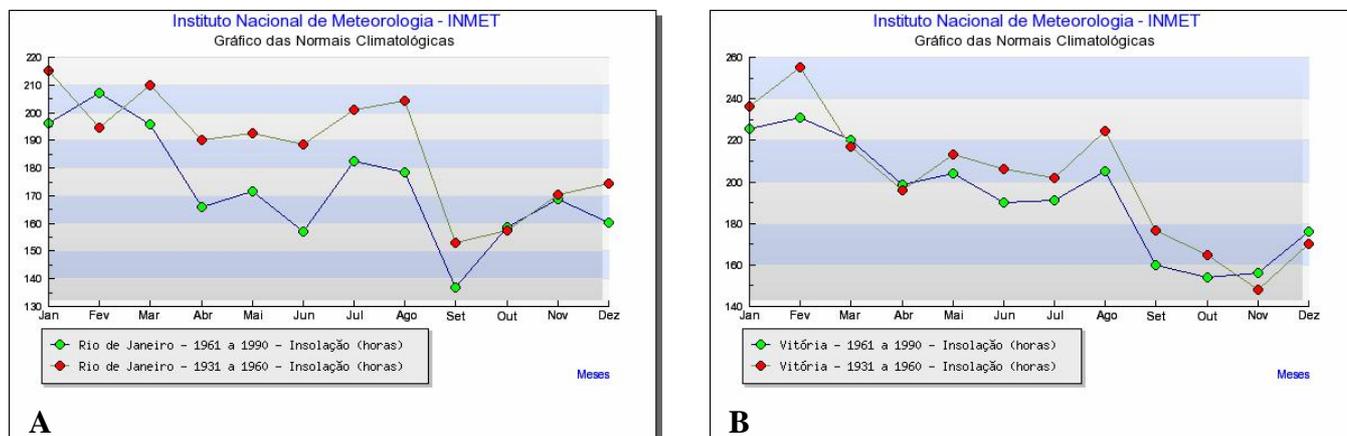


Figura II.5.1.1-12 – Insolação (horas) na área de influência obtidas na estação meteorológica do Rio de Janeiro (A) e de Vitória (B). Fonte: INMET (<http://www.inmet.gov.br>, acessado em 2007).

Influenciada diretamente pela nebulosidade, a insolação é o período de tempo durante o qual o feixe solar direto ilumina uma superfície. Já a radiação não depende da presença de nuvens.

Pode-se observar que de setembro a dezembro os valores de insolação diminuem significativamente em ambas as estações enquanto que nos demais meses os valores encontram-se em níveis superiores com poucas variações.

DIREÇÃO E VELOCIDADE DOS VENTOS

Os ventos na região do Parque das Baleias e Campo de Catuá são muito influenciados pelo sistema sinótico denominado Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Esse sistema sofre um deslocamento em torno de sua posição média durante o ano, gerando uma variação no campo de vento atuante na região da Bacia de Campos.

Nos meses de verão, o núcleo do ASAS está posicionado mais a sudeste, sobre o oceano, intensificando os ventos de direção nordeste e leste. Durante o inverno, este sistema está posicionado mais ao norte e a oeste, próximo ao continente, intensificando os ventos de norte e nordeste.

Para a caracterização dos ventos na região foram utilizados os dados do BNDO e nas Reanálises do NCEP. Na Figura II.5.1.1-13 são apresentadas suas localizações.

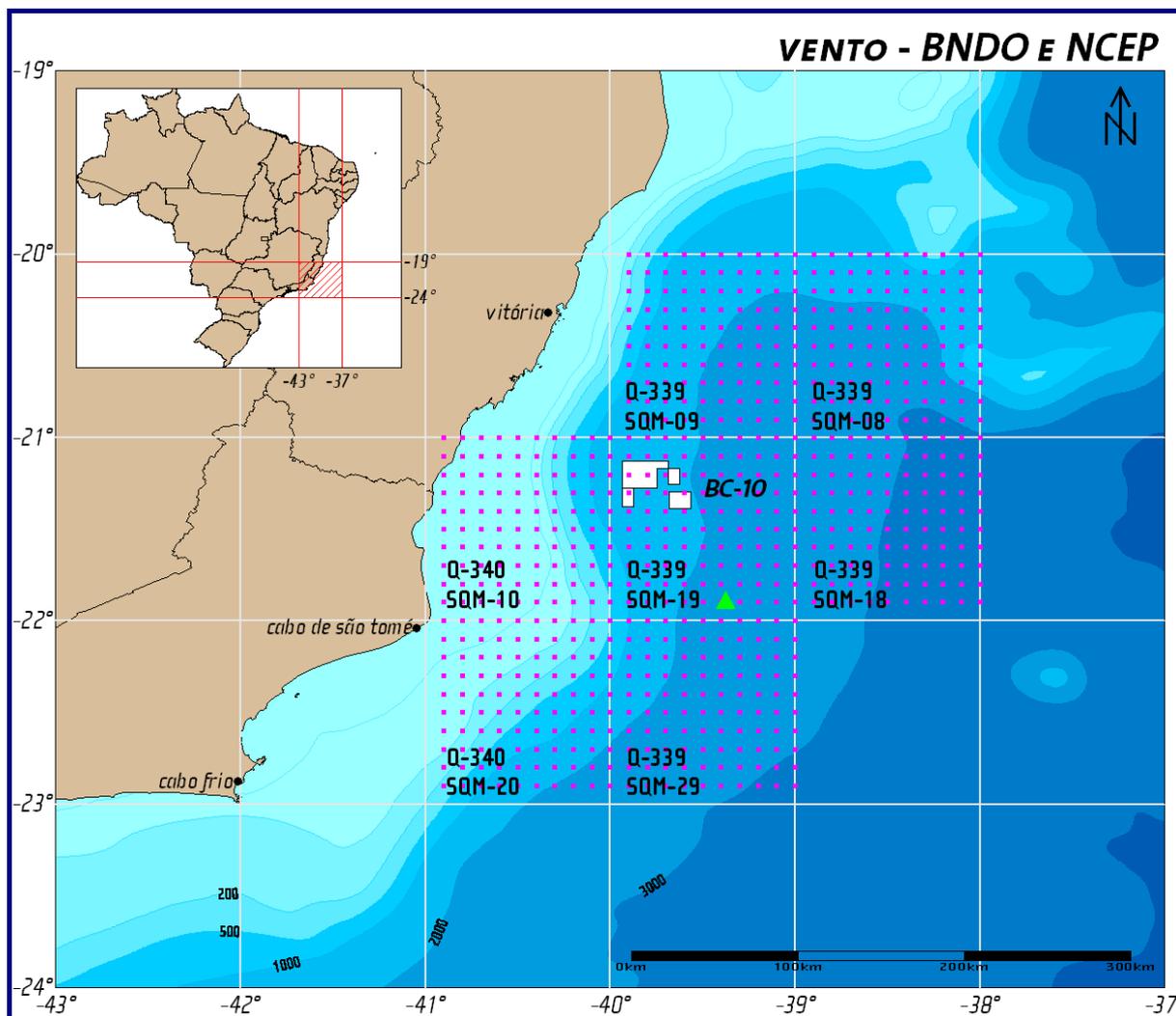


Figura II.5.1.1-13 – Mapa de localização dos dados de vento do BNDO e da reanálise do NCEP utilizados na caracterização da área de influência direta (SHELL, 2006).

Na Figura II.5.1.1-14 é apresentada a rosa dos ventos, elaborada com os dados do BNDO para os meses de janeiro a junho, com o número de observações existentes em cada mês analisado.

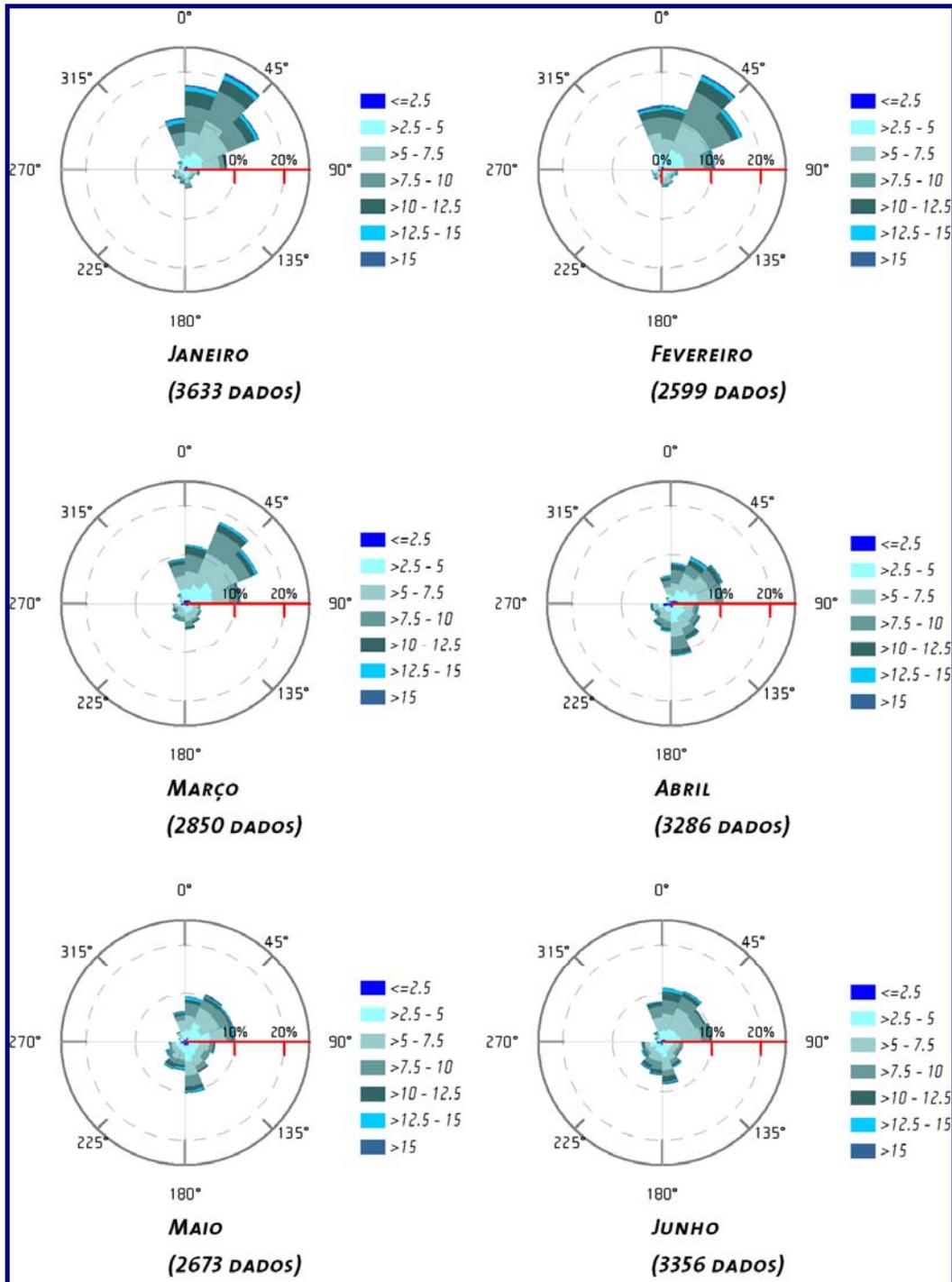


Figura II.5.1.1-14 – Rosa dos ventos (m/s) elaborada com os dados do BNDO para os meses de janeiro a junho.

Pode-se observar uma alta frequência de ocorrência dos ventos, de norte a leste nos meses de janeiro a março, sendo mais intensos no mês de janeiro. No período de abril a junho a predominância ainda é dos ventos de nordeste, no entanto os ventos de quadrante sul (SE e SW) também se fazem presentes.

A rosa dos ventos, elaborada para o período de julho a dezembro, é apresentada na Figura II.5.1.1-15.

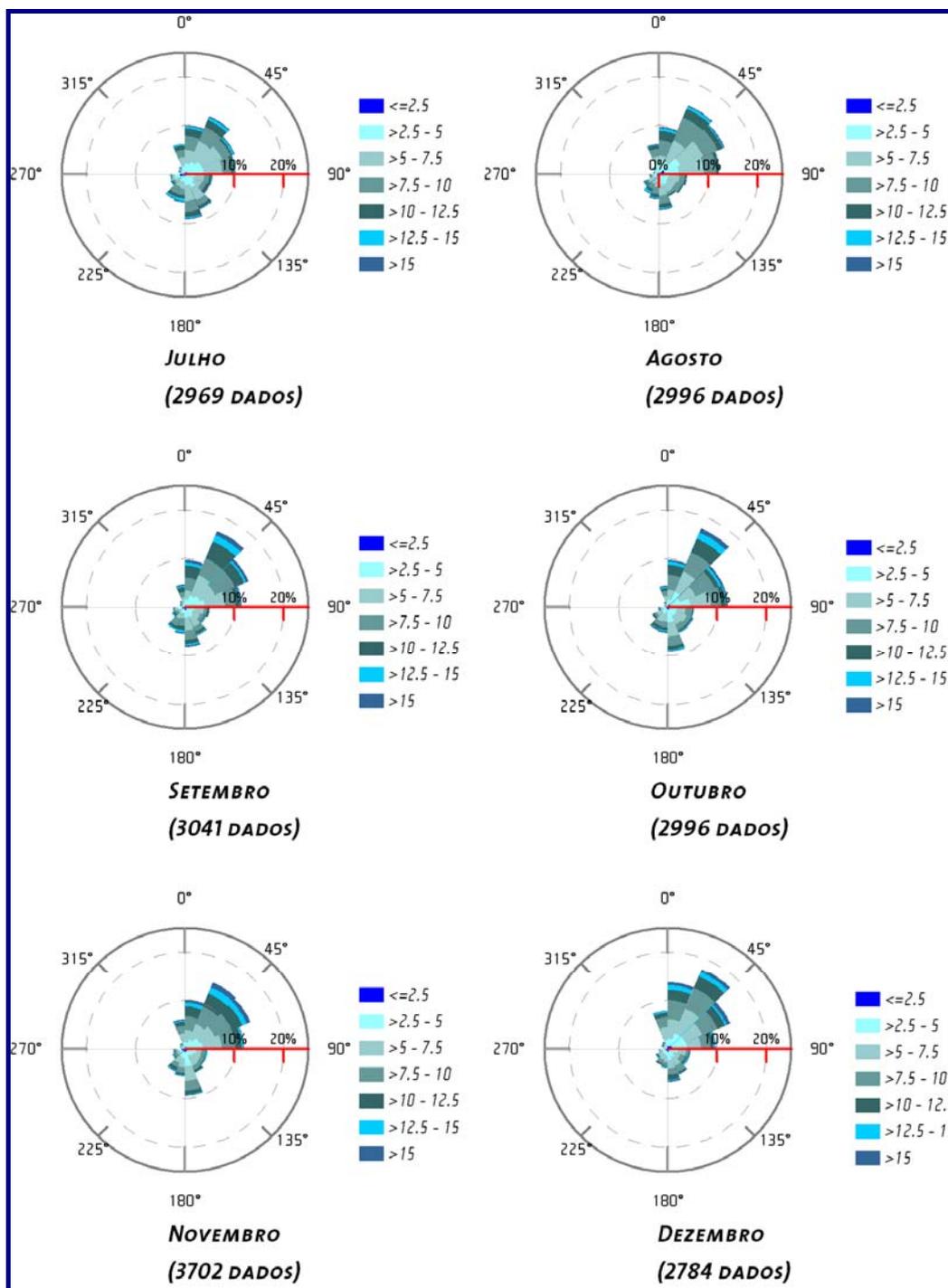


Figura II.5.1.1-15 – Rosa dos ventos (m/s) elaborada com os dados do BNDO para os meses de julho a dezembro

Observa-se ainda a predominância dos ventos de leste e nordeste ao longo de todos os meses, com a ocorrência dos ventos de sul em menor frequência.

De maneira geral a incidência dos ventos de quadrante sul é maior nos meses de abril e maio. Deve-se ainda ressaltar que o número de observações utilizadas na análise não foi inferior a 2500 em nenhum dos meses analisados.

Na Figura II.5.1.1-16 apresenta-se a rosa dos ventos, elaborada com os dados do BNDO para todo o período analisado (1958 a 2002), com os valores médios e máximos mensais. Como esses dados são adquiridos a bordo de navios, através de diferentes instrumentos e métodos, alguma inconsistência nas medições é encontrada, o que explica os valores máximos extremos, por exemplo.

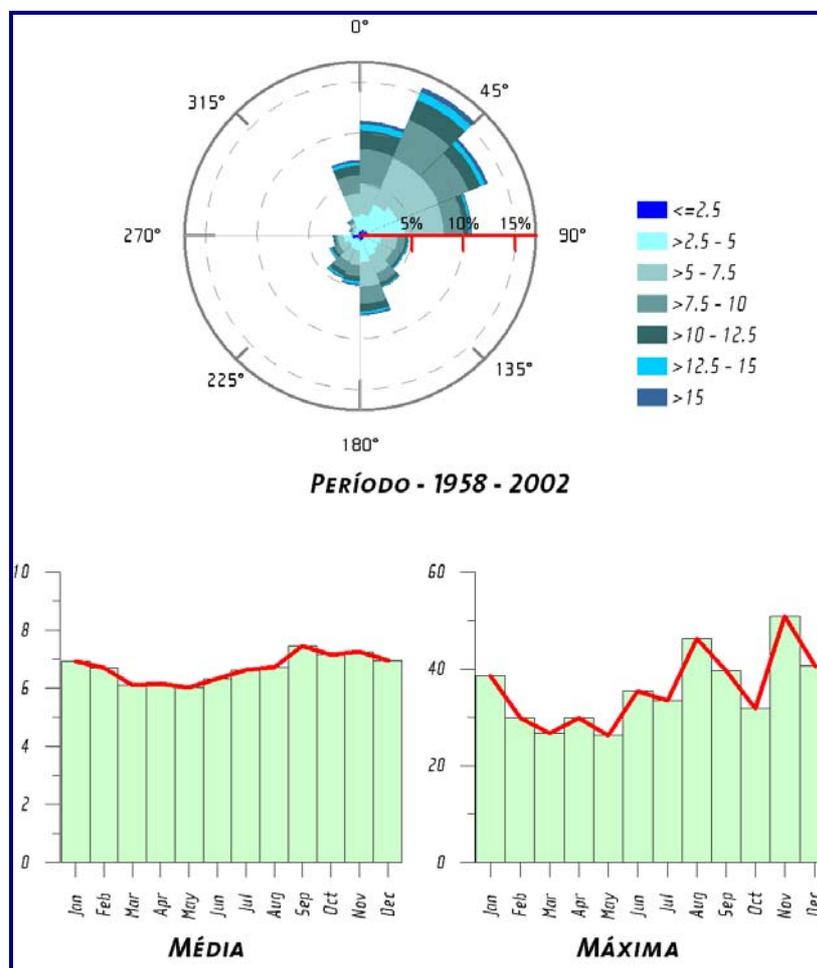


Figura II.5.1.1-16 – Rosa-dos Ventos (m/s) elaborada com os dados do bndo para todo o período, compreendendo valores máximos e médios de velocidade (m/s) para a região.

Pode-se observar que os valores médios mais intensos ocorrem nos meses setembro e novembro e os mínimos nos mês de maio.

Nas Figuras II.5.1.1-17 e II.5.1.1-18 são apresentadas as rosas dos ventos, elaboradas com os dados da Reanálise do NCEP, para os períodos de janeiro a junho e de julho a dezembro, respectivamente.

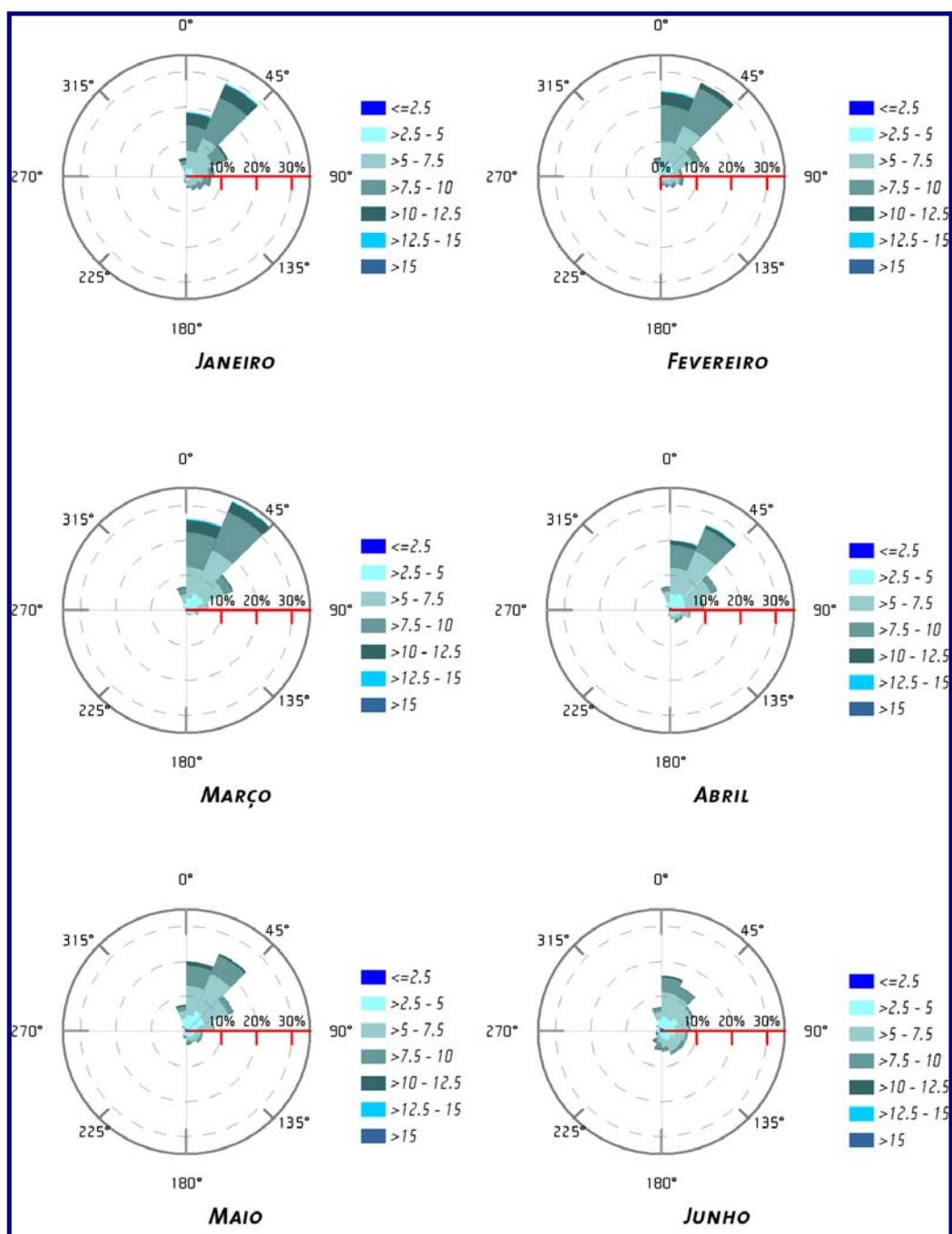


Figura II.5.1.1-17 – Rosa dos ventos (m/s) elaborada com os dados da reanálise para os meses de janeiro a junho.

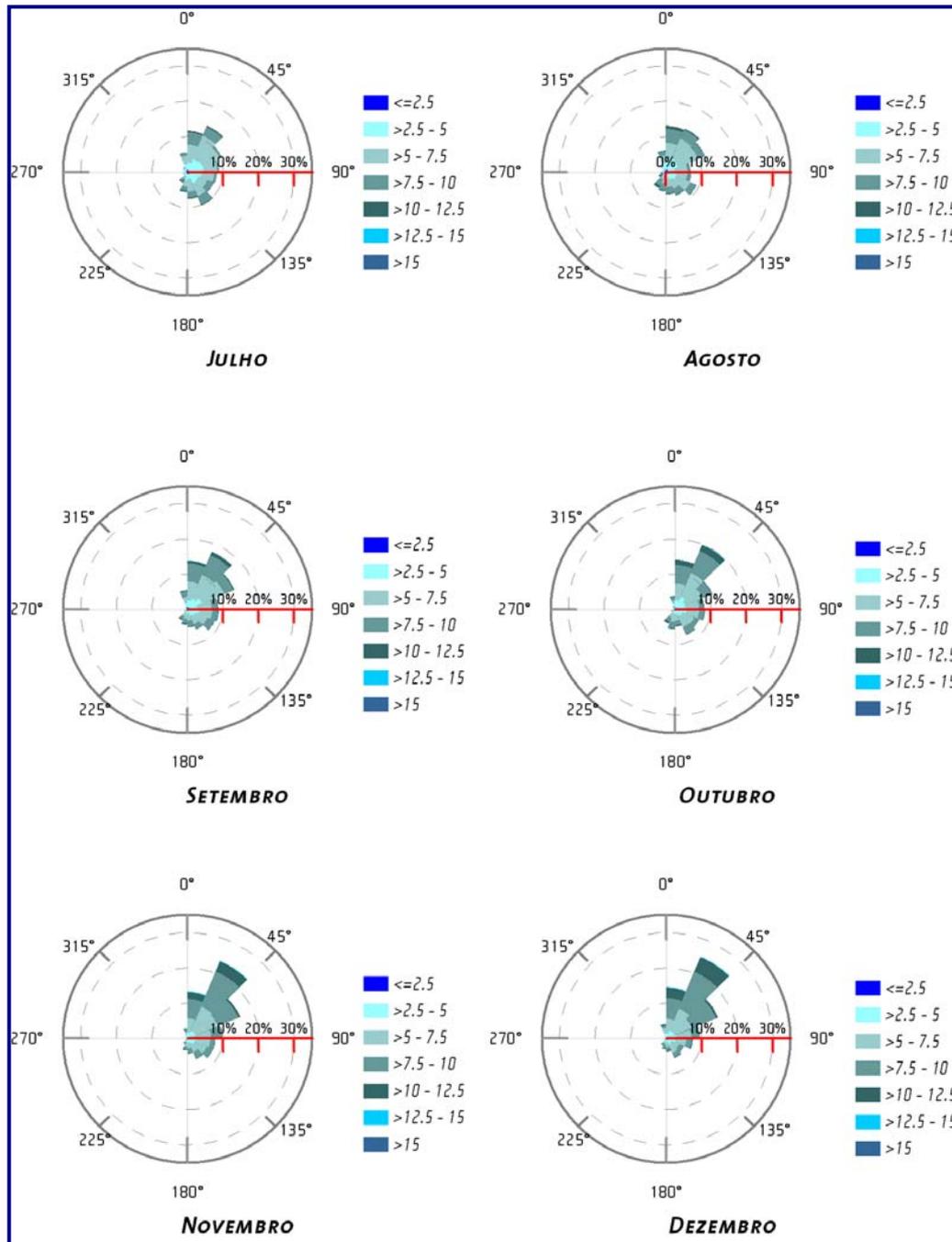


Figura II.5.1.1-18 – Rosa dos ventos (m/s) elaborada com os dados da reanálise para os meses de julho a dezembro.

Pode-se observar um comportamento semelhante ao apresentado nos dados do BNDO para os ventos de nordeste, com predominância ao longo de todos os meses do ano, com valores máximos de intensidade associados ocorrendo do mês de novembro a março.

No entanto, a incidência dos ventos de sul é menor ao longo de todo o ano, com o máximo em julho associado à direção SE. Tal diferença pode ser creditada à abrangência espacial dos dados do BNDO.

Embora haja diferenças na frequência de ocorrências, as direções e as intensidades mostradas nas duas bases de dados são semelhantes ao longo de todo o ano.

Na Figura II.5.1.1-19 é apresentada a rosa dos ventos elaborada com os dados da Reanálise do NCEP para todo o período (1983 a 2003), com os valores máximos e médios mensais.

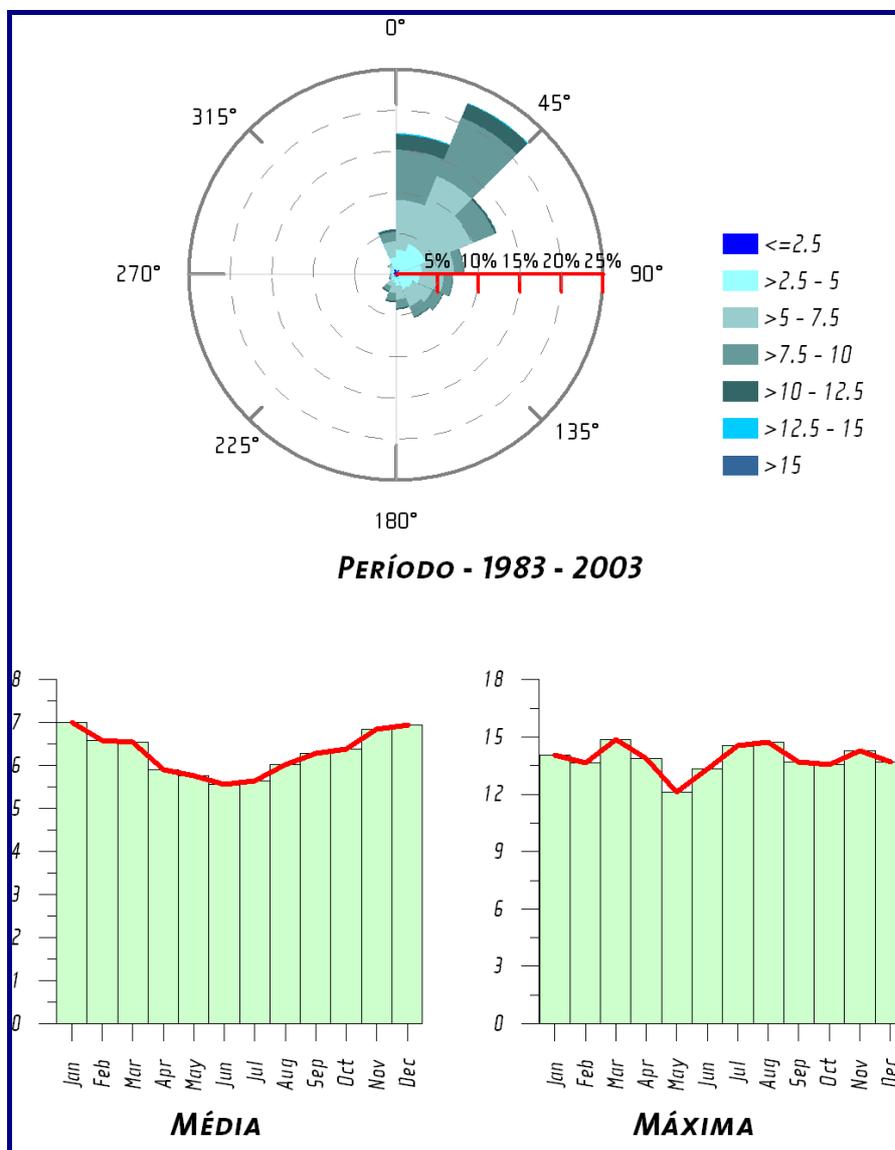


Figura II.5.1.1-19 – Rosa dos ventos (m/s) elaborada com os dados da reanálise para todo o período, como os valores máximos e médios de velocidade (m/s) para a região

Pode-se observar um comportamento semelhante entre os valores médios obtidos com esses dados e com os do BNDO.

Analisando os valores máximos notam-se grandes diferenças entre estes e os selecionados dos dados do BNDO, fato que pode ser explicado pelas diferenças entre as metodologias de obtenção dos dados e aos erros associados aos valores extremos, em ambas as bases analisadas.

A circulação atmosférica de baixos níveis na região Sudeste do Brasil é dominada pela ação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), pela passagem de sistemas frontais sobre a região e por circulações locais.

A variabilidade sazonal do padrão de ventos na região Sudeste associada ao deslocamento da ASAS, é caracterizada pelo predomínio de ventos de Nordeste no verão e ventos de Leste-nordeste no inverno, como observado nas análises das séries temporais de vento. Este padrão é ilustrado nas Figuras II.5.1.1-20 e II.5.1.1-21, que apresentam o comportamento sazonal da circulação atmosférica obtido através da média de 12 anos (1990 - 2001) dos resultados das Reanálises do modelo de circulação geral do NCEP e NCAR. Observa-se a mudança do posicionamento sazonal da alta subtropical e do padrão de ventos gerados por esse sistema.

As alterações neste padrão climatológico médio da atmosfera têm relação causal com deslocamentos de sistemas atmosféricos transientes (i.e. sistemas frontais e ciclones extratropicais), que atuam durante o ano todo sobre todo o Atlântico Sul, com frequências maiores nas latitudes mais altas e menores nas latitudes mais baixas. As perturbações geradas, largamente estabelecidas na literatura (e.g. Oliveira, 1986), são essenciais para a determinação das variabilidades intra-anuais na superfície oceânica.

De acordo com a estatística de sistemas frontais que atuaram no litoral do Brasil entre os anos de 1975 a 1984 e 1987 a 1995, apresentada pelo Boletim de Monitoramento e Análise Climática (Climanálise, 1996), a média mensal desses sistemas atuando sobre a costa Sudeste brasileira é de quatro sistemas nos meses de verão e sete sistemas nos meses de inverno.

O deslocamento desses sistemas está associado ao escoamento ondulatório de grande escala. A intensificação ou dissipação dos mesmos está relacionada com as características atmosféricas sobre o continente. Algumas regiões do

Brasil, tais como as Regiões Sul e Sudeste são regiões frontogenéticas, i.e. as frentes podem se formar ou se intensificar nessas regiões (Satyamurty & Mattos, 1989).

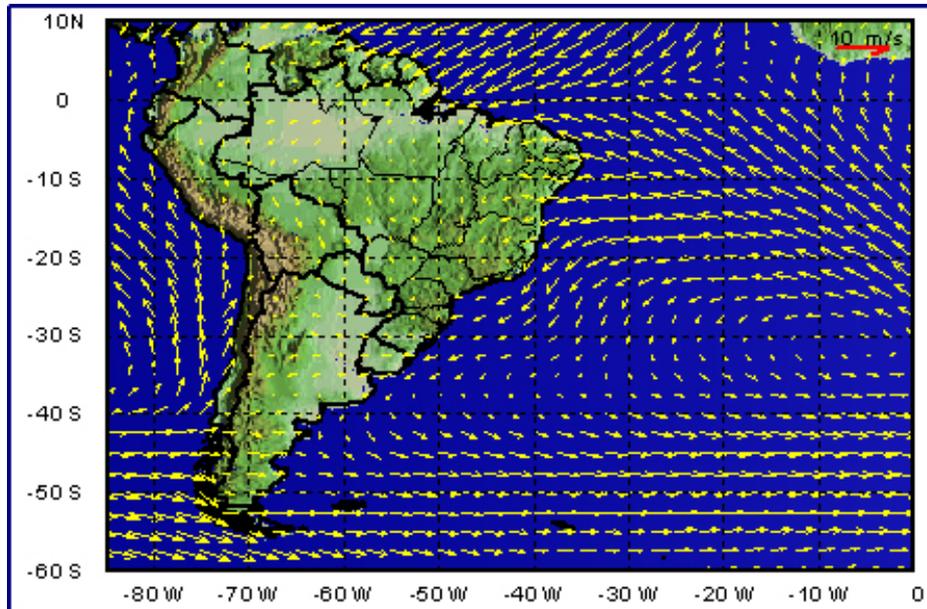


Figura II.5.1.1-20 – Vento a 10 metros no período de verão (reanálises do NCEP), Média de 12 anos (1990 – 2001)

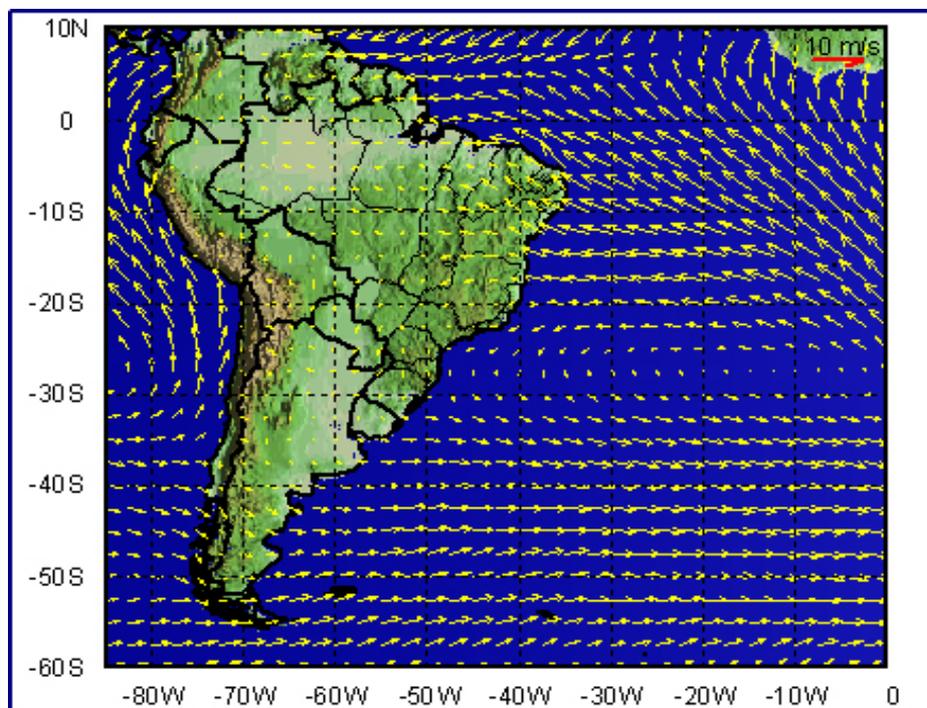


Figura II.5.1.1-21 – Vento a 10 metros no período de Inverno (reanálises do NCEP), Média de 12 anos (1990 – 2001)

As Figura II.5.1.1-22 a e b apresentam os Campos de vento e pressão atmosférica para situações típicas de inverno (sem e com frentes, respectivamente), utilizando dados de vento a 10 m, e pressão atmosférica reduzida ao nível médio do mar

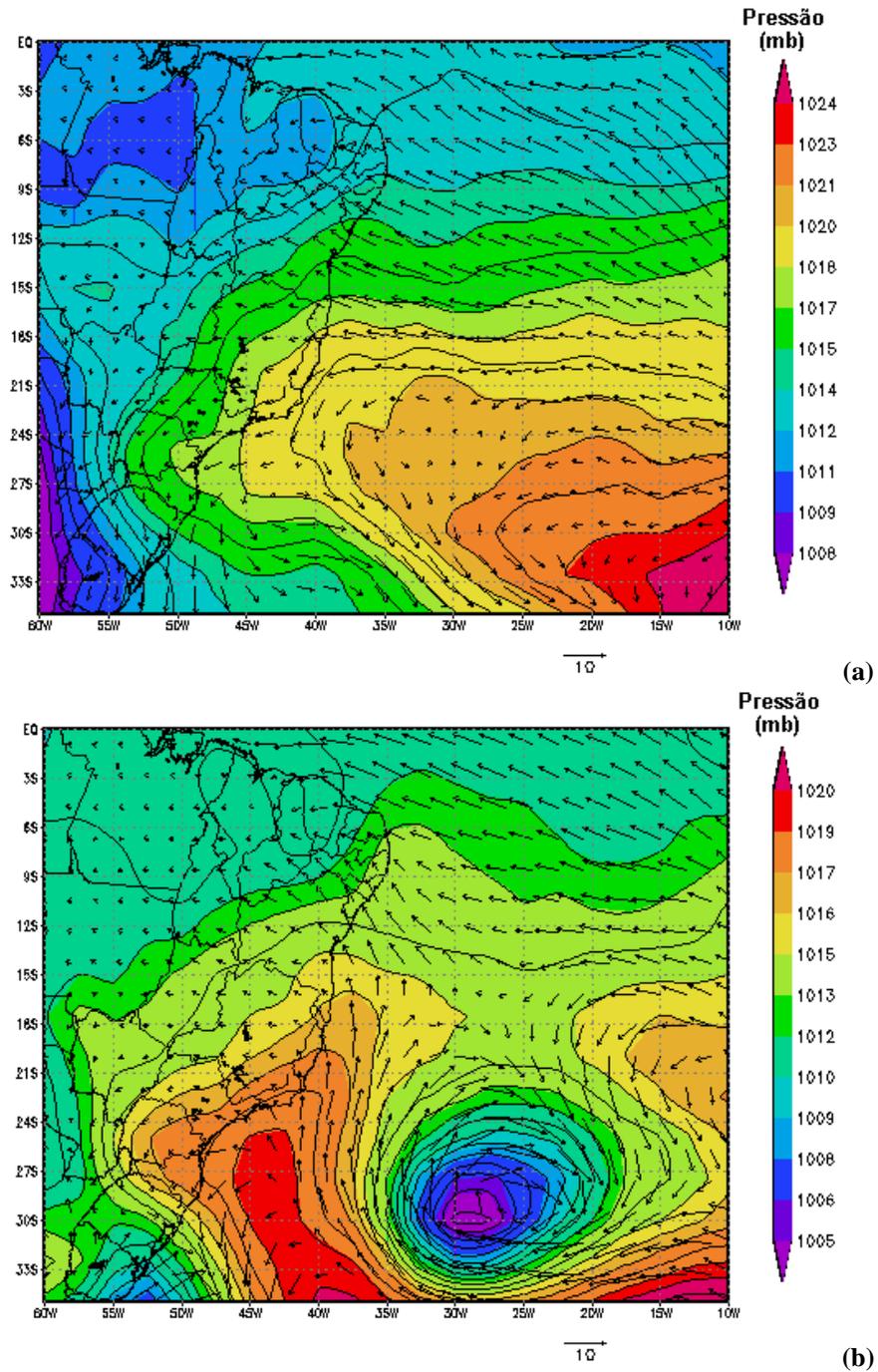


Figura II.5.1.1-22 – Campo de vento e pressão atmosférica obtidos das reanálises do NCEP para os dias: (a) 1o de junho de 2003 e (b) 15 de junho de 2003, às 18GMT.

Estes dados foram obtidos a partir das reanálises do NCEP, para os dias 10 e 15 de junho de 2003, às 18 GMT. Os sistemas frontais são mais frequentes no inverno, com a incidência de ventos de Sul-sudoeste durante sua passagem. Os Campos mostram uma situação de predomínio da ASAS (Figura II.5.1.1-22 -a) e uma situação onde o regime de ventos é dominado pela passagem de sistemas frontais (Figura II.5.1.1-22 -b). Os efeitos orográficos da topografia local são também detectáveis, amplificando a componente meridional do campo de vento.

A Figura II.5.1.1-23 ilustra a situação típica de verão, no dia 2 de janeiro de 2003, às 18 GMT, onde a ASAS é predominante.

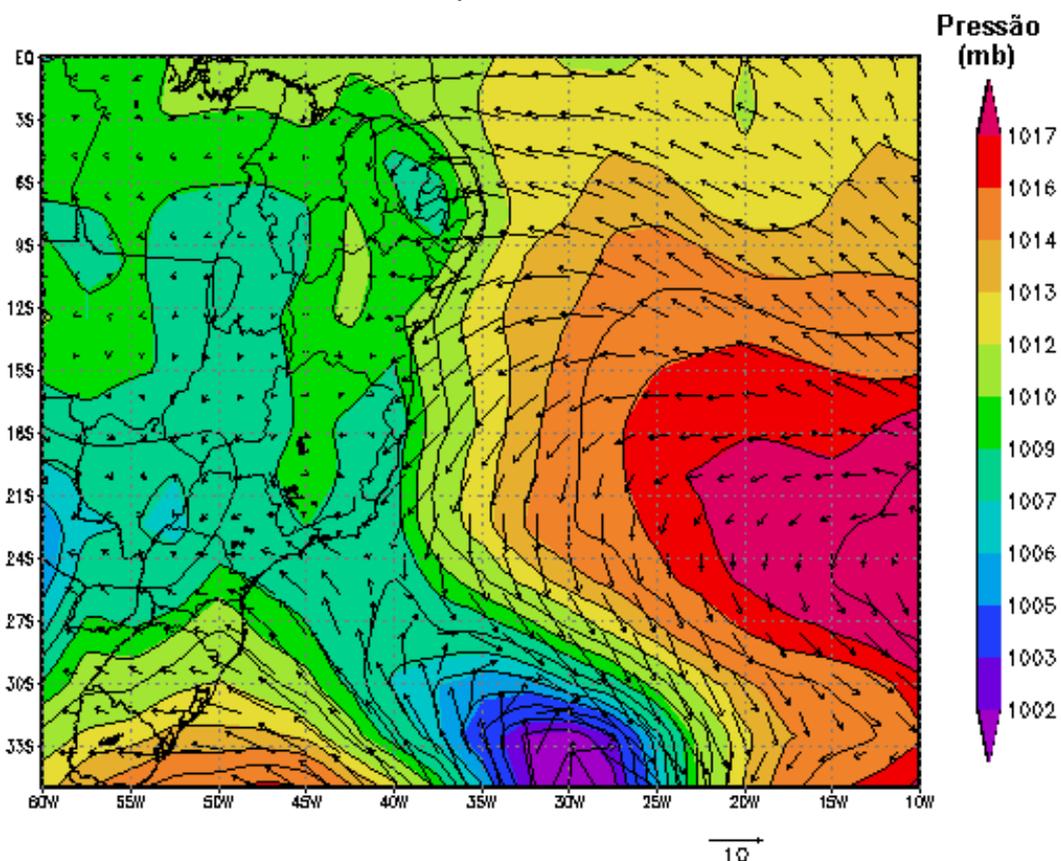


Figura II.5.1.1-23 – Campo de vento e pressão atmosférica obtidos das reanálises do NCEP para o dia 2 de janeiro de 2003, às 18GMT

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

SISTEMAS FRONTAIS:

A região sudeste do Brasil é, freqüentemente influenciada pela passagem de sistemas frontais. Esses sistemas são formados quando as massas de ar frio, provenientes do sul do Atlântico, se deslocam de encontro às massas de ar quente localizadas nos trópicos. Esse encontro cria uma região de instabilidade com intensa atividade convectiva, onde ocorre a formação de nuvens de acentuado desenvolvimento vertical, como cumulonimbus (CB), provocando pancadas de chuvas e, algumas vezes, rajadas de vento em superfície.

As tempestades na região dos empreendimentos estão diretamente ligadas a passagem das frentes frias na região.

No setor quente da frente, a velocidade média do vento é de 5 m/s, variando sua a direção do predominante nordeste para noroeste com a aproximação da frente. Imediatamente após a passagem da frente fria, o vento tem direção sudoeste com velocidades em torno de 8 m/s. Aproximadamente um dia após a passagem da frente pela região, o vento novamente gira no sentido anti-horário de sudoeste para nordeste (STECH e LORENZZETTI, 1992).

A seguir é apresentada uma análise estatística da ocorrência de frentes durante o período de 26 anos (de 01-jan.-1980 até 31-dez.-2005), para os meses de janeiro a março (verão) e junho a agosto (inverno). Os dados de vento analisados são provenientes do NCEP e são referentes à posição: 35,625° de Longitude Oeste e 20,000° de Latitude Sul (Figura II.5.1.1-24). O intervalo de amostragem dos dados é de seis horas.

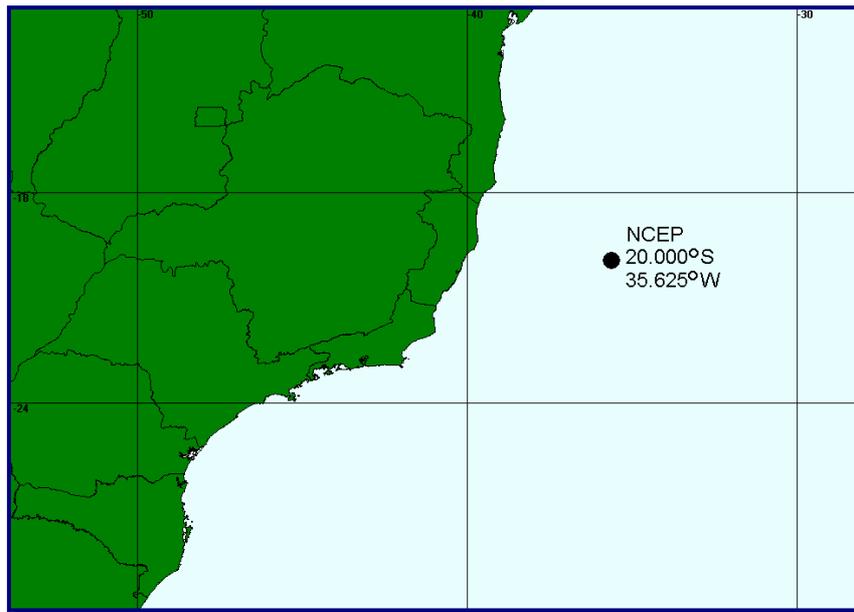


Figura II.5.1.1-24: Posição dos dados de vento obtidos das reanálises do NCEP para o período de 1o de janeiro de 1980 até 31 de dezembro de 2005

Nesta análise foram identificados como sistemas frontais incidentes na região de estudo, aqueles cuja componente Norte-sul do vetor velocidade do vento apresentava intensidades superiores a 2,5 m/s e eram provenientes do segundo e terceiro quadrantes, ou seja, ventos de SW, S e SE.

Ventos com tais características foram extraídos das séries temporais e analisados individualmente para a determinação dos seguintes parâmetros:

- Número de frentes: número de frentes que ocorrem no período de três meses;
- Número de frentes por mês;
- Duração média;
- Período médio entre frentes.

Os resultados obtidos são apresentados nos Tabela II.5.1.1-1, a seguir.

Tabela II.5.1.1-1: Estatística de sistemas frontais na região da bacia de Campos para o período de inverno (junho a agosto) e verão (janeiro a março).

ANO	NÚMERO DE FRENTE		NÚMERO DE FRENTE POR MÊS		DURAÇÃO MÉDIA (HORAS)		PERÍODO MÉDIO ENTRE FRENTE (DIAS)	
	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO
1980	6.0	6.0	2.0	2.0	60.0	18.0	6.1	14.5
1981	5.0	3.0	1.7	1.0	112.8	66.0	7.7	8.4
1982	6.0	4.0	2.0	1.3	58.0	30.0	7.2	6.7
1983	6.0	5.0	2.0	1.7	66.0	26.4	8.0	10.8
1984	6.0	6.0	2.0	2.0	85.0	55.0	6.8	5.7
1985	7.0	3.0	2.3	1.0	90.0	32.0	3.2	34.0
1986	3.0	3.0	1.0	1.0	112.0	32.0	5.7	12.9
1987	7.0	8.0	2.3	2.7	77.1	31.5	6.1	4.9
1988	7.0	6.0	2.3	2.0	159.4	72.0	2.0	9.0
1989	6.0	6.0	2.0	2.0	113.0	51.0	3.2	9.7
1990	7.0	7.0	2.3	2.3	87.4	51.4	5.7	4.4
1991	5.0	4.0	1.7	1.3	160.8	54.0	4.2	23.3
1992	8.0	4.0	2.7	1.3	69.0	42.0	3.4	22.3
1993	7.0	7.0	2.3	2.3	92.6	42.0	4.7	11.7
1994	9.0	2.0	3.0	0.7	107.3	51.0	2.5	13.3
1995	5.0	3.0	1.7	1.0	58.8	42.0	10.7	3.8
1996	9.0	5.0	3.0	1.7	108.0	62.4	2.1	14.2
1997	8.0	3.0	2.7	1.0	68.3	82.0	3.4	16.5
1998	7.0	6.0	2.3	2.0	84.0	39.0	6.0	10.3
1999	7.0	5.0	2.3	1.7	125.1	37.2	4.1	13.0
2000	11.0	7.0	3.7	2.3	55.1	59.1	3.4	10.0
2001	8.0	2.0	2.7	0.7	108.0	39.0	2.5	36.5
2002	7.0	4.0	2.3	1.3	75.4	45.0	5.5	22.2
2003	8.0	3.0	2.7	1.0	88.5	48.0	4.1	6.2
2004	5.0	3.0	1.7	1.0	122.4	36.0	6.9	18.0
2005	9.0	4.0	3.0	1.3	64.0	54.0	4.5	10.0
MÉDIA	6.9	4.6	2.3	1.5	92.6	46.1	5.0	13.6

Os resultados mostram que para este conjunto de dados e para a suposição adotada (componente Norte-sul do vento com intensidades superiores a 2,5 m/s), nos meses de inverno o número de frentes por mês é 1,5 vezes maior do que no verão e que durante o inverno a duração média das frentes é praticamente o dobro da observada no período de verão.

II.5.1.1.3 - CONCLUSÕES:

No verão do Hemisfério Sul a radiação solar incidente atinge a região em questão, perpendicularmente à sua superfície, fazendo com que a quantidade de calor por unidade de área seja maior. Associada a esta maior energia disponível, as temperaturas do ar são mais elevadas, como se pode verificar nos máximos

registrados em fevereiro ($\sim 32^{\circ}$ C em média), o mesmo acontecendo com a evaporação, que também é influenciada pelos ventos de quadrante E/NE intensos e persistentes, que ocorrem nesta estação do ano. A insolação é mais intensa devido ao maior número de horas sem a presença de nuvens nesse período. Esses fatores em conjunto (forte insolação, alta temperatura do ar e muita evaporação) favorecem a maior atividade convectiva, e por consequência, a maior precipitação ocorrente no verão.

Por outro lado, no inverno, a radiação incidente atinge a superfície de forma oblíqua, o que significa, menor quantidade de calor por área e menores temperaturas do ar, sendo a mínima registrada no mês de julho (18° C em média). Aliado a esse fato, nessa época, a passagem de sistemas frontais atmosféricos faz com que exista maior presença de nuvens e assim menor insolação do que no verão. Portanto, os índices pluviométricos, associados a este comportamento, são mínimos nesse período.

A análise dos dados meteorológicos da região adjacente aos empreendimentos, permite separar duas estações com condições – inverno e verão, bem definidas. A primeira estende-se de maio a setembro e é marcada pela predominância dos ventos de nordeste, porém com grande incidência dos ventos de sul, menores índices de precipitação e evaporação e temperaturas menos elevadas. Nessa estação ocorre a maior incidência de passagens de sistemas frontais pela região.

O período de outubro a abril é caracterizado por condições típicas de verão, com ventos predominantemente variando de norte a nordeste com grande persistência, temperaturas mais elevadas e maiores índices de precipitação e evaporação.

A situação típica na região, é marcada por ventos com intensidade média oscilando entre 6 a 8 m/s durante todo o ano, com direção predominante de norte a leste. Esse regime, entretanto é perturbado por eventos transientes associados a sistemas frontais, onde predominam os ventos de direção sul, variando de sudeste a sudoeste, nessa ordem.

Durante o período de maio a outubro existe uma maior probabilidade de ocorrência de eventos extremos (tempestades e ressacas) na região de influência direta dos empreendimentos em questão.

II.5.1.2 - OCEANOGRAFIA

II.5.1.2.1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

A porção sudeste do litoral brasileiro, constitui uma das áreas mais bem estudadas da costa brasileira, parte devido ao fenômeno da ressurgência, mas, sobretudo devido à descoberta de reservas de petróleo na década de 70. Há levantamentos que fazem parte de projetos científicos sistemáticos de coleta de dados nacionais (comissões oceanográficas da Marinha do Brasil, PNBOÍÁ, Projeto REVIZEE, entre outros) e internacionais (GOOS, WOCE, TOGA) ou de esforços localizados de pesquisas regionais (cruzeiros do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo – costa paulista – e do Instituto de Pesquisas Almirante Paulo Moreira – zona da ressurgência em Arraial do Cabo). Também fazem parte deste acervo dados oceanográficos coletados pelas empresas operadoras, principalmente a PETROBRAS, publicados em periódicos científicos ou utilizados como subsídio para produção de teses de mestrado e doutorado.

Dentre os trabalhos pioneiros realizados na área destaca-se o de Emílsson (1961) que discutiu a dinâmica das massas d'água na região oceânica em frente à costa, sugerindo, naquela época, a existência de uma circulação complexa em nossas águas, constituída de meandros e vórtices de caráter migratório. Na década de 70 destacam-se os trabalhos de Signorini (1976) que divulgava considerações a respeito da circulação e do transporte de volume da Corrente do Brasil fazendo uso do cálculo geostrófico. Foi encontrado um valor máximo de velocidade da corrente na superfície de aproximadamente 70 cm/s e de transporte de volume de $14 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ (Sv). A partir de então, diversos outros pesquisadores passaram a dar uma maior atenção aos fenômenos oceanográficos da Bacia de Campos dentre os quais podemos destacar Ikeda e Miranda (1985) do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, que teceram novas considerações da dinâmica das massas d'água através de intensas análises realizadas ao longo do Cabo de São Tomé. Dos estudos já referenciados de Signorini (1976) pode-se pontuar que a Corrente do Brasil é separada em dois ramos por um vórtice anticiclônico, sendo que o ramo principal flui nas vizinhanças do talude, com velocidade máxima de cerca de 70cm/s, e o outro, a leste do vórtice, atingindo velocidade máxima perto de 30cm/s.

Miranda *et al.* (1985) estudaram, com base nas expressões analíticas das curvas T-S, as variações na estrutura e nas propriedades de massas d'água da plataforma continental e da água oceânica adjacente. O pesquisador, revisando a classificação das massas d'água usada sob condições regionais, confirma que as Massas de Água Subtropical Profunda (ASTP), Subtropical (AST) e Central do Atlântico Sul (ACAS), são designações de uma mesma massa d'água. A ACAS foi sugerida como definição padrão para indicar esta massa d'água com índice termohalino (20°C; 36,36UPS), a qual é observada na coluna d'água sob a Massa de Água Tropical (AT).

Signorini *et al.* (1989) obtiveram novas informações sobre a variação espacial da estrutura térmica da Corrente do Brasil através de um levantamento oceanográfico realizado em abril de 1982. Neste levantamento pode ser observado que ao longo da maioria das seções, uma estabilização da temperatura em 23°C na termoclina principal. Esta estabilização vai atenuando-se na medida em que se aproxima do litoral e finalmente desaparece nas proximidades da costa. Concluiu-se ainda que o balanço do transporte de volume, através de todas as seções entre 19 °S e 22°S, indicava que a Corrente do Brasil fluía acompanhando a linha do talude continental.

No final da década de 80, a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto, principalmente pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), passou a ser cada vez mais freqüente no estudo das condições oceanográficas da costa sudeste, sobretudo para fins de delineamento sinótico da estrutura térmica de superfície. A técnica de sensoriamento remoto orbital aplicado à oceanografia é fundamental para a obtenção de dados com características sinóticas, abrangendo grandes regiões oceânicas, e com grande repetitividade temporal. Durante a década de 90, imagens do satélite AVHRR/NOAA foram intensamente utilizadas para caracterizar padrões de circulação da Corrente do Brasil na Margem Continental, onde a observação de meandros e vórtices de mesoescala passou a ser visualizada com maior freqüência. Stech & Lorenzetti (1995) e Kampel *et al.* (1997) observaram a variação sazonal da ressurgência na costa SE Brasileira analisando mapas de temperatura de superfície do mar (TSM).

II.5.1.2.2 – TEMPERATURA, SALINIDADE E DENSIDADE

Para a análise das propriedades físico-químicas da água do mar na região da Bacia de Campos foram utilizados os dados de temperatura e salinidade disponíveis no Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) correspondentes às campanhas oceanográficas realizadas no período entre os anos de 1957 e 1991.

As Figuras II.5.1.2-1 e II.5.1.2-2 apresentam os perfis verticais de temperatura e salinidade entre a superfície e 2.000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera, bem como o número de amostragens disponíveis para cada período.

No período de verão observa-se que a temperatura na superfície varia aproximadamente entre 21 e 28,5 °C. A 200 m, a temperatura varia de 13,0°C a 19 °C, e abaixo de 800 m o valor médio mantêm-se próximo a 4°C (Figura II.5.1.2-19).

A salinidade em superfície varia entre 36 e 37, com uma maior concentração de observações próximas a este último valor. Entre 200 e 800 m os valores decrescem gradualmente. A partir de 800 m sofrem novamente uma ligeira elevação, como pode ser observado na Figura II.5.1.2-1.

No período de outono, os valores da temperatura em superfície são mais elevados, variando entre 22°C a 28°C (Figura II.5.1.2-1). A diminuição dos valores em profundidade, no entanto, apresenta a mesma tendência, com o final da termoclina bem marcado em torno dos 800 m.

Embora apresente alguns valores inferiores em superfície, de maneira geral o comportamento da curva de salinidade para o outono (Figura II.5.1.2-1) é semelhante ao perfil correspondente ao período de verão.

No inverno a temperatura superficial varia entre 20°C e 24°C e a salinidade entre 35 a 37,4, correspondendo ao maior valor entre os períodos analisados. O perfil de salinidade para essa estação mostra ainda uma maior dispersão entre os valores em profundidade, como pode ser observado na Figura II.5.1.2-2.

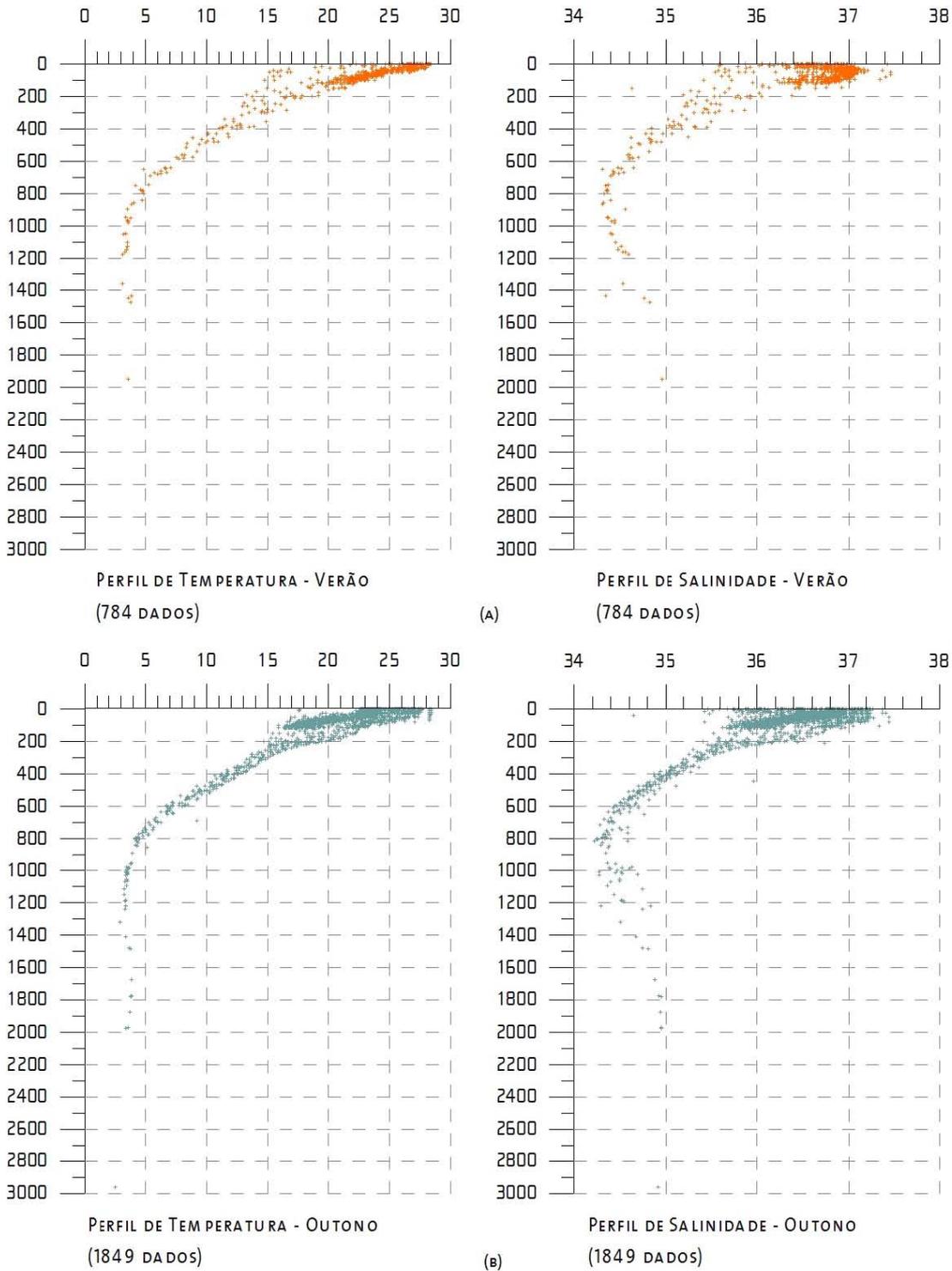


Figura II.5.1.2–1 -Perfis de temperatura e salinidade para os períodos de verão e outono.
Fonte: BNDO.

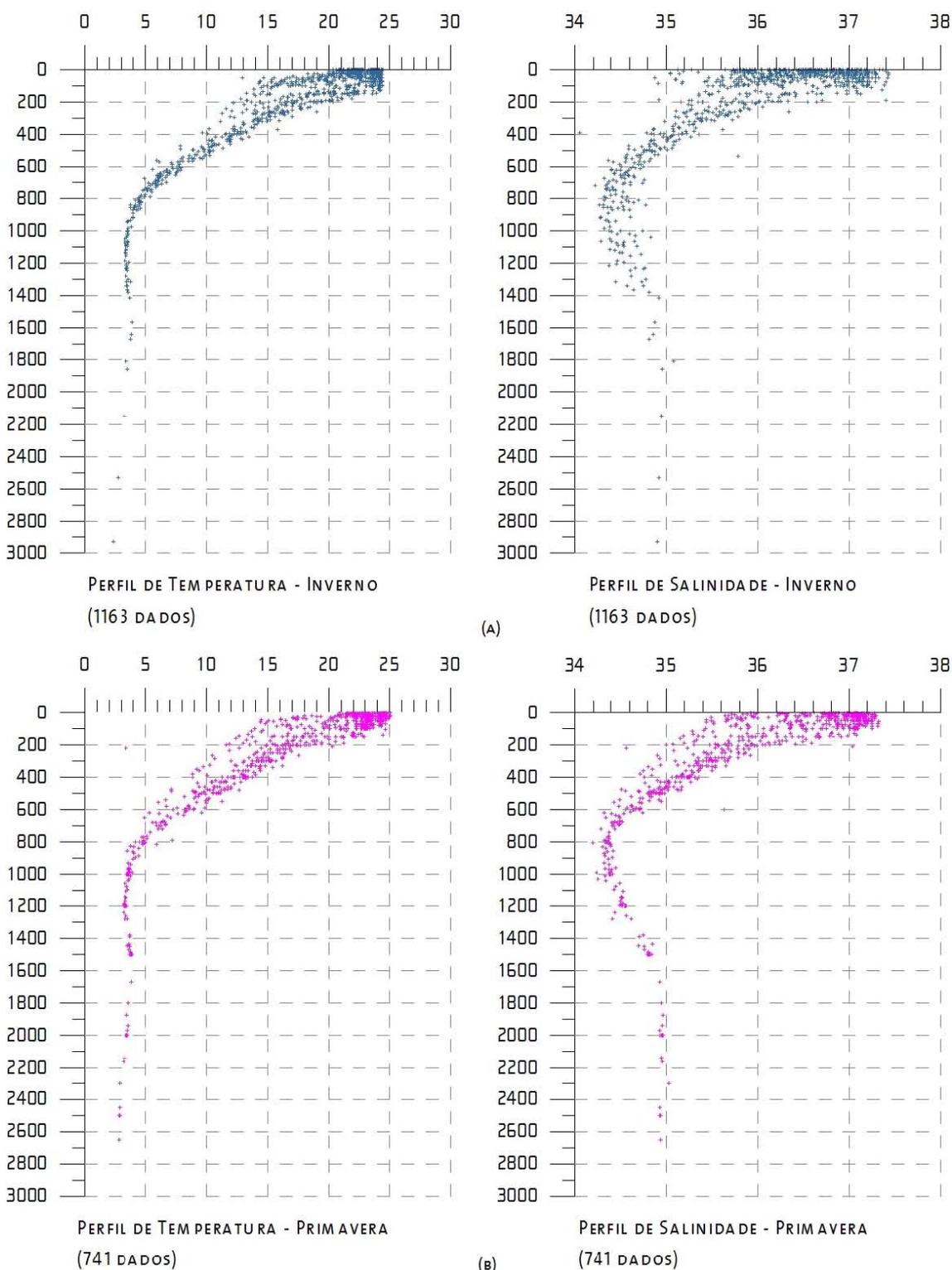


Figura II.5.1.2–2 -Perfis de temperatura e salinidade para os períodos de inverno e primavera. Fonte: BNDO.

Outra fonte de dados utilizada para o presente estudo foram os dados do NODC (National Oceanographic Data Center). Estes dados são relativos à posição 21,9° S e 39,8° W. Estes dados foram combinados em diagramas TS e secção vertical de densidade (Figuras II.5.1.2-3 e II.5.1.2-4), permitindo algumas inferências sobre o padrão de circulação local.

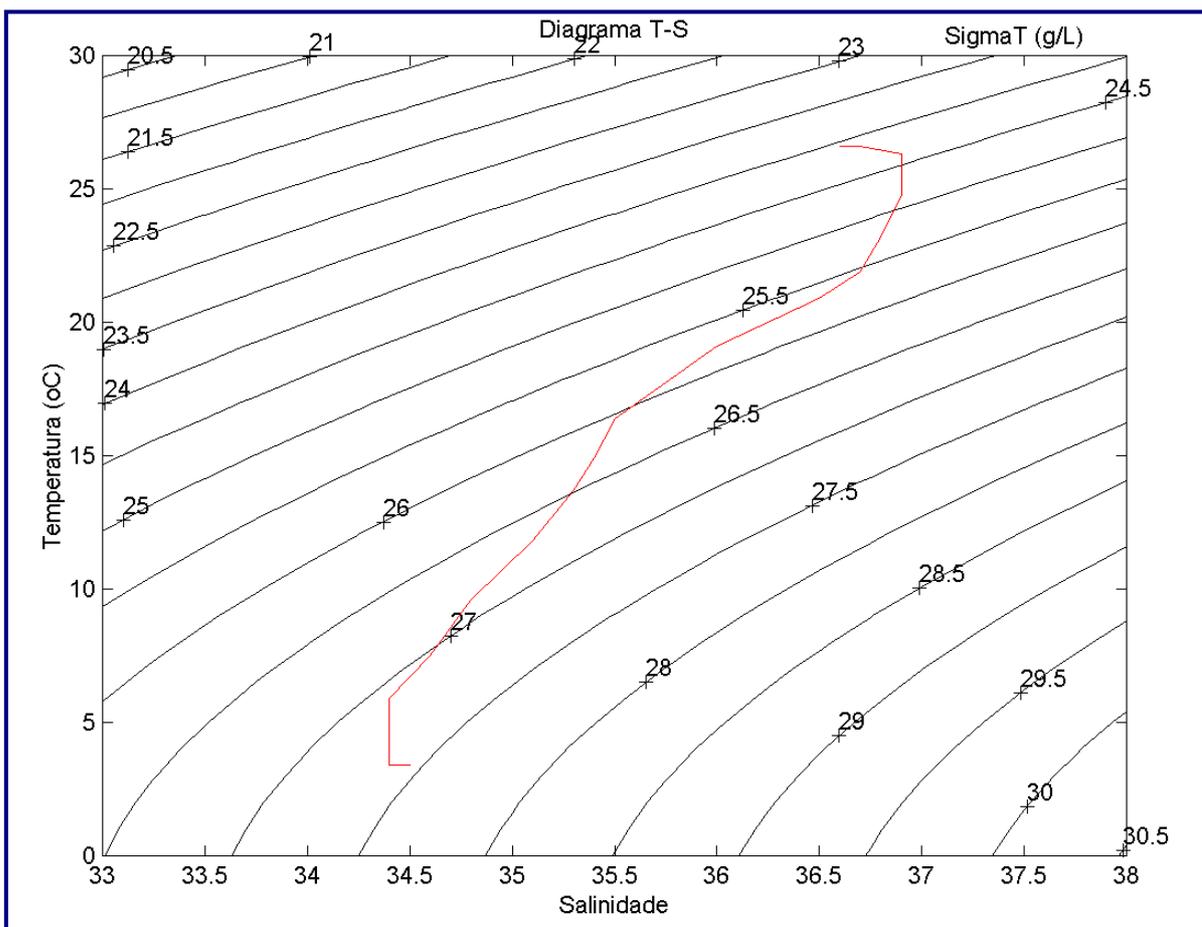


Figura II.5.1.2-3: DIAGRAMA TS E SECÇÃO VERTICAL DE DENSIDADE (SIGMAT EM G/L) PARA O PERÍODO DE JANEIRO A MARÇO, CONFORME DADOS DO NODC.

Nota-se na formação da curva TS evidências da presença de massas d'água típicas que caracterizam a circulação da região. As temperaturas mais elevadas (acima que 20°C) e alto grau de salinidade (acima de 36 ups) são características da Água Tropical, que é formada como consequência de intensa radiação e excesso de evaporação em relação à precipitação, característicos do Atlântico Tropical.

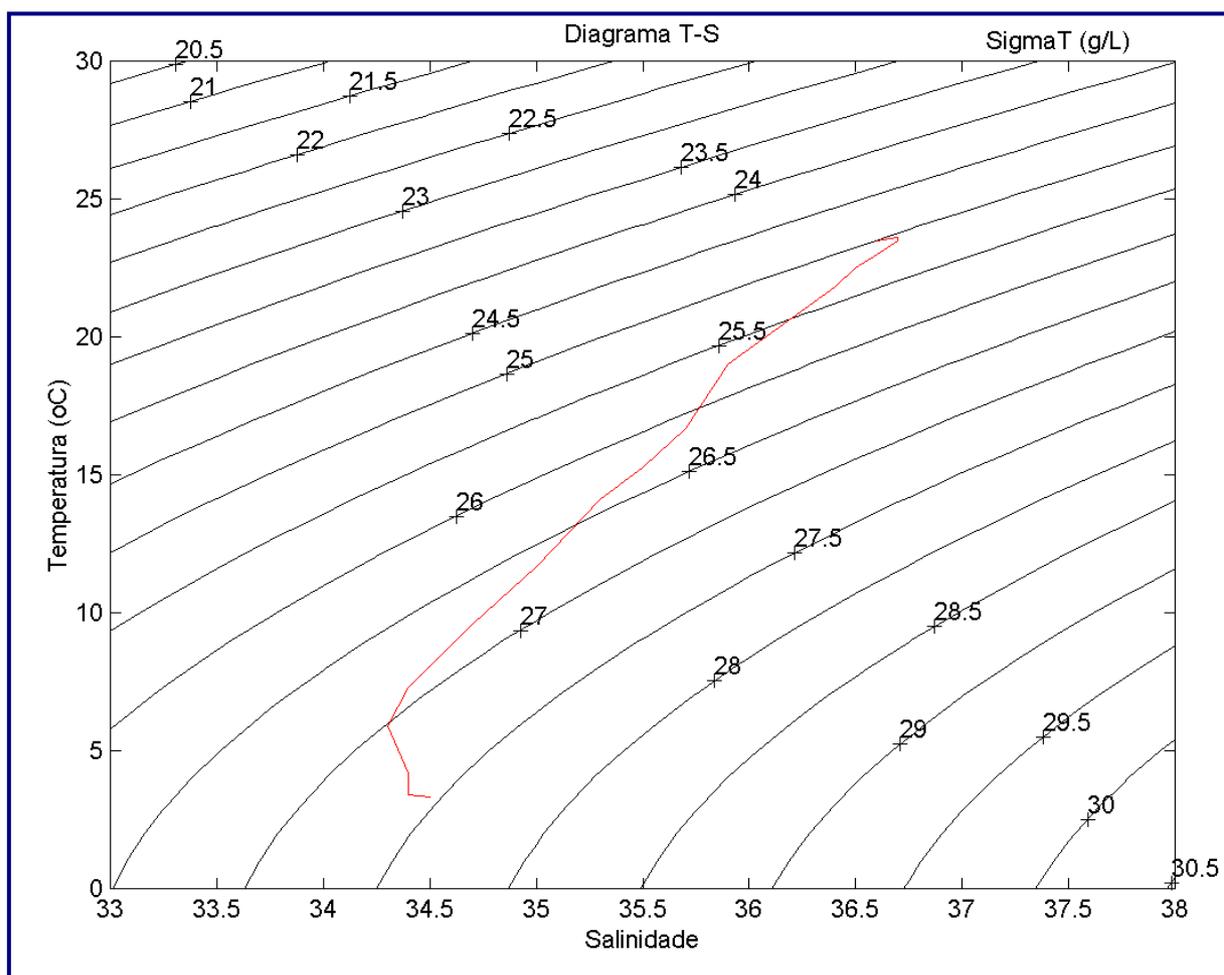


Figura II.5.1.2-4: Diagrama TS e seção vertical de densidade (σT em g/l) para o período de julho a setembro, conforme dados do NODC.

MIRANDA (1985) apud MIRANDA (2000) sugere que 20°C de temperatura e 36,20 de salinidade (adimensional) como índice termohalino da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) no Sudeste brasileiro. SVERDRUP et al. (1942) mencionam que a ACAS é formada por afundamento das águas na região da Convergência Subtropical, e subsequente espalhamento ao longo da superfície de densidade adequada ao seu ajustamento hidrostático. O padrão de fluxo da ACAS, no entanto, não é um simples movimento para Norte em nível picnoclínico em toda bacia do Oceano Atlântico Sul. WÜST (1935) e DEFANT (1941) apud MIRANDA (2000) apresentaram as primeiras evidências desse padrão de fluxo, onde ao Sul do Cabo de São Tomé (22°S), a ACAS flui para o Sul ao largo da costa brasileira.

Segundo SVERDRUP et al. (1942) apud MIRANDA (2000) os limites termohalinos da Água Intermediária Antártica (AIA) são 3° a 6°C para temperatura e 34,2 a 34,6 para salinidade, sendo demarcada pelo mínimo de salinidade no diagrama TS (Figuras II.5.1.2-3 e II.5.1.2-4).

Uma comparação entre as Figuras II.5.1.2-3 e II.5.1.2-4 mostra uma evidente diminuição da atuação da Água Tropical na região.

A seguir, são apresentados os Campos de temperatura e salinidade resultantes de um detalhado tratamento dos dados extraídos do Atlas Eletrônico do WOCE (World Ocean Circulation Experiment - II) para a região de estudo. Estes dados foram analisados, filtrados e interpolados no espaço. As Figuras II.5.1.2-5 e II.5.1.2-6 ilustram os padrões obtidos para a superfície, nos períodos de inverno e verão, enquanto que as Figuras II.5.1.2-7 II.5.1.2-8 mostram seções (cortes) verticais ao longo da Latitude de 21,95°S (ao longo da região da Bacia de Campos), para estes mesmos períodos

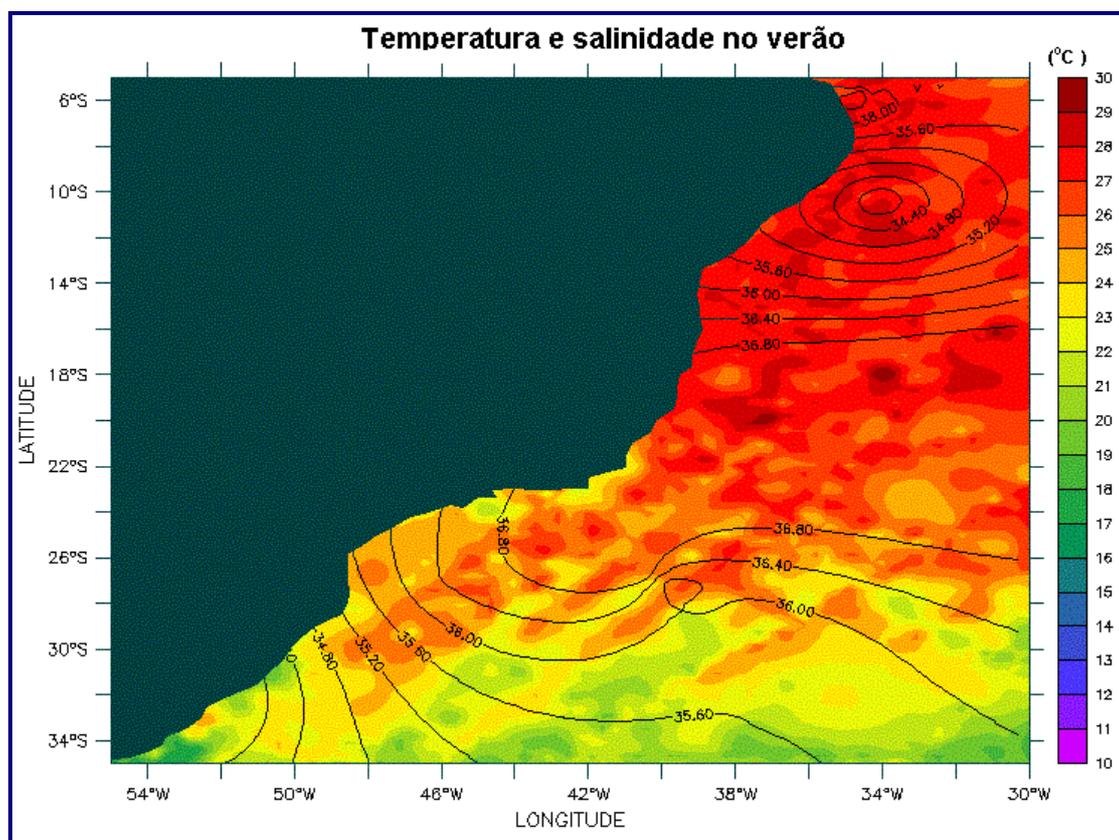


Figura II.5.1.2-5: Temperatura (°C) com isolinhas de salinidade (PSU) sobrepostas, na superfície, para o verão (a). Dados provenientes do Atlas do WOCE.

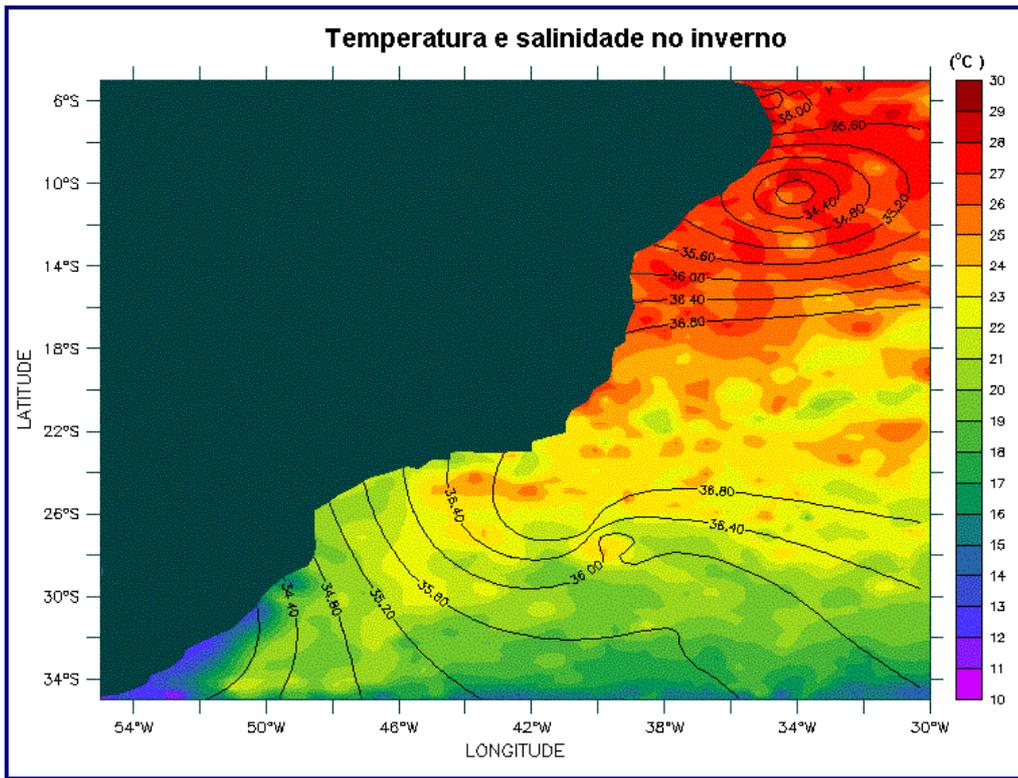


Figura II.5.1.2-6: Temperatura (°C) com isolinhas de salinidade (PSU) sobrepostas, na superfície, para o e o inverno . Dados provenientes do Atlas do WOCE.

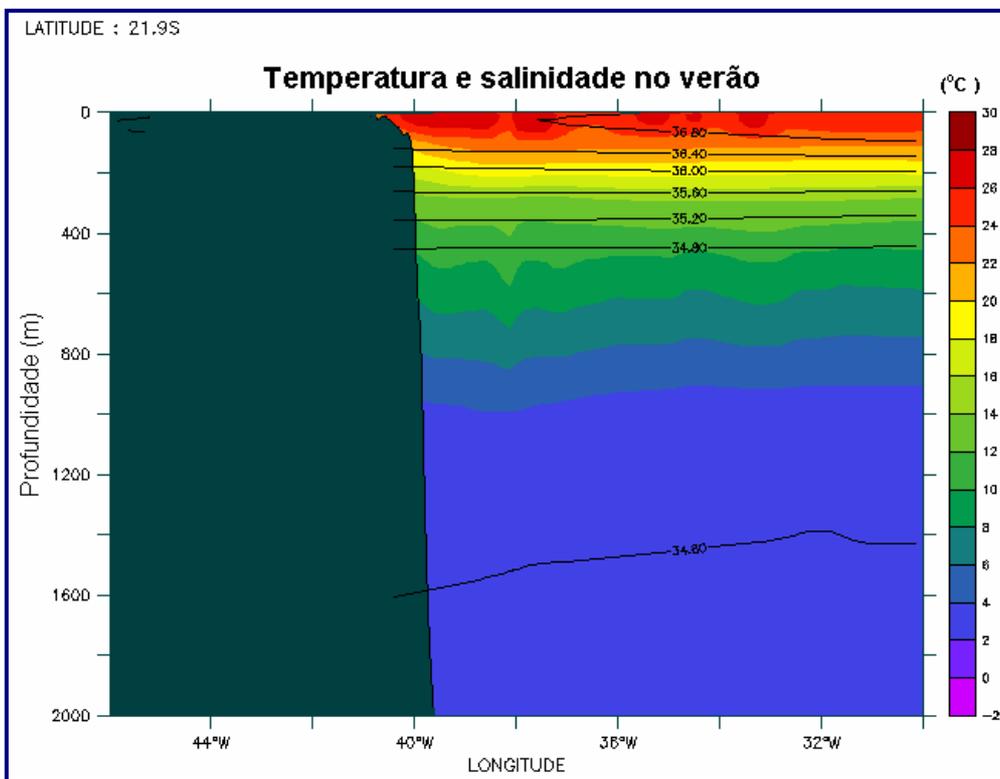


Figura II.5.1.2-7: Secções verticais de temperatura (oC) com isolinhas de salinidade (PSU) sobrepostas, ao longo de 21,95°S, para o verão.(CHEVRON, 2006)

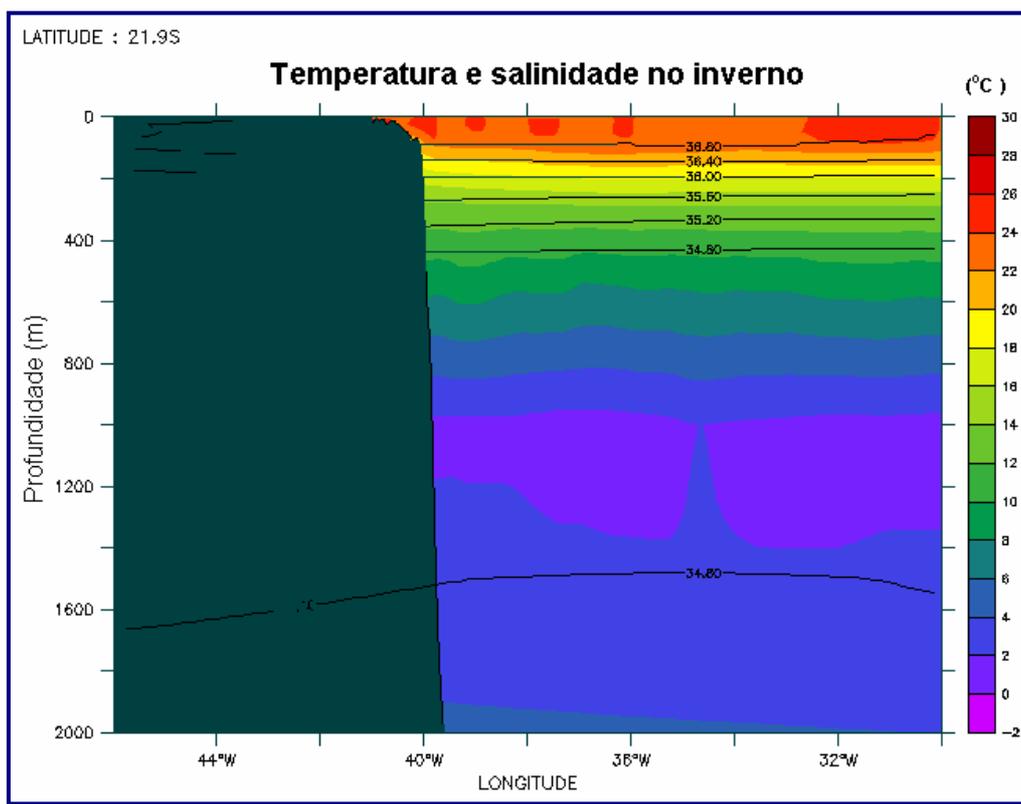


Figura II.5.1.2-8: Seções verticais de temperatura (oC) com isolinhas de salinidade (PSU) sobrepostas, ao longo de 21,95°S, para o inverno. (CHEVRON, 2006)

II.5.1.2.3 - MASSAS D'ÁGUA

As massas d'água são corpos de água definidos por suas características de temperatura e salinidade, que por sua vez são determinantes na definição da sua densidade. Este último parâmetro determina a posição que estes corpos irão ocupar na coluna d'água.

A Figura II.5.1.2-9 ilustra o Giro Sub-Tropical do Atlântico Sul, cuja corrente de contorno Oeste para Sul, a Corrente do Brasil (CB), separa-se da Costa na região da confluência com a Corrente das Malvinas (CM). A partir deste ponto, a Corrente do Brasil composta com a Corrente das Malvinas se afasta da costa e flui para Leste como Corrente do Atlântico Sul (CAS). O giro no Atlântico é complementado pela Corrente de Benguela (BE), Corrente Sul Equatorial (CSE), fechando o circuito com a Corrente do Brasil para Sul e a Corrente Norte do Brasil (CNB).

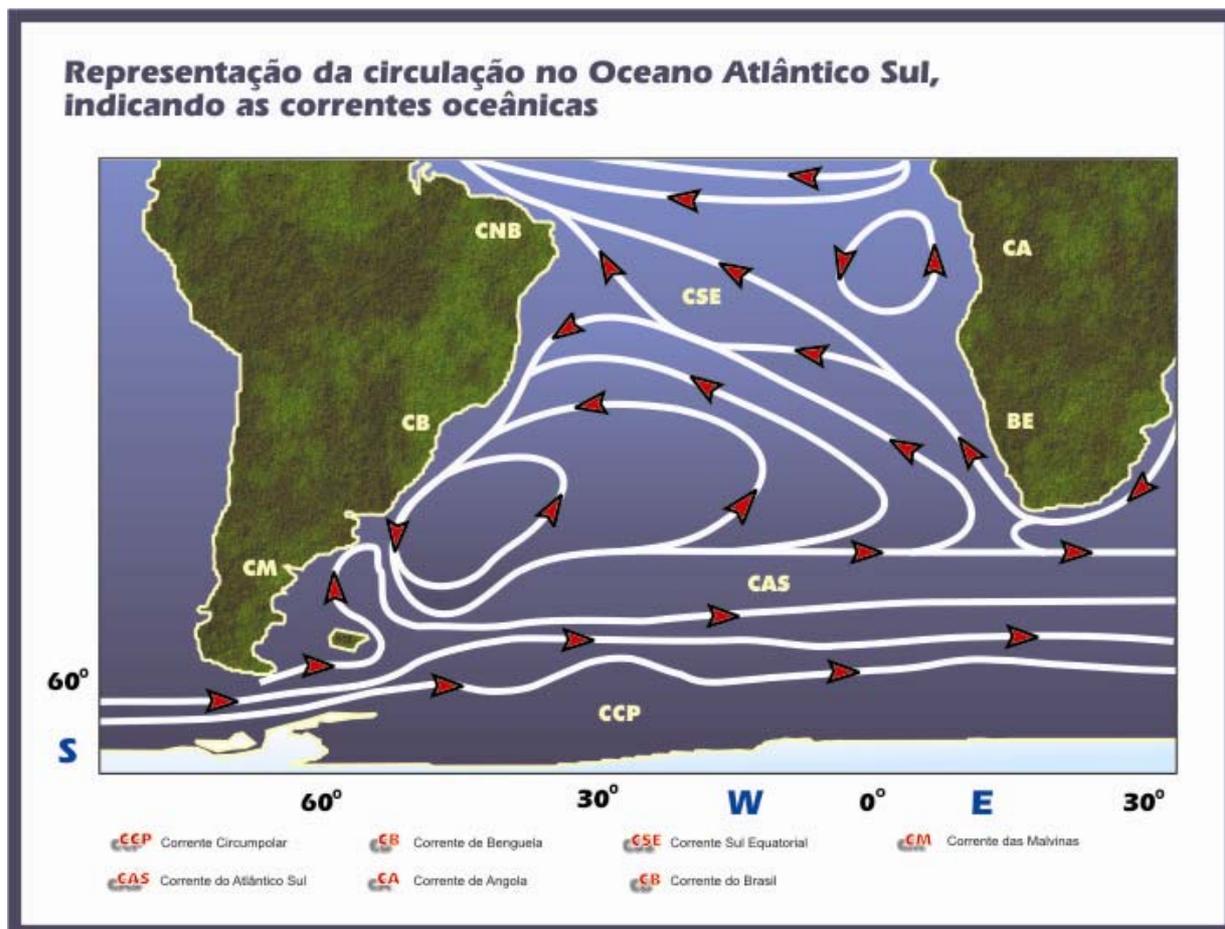


Figura II.5.1.2-9: Representação da circulação no oceano Atlântico Sul, indicando as seguintes correntes oceânicas: (Adaptado de TOMCZAK & GODFREY 1994).

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

Silva *et al.* (1984) desenvolveu um gabarito tentativo para as massas d'água da costa sudeste brasileira, com a seguinte classificação:

- **Água Costeira (AC)** – água de salinidade abaixo de 33 devido à influência de descarga fluvial.
- **Água Tropical (AT)** – definida por valores de salinidade maiores que 36 e de temperatura maiores que 18°C. Esta massa d'água é transportada para o sul pela Corrente do Brasil, ocupando a camada mais superficial.

- **Água de Mistura (AM)** – apresenta salinidade variando entre 33 e 36 e valores de temperatura acima de 18°C. Massa d'água proveniente da mistura entre AT e AC.
- **Água Central do Atlântico Sul (ACAS)** – apresenta um mínimo de temperatura de 6°C e um máximo de 18°C e salinidade oscilando entre 34,5 e 36. Massa d'água situada entre a Água Tropical e a Água Intermediária Antártica. É formada na Convergência Subtropical.
- **Água Intermediária Antártica (AIA)** – apresenta valores de temperatura entre 2,75°C e 5°C e de salinidade entre 34,1 e 34,5. É proveniente da Convergência Antártica e apresenta um valor mínimo de salinidade entre 700 e 1100 m de profundidade.
- **Água Profunda do Atlântico Norte (APAN)** – apresenta valores de temperatura entre 2,0°C e 4°C e de salinidade entre 34,7 e 35,0. É formada no Hemisfério Norte, na junção das Correntes da Groenlândia e Labrador.

Na Figura II.5.1–10 é apresentado o diagrama TS espalhado elaborado com os dados do BNDO para a Bacia de Campos. As cores são referentes às profundidades dos dados.

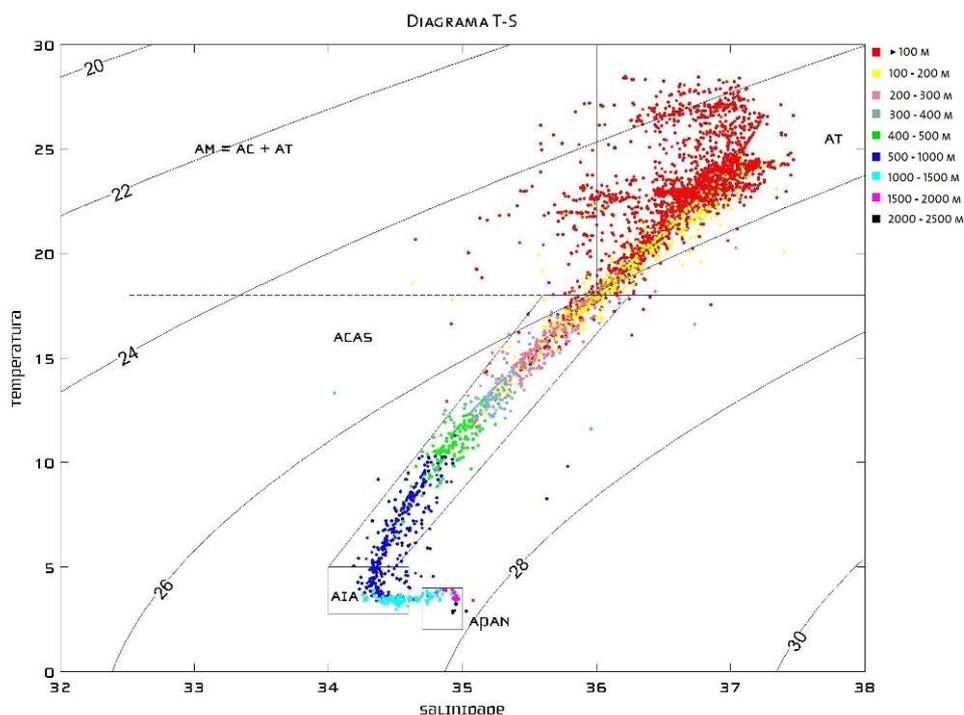


Figura II.5.1–10 -Diagrama TS espalhado para a região dos empreendimentos. Fonte: BNDO.

Pode-se observar, pelos pares TS apresentados no diagrama, a presença da água de mistura entre a superfície e os 100 m de profundidade, e a água costeira, entre a superfície e os 200 m de profundidade.

A ACAS encontra-se entre os 100 m e a faixa de 500 a 1000 m, com seu núcleo localizado entre 400 e 500 m. Observa-se ainda a presença da AIA e da APAN, entre os 1000 a 1500 m e entre os 1000 a 2000 m, respectivamente.

Para a caracterização de variações espaciais e sazonais, no comportamento das massas de água na região, são necessários dados com uma frequência amostral (espaço-temporal) com maior resolução do que a disponível no BNDO. Conforme já especificado, os dados constantes nesta base são oriundos de diversas campanhas oceanográficas, realizadas entre o período de 1957 a 1991. Tais campanhas possuíam objetivos distintos, em regiões e épocas variadas, o que prejudica análises mais complexas, como as análises de variações sazonais em áreas mais restritas.

O Estudo de Impacto Ambiental da atividade de escoamento de petróleo e gás natural do Campo de Golfinho, bacia do Espírito Santo (CEPEMAR, 2005) apresenta 3 perfis de medição (figura de medição para a caracterização das massas d'água na região).

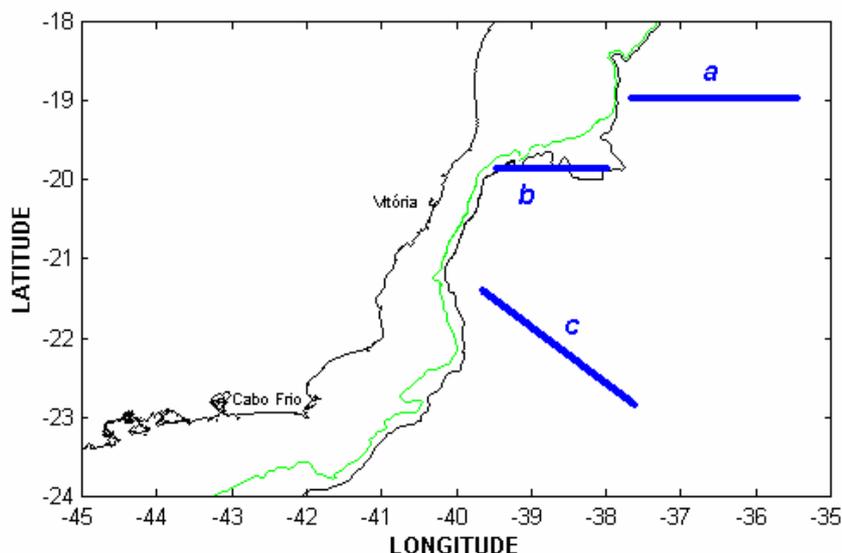


Figura II.5.1.2-11: Localização dos perfis utilizados para a elaboração das secções verticais de massas d'água. Fonte: CEPEMAR 2005.

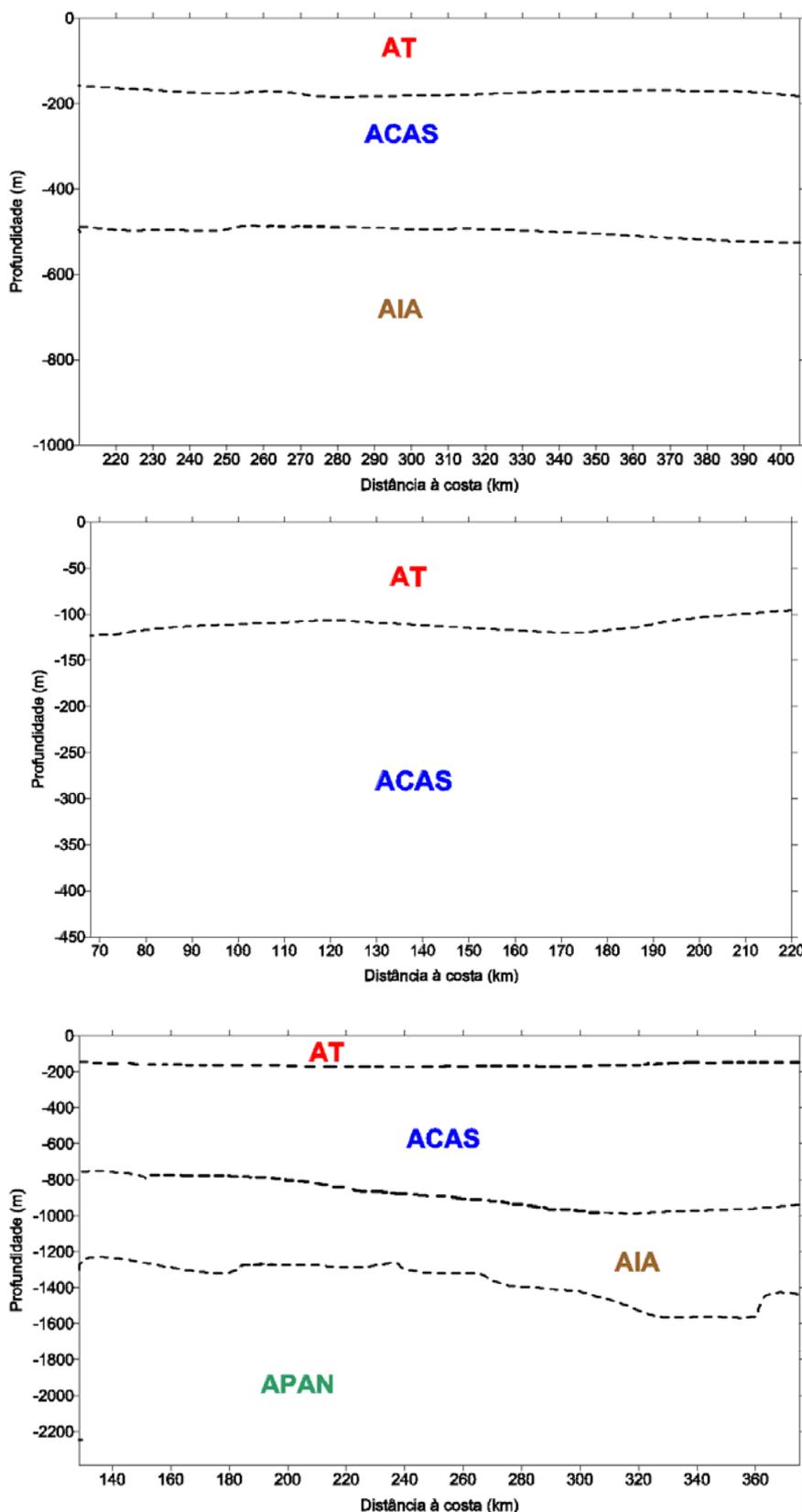


Figura II.5.1.2-12: Secções verticais de massas d'água na região da Bacia do Espírito Santo, em fevereiro de 1991 (acima), abril de 1995 (meio) e julho de 1988 (embaixo).
Fonte: CEPEMAR 2005.

A camada superior de 0 m a 180 m é ocupada pela AT, muito salina e quente, transportada para sul/sudoeste pela Corrente do Brasil. Nota-se que a base da AT é mais rasa conforme a distância da costa diminui (vide a seção de abril, onde a base da AT está em torno de 125 m), indicando a penetração da ACAS na plataforma externa.

Entre a base da AT e as profundidades de 500 m a 700 m estão localizadas a termoclina e a haloclina permanentes. Nesse local, portanto, ocorrem os maiores gradientes verticais de temperatura e salinidade e identifica-se o limite superior da ACAS. Na região da ACAS podem ocorrer inversões do fluxo da CB.

Abaixo da ACAS, localiza-se a AIA, caracterizada por fluxo para norte. A base da AIA está entre as profundidades de 1200 m e 1400 m, aproximadamente. A partir daí, encontra-se a APAN (fluxo para sul) e a AAF (fluxo para norte). Esta última é encontrada apenas em regiões onde as profundidades passam de 3000 m (os perfis de CTD não alcançaram esta profundidade).

Apesar de não ter sido observada nas seções verticais apresentadas aqui (os dados são referentes à região oceânica), é importante destacar que, na região costeira, encontra-se a AC, caracterizada por temperatura maior que 20° C e salinidade menor que 36, resultante da mistura da descarga continental de água doce com as águas da plataforma continental.

No entanto, se considerarmos como escala o Oceano Atlântico Sul, pode-se realizar uma descrição espacial sazonal, conforme apresentado na Figura II.5.1.2-13.

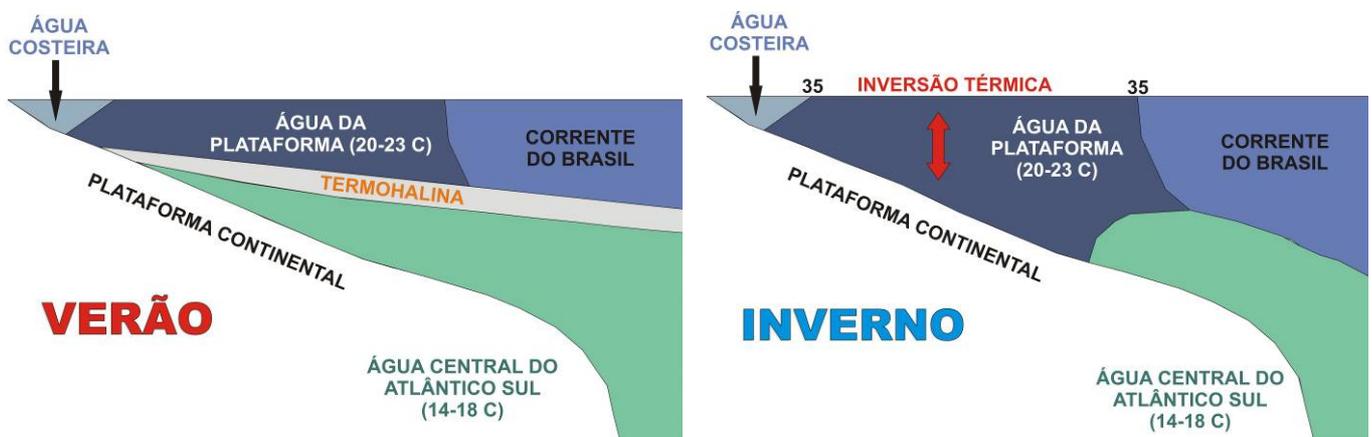


Figura II.5.1.2-13 : Distribuição vertical das massas de água na região sudeste-sul brasileira, na época de verão (esquerda) e inverno (direita). adaptado de Matsuura, 1986.

II.5.1.2.4 – REGIME DE CORRENTES

O regime de correntes da região dos empreendimentos apresenta padrão de circulação complexo, com características e padrões que variam ao longo da coluna d'água. De fato, a falta de uma maior disponibilidade de dados de correntes distribuídos sazonalmente e medidos ao longo da costa brasileira, em quantidade e duração adequadas, faz com que os aspectos da dinâmica oceânica ainda não sejam bem dominados.

A circulação oceânica da região de estudo está sob a influência do giro subtropical do Atlântico sul, que faz parte da circulação de larga escala que ocorre nas bacias dos oceanos mundiais (Stramma, 1991).

Entre a superfície e 500m, aproximadamente, a região dos empreendimentos sofre a influência da Corrente do Brasil, uma corrente quente e salina que flui de norte para sul ao longo da costa brasileira na borda oeste do giro subtropical do Atlântico Sul, podendo ser encontrada sobre a plataforma continental ou próxima ao talude continental (FUNDESPA/IOUSP/PETROBRAS, 1994). A seguir são apresentadas algumas estimativas de valores de transporte e de velocidade da Corrente do Brasil, de acordo com os seguintes autores:

a) Evans *et al.* (1983)

Evans *et al.* (1983) observaram a Corrente do Brasil fluindo através dos bancos mais próximos à costa, a partir de uma pesquisa batitermográfica (XBT) e um estudo hidrográfico realizado entre as latitudes de 19° S e 25° S, que permitiram localizar a corrente ao norte e ao sul da cadeia Vitória-Trindade (20,30°S).

Valores de aproximadamente 3,8 Sv e 6,8 Sv ($1\text{Sv} = 10^6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) foram registrados para o transporte através do canal nos bancos, em 20° 28' S, relativos a 500 m e 1.000m, respectivamente, sendo a velocidade superficial observada igual a 0,52 m/s.

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

b) Lima (1997)

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

c) Signorini et al. (1978).

A estrutura da corrente e o transporte de volume, relativos a 500 m de profundidade, foram obtidos usando-se dados hidrográficos e também medidas com XBT. O balanço do transporte de volume, através de todas as seções entre 19° S e 22° S, indicou que a Corrente do Brasil flui através da passagem entre os bancos localizados mais próximos da costa. O transporte de volume resultante obtido foi de 2,9 Sv.

Um resumo dos resultados obtidos a partir do levantamento bibliográfico pode ser observado na Tabela II.5.1-1.

Tabela II.5.1.2-1 – Valores de velocidade e transporte da Corrente do Brasil.

LATITUDE	DATA	PROFUNDIDADE DE REFERÊNCIA (m)	TRANSPORTE (SV)	VELOCIDADE (m/s)	REFERÊNCIA
20° 28' S	04/1982	500 a 1000	3,8 a 6,8	0,52	Evans et al (1983)
20° 30' S	04/1982	500	2,9	-	Signorini et al (1989)
21° 40' S	04/1982	500	4,4	0,61	Evans et al (1983)
22° S	02/1994 a 05/1995	-	$5,5 \pm 2,2$	-	Lima (1997)

A circulação oceânica na região dos empreendimentos é determinada por forçantes variadas, que se sobrepõem de modo diferenciado, dependendo de fatores morfológicos e dinâmicos da área. Sobre a plataforma há amplificação natural do sinal de maré e intensificação dos padrões meteorológicos locais, i.e. brisa marinha e efeitos orográficos no vento. Sobreposto a estes sinais existe a presença energética da passagem de frentes. Em região de oceano profundo, a

composição da passagem de frentes e do fluxo determinado pela Corrente do Brasil é preponderante.

As primeiras medições diretas da Corrente do Brasil foram feitas por EVANS & SIGNORINI (1983), nas latitudes de 20° 30'S e 23°S, as quais apresentaram um fluxo confinado aos primeiros 400 m de profundidade, com uma contra-corrente no sentido Norte, abaixo destes 400 m iniciais. Na parte Norte da área, acima do Cabo de São Tomé, a direção da corrente é para 180°, variando para 220° na região de Cabo Frio. Esta mudança afeta significativamente a CB, induzindo à formação de vórtices e meandros, como ilustrado na Figura II.5.1.2-14.

Este meandramento da Corrente do Brasil foi capturado por SIGNORINI (1978), em sua análise de topografia dinâmica, e por MIRANDA & CASTRO (1979) em suas observações hidrográficas na região adjacente à Cabo Frio (23°S), ao longo de duas secções meridionais.

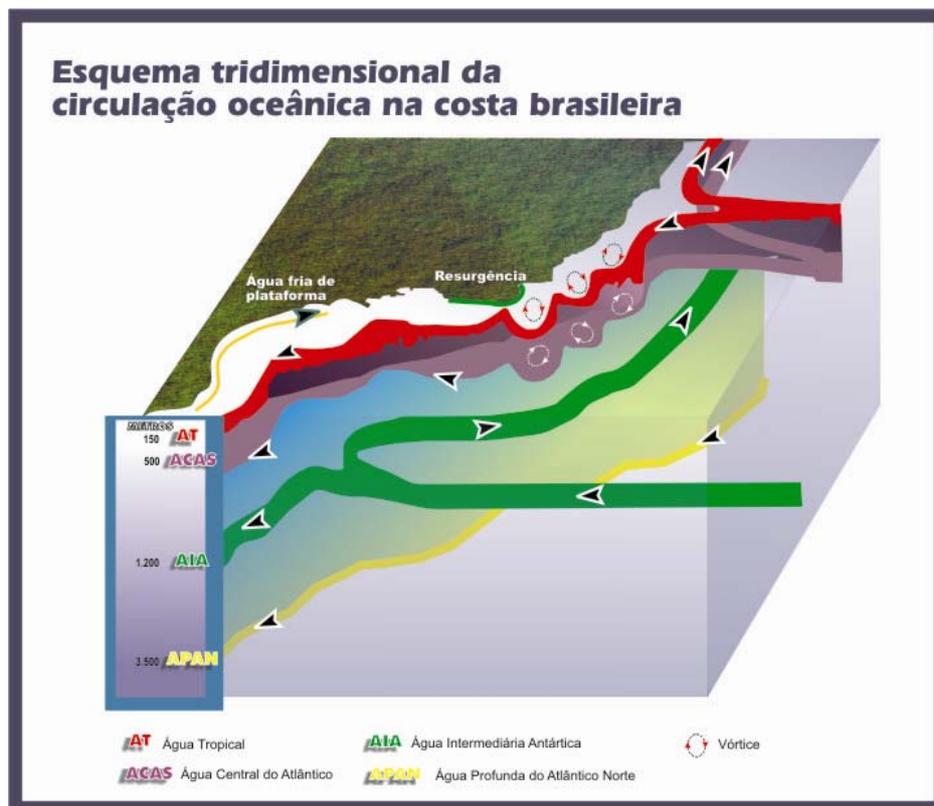


Figura II.5.1.2-14: Esquema tridimensional da circulação oceânica na costa brasileira

A região da Corrente do Brasil é formada pelo empilhamento das massas de água características do Atlântico Sul (Figura II.5.1.2-14.). Nos primeiros três

quilômetros de coluna d'água encontram-se Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN).

Algumas regiões sobre o talude continental podem apresentar velocidades de correntes maiores que 1,0 m/s (CASTRO & MIRANDA, 1998).

O volume estimado transportado pela Corrente do Brasil na região da quebra da plataforma e do talude na latitude de 22°S é de $5,5 \pm 2,6$ Sv (LIMA, 1997).

O Quadro II.5.1.2-1 apresenta alguns dos resultados para o cálculo do transporte de volume da Corrente do Brasil encontrados na literatura.

Parte significativa do fluxo da Corrente do Brasil passa através dos canais dos Bancos de Abrolhos e divide-se em dois ramos. Um deles flui afastado da costa, além da isóbata de 3.000 m (STRAMMA et al., 1990), enquanto o outro flui seguindo a linha de quebra da plataforma (SIGNORINI, 1978).

Tabela II.5.1.2-2: Estimativas para o Transporte de Volume Geostrófico da Corrente do Brasil entre 19° e 23°S.

LATITUDE (S)	PROFUNDIDADE DE REFERÊNCIA (M)	TRANSPORTE (106M3S-1)	VELOCIDADE MÁXIMA (MS-1)	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA
19°	560 - 670	3,7*	0,612	STRAMMA ET.AL. (1990)
19°	500	5,5	0,72	MIRANDA & CASTRO (1982)
19°	500	5,3	0,50	EVANS ET.AL. (1983)
19°25'	470 - 640	5,7*	0,188	STRAMMA ET.AL. (1990)
19°30'	480 - 560	1,0*	0,108	STRAMMA ET.AL. (1990)
20°15'	570 - 630	1,9*	0,187	STRAMMA ET.AL. (1990)
20°28'	500	3,8	0,52	EVANS ET.AL. (1983)
20°28'	1000	6,8	0,52	EVANS ET.AL. (1983)
20°3'	590 - 630	1,6*	0,239	STRAMMA ET.AL. (1990)
21°40'	500	4,4	0,61	EVANS ET.AL. (1983)
23°	400	11**	0,5	EVANS & SIGNORINI (1985)

(*) Valores obtidos a partir de dados históricos.

(**) Valores obtidos a partir de medidas diretas da corrente.

A corrente que flui para Sudoeste durante o verão é reforçada pelos ventos que provêm principalmente de Nordeste nessa estação devido à influência da ASAS. Outra consequência do predomínio dos ventos de NE é a ressurgência de

águas frias (Água Central do Atlântico Sul – ACAS) em regiões costeiras. Esses eventos são muito comuns na região de Cabo Frio. No inverno, entretanto, a alta incidência de sistemas frontais induz a ocorrência de correntes com direção Nordeste nas porções interna e média da plataforma (CASTRO & MIRANDA, 1998).

A circulação hidrodinâmica predominante na região norte da Bacia de Campos é dominada pela presença da Corrente do Brasil. As principais variabilidades observadas sobre este padrão são determinadas pela incidência de sistemas frontais. Esses fenômenos possuem um padrão sazonal bastante definido, sendo mais intenso e freqüentes no inverno, em oposição ao observado no verão, como foi discutido na Seção II.5.1.2 – Caracterização Meteorológica (Sistemas Frontais).

Para auxiliar a caracterização das correntes em superfície também foram utilizados dados obtidos por bóias de deriva do Projeto Nacional de Bóias (PNBOIA), contribuição brasileira ao *Global Ocean Observing System* (GOOS), gerenciado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). Os dados transmitidos pelas bóias estão disponíveis na Internet no endereço www.dsr.inpe.br/pnboia/pnboia.html.

Para as análises realizadas neste relatório, foram selecionadas as bóias que passaram pela área dos empreendimentos ou região próxima. Os dados analisados foram obtidos de cinco bóias lançadas nos anos de 1999, 2002 e 2003. As trajetórias das bóias analisadas podem ser observadas na Figura II.5.1.2–15 e os vetores de corrente na Figura II.5.1.2–16.

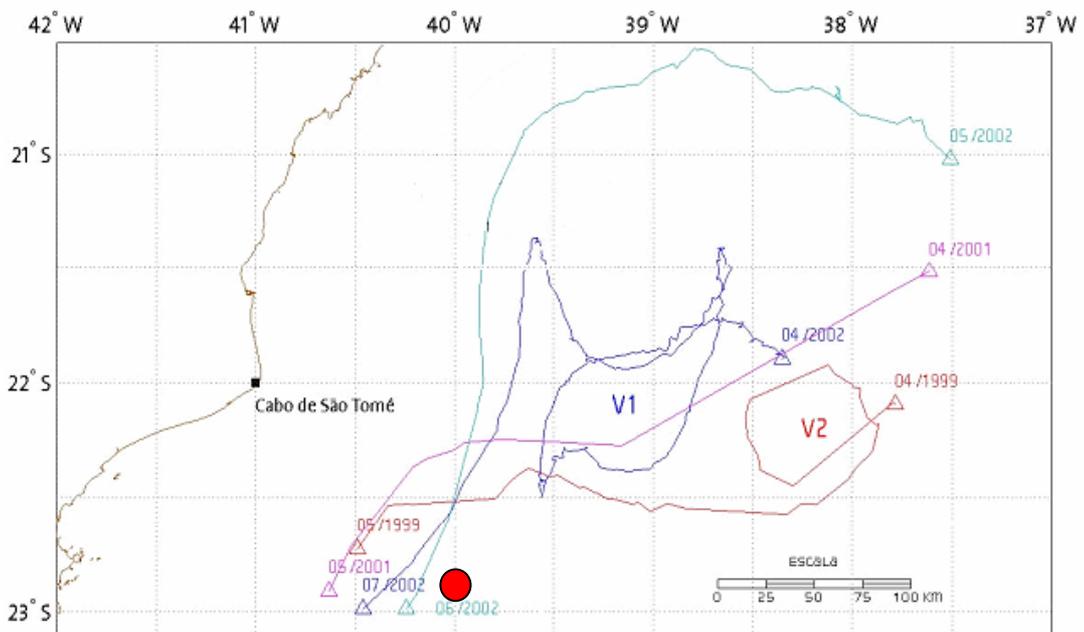
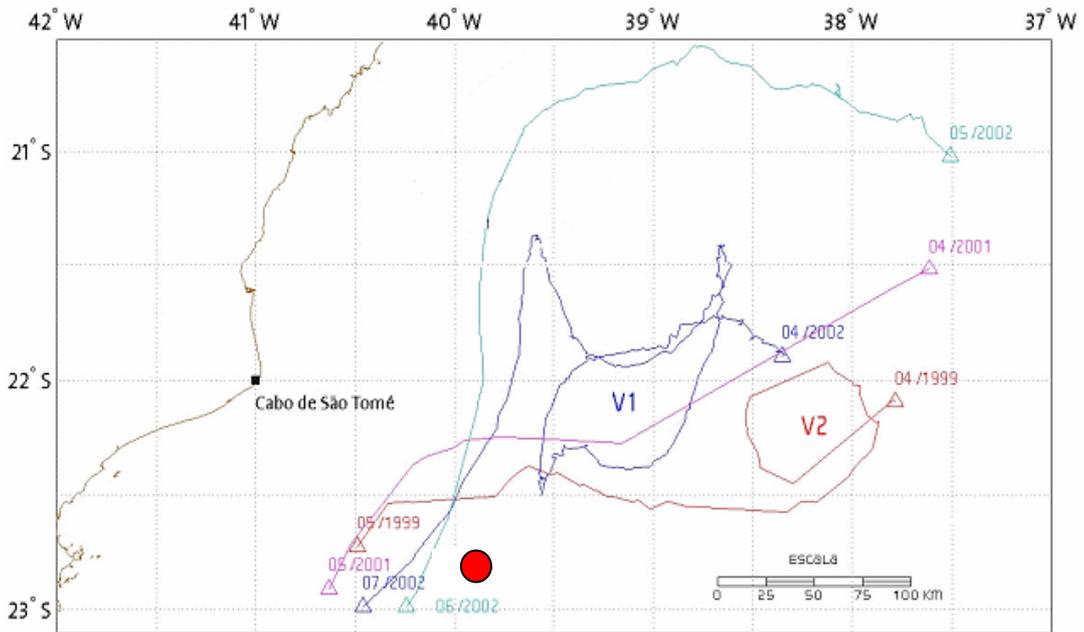


Figura II.5.1.2–15- Trajetória das bóias analisadas. Fonte: PNBOIA

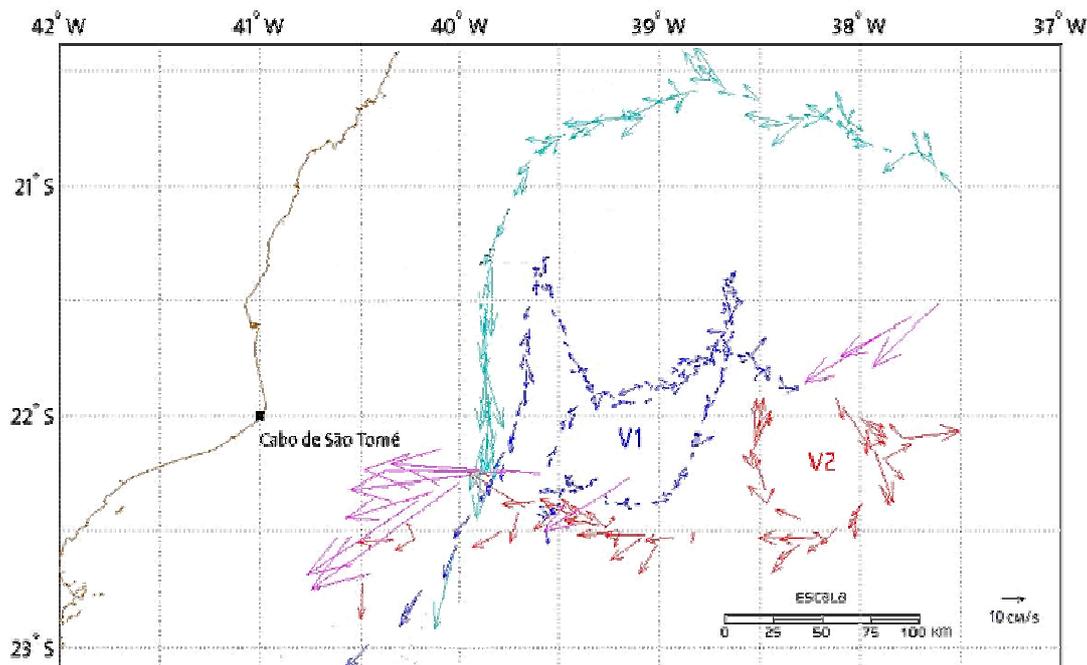


Figura II.5.1.2-16 - Vetores de correntes associados às trajetória de cada bóia. Fonte: PNBOIA.

Nota-se a presença de dois vórtices (V1 e V2) a nordeste da área dos empreendimentos. O vórtice V1 foi detectado entre as latitudes de 22° S e 22° 30' S e as longitudes de 038° 30' W e 038° W nos meses de abril e maio de 1999. Possuía cerca de 50 km de diâmetro e as velocidades encontradas em seu redor eram de aproximadamente de 0,2 m/s. O vórtice V2 encontrava-se entre as latitudes de 21° 48' S e 22° 24' S e longitudes de 039° 36' W e 038° 36' W nos meses de abril a junho de 2002. Seu diâmetro era de aproximadamente 100 km com velocidades registradas em torno de 0,15 m/s.

Todas as bóias foram lançadas à leste da longitude de 038° W e descreveram, de modo geral, uma trajetória resultante com direção oeste e velocidades em torno de 0,1 a 0,2 m/s, até atingirem longitudes entre 039° e 039° 30' W. A partir dessa região passaram a derivar rumo a sudoeste, quando as velocidades tenderam a aumentar, atingindo valores superiores a 0,5 m/s.

Pode-se observar na Figura II.5.1.2–17 um aumento da velocidade à medida que a bóia se dirigia para longitudes menores que 030° 30' W. Na Figura II.5.1–17 pode-se observar também um aumento da velocidade em latitudes maiores que

22° S. Esse comportamento pode ser creditado à entrada dos derivadores na região mais central da Corrente do Brasil, onde esta possui fluxo mais intenso, com velocidades em torno de 0,5 m/s e rumo sudoeste.

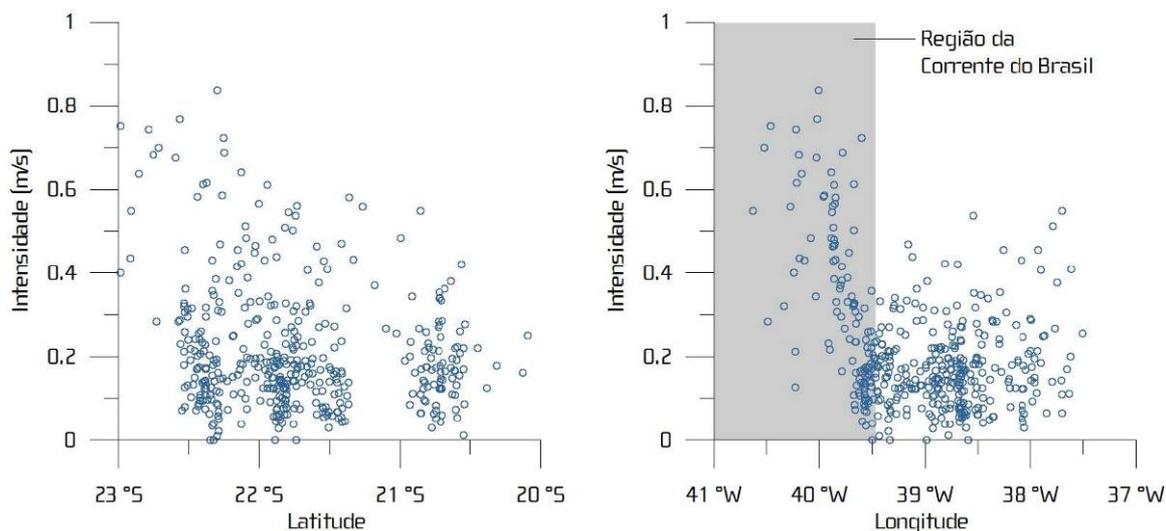


Figura II.5.1.2-17 - Gráficos de dispersão dos valores de intensidade de correntes em latitude e longitude. Fonte: PNBOIA

Pode-se concluir, com base nos dados analisados, que as correntes superficiais na região dos empreendimentos apresentam duas regiões distintas: uma a leste de 039° 30' W com direção predominante para oeste e velocidades em torno de 0,2 m/s; e outra a oeste de 039° 30' W, sob a influência da Corrente do Brasil, com velocidades em torno de 0,5 m/s (intensificando-se ao sul de 22° S) e direção SW.

Outro fator importante a se destacar nas proximidades da área dos empreendimentos é a presença de vórtices, registrados em dois anos distintos em localidades próximas e com características semelhantes.

A dinâmica oceanográfica da região dos empreendimentos é apresentada nos mapas II.5.1-3a e II.5.1-3b. Os mapas apresentam uma representação gráfica do padrão das correntes litorâneas e os comportamento das ondas em situações de normais assim como em situações de frente fria.

II.5.1.2.5 –REGIME DE ONDAS

O entendimento do clima de ondas e de ventos é de importância primordial tanto para projetos como para operações de sistemas *offshore*. As ondas superficiais de gravidade geradas pelo vento influenciam muito mais na estabilidade de embarcações e das demais estruturas flutuantes do que o vento e as correntes. Além disso, as ondas são as principais causadoras de fadigas nas estruturas oceânicas. Portanto, há uma grande motivação para o estudo deste fenômeno oceanográfico de modo a se buscar um maior entendimento das suas geração e propagação (Ferreira de Pinho, 2003).

A Baía de Campos situa-se na Zona Tropical e sofre influência predominante do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, que oscila em torno de uma posição média, localizando-se mais ao sul e a leste no verão (30°S e 015°W) e mais ao norte e a oeste no inverno (22°S e 030°W). Esse sistema de pressão gera ventos que sopram em torno do seu núcleo, divergentes e contrários aos ponteiros do relógio, estabelecendo assim as condições meteorológicas mais freqüentes na região, que são os ventos de direções variáveis de Norte a Leste, e de intensidades fracas a moderadas (REDEPETRO, 2001).

As condições atmosféricas no Atlântico Sul, especialmente nas latitudes menores que 40° não são tão severas quanto no mar do Norte ou mesmo no Pacífico, onde ocorrem grandes tempestades e furacões. As maiores ondas que atingem a costa Sul-sudeste brasileira são do tipo marulho. As principais zonas de geração estão abaixo do paralelo 40° S e lá não são raras as tempestades com ventos de 60 nós (30 m/s) e ondas de 9 m, com períodos próximos a 20 segundos, como a descrita por FREIRE (1960). As principais ondas presentes no Atlântico Sul são geradas nas médias e altas latitudes, por tempestades originadas nos centros de baixa pressão que vêm da Antártica, associados às frentes frias (CANDELLA, 1997).

As ondas geradas pelas frentes frias têm direção que varia entre SW e SE, atingindo toda a costa Sul do país, até Arraial do Cabo, RJ. Embora as tempestades mais intensas estejam geralmente relacionadas com ondas das direções SSW e S, algumas delas, vindas de SE, chegam à costa, com periodicidade aproximada de 10 anos.

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

No entanto, em algumas situações, ressacas de razoável atividade atingem o litoral brasileiro provocando estragos consideráveis, como no caso descrito por INNOCENTINI & PELLEGGATTI FRANCO (1992), CANDELLA et al. (1993), CAETANO NETO et al. (1996) e INNOCENTINI & CAETANO NETO (1996).

As tempestades ocorridas entre os paralelos 35 e 55, tipicamente, são, portanto, as causadoras das maiores ondas no Atlântico Sul, e quando atingem o litoral Sul-sudeste brasileiro tais ondas têm direções entre SW e SE. Porém, é possível que ocorram algumas ondas de amplitudes significativas vindas do quadrante Nordeste (SEIXAS, 1997).

As ondas de NE, em geral, estão associadas à circulação induzida pelo centro de alta pressão semi-permanente do Atlântico e são predominantes, em termos de persistência, no litoral ao Norte de Arraial do Cabo, RJ. O vento na região é quase constante, chegando a atingir 10 m/s à superfície, durante vários dias consecutivos, nas estações de inverno e primavera. O desenvolvimento das ondas nesse caso é limitado pela pista.

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

Com base em dados ambientais do SIMO (banco de dados da PETROBRÁS, que possui informações meteorológicas e oceanográficas coletadas no período de

1991 a 1995 dentro do Projeto de Capacitação em Águas Profundas – PROCAP), NUNES et al. (2001) classificaram o regime de ondas na Bacia de Campos. Dependendo dos forçantes meteorológicos, podem ser geradas condições de mar bi-modais, tri-modais e tri-direcionais cada um dos modos com frequência e direção característica independente dos demais.

Conforme descrito em NUNES et al. (2001) as ondas na Bacia de Campos podem ser divididas por octantes conforme apresentado na Figura II.5.1.2-18, pelo número e direções de modos conforme apresentada nas Figuras II.5.1.2-19 e II.5.1.2-20.

Na Figura II.5.1.2-21 estão ilustradas as alturas significativas, onde foi desprezado o terceiro pico de onda (onda com menor energia).

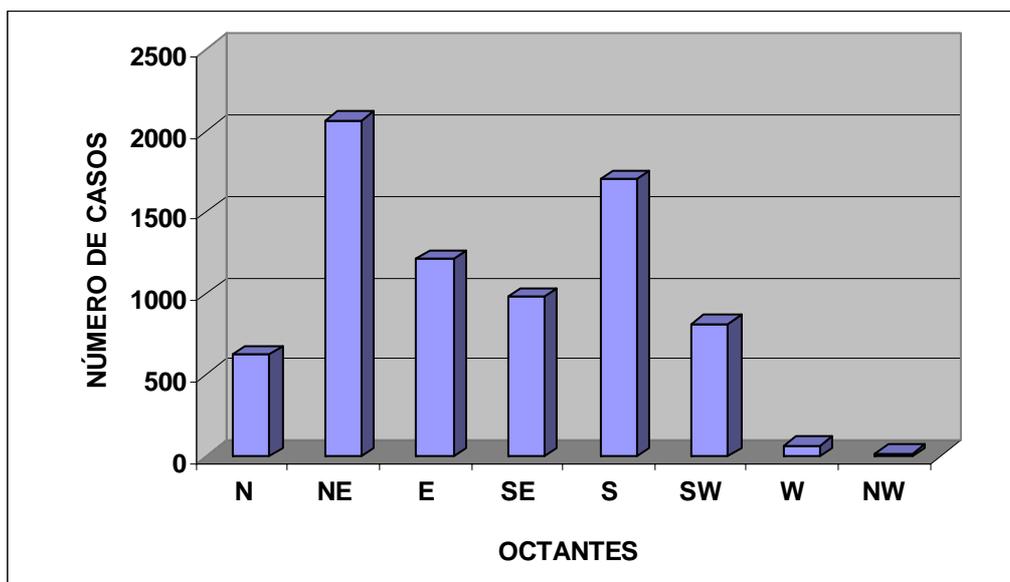


Figura II.5.1.2-18 : Distribuição das ondas com maior energia por octantes de direção.

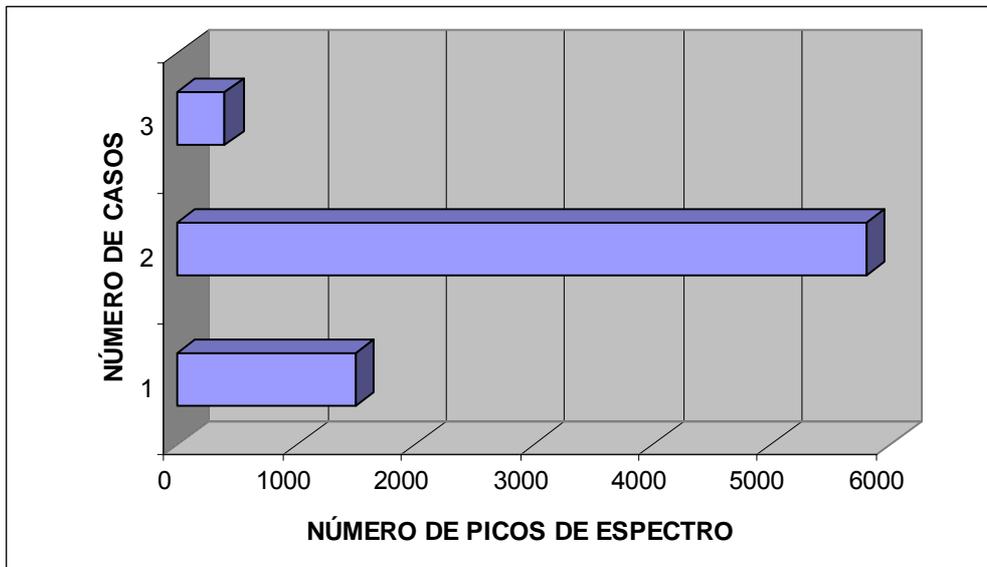


Figura II.5.1.2-19 : Distribuição dos números de modos.

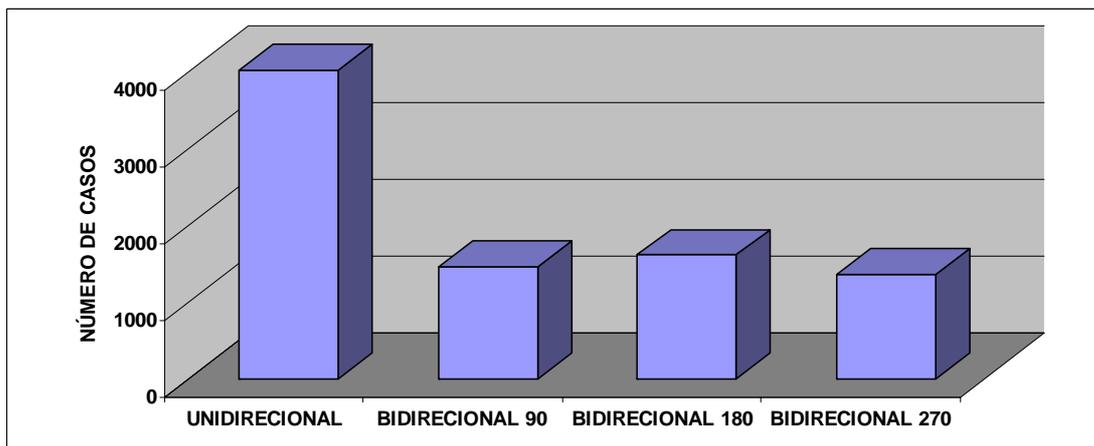


Figura II.5.1.2-20 : Distribuição da direção dos mares

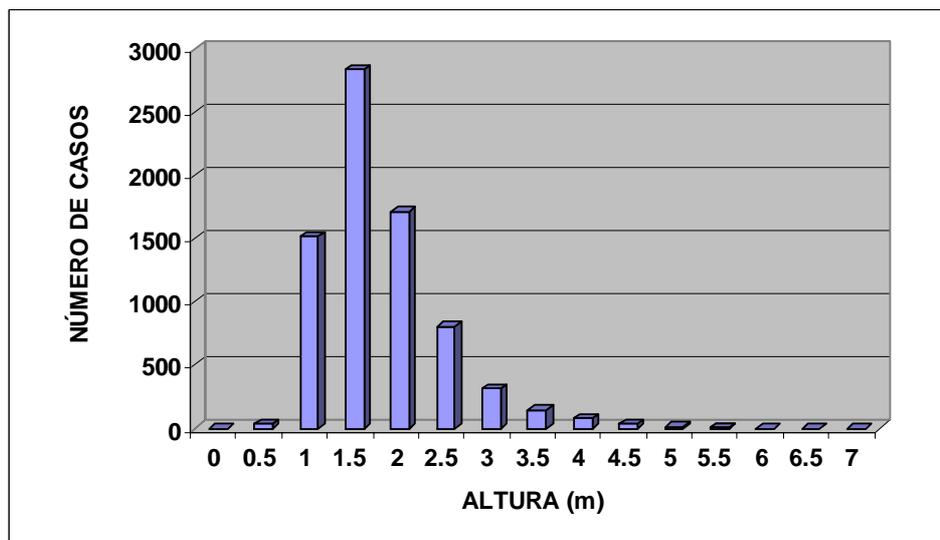


Figura II.5.1.2-21 : Dispersão das alturas significativas de ondas de maior energia

PINHO (2003), em um estudo mais elaborado, apresentou e quantificou as situações que cobrem todos os estados de mar que ocorrem na região da Bacia de Campos. De acordo com o sistema meteorológico dominante na região, o autor classificou quatro tipos de condições de mar: Situação de Bom Tempo, caracterizado por mares de N, NE e E (principalmente NE) que ocorre quando o sistema de alta pressão da Alta Subtropical do Atlântico Sul domina a circulação; situação de Bom Tempo com marulhos de Sul; situação de Mau Tempo de SW, caracterizado por mares de SW e S gerados sempre que há a passagem de uma frente fria seguida de um ciclone extratropical; e situação de Mau Tempo de SE, quando após a passagem de uma frente fria, um anticiclone polar domina a circulação na região.

Bom Tempo

A situação de Bom Tempo é o cenário de mar e ventos mais comum, caracterizada por ventos do quadrante Norte que podem atingir grandes intensidades e mares não muito severos. Ocorrendo quando há o domínio do ASAS na circulação atmosférica da região.

Dentre os ventos típicos da situação de bom tempo, ou seja, N, NE e E, o vento mais comum é o de NE com 35% do total de ocorrência destas três direções. Mais de 55% dos ventos ocorrem em direções entre 15° e 45°. Com relação às intensidades dos ventos, 40% está entre 8 e 10 m/s. De todos os dados de ventos relativos à situação de bom tempo, os maiores valores de intensidade de vento registrados tinham direção aproximada de 20°.

Nesta situação de mar, a análise das ondas individuais indica que as ondas mais freqüentes têm entre 0,5 a 1 metro de altura e períodos na faixa de 4 a 5 segundos. As maiores alturas individuais tinham valores entre 5 m e 6 m com períodos correspondentes entre 6 e 9 segundos. Quanto às ondas significativas, que indicam a severidade e energia de um mar, os períodos significativos de maior ocorrência estão entre 6 e 7 segundos e as alturas significativas mais freqüentes entre 1,5 e 2,0 metros..

Estas ondas estão associadas às situações mais severas para condição de bom tempo, caracterizadas por mares e ventos com direções tipicamente de Norte. A época do ano de maior freqüência desta configuração são os meses de

verão, especificamente em dezembro e janeiro, embora tenham ocorrido em outras estações do ano.

Bom Tempo com Marulhos

A situação de Bom Tempo com Marulhos tem características de ventos e de mar local iguais à descrita para bom tempo sem marulhos. Serão abordadas principalmente as diferenças com relação à situação anterior devidas ao marulho.

Com relação as freqüência de alturas individuais, houve um pequeno aumento na faixa de 0 a 1 m, sendo que a maior ocorrência está entre 0,5 m e 1 m. Ondas maiores que 5 m quase não ocorrem nesta situação. Os períodos individuais têm sua distribuição mais homogênea do que a observada na situação sem marulhos e há uma maior ocorrência de períodos maiores. Os períodos mais freqüentes estão entre 4 e 6 segundos e os maiores períodos observados, que são associados a marulhos, têm de 18 a 20 segundos.

A análise no domínio da freqüência mostra-se mais precisa na caracterização dos dois tipos de mar presentes nesta situação. O mar local é identificado como tendo tipicamente períodos significativos entre 5 e 6 segundos e alturas na faixa de 1,5 m a 2 m. O marulho tem períodos mais freqüentes entre 11 e 12 segundos e alturas significativas também entre 1,5 e 2 m. Os maiores períodos significativos observados estão entre 16s e 18s e as maiores alturas significativas entre 2,5 m e 3,5 m. Esta é uma situação que pode ser crítica em algumas operações, pois onda e vento podem ser severos e em direções opostas.

Mau Tempo de SW

As situações de Mau Tempo de SW são as mais severas de mar. Ocorrem quando ciclones extratropicais passam sobre a região. Os ventos observados com maior freqüência nesta situação tem direção entre 200° e 220° e a faixa de intensidade de maior ocorrência está entre 5 e 7 m/s e maiores valores superando 20 m/s.

A maior altura individual observada em todo conjunto de dados tinha 11,7 m e sua direção era de 211°. Cerca de 40% das ondas tiveram alturas entre 1 e 2 m. As ondas individuais mais freqüentes tinham cerca de 6 segundos de período e aproximadamente 1 m de altura. O maior período individual observado foi de 23,9

segundos. Quando analisadas em conjunto, as maiores alturas (maiores que 8 m) estão associadas a períodos entre 10 e 15 segundos, e os maiores períodos (maiores que 20 s) à alturas entre 1,5 e 3,5 m. As ondas significativas têm alturas mais freqüentes entre 1,5 e 2 m, e períodos de pico mais freqüente na faixa de 8 e 12 segundos. Os maiores valores de altura e período significativos são de aproximadamente 6 m e 16 segundos, respectivamente e estão associados à direção de pico espectral de 210°.

Mau Tempo de SE

Mau Tempo de SE é uma situação caracterizada pelo domínio da circulação de ventos dominada por um anticiclone polar que se desloca atrás de uma frente fria. Durante esta situação houve maior ocorrência de ventos com direções entre 120° e 135° e intensidades entre 6 m/s e 8 m/s.

A maior parte das ondas individuais tem alturas entre 0,5 e 1 m e período entre 4 e 5 segundos. As maiores ondas (alturas maiores que 8m) tinham período entre 10 e 15 segundos. As ondas com os maiores períodos, na faixa de 18 a 20 segundos, tinham altura variando entre 0,5 e 3,5 m.

As ondas significativas mais freqüentes tiveram períodos entre 9 e 12 segundos e alturas entre 2 e 3 m. Os maiores períodos significativos observados são inferiores a 14 segundos e os maiores períodos de pico tinham entre 14 e 16 segundos. As maiores alturas significativas têm valores entre 4 e 4,5 m.

Além da classificação do estado de mar apresentada anteriormente, foi utilizada também a caracterização do clima de ondas elaborada para a Bacia de Campos por Violante de Carvalho (1998) e Seixas (1997), e os dados disponíveis no BNDO, para o período de 1958 a 2002.

Segundo Seixas (1997), o mar mais comum na região foi aquele com ondas entre 20 e 10s de período oriundas do octante Sul, seguido por ondas entre 10s e 6,6s oriundas dos octantes Leste e Nordeste. Estes três mares juntos totalizaram mais da metade das ocorrências estudadas na região, constatando-se, assim, a existência dos três picos de energia, isto é, contribuições ondulatórias de 3 origens distintas: Vagas, Mar Quasi-Local e Marulhos. Com relação puramente à direção, predomina o octante S seguido por NE, em menor escala os octantes E, SE e SW, uma fraca ocorrência do N e pouquíssimos casos de W e NW. Esta

distribuição pode ser explicada pelas ações do centro de baixa pressão do Atlântico, ao Sul da área estudada, e do centro de alta pressão, na região central do mesmo oceano.

Utilizando os mesmos dados analisados por Ferreira de Pinho (2003), Violante de Carvalho (1998) classificou o clima de ondas, de acordo com as forçantes meteorológicas atuantes, em quatro situações distintas, separadas em dois grandes grupos.

- Domínio da Alta Subtropical do Atlântico Sul – ASAS:
 - Mar em desenvolvimento de N/NNE, com *swell* S/SE;
 - Mar em desenvolvimento NE/ENE/E, com *swell* de S/SE.

- Domínio de sistemas frontais (Baixa Pressão) na região:
 - Mar gerado pela evolução de sistema frontal com ondulações geradas a grandes distâncias da Bacia;
 - Condição de mar durante o inverno.

Os histogramas (Figura II.5.1–22, Figura II.5.1–23 e Figura II.5.1–24) baseados nos dados do BNDO no período de 1958 a 2002, corroboram tais informações.

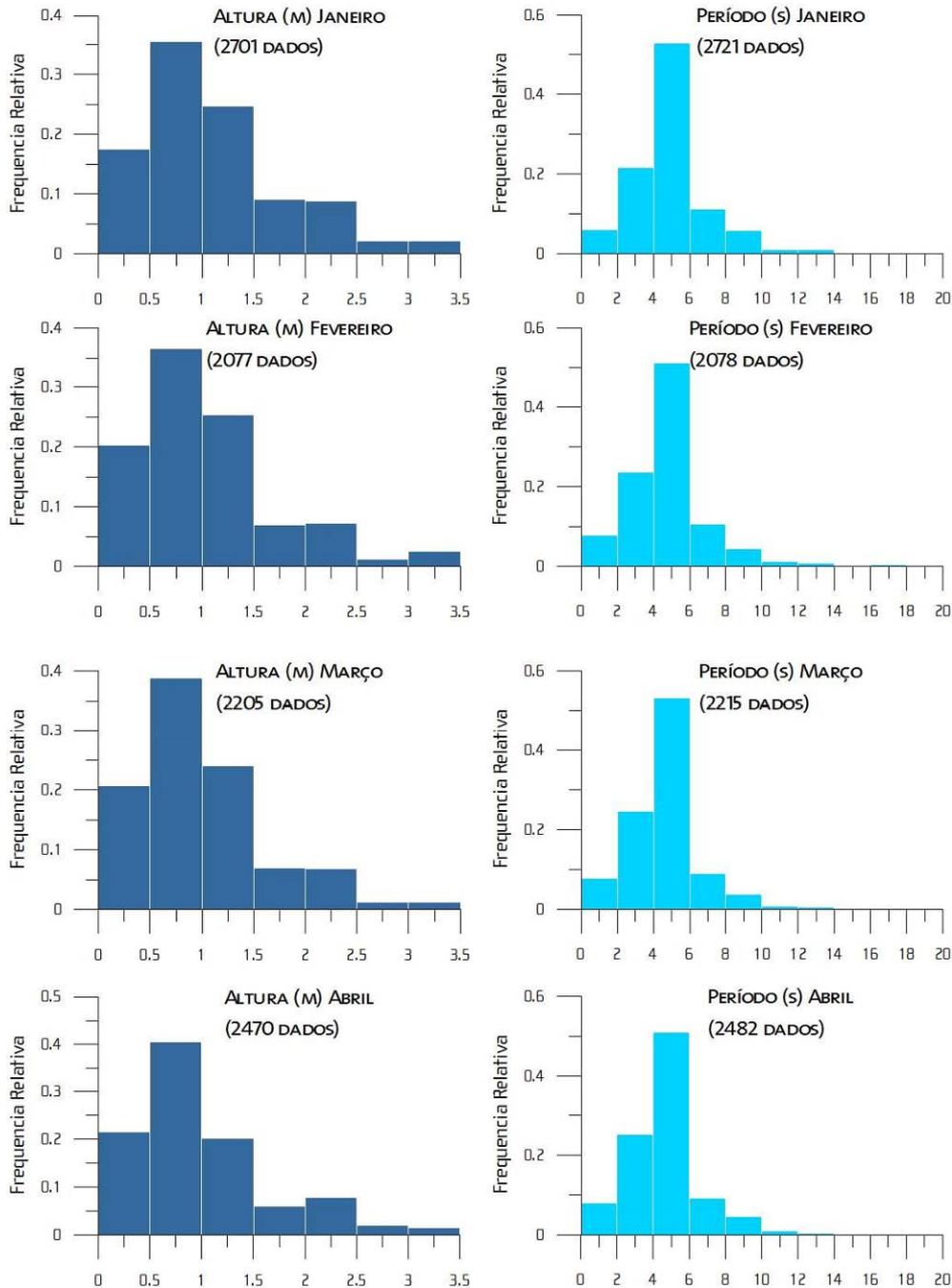


Figura II.5.1-22 - Histogramas de altura e período de ondas, para os meses de janeiro a abril. Fonte: BNDO período de 1958 a 2002

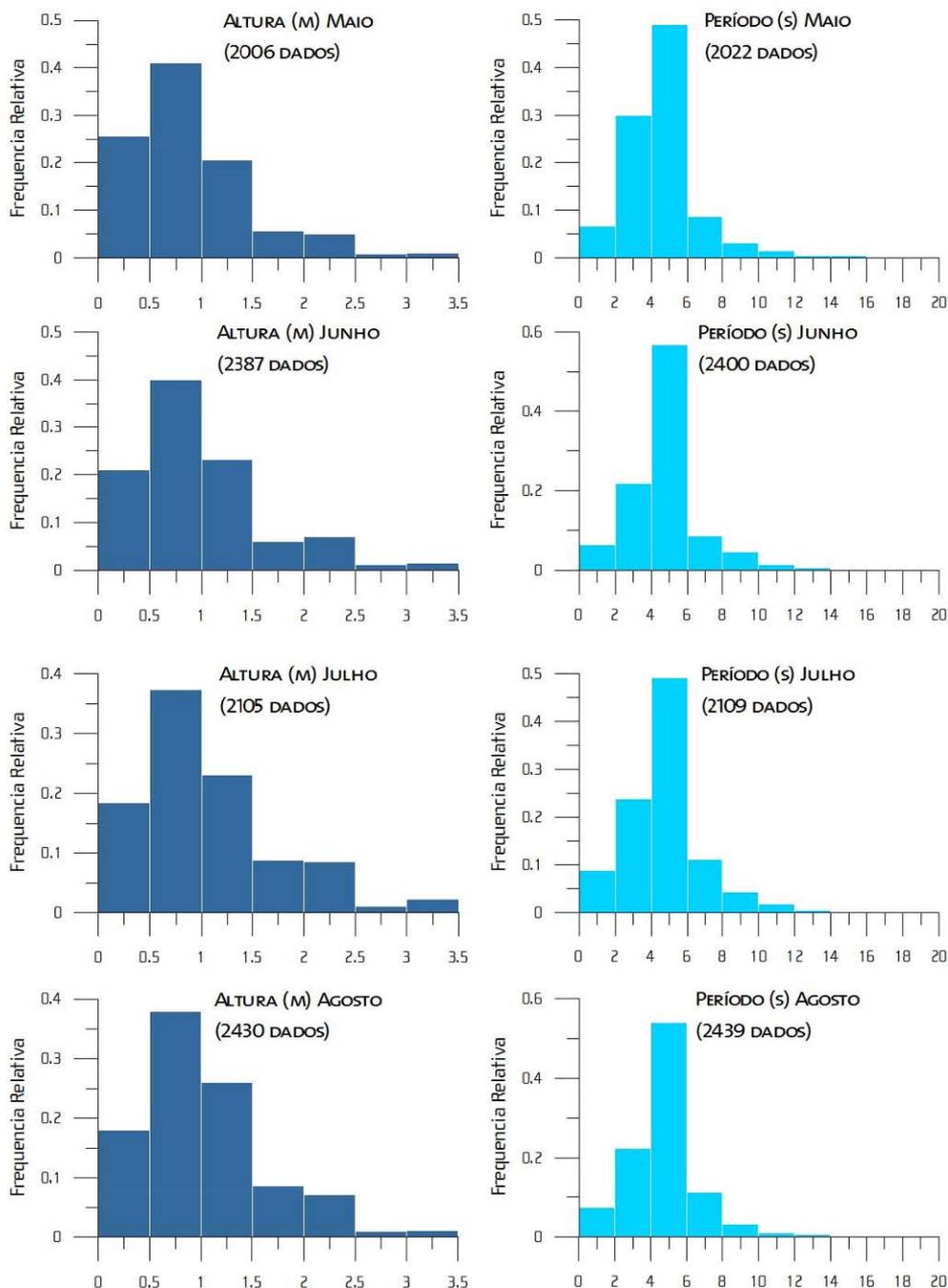


Figura II.5.1–23 - Histogramas de altura e período de ondas, para os meses de maio a agosto. Fonte: BNDO período de 1958 a 2002.

Observa-se nos histogramas apresentados que a classe de altura (gráficos azul escuro) mais freqüente é a de 0,5 a 1 m e o período (gráficos azul claro) mais freqüente está entre 4 a 6 s. Nota-se, no entanto, a presença de ondulações maiores, chegando a 3,5 m de altura e 16 s de período. Essas ondas provavelmente estão associadas a situações de *swell*.

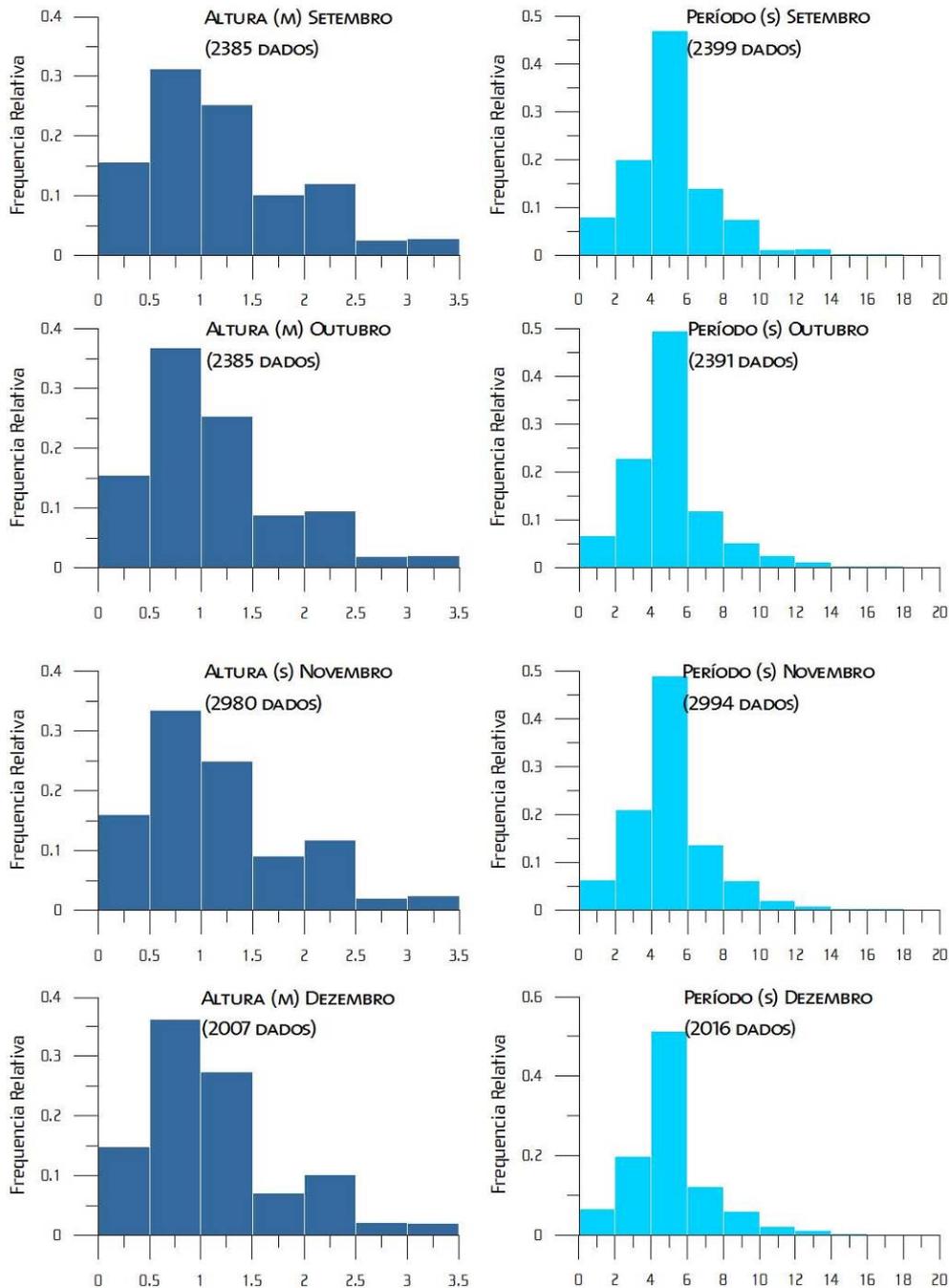


Figura II.5.1–24 - Histogramas de altura e período de ondas, para os meses de setembro a dezembro. Fonte: BNDO período de 1958 a 2002.

II.5.1.2.6 – REFRAÇÃO DE ONDAS:

Sobre a plataforma continental, a refração é uma componente muito importante na propagação das ondas. A refração ocorre quando existe variação transversal da celeridade de propagação das ondas, sendo esta velocidade de propagação, por hipótese da teoria linear, função apenas da profundidade local da coluna d'água.

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

A refração sobre os bancos de areia da plataforma interna e a convergência de ortogonais sugere a possibilidade de que seja uma causa para a erosão na litoral Norte do Estado do Rio de Janeiro (Atafona) (GUERRA, 1994). Esta convergência ocorreu nos experimentos que simulam ondas provenientes de E, que são as ondas mais freqüentes durante o inverno. A inversão do sentido de propagação da componente de direção N-S de ondas provenientes da direção de S, sugere a possibilidade de que ondas são aprisionadas pelo Cabo de São Tomé.

A refração na propagação de ondas oceânicas ocorre em diversos locais da região geográfica estudada, inclusive sobre a plataforma média externa. Novamente, de acordo com GUERRA (2004), a refração governa a propagação dessas ondas sobre grande parte da plataforma continental.

Os dados de ondas foram obtidos durante um ano de medições com ondógrafos, em *offshore*, na latitude 22° 22' 24"S e longitude 040° 25' 06"W.

A partir da análise estatística dos espectros das ondas foram selecionadas as principais ondas para o estudo da refração monocromática. Utilizando-se de informações sobre a direção, altura e período destas ondas no ponto onde foram feitas as medições obteve-se a estimativa do comportamento do mar, numa área oceânica com ordem de 250.000 km².

Desta maneira foram gerados mapas para distintos conjuntos de propriedades (altura, direção e período) que são apresentados a seguir por meio de figuras geo-referenciadas (Figura II.5.1.2-25 a Figura II.5.1.2-32).

As Figuras II.5.1.2-25 a II.5.1.2-27 correspondem a ondas com origem na direção NE, que foi a direção com maior ocorrência ao longo do ano. Estas ondas

apresentaram períodos abaixo de 14 segundos e alturas significativas que chegam a 4 m.

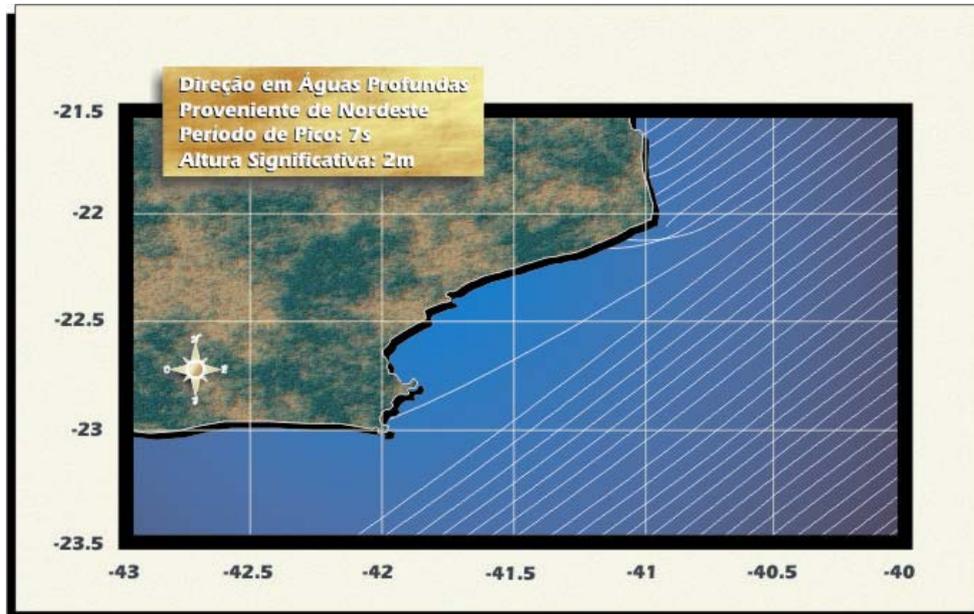


Figura II.5.1.2-25: Refração a Leste do Rio de Janeiro de ondas provenientes de NE com período de 7 segundos e altura de 2 m (adaptado de GUERRA, 1994).

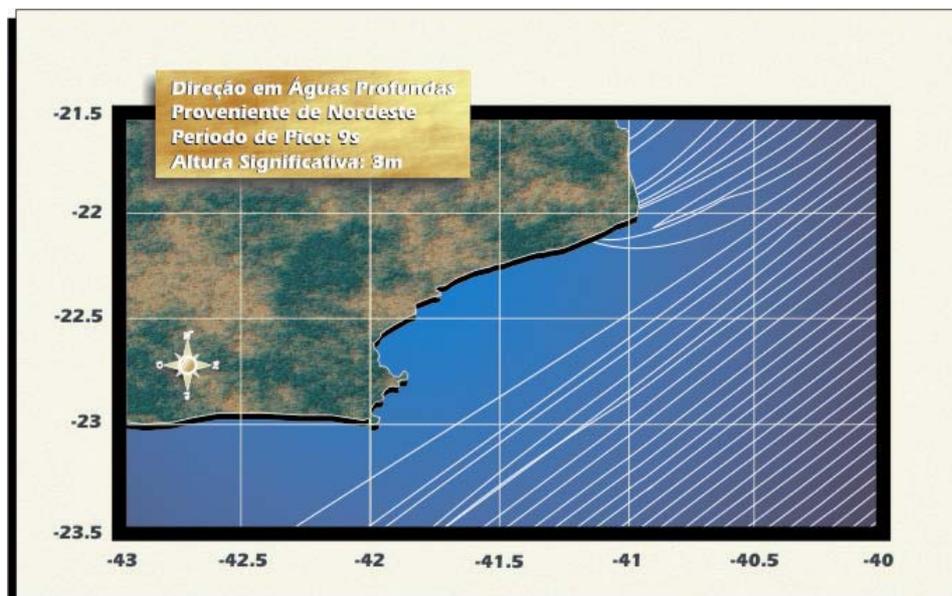


Figura II.5.1.2-26: Refração a Leste do Rio de Janeiro de ondas provenientes de NE com período de 9 segundos e altura de 3 m. (adaptado de GUERRA, 1994).

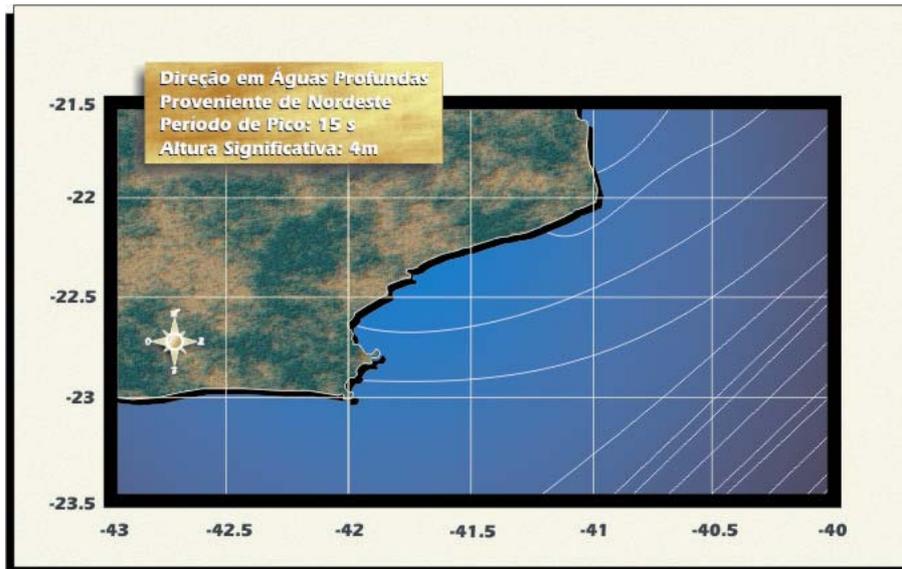


Figura II.5.1.2-27: Refração a Leste do Rio de Janeiro de ondas provenientes de NE com período de 15 segundos e altura de 4 m (adaptado de GUERRA, 1994).

Nas Figuras II.5.1.2-26 e II.5.1.2-27 observa-se que as ondas com períodos pequenos somente refratam pela geometria da plataforma continental quando em áreas costeiras. Nota-se que ao largo do Cabo de São Tomé ocorre uma pequena convergência, com o encurvamento das ortogonais sobre os baixios. E ainda é possível constatar que entre as latitudes de 22° e 23°S, a quase ausência de ortogonais que chegam ao litoral mostra uma extensa divergência, com relativa diminuição da altura das ondas.

A Figura II.5.1.2-28 mostra um comportamento similar ao das ondas anteriores, mas a convergência ao largo do Cabo de São Tomé é fortemente acentuada. No Cabo de Búzios, o mar tende a ficar agitado, em decorrência de ortogonais que se desviam sobre elevação submarina nas proximidades da plataforma de Garoupa.

Uma comparação entre as Figuras II.5.1.2-26 e II.5.1.2-27 nos mostra a evolução da refração das ondas de NE com o período. A diferença é marcante no grau de encurvamento relativo ao período de 15 segundos, que deve produzir agitação nas águas da enseada compreendida entre as latitudes 22° e 23°.

As Figuras II.5.1.2-28 e II.5.1.2-29 mostram diversos aspectos do comportamento das ortogonais nos planos de refração das ondas provenientes de SE.

Praticamente todo o litoral recebe o embate direto destas ondas, com exceção das enseadas à solta-mar do Cabo de Búzios e da Ilha do Cabo Frio, que se encontram abrigadas destas ondas por consequência de feições geográficas, como a elevação do fundo do mar. Esse fato pode ser visto na Figura II.5.1.2-25, onde as ondas com períodos grandes convergem nas proximidades de NE e E do Cabo Frio. Observa-se também, o encurvamento das ortogonais no sentido horário, ao se aproximarem do litoral a W de Cabo Frio.

Na Figura II.5.1.2-28 pode ser observada uma suave convergência a NE do Cabo de São Tomé e o cruzamento de ortogonais a E de Atafona, devido à proeminência do banco de areia encontrado na região.

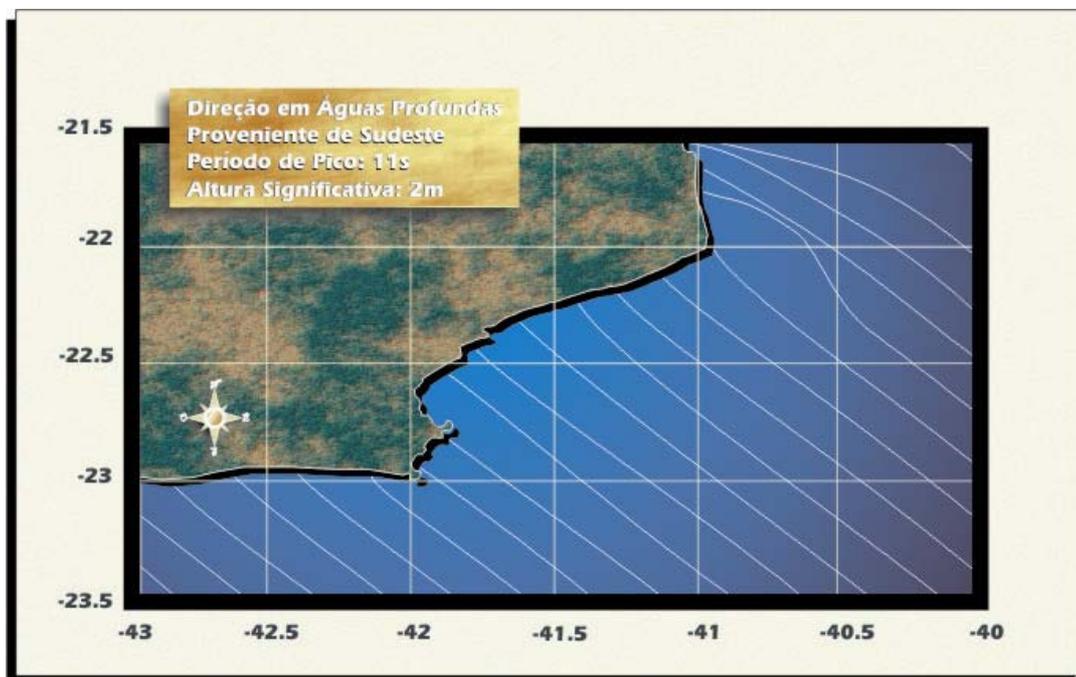


Figura II.5.1.2-28: Refração a Leste do Rio de Janeiro de ondas provenientes de Sudeste com período de 11 segundos e altura de 2 m. (adaptado de GUERRA, 1994)..

Da mesma forma, na Figura II.5.1.2-29 é possível notar a convergência no plano de refração ao passar sobre o fundo proeminente, que se eleva a 56 m de profundidade, em torno da latitude $23,2^{\circ}\text{S}$ e $041,6^{\circ}\text{W}$, a ESE de Cabo Frio. As ortogonais se cruzam devido a vários fatores como a convergência acentuada e o cruzamento de ortogonais gerados pela declividade na borda externa da plataforma continental, a 23°S e $040,8^{\circ}\text{W}$. Outros fatores considerados são: (a) a divergência sobre a depressão do fundo, provável *canyon* pretérito do Rio Paraíba

do Sul, em 22 °S e 040,8°W, (b) a convergência na posição 22,4°S e 041,1°W (c) a divergência a NE do Cabo de São Tomé,(d) a forte convergência ao largo de Atafona, demonstrada no cruzamento de diversas ortogonais; e (e) a alternância de convergências na região compreendida entre as adjacências do Cabo de São Tomé e o Cabo Frio.

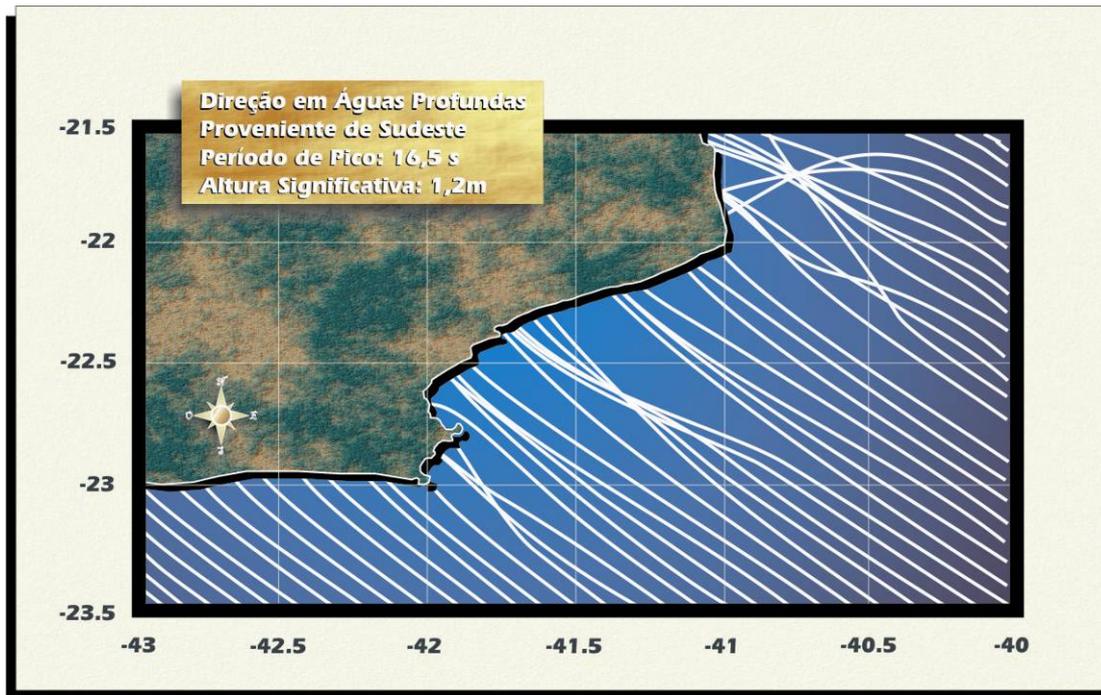


Figura II.5.1.2-29: Refração a Leste do Rio de Janeiro de ondas provenientes de Sudeste com período de 16,5 segundos e altura de 1,2 m. (adaptado de GUERRA, 1994).

Nas Figuras II.5.1.2-30 a II.5.1.2-32 estão apresentadas as ondas características de SW e SSW. A Figura II.5.1.2-23 é relativa a ondas com origem na direção SSW e período de 12,6 segundos, cuja altura significativa de 5,1 m, foi a maior registrada no período de observações. É possível notar que as ortogonais curvam-se mais do que 45° no limite norte da área em relação à direção em águas profundas, ao passarem sobre os bancos de areia a E do Cabo de São Tomé, com profundidades menores do que 50 metros, produzindo forte divergência mais ao largo. E nota-se também uma convergência a NE do Cabo de São Tomé.

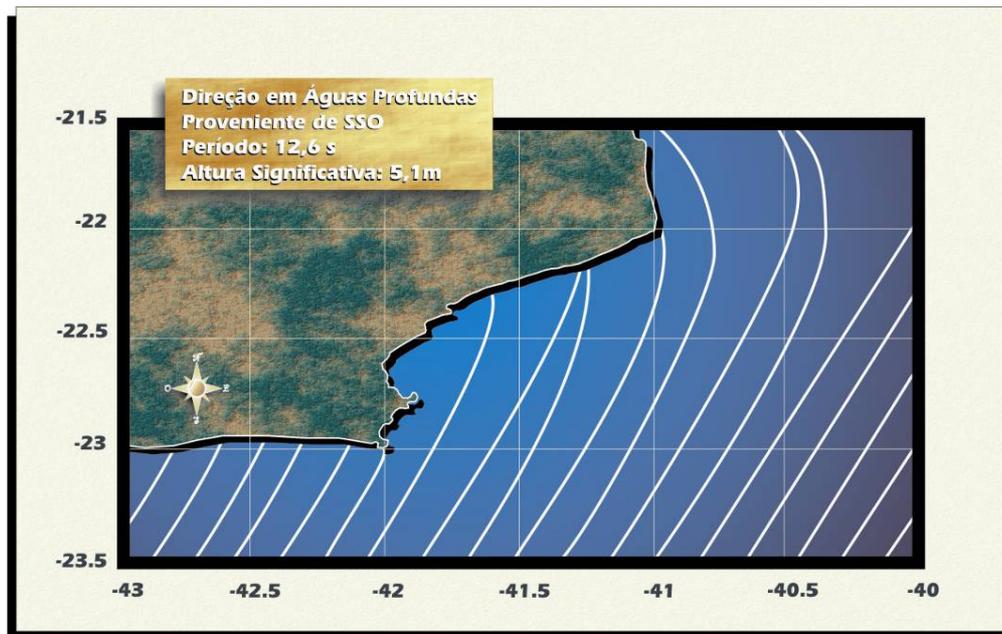


Figura II.5.1.2-30: Refração a Leste do Rio de Janeiro de ondas provenientes de Sul-Sudoeste com período de 12,6 segundos e altura de 5,1 m. (adaptado de GUERRA, 1994).

Na Figura II.5.1.2-31 é mostrado ondas provenientes de SW com período de 9,5 segundos, mostrando ortogonais retilíneas. O embate direto na costa a W do Cabo Frio é intenso. Todo o litoral a norte deste cabo encontra-se abrigado quanto às ondas refratadas.



Figura II.5.1.2-31: Refração a Leste do Rio de Janeiro de ondas provenientes de Sudoeste com período de 9,5 segundos. . (adaptado de GUERRA, 1994).

A Figura II.5.1.2-32 apresenta onda com origem na direção SW e período de 11 segundos, tendo ocorrido alturas significativas maiores do que 4 m. Observa-se que uma ortogonal sobre a isóbata de 20 m encurva-se de 45°, ao largo do Cabo de São Tomé.

Apesar da “enseada” do Cabo de Búzios a Macaé ser relativamente abrigada dos marulhos de SW refratados, mesmo com períodos grandes, no caso de ocorrências de ondas suficientemente altas, deve ser observado batimento de ondas no litoral devido à difração.

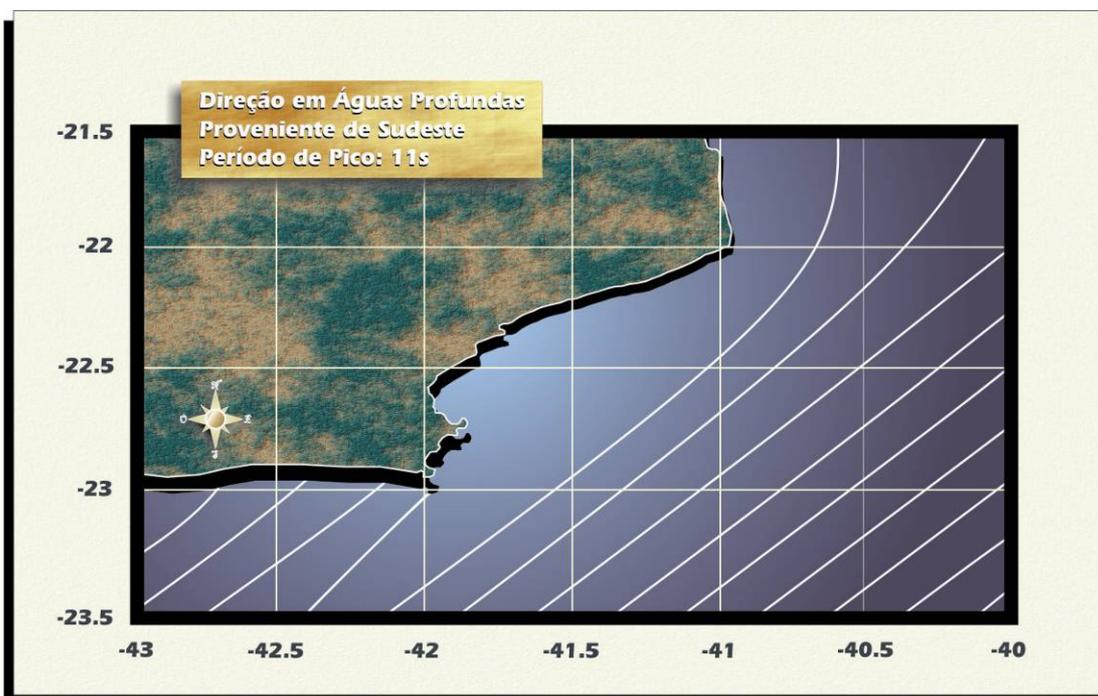


Figura II.5.1.2-32: Refração a Leste do Rio de Janeiro de ondas provenientes de Sudoeste com período de 11 segundos. (adaptado de GUERRA, 1994).

II.5.1.2.7 – REGIME DE MARÉS

A maré pode ser classificada quanto ao seu período, como maré diurna, semidiurna, mista principalmente diurna ou mista principalmente semidiurna (Pond & Pickard, 1978).

Para classificar a maré, calcula-se um fator que leva em consideração a amplitude das principais componentes diurnas e semidiurnas. Esse fator é definido por:

$$F = \left(\frac{(K_1 + O_1)}{(M_2 + S_2)} \right), \text{ (Pond \& Pickard, 1978).}$$

De acordo com essa classificação tem-se:

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

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

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

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

Para a caracterização da maré na região dos empreendimentos foram utilizadas as constantes harmônicas medidas em três estações maregráficas da PETROBRAS na Bacia de Campos, localizadas em 22° 6' S e 040° 1' W (Norte 1), em 22° 2' S e 039° 52' W (Norte 2) e em 22° 54' S e 040° 47' W (Sul 1) (Tabela II.5.1.2–3 a seguir).

Tabela II.5.1.2–3 – Valores de amplitude e fase das principais componentes harmônicas, calculadas para as estações maregráficas utilizadas (janeiro 1994 a maio de 1995).

Fonte: FEMAR, acessado em 2007.

COMPONENTE	NORTE 1		NORTE 2		SUL 1	
	AMPLITUDE	FASE	AMPLITUDE	FASE	AMPLITUDE	FASE
Q1	2,2	57	2,7	77	2,7	77
O1	7,5	90	10,9	116	8,7	103
K1	3,8	166	6,5	177	4,9	142
N2	7	97	6,2	104	4,9	109
M2	37,8	90	42	98	31,5	90
S2	17	95	19	111	14,8	82
K2	4,5	90	4,6	84	5,8	69

Para a região de interesse temos:

- $FN1 = (3,8+7,5) / (37,8+17) = 0,206$ – maré semidiurna
- $FN2 = (6,5+10,9) / (42+19) = 0,285$ – maré mista predominantemente semidiurna
- $FS1 = (4,9+8,7) / (31,5+14,8) = 0,293$ – maré mista predominantemente semidiurna

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

- $2x(M2+S2) = 109,6$ cm para a estação Norte 1;
- $2x(M2+S2) = 122$ cm para a estação Norte 2.
- $2x(M2+S2) = 92,6$ cm para a estação Sul 1.

De acordo com os dados da Tabela II.5.1.2–3, observa-se que as principais componentes para a região são M_2 e S_2 , com amplitudes de 42,0 cm e 19,0 cm, respectivamente. A componente O_1 tem amplitude de 10,9 cm e todas as demais componentes apresentam amplitudes inferiores a 10 cm.

A Figura II.5.1.2-33 apresenta o mapa cotidal, com as isolinhas de fase sobrepostas à amplitude de maré de acordo com o modelo CSR3 (Modelo Global de maré do *Center for Space Research* da Universidade do Texas), para a costa Sul-sudeste brasileira. Observa-se que esta é uma região de baixíssima resposta

a forçante astronômica da maré, fato esperado pela relativamente pequena largura da plataforma continental.

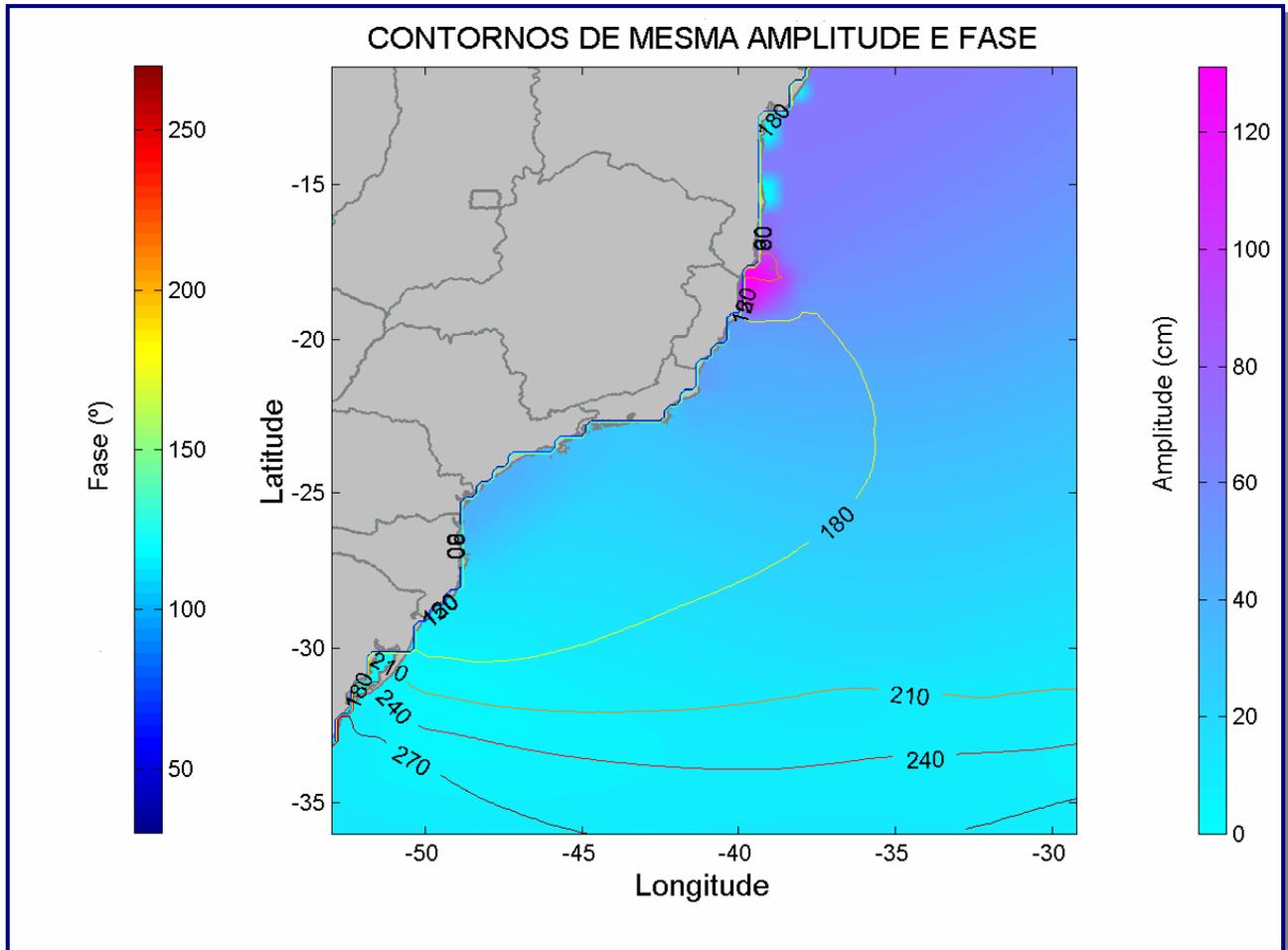


Figura II.5.1.2-33: Mapa cotidal de amplitude (cores) e fase (linhas) para a componente M2

Se faz necessário uma classificação a parte das marés nos locais mais rasos dos empreendimentos em questão. A principal diferença que deve ser abordada para esta outra classificação é com relação as marés de sizígia e quadratura que em regiões de mar aberto não são contempladas.

Tabela II.5.1.2–4 – Valores de amplitude e fase das principais componentes harmônicas, calculadas para a estações maregráfica Ponta do Ubú - ES (julho 1993 a agosto de 1993). Fonte: FEMAR, acessado em 2007.

COMPONENTE	PONTA DO UBÚ	
	AMPLITUDE	FASE
MTM	11,1	104
O1	7,7	046
K1	4,8	157
N2	7,1	97
M2	45,1	90
S2	22,1	104
K2	6,0	105

Utilizando as fórmulas apresentadas anteriormente temos para a região costeira do empreendimento:

$$F = (4,8+7,7) / (45,1+22,1) = 0,162 \text{ – maré semidiurna}$$

Tabela II.5.1.2–5 – Valores de médias de alturas, calculadas para a estações maregráfica Ponta do Ubú - ES (julho 1993 a agosto de 1993). Fonte: FEMAR, acessado em 2007.

Médias das preamares de SIZÍGIA (MHWS)	147 cm acima do NR
Médias das preamares de QUADRATURA (MHWN)	103 cm acima do NR
Média das baixa-mares de SIZÍGIA (MLWS)	13 cm acima do NR
Média das baixa-mares de QUADRATURA (MLWN)	57 cm acima do NR

Conforme apresentado na Tabela II.5.1.2–5 os valores de Sizígia são aproximadamente 40cm superiores quando comparados com as marés de quadratura.

II.5.1.2.8 – CONDIÇÕES EXTREMAS

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

Conforme Ferreira de Pinho (2003), as condições extremas de ondas na Bacia de Campos estão associadas a passagens de frentes frias pela costa sudeste brasileira. Estas frentes frias são antecipadas pela ocorrência de fortes ventos do quadrante N-NE, que geralmente vão girando no sentido anti-ciclônico para as direções W e SW, quando ocorre a instalação do sistema frontal.

O mês de setembro foi identificado como sendo o de maior incidência desses fenômenos na região da Bacia de Campos. Nesse mês também foram observadas as maiores amplitudes de elevação do nível do mar (Pinho, 2003). Os dados de ondas do BNDO mostram que a ocorrência de ondas com alturas entre 2 a 2,5 m é superior a 10%, sendo este o maior índice registrado para essa classe de alturas nos dados analisados.

A Tabela II.5.1.2-6, a seguir, apresenta as condições extremas dos parâmetros ondas, correntes e ventos para a região da Bacia de Campos, visando resumir as condições de tempestade do regime hidrodinâmico local.

Tabela II.5.1.2-6 – Resumo das condições extremas dos parâmetros ondas, correntes e vento para a Bacia de Campos. Fonte: PETROBRAS, 2002.

PARÂMETRO	CONDIÇÃO EXTREMA
Ondas	Bom Tempo (Direção NE) - Altura Significativa (Hs) = 3.5m Mau Tempo (Direção SW) – Altura Significativa (Hs) = 6,0m
Correntes	Corrente do Brasil superficial = 1 m/s (Direção Sul)
Ventos	6,8 m/s (Direção Sul/Sudoeste) *

* Os dados de vento são adquiridos em relação as suas médias, portanto não foi possível a determinação de valores extremos para a região.

- Direção e Intensidade de Vento em Situações de Bom Tempo

A região de interesse sofre influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, que oscila em torno de sua posição média, localizando-se mais ao sul e a leste no verão (30°S e 015°W) e mais ao norte e a oeste no inverno (22°S e 030°W), gerando ventos que sopram em torno do seu núcleo, divergentes e contrários aos ponteiros do relógio e estabelecendo as condições meteorológicas mais freqüentes na região. Estas condições se apresentam com ventos de direções variáveis de N a E e de intensidades fracas a moderadas (REDEPETRO, 2001). A presença dominante do Anticiclone do Atlântico Sul é a situação mais

comum de Bom Tempo, que se apresenta caracterizada por ventos do quadrante norte que podem atingir grandes intensidades. Violante-Carvalho et al (1998) constataram, após análise de uma série histórica de 10 anos de dados de ventos coletados na Bacia de Campos, que a predominância de ventos de direções N, NE e E, com uma ocorrência de 13,2%, 37,5% e 14,0%, respectivamente, totalizando quase 65% de todos os ventos observados na região. Em relação às intensidades dos ventos, os mesmos autores, observaram a maior ocorrência dos valores médios entre 4m/s e 6m/s representando um pouco menos de 25% do total das ocorrências nas direções N, NE e E.

De acordo com Ferreira de Pinho (2003), os eventos de Bom Tempo estabelecem-se na Bacia de Campos em média por cerca de 92 horas, com uma intensidade média dos ventos em torno de 10 m/s (os maiores valores foram 14 e 18 m/s) e direção média do vento de 36, 7°.

As situações mais severas para condição de bom tempo são caracterizadas por ventos com direções tipicamente do quadrante norte. Estas situações tendem a ocorrer após uma passagem de frente fria. Uma hipótese para explicar este fato pode ser a ocorrência de um deslocamento do Anticiclone do Atlântico Sul para o norte, causado pela influência do Anticiclone Polar que chega à região vindo do sul. Este último, ao se enfraquecer, funde-se ao Anticiclone do Atlântico Sul. O verão é a época do ano de maior frequência desta configuração, com destaque para os meses de dezembro e janeiro, embora possa ocorrer, de forma menos frequente, também nas demais estações no ano.

- Direção e Intensidade de Vento em Situações de Mau Tempo

As Condições de Mau Tempo ocorrem quando, após a passagem de uma frente fria, um Anticiclone Polar domina a circulação na região. Esta situação apresenta-se com uma maior ocorrência de ventos com direções entre 120° e 135° e intensidades entre 6m/s e 8m/s. (Ferreira de Pinho, 2003)

Segundo o mesmo autor, que realizou médias de duração e intensidade do vento para cada evento de mau tempo de SE, os ventos sopraram desta direção, em média, durante um período de 55 horas, com uma intensidade média de 6,8m/s e direção média de 134°.

II.5.1.2.9 – CONSIDERAÇÕES FINAIS:

A análise de dados pretéritos e pesquisa bibliográfica realizadas permitem as seguintes afirmações sobre a dinâmica oceanográfica para região dos empreendimentos e sua área de influência.

A análise dos campos de salinidade e temperatura da água do mar na região indica a presença de três massas d'água típicas. A Água Tropical, com índices termohalinos mais elevados, a temperatura acima de 20 °C e a salinidade acima de 36. A Água Central do Atlântico Sul, com índices termohalinos de aproximadamente 20 °C e 36,20 de salinidade. E a Água Intermediária Antártica com limites termohalinos entre 3° a 6 °C para temperatura e entre 34,2 a 34,6 para salinidade. No inverno observa-se uma diminuição na atuação da Água Tropical na região.

A circulação oceânica na região da Bacia de Campos é determinada por forçantes variadas, que se sobrepõem de modo diferenciado, dependendo de fatores morfológicos e dinâmicos da área. Sobre a plataforma há amplificação natural do sinal de maré e intensificação dos padrões meteorológicos locais, i.e., brisa marinha e efeitos orográficos no vento. Sobreposto a estes sinais existe a presença energética da passagem de frentes. Em região de oceano profundo, a composição da passagem de frentes e do fluxo determinado pela Corrente do Brasil é preponderante. O transporte de volume da Corrente do Brasil na região da quebra da plataforma e do talude na latitude de 22°S é de $5,5 \pm 2,6$ Sv. Algumas regiões sobre o talude continental podem apresentar velocidades de correntes superiores a 1,0 m/s.

Com relação à análise de ondas para a região, tem-se que para a situação de Bom Tempo, com os ventos mais comum de NE, as ondas mais freqüentes têm altura entre 0,5 a 1 m e períodos na faixa de 4 a 5 segundos. As maiores alturas individuais de ondas têm valores entre 5 m e 6 m com períodos entre 6 e 9 segundos, respectivamente. E nas situações mais extremas, caracterizadas como Mau Tempo, com ventos de SW, a maior altura individual observada é de 11,7 m e sua direção é de 211°. Cerca de 40% das ondas observadas têm alturas entre 1 e 2 m.

Quanto à maré astronômica, as principais componentes de maré para a região são M2 e S2, com amplitudes de 42,0 cm e 19,0 cm, respectivamente. A componente O1 tem amplitude de 10,9 cm e todas as demais componentes apresentam amplitudes inferiores a 10 cm.

II.5.1.3 – QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTOS

II.5.1.3.1 – ABORDAGEM METODOLÓGICA

O presente item foi realizado com base em dados secundários disponíveis. Cada estudo utilizado como referência apresenta uma metodologia de coleta e análise específica. Apesar de possuírem diferenças essas se limitam a malha amostral utilizada, enquanto que as técnicas para amostragem e análises químicas são as mesmas seguindo as orientações do IBAMA.

Sendo assim, para o item qualidade da água e sedimentos, foram selecionados os seguintes estudos e monitoramentos, como fonte de dados: Estudos de Impacto Ambiental das Concessões de Jubarte e Espadarte, Campo do Frade (Crevon-Texaco) e BC-10 (SHELL), campanhas de monitoramento nas plataformas de Pargo, Pampo, FPSO Espadarte, P37, SS-06, P-40, no Campo de Roncador, e no bloco BC-60. A localização das plataformas que foram utilizadas como fonte de dados secundários pode ser observada na Figura II.5.1–49. A maioria dos dados disponíveis na literatura são para águas profundas em função dos monitoramentos das plataformas que se encontram em operação. Para a região mais rasa do litoral sudeste a quantidade de estudos é pequena e os dados são pouco divulgados, desta maneira o dados utilizados para a parte costeira do presente estudo em sua grande maioria são provenientes do Programa REVIZEE e alguns outros estudos menores. Normalmente os estudos nas áreas costeiras são estudos biológicos e por isso apenas os parâmetros da qualidade da água que interferem na biota são analisados. Maiores detalhes podem ser observados na tabela a seguir.

Dentre todos os estudos selecionados para a presente caracterização o Estudo de Impacto Ambiental do Bloco BC-10 é considerado o de maior relevância, pois sua localização encontra-se dentro do perímetro do Parque das Baleias conforme pode ser observado na Figura II.5.1.3-1

Tabela II.5.1.3-1: Estudos consultados para elaboração da caracterização da qualidade de água do presente estudo.

REFERÊNCIA	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS	
		LATITUDE	LONGITUDE
SHELL 2006	Bacia de Campos bloco BC-10	21° 09' 53.14" S	39° 57' 41.49" W
Paranhos, 2002 UFRJ/BIORIO/PETROBRAS	Bacia de Campos Plataforma P-40	23°05'45,4"S	40°59'20,7"W
Paranhos, 2001 UFRJ/BIORIO/CENPES	Bacia de Campos Campo de Roncador	Entre 22° 01' 0.09" S e 21° 47' 32.29" S	Entre 39° 58' 7.94" W e 39° 40' 37.78" W
UFRJ/BIORIO/PETROBRAS	Bacia de Campos FPSO Espadarte	22° 42' 30.63" S	40° 27' 40.33" W
UFRJ/CENPES	Bacia de Campos Plataforma P-37	22° 29' 1.37" S	40° 05' 50.16" W
Paranhos, 2001 PETROBRAS	Bacia de Campos Plataforma de Pampo	22°47'54"S	40°45'41"W
Paranhos, 2001 PETROBRAS	Bacia de Campos Plataforma de Pargo	22°15'20"S	40°19'45"W
CHEVRON 2006	Bacia de Campos Campo de Frade	Entre 21°53.3044' e 22°07.4338'	entre 39°52.262' e 40°05.2569'
CUPELO, 2000	Programa REVIZEE	13,5° a 23° S	
TOLDO JR. et al., 2004	Projeto MAPEM	-21,3239194°S	-040,14590556°W
Andrade et al 2001 REVIZEE Score Central Operação central 4	Bacia de Campos	xxx	xxx
Andrade et al 1999 REVIZEE Score Central Operação central 3	Bacia de Campos	xxx	xxx
Niencheski et al 1999 REVIZEE	Bacia de Campos	xxx	xxx
Mitchell et al 1991 BIORIO/PETROBRAS	Bacia de Campos	xxx	xxx

XXX – Informação não disponibilizada

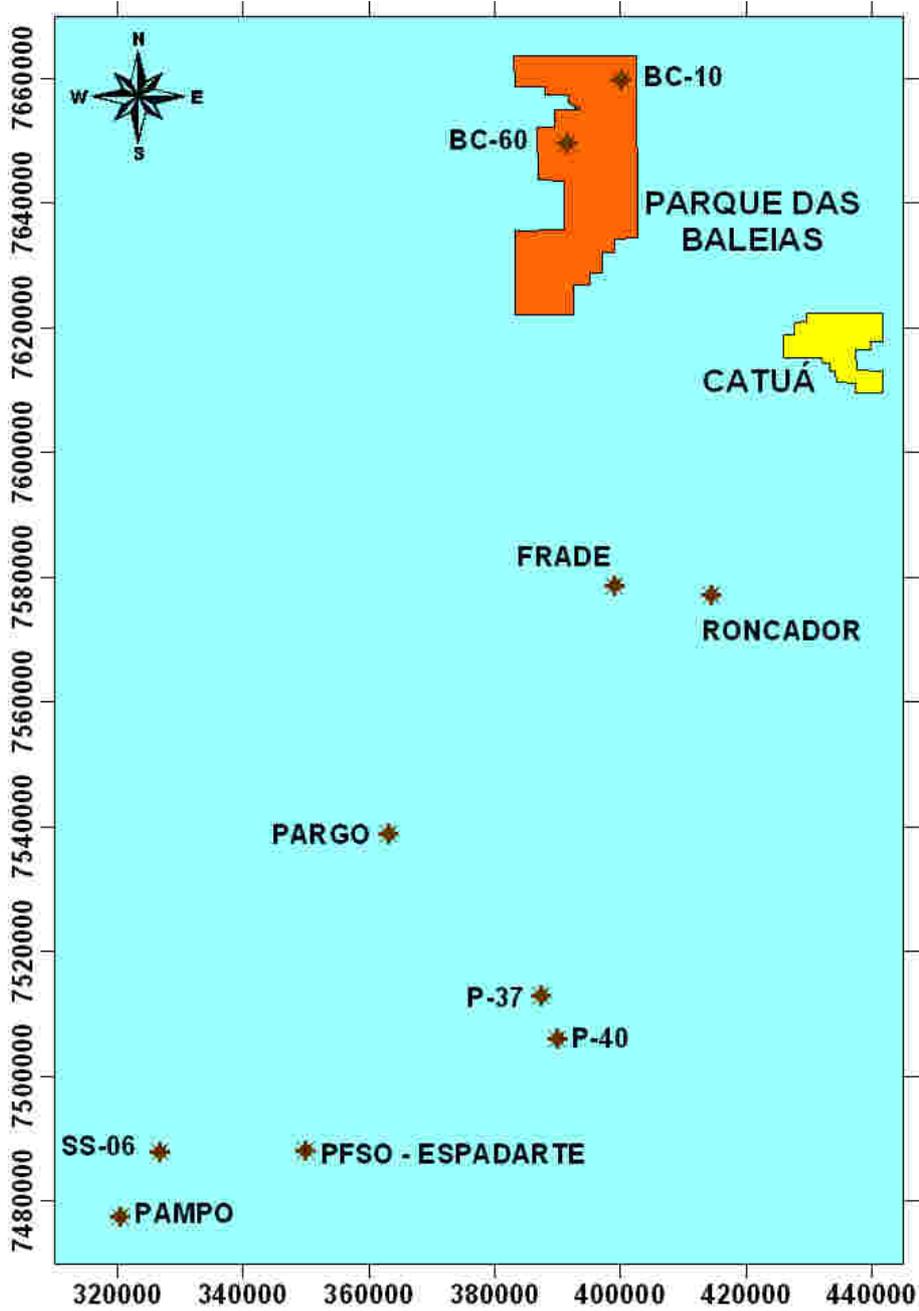


Figura II.5.1.3 – 1 - Localização dos estudos na região offshore utilizados para a presente caracterização.

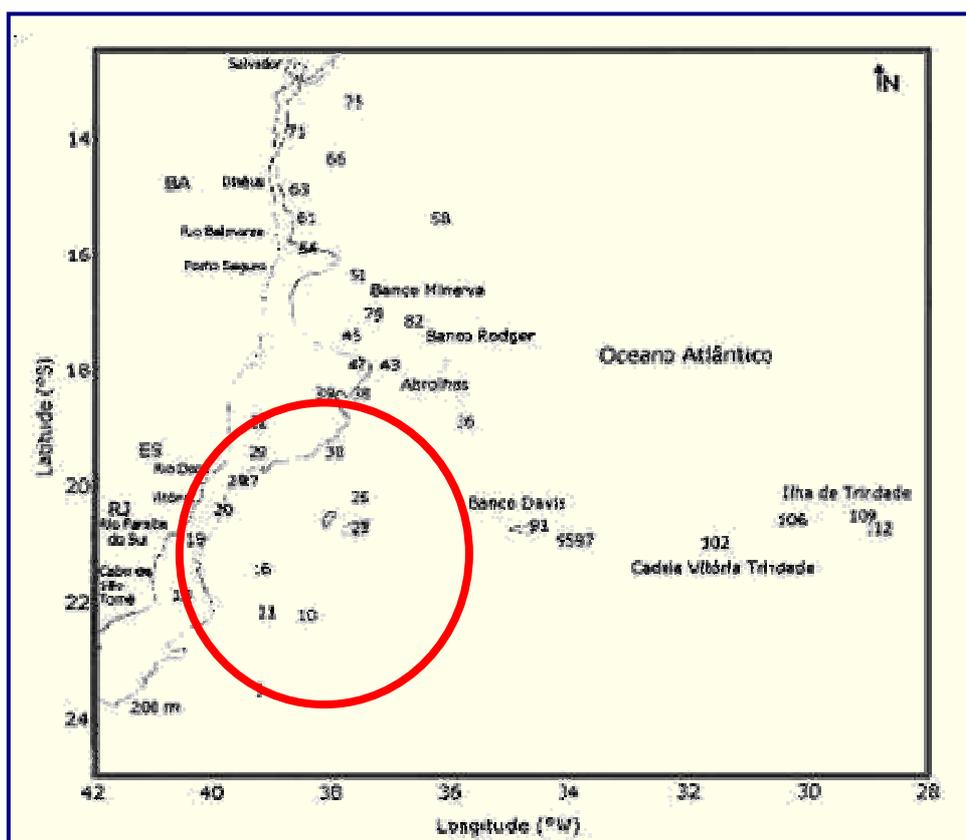


Figura II.5.1.3–2 – Mapa esquemático da área de estudo de CUPELO (2000), circundado em vermelho estão as estações selecionadas para a caracterização costeira do presente estudo.

Tendo como base os estudos apresentados, foi descrita uma metodologia comum a todos estes estudos de uma forma geral. Basicamente todos os estudos seguem a mesma linha de amostragem e análises químicas. Desta forma neste item é apresentado de uma forma geral os procedimentos de coleta dos compartimentos água e sedimento, os equipamentos utilizados, o tratamento das amostras e as análises destes.

A metodologia apresentada é uma compilação das metodologias apresentadas nos estudos utilizados de referência.

Procedimentos Operacionais para Análises de Água

Os procedimentos operacionais utilizados durante as campanhas de monitoramento foram estabelecidos em consonância com o CGPEG/IBAMA. As amostras de água, para a maioria dos indicadores, foram coletadas com garrafas de Niskin de 10 litros (GENERAL OCEANICS®) revestidas com teflon em cada

uma das profundidades amostradas. Já as amostras destinadas à análise de hidrocarbonetos foram coletadas com garrafas Go-Flo de 2,5 litros revestidas com teflon. Das amostras coletadas com a garrafa de Niskin e Go-Flo, foram drenadas alíquotas para as diferentes análises realizadas. Para os parâmetros de temperatura e salinidade foram obtidos para cada profundidade através de um CTD utilizado nas estações (Figura II.5.1.3-3).

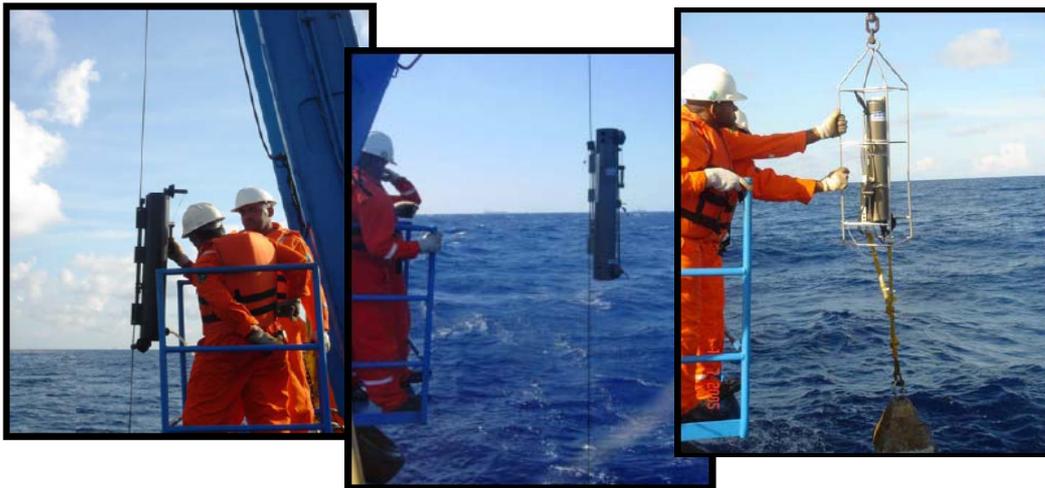


Figura II.5.1.3-3- Lançamento da garrafa de Niskin, GO-FLO e do CTD durante as atividades de campo (Foto: BIORIO/PETROBRAS, 2006).

A primeira subamostra drenada da garrafa de Niskin destinou-se à determinação do teor de oxigênio dissolvido – OD. A alíquota foi colocada em um frasco de DBO de 300ml e imediatamente fixada para posterior titulação pelo método de Wilker (CNEXO, 1993). O pH foi imediatamente obtido determinado em um potenciômetro modelo Corning® Digital Research pH Meter, calibrado com tampões de pH 7,0 e 10,0, segundo o descrito por Grashoff et al (1983).

Em seguida foi drenada uma subamostra para determinação de nutrientes que foi colocada em um frasco de polipropileno de 1000ml previamente lavado com HCL 1:1 e água ultrapura (Milli Q® Gradient UV). As amostras foram imediatamente congeladas em freezer.

Com o objetivo de avaliar a concentração de clorofila a uma subamostra foi coletada em frasco verde de 2 litros e filtrada a vácuo rapidamente, congelados e armazenados em galão de nitrogênio líquido.

Para a determinação do material particulado em suspensão a subamostra foi coletada com frasco de polipropileno de 4 litros e filtrada a vácuo rapidamente, com posterior acondicionamento em sacos plásticos identificados.

Com relação aos hidrocarbonetos foram coletadas alíquotas que foram transferidas para frascos de vidro escuros de 1 litro, sendo dois litros para HPA, dois litros para os n-alcanos e 1 litro para as análises de fenóis e sulfetos.

As amostras para análise de carbono orgânico total foram transferidas da garrafa Go-Flo para frascos âmbar de 1 litro contendo ácido sulfúrico como conservante. Estas as amostras foram mantidas sob refrigeração até análise em laboratório.

Procedimentos Operacionais para Análises de Sedimento

As coletas foram realizadas através de box-corer de 2.500 cm² (Figura II.5.1.3–4). O sedimento dos 20cm superficiais foi amostrado, etiquetado, armazenado sob refrigeração e posteriormente transportado ao Laboratório responsável pelas análises. O extrato superficial do sedimento, sem contato com as lâminas do box-corer, foi coletado, igualmente etiquetado, mantido sob refrigeração e posteriormente também encaminhado ao Laboratório responsável pelas análises de metais e hidrocarbonetos.

Para as análises de granulometria foram feitas coletas também utilizando-se amostrador do tipo Box Corer (tamanho padrão de 50 x 50 cm). Uma vez coletado em seu interior são feitas subamostras para destinar-se a análise granulométrica. Essas subamostras normalmente possuem volume aproximado de 13,5 litros correspondendo uma superfície de 900 cm² de substrato marinho.



Figura II.5.1.3–4 - Caixa de Coleta de Sedimentos “Box corer” para aquisição de amostras de sedimento em ambiente marinho (Foto: Internet, 2006).

Métodos Laboratoriais para Qualidade da Água

Em todos os métodos laboratoriais empregados, as amostras foram analisadas em triplicata.

O ortofosfato reativo foi determinado pelo método fosfomolibdídico (Grasshoff et al., 1999). Para o fósforo total, as amostras foram digeridas em meio ácido com persulfato de potássio, e determinadas pelo método anterior. O nitrogênio amoniacal ($N-NH_3+N-NH_4^+$, a partir de agora denominado simplesmente de amônia) foi determinado pelo método do azul de indofenol (Parsons et al., 1984). O nitrito foi determinado pelo método da diazotação (Grasshoff et al., 1999). O nitrato foi determinado por redução em coluna de Cd-Cu seguido de diazotação (Grasshoff et al., 1999), tendo sido analisado via análise por injeção em fluxo. O silicato foi determinado pelo método silicomolibdídico (Grasshoff et al., 1999). Os métodos colorimétricos foram executados em espectrofotômetro UV-Vis Perkin-Elmer Lambda 20, com duplo feixe ótico e em cubetas de 10 cm de percurso ótico. O limite de detecção dos métodos foi estimado como sendo três vezes o desvio padrão dos brancos, multiplicado pelo fator de calibração. Como não havia padrão certificado para a determinação de amônia, o limite de detecção para este ensaio foi estimado em 0,05 μM .

A clorofila *a* foi determinada após extração em acetona 90% por 18 horas a 4°C, e tanto as medidas em fluorímetro Turner Designs® TD-700, quanto os cálculos foram feitos pelos procedimentos e pelas equações descritas por Parsons *et al.* (1984), ambas as opções de detecção, com enfoque de metrologia (Matos, 2001; Paiva, 2001). Os aparelhos foram calibrados com clorofila *a* pura (Sigma® C-6144) e o limite de detecção para este ensaio foi de 0,02 $\mu g.L^{-1}$ (Matos, 2001).

Para o Material Particulado em Suspensão (MPS) foi determinado por gravimetria com filtros Whatman GF/F previamente calcinados em forno mufla a 450 °C por 3 horas e pesados em balança analítica. Nestes, um volume de 3 a 4 L de água foram filtradas, em duplicata para cada profundidade, nas estações de coleta definidas previamente. Novamente em laboratório, os filtros foram secos em estufa a 40°C e repesado até o peso constante. Dos filtros utilizados na determinação de MPS também foram obtidas as concentrações de Carbono Orgânico Particulado - COP, através de combustão em Analisador Elementar CHNS/O Perkin Elmer 2400 Series II. Os filtros, previamente mantidos em

atmosfera ácida por 24 horas para exclusão do carbono inorgânico, foram oxidados a 925°C com O₂ ultrapuro. Os produtos da combustão, uma mistura de CO₂, NO_x e H₂O, foram carreados por um gás inerte (He ultra-Puro) para uma coluna de redução mantida a 640°C. Em um outro compartimento, os constituintes da mistura 14 de gases foram separados através de uma coluna cromatográfica e detectados em função das suas termo-condutividades. O equipamento foi calibrado utilizando-se padrões de Acetanilida e as análises foram feitas em duplicata apresentando uma precisão entorno de 95% tanto para carbono quanto para nitrogênio. Os valores dos limites de detecção (LD) foram 0,02% para o C e 0,03% para o N. O limite de detecção do método foi calculado segundo Skoog & Leary (1992). Sub-álquotas de água foram filtradas a bordo do navio oceanográfico Oceansat-Peg I, acondicionadas em frascos de vidro âmbar contendo H₃PO₄ 10% e em laboratório, foram acidificadas (HCl 2N) e purgadas com ar puro e submetidas à oxidação catalítica em alta temperatura (HTCO) em um TOC-5000 Analyser (Shimadzu) para determinação de Carbono Orgânico Dissolvido (COD).

Para a determinação dos HPAs utilizou-se o protocolo USEPA 8270 (United States Environmental Protection Agency). As amostras de água foram extraídas a partir de 2 L de amostra em funil de separação com 20 ml de n-Hexano grau resíduo. Após repouso, para separação das fases, o extrato orgânico foi percolado através de funil com sulfato de sódio ativado a 450°C e o extrato orgânico foi purificado através de “clean up” com sílica gel ou florisil (Colunas prontas da J.T.Backer®). Os extratos foram transferidos para vials e injetados diretamente em cromatógrafo gasoso com detecção em espectrômetro de massas (CG-MS), determinando os 16 HPA considerados prioritários pela EPA (Environmental Protection Agency).

O método utilizado para a determinação do carbono orgânico total (TOC) consistiu em oxidação catalítica (sulfato de prata e sulfato de mercúrio) em alta temperatura com refluxo, em solução fortemente ácida. Em seguida, a quantificação do carbono absorvido em hidróxido de bário foi realizada por espectrometria de absorção molecular, em célula de quartzo com 50 mm de percurso ótico, segundo o descrito em Grasshoff *et al.* (1999).

Métodos Laboratoriais para Qualidade do Sedimento

No laboratório os sedimentos foram separados por via úmida na sua fração <2,0 mm, secos a uma temperatura de 60°C/~48h, e posteriormente homogeneizados através de moinho de bolas e passados novamente em uma peneira de 125 µm visando a normalização do tamanho de partículas.

O carbonato total foi determinado por diferença em uma amostra de sedimento tratada com HCl (1,0N); (1g:10mL) a temperatura ambiente. O conteúdo de carbonato foi calculado seguindo a seguinte equação: Carbonato Total = $\{[(PI - PF/PI)] \times 100\}$; onde PI = peso inicial da amostra sem tratamento e PF= peso final da amostra após o tratamento com HCl. Os valores foram expressos em percentual (%) e a precisão obtida foi de 99%.

A matéria orgânica (Morg) no sedimento de fundo foi calculada a partir da calcinação do sedimento a uma temperatura de 550o C/1h. O teor de Morg é obtido por diferença entre a massa inicial e a final após calcinação $\{\%Morg = [(PI - PF/PI) \times 100]\}$; onde PI = peso inicial da amostra sem tratamento e PF= peso final da amostra. Os valores foram expressos em percentual (%) e a exatidão obtida com três repetições foi de 99%. O carbono total (C-Total) foi inicialmente determinado na amostra sem tratamento. Uma sub-álquota da amostra tratada para determinação de carbonatos foi utilizada para determinação do carbono orgânico (Corg). O cálculo utilizado para quantificação das diferentes formas de carbono segue a equação onde, $CT = Corg + Cinorg$. Desta forma, os resultados de carbono descritos no relatório referem-se ao carbono orgânico (Corg) e carbono inorgânico (Cinorg). A massa de material utilizada para as determinações analíticas variou de 5 a 9 mg.

A determinação dos teores de carbono e nitrogênio total (N-Total) nos sedimentos foi realizada em um Analisador Elementar CHNS/O Perkin Elmer (2.400 Series II). As análises foram feitas em duplicata apresentando uma exatidão entornol48 de 95% tanto para carbono quanto para nitrogênio. Os valores dos limites de detecção (LD) foram 0,02% para o C e 0,03% para o N. O limite de detecção do método foi calculado segundo Skoog & Leary (1992).

A determinação de Al (396,156 nm), Fe (259,940 nm), Ba (233,527 nm), Cd (228,802 nm), Cr (267,716 nm), Cu (324,754 nm), Mn (257,610 nm), Ni (231,604 nm), Pb (220, 352 nm), V (292,402 nm) e Zn (213,856 nm) foi realizada no sedimento peneirado e homogeneizado. Cerca de 1g de sedimento seco foi

colocado em bomba de teflon com 15 mL de uma mistura de ácida de HF:HNO₃ (5:3) mantida a uma temperatura de 120°C por aproximadamente 12h. Após este período a solução juntamente com o que restou do sedimento foi transferido para um cadinho de teflon e colocado em placa quente (~ 80°C) até a evaporação da solução. Nos casos em que o sedimento apresentava coloração escura após a digestão, o tratamento com a mistura ácida era repetido. Todo material evaporado era então retomado com HNO₃ 0,5 N e filtrado, sendo os extratos analisados por ICP-AES (Varian Mod. Liberty Series II). Todos os procedimentos foram realizados em triplicatas e a precisão obtida foi superior a 93%. Testes anteriores sobre a exatidão obtiveram os seguintes resultados: Al (100%), Fe (97%), Ba (97%); Cd (91%); Cr (91%); Cu (100%); Mn (90%); Ni (92%); Pb (92%); V (89%) e Zn (94%); (Petrobras, 2001; Rezende et al, 2002).

Para a determinação dos HPAs utilizou-se o protocolo USEPA 8270 (United States Environmental Protection Agency). As amostras de sedimento foram secas e extraídas com uma mistura de hexano:tolueno (1:1) em ultra-som a 50°C durante 45 minutos. Após repouso, para separação das fases, o extrato orgânico foi percolado através de funil com sulfato de sódio ativado a 450°C e o extrato orgânico foi purificado através de “clean up” com sílica gel ou florisil (colunas prontas da J. T. Backer®), os 163 extratos foram transferidos para vials e injetado diretamente em cromatógrafo gasoso com detecção em espectrômetro de massas (CG-MS), determinando os 16 HPA considerados prioritários pela EPA (Environmental Protection Agency). Para determinação dos alcanos o método basea-se no EPA 8260 e EPA 3810 utilizando a técnica conhecida como “Head Space”. Nesta técnica há um equilíbrio entre as duas fases ar-líquido/ ar-sólido, dependendo da matriz da amostra.

Para as amostras de granulometria foram enviadas ao laboratório onde o cascalho foi separado por peneiramento via úmida e seu teor determinado com base no peso total da amostra. A fração sedimentar foi analisada por peneiramento a seco em peneiras de abertura de -2 fi a 4 fi com intervalos de 0,5 fi e a fração fina, de 5 a 12 fi, por pipetagem com adição de defloculante e velocidades de decantação calculadas para pesos específicos de 2,65 g. cm³. A partir dos pesos retidos nas peneiras e das análises de pipetagem foram calculados os seguintes parâmetros da fração sedimentar: média (Md), mediana

(Mz), desvio padrão (DP), assimetria, curtose (K); classificação por frequência (%) - areia, silte, argila; textura segundo Wentworth (1922); classificação estatística (Muehe, 1994); grau de seleção; curva de frequência; e assimetria gráfica. Os resultados foram expressos pelos valores das três réplicas coletadas em cada uma das estações por campanha.

II.5.1.3.2 – QUALIDADE DA ÁGUA

O conhecimento das características químicas da água é de fundamental importância para a compreensão das relações bióticas/abióticas naturais dos ecossistemas aquáticos e dos impactos antrópicos que podem ocorrer sobre estes ambientes. Tal caracterização é realizada através da determinação quantitativa de diversos parâmetros ambientais, dos quais destaca-se a temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, nutrientes inorgânicos e clorofila *a*. Para atividades relacionadas à exploração *offshore* de petróleo, o conhecimento sobre os níveis naturais e antrópicos de hidrocarbonetos é de fundamental importância. A interação destas informações com as características biológicas permitem importantes interpretações dos aspectos ambientais de uma região.

A área de influência dos empreendimentos em questão situa-se em uma região caracterizada por apresentar clima úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Essa área apresenta uma intensa dinâmica oceanográfica que acarreta condições específicas à massa d'água local. As correntes marinhas da região apresentam movimentos horizontais (vórtices) e verticais (ressurgência e subsidência), intimamente associados à influência dos ventos e a morfologia do fundo oceânico (PETROBRAS, 1994). Tais movimentos provocam alterações na composição físico-química da massa d'água afetando tanto a estrutura quanto a dinâmica das comunidades biológicas locais.

CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT)

As concentrações de COT na água são influenciadas por fontes naturais e antropogênicas. Como a região da Bacia de Campos é caracterizada por uma baixa produtividade, além de estar distante de fontes terrestres de matéria orgânica, possivelmente as concentrações de COT se encontram nos níveis naturais de águas oceânicas do Atlântico Sul.

De todos os estudos consultados, apenas alguns poucos realizaram a análise de formas químicas de carbono (carbono orgânico dissolvido [COD] + carbono orgânico particulado [COP] = COT), a saber, as campanhas no entorno da plataforma de SS-06 e da plataforma P-40. Este é um ponto comum, pois praticamente não existem informações específicas sobre a distribuição de carbono orgânico total (nas formas dissolvido e particulado) em escalas local (na região adjacente aos empreendimentos) ou regional para toda a Bacia de Campos.

Os resultados disponíveis nos estudos consultados são caracteristicamente reduzidos, oscilando entre um mínimo de $0,80 \text{ mg.L}^{-1}$ e um valor máximo de $6,0 \text{ mg.L}^{-1}$. Os valores médios observados em cada campanha foram de $2,50 \text{ mg.L}^{-1}$ (superfície) e $3,30 \text{ mg.L}^{-1}$ (a 100 m) no entorno da plataforma de SS-06, e de $2,75 \text{ mg.L}^{-1}$ (superfície) e $3,10 \text{ mg.L}^{-1}$ (a 100 m) no entorno da P-40. Estes valores reduzidos estão de acordo com as características oligotróficas e, de conseqüente baixa produtividade primária da bacia sob a influência dos empreendimentos.

CUPELO (2000), trabalhando com os dados da Campanha Central III do Programa REVIZEE, no período de 28 de outubro a 12 de dezembro de 1998, estudou a contribuição de cada fração planctônica na cadeia microbiana em termos de densidade celular e biomassa, na área entre o Cabo de São Tomé (RJ) e Baía de Todos os Santos (BA). Nas estações localizadas na região da Bacia de Campos, encontrou teores de carbono orgânico dissolvido que apresentaram valores entre 1,15 e 1,62 mg/L

FENÓIS

Não existem limites estabelecidos para fenóis em águas salinas da classe 3 (Resolução CONAMA 357/05). Há referência apenas para águas costeiras (classe 1), cujo limite imposto pela legislação brasileira para a concentração de fenóis é de $0,60 \mu\text{g L}^{-1}$.

De todos os estudos consultados, apenas o estudo de monitoramento das Plataformas de Pampo e Pargo antenderam este parâmetro e neste, nenhuma amostra foi obtido valor mensurável para fenóis totais, e sempre os valores registrados foram abaixo do limite de detecção do método (aproximadamente de $0,1 \mu\text{g L}^{-1}$).

No Programa de Pré-Monitoramento da Bacia de Campos, realizado pela Petrobras e focado no entorno das plataformas de produção de Pampo e Pargo, foram coletadas 46 amostras de água no verão e no inverno de 1998. Todos os resultados foram inferiores a $0,010 \text{ mg L}^{-1}$ (Petrobras, 1999), que foi o limite de detecção alcançado pelo método.

Em função deste panorama de resultados, os estudos não apresentam tabelas ou mapas para esta variável, bem como não foi possível descrever qualquer padrão espacial ou sazonal de distribuição deste parâmetro na área de influência dos empreendimentos em questão.

HIDROCARBONETOS TOTAIS

As análises dos teores de hidrocarbonetos como os n-alcanos e os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA's) nas águas e sedimentos são vitais para o monitoramento ambiental em áreas de exploração petrolífera. Hidrocarbonetos ocorrem em petróleo como uma mistura complexa de homólogos com predominância daqueles com dois anéis (naftalenos) e três anéis (fenantrenos e antracenos). Os HPA's estão presentes, por exemplo, na exaustão de automóveis e óleos lubrificantes usados. Eles são também produzidos durante o refino do petróleo, em usinas termoelétricas e vários outros processos industriais. Os HPA's são alvos dos principais monitoramentos ambientais porque eles são biologicamente ativos, e alguns compostos apresentam ação mutagênica e carcinogênica por vários anos. A análise de HPA's é utilizada como indicadora de contaminação ambiental por derivados de petróleo e junto com as análises de hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP), podem fornecer uma indicação clara da contaminação ou não de determinado ambiente por derivados de petróleo.

Os n-alcanos na água não foram determinados na maioria dos estudos consultados, e apenas os monitoramentos recentes apresentaram dados deste parâmetro em amostras de água oceânica. Em relação à sua distribuição nas amostras de água da Bacia de Campos, o padrão mais observado nos estudos consultados é o registro de teores próximos ao limite de detecção do método (Analytical Solutions, 2002a, b). Os valores registrados por estes estudos estiveram entre $1,3$ e $6,3 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$, sendo as médias verificadas em superfície no

valor de $3,7 \mu\text{g.L}^{-1}$ no entorno da plataforma de SS-06 e de $8,7 \mu\text{g.L}^{-1}$ no entorno da P-40.

Estes baixos teores observados não apresentaram perfis cromatográficos característicos de contaminação por hidrocarbonetos provenientes da atividade petrolífera. Em algumas poucas amostras foram registrados n-alcanos leves com perfil de produto refinado de petróleo. Nesse nível de concentração ($\mu\text{g.L}^{-1}$), esses n-alcanos podem ter se originado durante a própria coleta da amostra, do frasco de armazenagem, durante o processo analítico ou ainda, ser reflexo de um tráfego marítimo no local da amostragem.

HIDROCARBONETOS POLIAROMÁTICOS – HPA

As concentrações dos hidrocarbonetos poliaromáticos (HPA's) são representadas em equivalentes de criseno. Alguns dos estudos empregaram a técnica de fluorescência (PETROBRAS, 1994; PETROBRAS, 2001a, b, c), outros aplicaram a técnica de GC-MS (Analytical Solutions, 2002a, b). Os resultados de ambas as abordagens metodológicas apresentam resultados no mesmo padrão, permitindo que sejam comparados entre si, conforme apresentado a seguir.

A partir dos dados levantados nos estudos consultados, pode-se estabelecer um panorama geral para a Bacia de Campos, onde os valores de HPA's registrados estão dentro das faixas de concentração características de ambientes não impactados por estes compostos de petróleo, ou seja, valores menores que $2,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ (Law, 1981; Weber & Bicego, 1991; PETROBRAS, 1994).

Outros autores apresentam padrões mais restritivos para caracterizar a contaminação por HPA's em águas marinhas, defendendo um valor limite de $1,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ (Marchand, 1980; Knap et al., 1986). Já resultados de HPA's acima de $10,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ podem ser atribuídos a ambientes afetados pela introdução antropogênica de hidrocarbonetos de petróleo (PETROBRAS, 1994). Níveis entre $10,0$ e $30,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ já foram relatados próximos a plataformas de produção (UNEP, 1991). Apesar de ter sido elaborado com valores médios obtidos em diferentes campanhas, em áreas e épocas diferentes, o mapeamento observado na Figura II.5.1–50, pode indicar a tendência da distribuição dos HPA's na Bacia de Campos. Apesar dos níveis encontrados poderem ser caracterizados como níveis de base, ou seja, concentrações inferiores a $2,00 \mu\text{g.L}^{-1}$, pode existir um

gradiente dos maiores valores observados das áreas de produção mais antigas (ao sul) para os menores valores observados na região do Campo de Roncador e na área do BC-60, onde a produção de petróleo é mais recente.

Todos os valores pesquisados nos estudos citados anteriormente estiveram entre o limite de detecção dos métodos empregados (entre 0,06 e 0,12 $\mu\text{g.L}^{-1}$) até valores da ordem de 2,0 $\mu\text{g.L}^{-1}$. As análises de HPA's, compreendendo 16 hidrocarbonetos poliaromáticos, mostraram a ausência destes compostos nas amostras d'água da Bacia de Campos. De todos os dados disponíveis na literatura, apenas poucos pontos e/ou amostras apresentaram níveis de HPA's maiores que este limite de 2,0 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (PETROBRAS, 1994).

Desta forma, os resultados comprovam que o ecossistema aquático da Bacia de Campos, se comparado a outros dados disponíveis para o litoral brasileiro, está dentro da faixa considerada aceitável (ver dados na Tabela II.5.1.3-2). Os resultados aqui apresentados também ratificam a sua inclusão em áreas dentro do nível de base para HPA's em águas oceânicas (PETROBRAS, 1994; PETROBRAS, 2001a, b, c).

Tabela II.5.1.3-2: Valores médios registrados para os HPA's ($\mu\text{g.L}^{-1}$), a partir dos dados originais obtidos nas diferentes campanhas.

HPA'S ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	BC-10	FRADE	PARGO	PAMPO	ESPADARTE	P37	SS-06	P40
Superfície	0,198*	<0,005*	0,34	0,51	0,43	0,37	0,19	0,69
100 m		mg/l	0,31	0,33	X	x	x	x

x dado não existente, em geral devido à profundidade local.

* - valores médios relativos a todas as profundidades contempladas nos estudos

HIDROCARBONETOS TOTAIS DE PETRÓLEO (TPHS)

Em relação aos valores de TPH na água, foram observadas concentrações variando de 0,1 a 153,0 ppb nos estudos de monitoramento realizados anteriormente pela SHELL no Bloco BC-10. A concentração desses compostos nas amostras coletadas da área do poço está dentro do esperado para a área da Bacia de Campos (Tabela II.5.1.3-3)

Tabela II.5.1.3-3: Valores médios registrados para os TPA's ($\mu\text{g.L}^{-1}$).

REFERÊNCIA	PERÍODO	MÍNIMO (PPB)	MÁXIMO (PPB)	MÉDIA
SHELL, 2000	Setembro de 2000	0,10	0,40	0,18
	Outubro de 2000	0,10	2,70	0,34
SHELL, 2001a	Dezembro de 2000	0	26,6	2,42
	Janeiro de 2001	0	0	0
SHELL, 2001b	Abril de 2001	0	0	0
SHELL, 2001c	Maio de 2001	6,50	33,20	4,13
	Julho de 2001	1,00	153,00	11,40
SHELL, 2002d	Julho de 2001	1,00	3,00	2,20
	Agosto de 2001	4,00	11,00	5,80
	Junho de 2001	<0,05	12,50	0,94
TEXACO, 2001	Junho de 2001	<0,05	74,10	0,53
	Junho de 2001	<0,05	0	0
TEXACO, 2002	Abril de 2002	1	30	4,01
	Abril de 2002	10	50	22,71

METAIS

Nos monitoramentos da SHELL, no Bloco BC-10 realizados entre 2000 e 2001 e apresentado no Estudo de Impacto Ambiental da Atividade de Produção de Petróleo e Gás no Bloco BC-10, as concentrações medidas foram:

- Arsênio (As) – variação entre 0,08 e 1,77 ppb;
- Cobre (Cu) – variação de 0,01 e 17 ppb;
- Ferro (Fe) – variação de 0,08 a 1,13 ppb;
- Mercúrio (Hg) – variação de 0,01 a 0,75 ppb;
- Níquel (Ni) – variação entre 0,11 e 8,02 ppb;
- Vanádio (V) – variação de 0,05 a 59 ppb;
- Zinco (Zi) – variação entre 0,01 e 29 ppb;
- Cádmio (Ca) – variação entre 0,01 e 0,43 ppb;
- Manganês (Mn) – variação entre 0,01 e 0,06 ppb e;
- Chumbo (Pb) – variação entre 0,01 e 0,43 ppb.

Todos os valores encontrados estão dentro do esperado para a área da Bacia de Campos (Tabelas II.5.1.3-4 e II.5.1.3-5). Importante ressaltar que esses são valores esperados para os empreendimentos em questão, pois os

monitoramentos foram feitos na região do Parque das Baleias conforme comentado anteriormente.

Tabela II.5.1.3-4: Síntese dos dados pretéritos obtidos pela SHELL sobre a composição de metais As, Cu, Fe, Hg e Ni. (NA = não analisado)

REFERÊNCIA	PERÍODO		METAIS (µG/L OU PPB)					N	PROF. (M)	DATA
			As	Cu	FE	Hg	Ni			
SHELL, 2000	antes da perfuração	Mínimo	0,68	<5	<5	0,06	0,91	10	10 e 100	set/00
		Máximo	1,57	<5	<5	0,75	7,60			
		Média	1,41	-	-	0,24	2,71			
	depois da perfuração	Mínimo	1,38	<2	<5	<0,05	1,04			out/00
		Máximo	1,77	17,00	<5	<0,05	8,02			
		Média	1,61	10,00	-	-	4,02			
SHELL, 2001a	antes da perfuração	Mínimo	NA	0,05	0,12	NA	0,72	10	10 e 100	dez/00
		Máximo	NA	0,07	0,18	NA	7,60			
		Média	NA	0,06	0,15	NA	2,71			
	depois da perfuração	Mínimo	NA	0,02	0,08	NA	1,04			jan/01
		Máximo	NA	0,06	0,42	NA	8,02			
		Média	NA	0,05	0,16	NA	4,02			
SHELL, 2001b	depois da perfuração	Mínimo	<0,05	0,03	NA	<0,001	0,16	10	10 e 100	abr/01
		Máximo	<0,05	0,06	NA	<0,001	0,20			
		Média	-	0,04	NA	-	0,18			
SHELL, 2001c	antes da perfuração	Mínimo	0,08	0,01	0,08	<0,001	0,11	10	10 e 100	mai/01
		Máximo	0,13	0,08	1,13	0,005	0,31			
		Média	0,10	0,04	0,22	0,0004	0,22			
	depois da perfuração	Mínimo	<0,05	0,03	0,09	<0,001	0,16			jul/01
		Máximo	<0,05	0,05	0,21	0,01	0,27			
		Média	-	0,04	0,13	0,003	0,22			
SHELL, 2001d	antes da perfuração	Mínimo	<0,05	0,02	0,09	0,001	0,16	10	10 e 100	jul/01
		Máximo	<0,05	0,05	0,17	0,005	0,25			
		Média	-	0,03	0,13	0,002	0,21			
	depois da perfuração	Mínimo	<0,05	0,03	0,10	0,001	0,20			ago/01
		Máximo	<0,05	0,06	0,25	0,007	0,27			
		Média	-	0,05	0,17	0,002	0,24			

Tabela II.5.1.3-5: Síntese dos dados pretéritos obtidos pela SHELL sobre a composição de metais V, Zn, Cd, Mn e Pb. (NA = não analisado)

REFERÊNCIA	PERÍODO		METAIS (MG/L OU PPM)				
			V	Zn	Cd	Mn	Pb
SHELL, 2000	antes da perfuração	Mínimo	8,00	<0,2	NA	NA	NA
		Máximo	59,00	29,00	NA	NA	NA
		Média	31,15	10,00	NA	NA	NA
	depois da perfuração	Mínimo	<2	<2	NA	NA	NA
		Máximo	17,00	<2	NA	NA	NA
		Média	9,11	-	NA	NA	NA

SHELL, 2001a	antes da perfuração	Mínimo	0,05	0,02	0,04	0,003	0,05
		Máximo	0,75	0,04	0,43	0,04	0,28
		Média	0,23	0,02	0,07	0,03	0,20
	depois da perfuração	Mínimo	0,06	0,02	0,02	0,02	0,11
		Máximo	0,12	0,19	0,06	0,05	0,32
		Média	0,08	0,04	0,04	0,04	0,22
SHELL, 2001b	depois da perfuração	Mínimo	<0,05	0,01	<0,03	0,01	0,1
		Máximo	<0,05	0,02	0,06	0,03	0,2
		Média	-	0,015	0,05	0,02	0,17
SHELL, 2001c	antes da perfuração	Mínimo	0,10	0,01	0,02	0,01	0,19
		Máximo	2,00	0,10	0,07	0,06	0,38
		Média	0,87	0,02	0,06	0,03	0,31
	depois da perfuração	Mínimo	<0,05	0,06	0,04	0,02	0,21
		Máximo	<0,05	0,03	0,05	0,03	0,43
		Média	-	0,05	0,04	0,02	0,32
SHELL, 2001d	antes da perfuração	Mínimo	<0,05	0,02	0,03	0,002	0,19
		Máximo	<0,05	0,05	0,04	0,02	0,41
		Média	-	0,03	0,03	0,01	0,29
	depois da perfuração	Mínimo	<0,05	0,01	0,01	0,03	0,13
		Máximo	<0,05	0,03	0,05	0,05	0,24
		Média	-	0,02	0,03	0,03	0,20

No monitoramento feito por PETROBRAS (2001), nas plataformas de Pampo e Pargo foram apresentados valores de concentração de metais pesados em solução (Ba, As e V) e também associados ao material particulado (Al, V, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Se, Ag, Cd, Sn, Ba, Pb). As concentrações máximas, mínimas e médias registradas são apresentadas nos Tabelas II.5.1.3-6 e II.5.1.3-7.

Tabela II.5.1.3-6: Teores dos metais (ppb) bário, arsênio e vanádio em solução em amostras de água do mar, para as plataformas de Pargo e Pampo

PLATAFORMAS	METAIS								
	BÁRIO			ARSÊNIO			VANÁDIO		
	MAX	MED	MIN	MAX	MED	MIN	MAX	MED	MIN
Pargo	7,7	7,0	6,0	1,5	1,3	1,1	2,9	2,4	1,7
Pampo	8,8	7,0	6,0	1,4	1,3	1,3	4,9	2,7	2,2

A média da concentração de bário, no entorno das plataformas de Pampo e Pargo, encontra-se dentro da faixa registrada para água do mar de 5 a 10 ppb (KLINKHAMMER e CHAN, 1990).

Tabela II.5.1.3-7: Metais associados ao material particulado em PPB, para as plataformas de Pampo e Pargo

Plataforma	Metais	TEORES		Plataforma	Metais	TEORES	
		Máximo	MÍNIMO			Máximo	MÍNIMO
Pargo	Alumínio	4,62	0,296	Pampo	Alumínio	1,126	0,104
	Vanádio	0,032	0,009		Vanádio	0,038	0,001
	Cromo	0,17	<0,025		Cromo	1,35	<0,025
	Ferro	3,15	0,7		Ferro	6,19	0,089
	Níquel	0,095	0,009		Níquel	0,736	0,022
	Cobre	0,316	0,025		Cobre	0,185	0,017
	Zinco	0,137	<0,05		Zinco	<0,05	<0,05
	Arsênio	0,007	0,002		Arsênio	0,006	0,001
	Selênio	0,051	<0,01		Selênio	0,025	<0,01
	Prata	<0,003	<0,003		Prata	0,032	<0,003
	Cádmio	0,004	<0,0002		Cádmio	0,002	<0,0002
	Bário	0,06	0,01		Bário	0,025	0,005
	Chumbo	0,025	<0,008		Chumbo	0,01	<0,008

NUTRIENTES (ORTOFOSFATO, AMÔNIA, NITRITOS, NITRATOS E FOSFATO, FÓSFORO TOTAL E SILICATO)

ORTOFOSFATO

O padrão geral observado para o ortofosfato, e descrito a seguir, pode representar o comportamento típico dos elementos nutrientes na região sob influência dos empreendimentos.

As concentrações do parâmetro em águas oceânicas são usualmente muito baixas (abaixo de 0,5 μM), e aumentam com a profundidade e em direção às regiões costeiras. Os valores de ortofosfato observados nos demais estudos, que serviram de base bibliográfica para este capítulo, foram em geral caracteristicamente baixos nas camadas superficiais, oscilando entre 0,07 e 0,43 μM , mas com moda representativa abaixo de 0,12 μM (Tabela II.5.1.3-8).

Carvalho (2000) apresenta três experimentos realizados em condições hidrológicas diferentes, com a finalidade de observar as variações espaço-

temporais da atividade do bacterioplâncton e do fitoplâncton provocadas pela ressurgência e a importância da contribuição das bactérias para a cadeia trófica da região de Arraial do Cabo, RJ, Brasil. Neste estudo as concentrações de Fosfato variaram de 0,10 a 0,98 $\mu\text{mol/L}$ na campanha de verão com média de 0,42 $\mu\text{mol/L}$ e ficaram na faixa de 0,22 a 0,74 $\mu\text{mol/L}$ na campanha de inverno, com média de 0,37 $\mu\text{mol/L}$.

Em um estudo sobre a distribuição da biomassa fitoplanctônica na Bacia de Campos, RJ (MOSER, 1997) amostras foram coletadas em sete profundidades com garrafas Van-Dorn. Na campanha de verão, a concentração de Fosfato variaram de 0,03 a 0,92 μM , tendo apresentado o mesmo padrão de distribuição, concentrações crescentes em direção ao fundo.

VALENTIN (1974) encontrou concentrações de Fosfato que variaram de $< 0,2$ a 1,2 $\mu\text{gAt/L}$. No estudo de CARVALHO & RODRIGUEZ (2004), as concentrações encontradas para Fosfato foram semelhantes aos outros estudos variando de 0,12 e 0,99 $\mu\text{mol/L}$.

Como característica marcante da distribuição vertical dos elementos nutrientes na Bacia de Campos, os valores vão aumentando em direção as maiores profundidades. Este é o padrão típico de estratificação de elementos nutrientes nos oceanos. Desta forma, os valores obtidos nas diferentes profundidades foram significativamente diferentes entre si ($p < 0,01$). A camada superficial é pobre de nutrientes devido à pequena oferta e ao intenso consumo dos produtores primários localizados na zona fótica. Isto condiciona um esgotamento dos elementos nutrientes desta zona fótica, em função da demanda da produção regenerada. Já em direção ao fundo, vários fatores contribuem para o aumento dos nutrientes, indo desde a respiração, sedimentação e ciclagem, até a remobilização dos nutrientes no assoalho marinho por correntes e seu transporte para camadas superiores da coluna d'água. Este tipo de padrão é comum para os elementos descritos a seguir. Os valores apresentados para o ortofosfato estão dentro das faixas habitualmente descritas para a mesma região (PETROBRAS, 1994; Andrade *et al.*, 1999; Niencheski *et al.*, 1999).

A região da Bacia de Campos pode ser caracterizada como oligotrófica sob qualquer ponto de vista (Andrade *et al.*, 1999). Esta oligotrófica se caracteriza

pelos reduzidos valores dos nutrientes, que naturalmente condicionam a resposta biológica através de pequenas concentrações de clorofila.

Tabela II.5.1.3-8: Valores médios registrados para o ortofosfato ($\mu\text{M P-PO}_4^{3-}$), a partir dos dados originais obtidos nas diferentes campanhas.

P- PO_4^{3-} (μM)	BC-10	Frade	Pargo	Pampo	Espadarte	P37	Roncador	SS-06	P40
Superfície			0,12	0,09	0,08	0,43	0,07	0,07	0,05
100 m	0,098*	0,07*	0,48	0,39	0,36	x	0,18	0,31	0,07
200 m			X	x	x	x	4,90	x	5,30

X - dado não existente, em geral devido à profundidade local.

* - valores médios relativos a todas as profundidades contempladas nos estudos

NITROGÊNIO AMONIACAL

O nitrogênio amoniacal ($\text{N-NH}_3/\text{N-NH}_4^+$) é um gás incolor a temperatura e pressão ambiente (Who, 1986). Por ser lipossolúvel, a fração N-NH_3 é a espécie nitrogênio amoniacal tóxica aos peixes e outros organismos marinhos. A determinação dos níveis de nitrogênio amoniacal pode ser empregada para avaliar a contaminação das águas, uma vez que esse composto constitui um excelente indicador de poluição recente (Paranhos, 1996).

Como característica comum entre os estudos analisados, nenhum dos estudos para a região offshore apresentaram valores de amônia. Todos os estudos fazem referência que apesar de utilizar-se métodos analíticos com limites de detecção baixos, mesmo assim esse elemento não era indentificado nas amostras. Este padrão é usualmente relatado para esta região, onde poucos e esparsos valores são registrados e, em geral, são muito próximos do limite de detecção do método. Estes resultados estão de acordo como os trabalhos de PETROBRAS (1994), Andrade *et al.* (1999) e Niencheski *et al.* (1999) para a mesma região, onde a amônia em geral não é detectada. Isto pode indicar a mineralização do nitrogênio nesta região, e seu consumo pelos produtores primários.

Já os estudos costeiros apresentam valores para amônia como observado por CARVALHO (2000) onde os valores encontrados variam de 0,49 a 6,08 $\mu\text{mol/L}$ na campanha de verão com média de 1,19 $\mu\text{mol/L}$ e ficou na faixa de 0,62 a 4,96 $\mu\text{mol/L}$ na campanha de inverno, com média de 1,65 $\mu\text{mol/L}$. Dentro da mesma faixa GONZALEZ-RODRIGUEZ (1994) determinou as concentrações de

Amônia variando de 0,23 a 5,78 mmol/m³, de 0,31 a 6,52mmol/m³ e de 0,47 a 7,91mmol/m³.

NITRITO

O nitrito (N-NO₂⁻) ocorre como composto intermediário na água por ser menos estável durante a redução microbiana. Este composto pode ser excretado pelos organismos fitoplanctônicos durante períodos de abundante nutrição, porém altas concentrações no meio podem indicar poluição ambiental.

Nos resultados dos projetos compilados para o presente estudo (Tabela II.5.1.3-9), os valores observados para o nitrito estiveram entre não detectável (<0,02 µM) e 0,11 µM, e portanto na mesma faixa dos valores relatados por PETROBRAS (1994), Niencheski *et al.* (1999) e Andrade *et al.* (1999) para a mesma região.

Como observado em outras regiões do litoral brasileiro, o nitrito pode ser uma exceção ao padrão típico da distribuição oceânica estratificada dos nutrientes (Tabela II.5.1.3-9), com valores homogêneos nas diferentes profundidades.

Para a área localizada próxima ao Cabo de São Tomé, Andrade *et al.* (1999) relataram concentrações entre 0,04 e 0,37 µM, com valores crescentes em relação ao aumento da profundidade. Esse padrão sugere um aumento relativo nas atividades de mineralização e/ou incremento na assimilação nas profundidades mais rasas, onde a fotossíntese não é limitada pela luminosidade. Niencheski *et al.* (1999) descreveram concentrações de nitrito variando de não detectável a 3,00 µM como normais para regiões oceânicas.

CARVALHO (2000) apresentou valores de Nitrito variando de de 0,01 a 0,67µmol/L na campanha de verão com média de 0,19µmol/L e ficou na faixa de 0,00 a 0,68µmol/L na campanha de inverno, com média de 0,29µmol/L enquanto que MOSER (1997) apresenta valores que variam de de 0 a 2,66µM, sendo as maiores concentrações encontradas geralmente a meia água, entre 20 e 80m,

Como os valores de nitrito foram muito baixos em regiões oceânicas, e variando em uma faixa muito pequena (entre <0,02 e 0,15 M), os estudos consultados não apresentam mapas de isolinhas para este parâmetro.

Tabela II.5.1.3-9: Valores médios registrados para o nitrito ($\mu\text{M N-NO}_2^-$), a partir dos dados originais obtidos nas diferentes campanhas.

N-NO ₂ ⁻ (μM)	BC-10	Frade	Pargo	Pampo	Espadarte	P37	Roncador	SS-06	P40
Superfície			0,02	0,02	0,04	0,05	0,02	<0,02	0,04
100 m	0,26*	0,06*	0,04	0,05	0,06	x	0,11	0,15	0,10
200 m			X	x	x	x	0,05	x	0,06

X - dado não existente, em geral devido à profundidade local.

* - valores médios relativos a todas as profundidades contempladas nos estudos

NITRATO

O nitrato (N-NO_3^-) representa o produto final da oxidação dos compostos nitrogenados na água. Em muitas áreas marinhas, esse composto pode ser considerado como nutriente limitante da produção primária na zona eufótica. Suas concentrações são influenciadas pelo transporte advectivo nas camadas superiores, pela oxidação microbiana, pela captação através dos produtores primários e pelo aporte continental.

A distribuição espacial dos valores médios de nitrato foi muito semelhante à obtida para o ortofosfato (Tabela II.5.1.3-10), onde existe um núcleo de maior concentração no entorno das coordenadas 7.510.000N e 390.000E. Já na camada de fundo, foi observado o mesmo tipo de padrão espacial descrito anteriormente, ou seja, os maiores valores foram observados na parte oeste, pois nesta região as amostras foram obtidas próximas ao fundo. Nesta parte da Bacia de Campos e nestas isóbatas, os valores de nitrato indicam a influência da ACAS.

Os valores de nitrato organizados para o presente estudo indicaram, conforme esperado, o padrão típico de distribuição estratificada para os nutrientes nos oceanos. Os valores médios observados estiveram entre 0,17 e 7,17 μM , naturalmente com grande variabilidade. Os valores obtidos nas várias profundidades foram significativamente diferentes entre si ($p < 0,01$). Todos os valores de nitrato registrados nos diferentes estudos consultados estiveram nos mesmos níveis dos relatados por estudos anteriores na Bacia de Campos (PETROBRAS, 1994; Andrade *et al.*, 1999; Niencheski *et al.*, 1999). Como comumente é observado, o nitrato foi a forma química de nitrogênio inorgânico predominante na região.

Os estudos costeiros consultados corroboram tais afirmações apresentando valores semelhantes variando de 0,24 a 12,50 μM conforme observado por CARVALHO (2000)

Tabela II.5.1.10: Valores médios registrados para o nitrato ($\mu\text{M N-NO}_3^-$), a partir dos dados originais obtidos nas diferentes campanhas.

N-NO ₃ ⁻ (μM)	BC-10	Frade	Pargo	Pampo	Espadarte	P37	Roncador	SS-06	P40
Superfície			2,62	2,37	1,01	4,50	0,68	0,87	0,82
100 m	0,99*	1,52*	7,17	5,72	1,84	x	0,98	1,52	0,87
200 m			X	x	x	x	2,20	x	1,45

X - dado não existente, em geral devido à profundidade local.

* - valores médios relativos a todas as profundidades contempladas nos estudos

FÓSFORO TOTAL

Em relação ao fósforo total, os valores obtidos nas medições realizadas em diferentes estudos sempre são caracteristicamente maiores que os relatados anteriormente para o ortofosfato (Tabela II.5.1.-11). Todos estes resultados estão de acordo com os dados conhecidos para esta área do litoral brasileiro (PETROBRAS, 1994; Andrade *et al.*, 1999; Niencheski *et al.*, 1999). Quanto à distribuição espacial, foi observado um padrão ligeiramente diferente do apresentado pelo ortofosfato na camada de superfície, pois além do núcleo de maior concentração no entorno das coordenadas 7.510.000N e 390.000E, também foi verificado outro na parte sul da área de estudo. Na camada de 100 m de profundidade, os padrões espaciais das diferentes formas químicas de fósforo foram basicamente semelhantes, sendo os maiores valores observados na parte oeste, região mais rasa onde as amostras foram obtidas próximas ao fundo (desta forma com maiores concentrações de nutriente).

Tabela II.5.1.-11: Valores médios registrados para o fósforo total ($\mu\text{M P}$), a partir dos dados originais obtidos nas diferentes campanhas.

P total (μM)	BC-10	Frade	Pargo	Pampo	Espadarte	P37	Roncador	SS-06	P40
Superfície			0,25	0,27	0,32	0,64	0,57	0,63	0,61
100 m	1,04*	0,53*	0,65	0,55	0,71	x	0,58	0,54	0,41
200 m			X	x	X	x	0,80	x	0,50

x - dado não existente, em geral devido à profundidade local.

* - valores médios relativos a todas as profundidades contempladas nos estudos

Da mesma forma como descrito para o ortofosfato, o padrão de distribuição vertical observado também foi a estratificação típica dos nutrientes nos oceanos, mantendo-se a significativa diferença ($p < 0,01$) dos valores nas camadas ao longo do perfil na coluna d'água. Portanto, foi também caracterizada uma distribuição vertical estratificada tipicamente oceânica para os dados de fósforo total.

SILICATO

As formas químicas de silício nos oceanos encontram-se principalmente na espécie de íons silicatos. É um elemento extremamente importante para as diatomáceas, um dos grupos mais abundantes do fitoplâncton, representando um nutriente essencial para o desenvolvimento desses organismos. Andrade *et al.* (1999), analisando esse nutriente na área próxima ao Cabo de São Tomé, observaram valores que variaram entre não detectável e 20 μM e que diminuíram de acordo com o aumento da profundidade. Esses resultados estiveram coerentes com os valores estabelecidos por Niencheski *et al.* (1999) como sendo de valores normais de silicato em regiões oceânicas (na faixa entre não detectável e 30 μM).

As concentrações de silicato em águas de superfície são usualmente baixas, devido ao consumo pelo fitoplâncton, e podem aumentar com a profundidade e na direção de regiões costeiras. Para o silicato, foi observado o nítido padrão de distribuição típica de nutrientes em oceanos já descrito para esta região da costa brasileira (PETROBRAS, 1994; Andrade *et al.*, 1999; Niencheski *et al.*, 1999). Nos estudos, este tipo de padrão de estratificação foi característico para quase todos os nutrientes, e para o silicato, os valores médios apresentados na Tabela II.5.1.3-11 caracterizaram este padrão vertical e a diferença significativa ($p < 0,01$) entre os valores obtidos nas diferentes profundidades. Tal qual outros nutrientes, o silicato reativo apresentou grande variabilidade, e os valores médios registrados oscilaram entre 0,49 a 6,21 μM (Tabela II.5.1.3-12).

Considerando a distribuição espacial, os dados médios de silicato apresentaram o mesmo tipo de padrão descrito para os outros elementos nutrientes. Isto é identificado pelo núcleo de maior concentração na região da P-40 e P-37 na camada de superfície. Já no estrato de 100 m de profundidade, foi observado o mesmo padrão de maiores valores na área mais a oeste, que coincide com a região mais rasa da Baía.

Tabela II.5.1.3-12: Valores médios registrados para o silicato ($\mu\text{M Si-SiO}_2^-$), a partir dos dados originais obtidos nas diferentes campanhas.

Si-SiO ₂ ⁻ (μM)	BC-10	Frade	Pargo	Pampo	Espadarte	P-37	Roncador	SS-06	P40
Superfície			3,40	4,01	2,66	4,55	0,84	0,81	0,67
100 m	4,37*	2,55*	6,21	6,00	6,78	x	0,84	1,55	0,49
200 m			X	x	x	x	1,37	x	0,88

x dado não existente, em geral devido à profundidade local.

* - valores médios relativos a todas as profundidades contempladas nos estudos

OXIGÊNIO DISSOLVIDO

De uma forma geral, o padrão da Bacia de Campos em relação à oxigenação das águas se reflete nos valores habituais de regiões oceânicas oligotróficas. A maioria dos valores relatados na literatura indica níveis médios ou elevados de oxigênio. Segundo os estudos existentes, a maior parte dos valores de oxigênio oscila entre 3,0 e 6,0 mL.L⁻¹ (PETROBRAS, 1994; PETROBRAS, 2001a, b, c; Paranhos, 2002a, b, c – ver Tabela II.5.1.-13). Não existe nenhum padrão espacial claramente identificado para o oxigênio para a área de influência dos empreendimentos e os dados observados nas regiões costeiras são equivalentes aos resultados obtidos em locais mais afastados da costa, nas regiões de maiores profundidades. Outros dados relatados por Andrade et al. (1999) também indicam o mesmo padrão para a Bacia do Espírito Santo, mas lá pode ser verificada a influência dos rios, e com isto alguns valores mais baixos foram relatados nas regiões mais costeiras.

CARVALHO (2000) encontrou valores de Oxigênio Dissolvido para a área estudada entre 4,21 e 6,11mL/L no verão, com média de 5,13mL/L e valores entre 4,25 e 7,31mL/L na campanha de inverno, com média de 4,88mL/L.

Segundo a compilação feita por Niencheski *et al.* (1999), todos os valores dos estudos considerados estiveram dentro da faixa de variações esperadas para esse parâmetro abiótico, que foram estabelecidas como sendo de 1,00 a 7,00 mL.L⁻¹. Corroborando este padrão de homogeneidade e boa oxigenação, as médias relatadas para o percentual de saturação estão na faixa de 85 – 95%.

Tabela II.5.1.3-13 Valores médios registrados para o oxigênio dissolvido (mL.L⁻¹), a partir dos dados originais obtidos nas diferentes campanhas.

OD (mL.L ⁻¹)	BC-10	Frade	Pargo	Pampo	Espadarte	P-37	Roncador	SS-06	P40
Superfície			4,9	4,7	4,7	5,1	4,5	5,6	5,6
100 m	5,18*	4,73*	4,6	4,6	4,4	x	4,4	5,5	5,7
200 m			X	x	x	x	4,9	x	5,3

x dado não existente, em geral devido à profundidade local.

* - valores médios relativos a todas as profundidades contempladas nos estudos

Já em relação à distribuição temporal, não foi possível estabelecer claramente qualquer padrão de sazonalidade para os dados de oxigênio dissolvido. Quanto à distribuição vertical, em geral os estudos caracterizam que

as camadas superficiais são ligeiramente mais oxigenadas, e normalmente isto é atribuído à atividade biológica (i.e., produtividade primária). Desta forma, nestas camadas superficiais são esperados os maiores valores para o percentual de saturação do oxigênio, e este aspecto foi claramente observado para as plataformas de Pargo e Pampo em 1998 (Paranhos, 2001). Nas camadas superficiais também pode ser observada uma maior variabilidade nos valores do parâmetro, devido às trocas gasosas na interface ar-água e aos diversos fenômenos biológicos que ocorrem na superfície. Mas como pode ser observado nos dados resumidos na Tabela II.5.1.-13, os maiores valores são observados distribuídos aleatoriamente, tanto nas camadas superiores quanto nas águas mais profundas.

pH

Os valores de pH não devem apresentar grandes ou significativas variações no meio ambiente oceânico em função do forte tamponamento da água do mar. Em todas as diferentes campanhas oceanográficas analisadas para este estudo, os valores de pH não foram encontrados com grande variabilidade. Os menores valores obtidos foram na faixa de 7,70, enquanto os maiores estiveram um pouco acima de 8,25.

Não foi observado nenhum tipo de padrão espacial se consideradas as diferentes campanhas (Tabela II.5.1.3-14). Isto pode ser atribuído a pouca variabilidade natural do pH no meio oceânico e, mesmo, as variações devem ser observadas em uma escala temporal mais restrita do que a abordada pela compilação dos diferentes projetos de dados considerados neste estudo. Em função desta mínima variabilidade, não foram apresentados mapas de isolinhas para o parâmetro.

Tabela II.5.1.3-14: Valores médios registrados para o pH, a partir dos dados originais obtidos nas diferentes campanhas.

pH	BC-10	Frade	Pargo	Pampo	Espadarte	P-37	Roncador	SS-06	P40
Superfície			8,08	8,07	8,01	8,10	8,19	8,13	8,18
100 m	8,13*	8,14*	7,81	7,86	7,81	x	7,84	8,07	8,06
200 m			X	x	x	x	7,70	x	7,87

X - dado não existente, em geral devido à profundidade local.

* - valores médios relativos a todas as profundidades contempladas nos estudos

SULFETOS

Como o descrito para os fenóis, de todos os estudos consultados, apenas alguns poucos realizaram a análise de sulfetos, a saber, as campanhas no entorno da plataforma de SS-06 e da plataforma P-40. Em ambos estes casos, os valores medidos foram bastante baixos, oscilando entre valores não detectáveis ($<0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ – a grande maioria dos resultados) até um máximo de $1,60 \text{ mg.L}^{-1}$ em P-40 e um máximo de $2,80 \text{ mg.L}^{-1}$ em SS-06.

Em função deste panorama de resultados, não foram elaborados tabelas e mapas para esta variável, bem como não foi possível descrever qualquer padrão espacial ou sazonal.

CLOROFILA *a*

A determinação quantitativa da fração produtora dos meios aquáticos é de grande importância para o estudo e compreensão dos fenômenos ecológicos de tais sistemas. Essa avaliação, realizada através de métodos químicos constitui uma técnica simples, rápida e bastante eficiente para quantificação da biomassa fitoplanctônica. A clorofila *a* é o pigmento mais utilizado para essa finalidade devido a sua expressiva representatividade nas populações do fitoplâncton (UNESCO, 1980). A clorofila *a* pode representar a resposta biológica às condições ambientais, onde os valores observados geralmente refletem a oligotrofia da região oceânica em qualquer época do ano (Andrade *et al.*, 1999; Niencheski *et al.*, 1999).

Em CARVALHO (2000) a concentração de Clorofila *a* variou de 0,12 a 8,59mg/L na campanha de verão, com média de 1,03mg/L e ficou na faixa de 0,11 a 3,34mg/L na campanha de inverno, com média de 0,66mg/L. As amostras foram coletadas em uma estação fixa a 60m de profundidade.

Em estudo da distribuição da biomassa fitoplanctônica na Bacia de Campos (RJ) (MOSER, 1997), a concentração de Clorofila *a* variou entre 0 e 2,35mg/L, apresentando distribuição decrescente em direção ao fundo, e crescente em direção à costa. Os altos valores de Clorofila *a* associados aos baixos valores de Nitrito e a presença da ACAS (Água Central do Atlântico Sul) encontrados por MOSER (1997) sugerem que a ressurgência se encontrava em sua fase produtiva na campanha de verão; e na campanha de inverno, a concentração alta de Nitrito

associada aos baixos níveis de Clorofila a, com a presença da ACAS na superfície, sugerem que a ressurgência se encontrava em sua fase inicial. As estações localizadas em frente a Cabo Frio apresentaram valores elevados de Clorofila a (entre 10 e 25,5mg/L) e foi observado um aumento da biomassa fitoplanctônica em direção à costa e à superfície, no período do verão.

MOSER & GIANESELLA-GALVÃO (1996) encontraram concentrações de Clorofila a baixas para toda área, crescentes em direção à costa, apresentando valores entre 0,20 e 0,50mg/L.

VALENTIN (1974) em um ciclo anual de estudos de plâncton e de fenômenos biológicos ligados à presença da ressurgência de Cabo Frio, encontrou concentrações de Clorofila a entre <0,2 a 3,0mg/L, este último valor indicando uma proliferação algal, confirmada pelas contagens celulares.

SANTOS (2003) analisando a Clorofila através de espectrofotômetro, encontrou concentrações de Clorofila a, variando entre 0,10 e 4,67mg/L.

De uma forma geral, todos os estudos realizados na área de influência oceânica dos empreendimentos indicaram valores observados na faixa entre não detectável (por volta de $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$) até $0,50 \mu\text{g L}^{-1}$. Desta forma é comum o registro de grande variabilidade nos dados de clorofila a, muitas vezes com coeficientes de variação maiores que 50%. Nos estudos consultados, os maiores valores quase sempre foram registrados acima da termoclina (Tabela II.5.1.3-15). Como habitualmente registrado nesta região oceânica, os maiores valores de clorofila em geral não são observados na superfície (PETROBRAS, 1994; Andrade *et al.*, 1999; Niencheski *et al.*, 1999). Este padrão de estratificação é relatado em vários trabalhos (Bonecker *et al.*, 1992; PETROBRAS, 1994; Andrade *et al.*, 1999; Niencheski *et al.*, 1999; Bassani *et al.*, 1999), com os maiores valores observados nas camadas abaixo da superfície, podendo indicar uma estrutura de comunidades fitoplanctônicas com características notadamente oceânicas.

Cabe ressaltar a ausência de dados relacionados à clorofila a em profundidades maiores que 200 metros. A partir desta profundidade, a pouca ou nenhuma disponibilidade de luz limita o crescimento das populações fitoplanctônicas, e virtualmente não ratifica a existência de quantidades mensuráveis da clorofila a. Uma conjunção de fenômenos oceanográficos condiciona esta característica, discutida a seguir.

Tabela II.5.1.3-15: Valores médios registrados para a clorofila a ($\mu\text{g L}^{-1}$), a partir dos dados originais obtidos nas diferentes campanhas.

Clorofila a $\mu\text{g.L}^{-1}$	BC-10	Frade	Pargo	Pampo	Espadarte	P-37	Roncador	SS-06	P40
Superfície			0,35	0,29	0,42	0,19	0,08	0,07	0,09
100 m	0,10*	0,13*	0,13	0,03	0,17	x	0,07	0,18	0,23
200 m			x	x	x	x	<0,02	X	<0,02

x dado não existente, em geral devido à profundidade local.

* - valores médios relativos a todas as profundidades contempladas nos estudos

Esta região do estrato vertical (ou seja, este máximo sub superficial de clorofila), localizada por volta da termoclina, é uma interessante parte do ecossistema oceânico. Na camada superficial da coluna d'água existe uma grande abundância de luz, mas os processos biológicos são limitados pela escassa oferta de elementos nutrientes. Nas camadas próximas à superfície predomina a influência da Água Tropical da Corrente do Brasil, quente e oligotrófica, que determina a estrutura do ecossistema baseado em processos regenerativos. Os baixos valores para a taxa N/P observados nas amostras obtidas nas camadas superficiais estão de acordo com esta premissa. Já nas camadas mais profundas, estes elementos nutrientes são mais abundantes, mas sem reflexo direto no parâmetro, uma vez que isto ocorre abaixo da zona fótica e, logo, não acompanhado de fotossíntese.

Nesta parte do oceano Atlântico sudoeste, que engloba a Bacia de Campos, são conhecidos os processos de intrusão de águas profundas (ACAS), trazendo sua contribuição de águas frias e ricas em nutrientes. A junção destas diferentes características ocorre nas eventuais interfaces de contato entre esta massa d'água, muitas vezes provocadas por vórtices ciclônicos (Mascarenhas *et al.*, 1971; Campos *et al.*, 1995; Kampel *et al.*, 2000). Este tipo de cenário é bastante conhecido em oceanografia, tendo sido descrito por Dugdale (1967) para regiões tropicais e sub tropicais: uma região onde os nutrientes das camadas profundas são disponibilizados em regiões mais rasas, onde existe luminosidade o bastante para favorecer a fotossíntese, e conseqüentemente, a produtividade biológica. É, portanto, uma região onde luz e nutrientes se encontram em condições mais satisfatórias para a fotossíntese que nas camadas localizadas acima e abaixo na coluna d'água. Desta forma, nestes locais em geral são formados os denominados "máximos sub superficiais de clorofila", regiões responsáveis por

significativa parte da produtividade primária de toda a coluna d'água (PETROBRAS, 1994; Andrade *et al.*, 1999; Niencheski *et al.*, 1999)

Nestas regiões, a presença de vórtices favorece a ascensão da camada rica em nutrientes (proveniente da ACAS no fundo) com fertilização da zona eufótica (Campos *et al.*, 1995), e o conseqüente aumento da produtividade primária (Gaeta *et al.*, 1999). Já foi relatado que nesta área da costa, este processo substitui a produção regenerada típica das águas tropicais oligotróficas pela produção nova baseada no consumo do nitrato (Metzler *et al.*, 1997), formando verdadeiros "oásis" de produtividade no oceano. A profundidade destes máximos sub-superficiais de clorofila tende a aumentar nas áreas de maior profundidade local. Estas importantes regiões não são detectadas por técnicas remotas, como as imagens de clorofila de superfície geradas por satélites. Como podem ser uma das principais fontes de energia para o funcionamento do ecossistema oceânico desta região do oceano Atlântico Sudoeste justificam-se os esforços realizados no seu estudo.

II.5.1.3.3 – QUALIDADE DO SEDIMENTO

GRANULOMETRIA

As variações sedimentares que compõem o fundo marinho são resultantes de processos primários (geológicos e físicos) e de processos secundários (químicos e biológicos). Estas variações acontecem de forma espacial e temporal, em diferentes escalas. Desta forma, os tipos de grãos encontrados, seu selecionamento, teor de carbonato, diâmetro médio e outras características sedimentares são resultantes desses vários processos que agem de forma sinérgica, positivamente ou não.

BASTOS & SILVA (2000) e LANA *et al.* (1996) afirmam que na plataforma continental, ao Sul de Cabo Frio (RJ), as isóbatas se encontram bastante próximas atingindo rapidamente a isóbata de 140m, ocorrendo um alargamento da plataforma na direção Norte.

De acordo com ALVES & PONZI (1984), o sedimento ao longo da plataforma interna, entre Itabapoana (ES) e Cabo Frio (RJ), é predominantemente terrígeno representado por areias quartzosas com baixo teor de carbonatos, exceto à região ao largo de Itabapoana, onde predominam sedimentos carbonáticos e a

plataforma externa é caracterizada pela presença de sedimentos carbonáticos, compostos principalmente por algas calcárias nodulares e ramificadas.

No Programa REVIZEE – Score Sul/Bentos, foram analisados a granulometria e o teor de carbonatos (CaCO_3) em 22 estações situadas entre o Cabo de São Tomé (RJ) e a Baía de Ilha Grande (RJ). A metodologia empregada foi a descrita por FIGUEIREDO & TESSLER (1999) e nas estações onde não foi possível realizar a coleta foram utilizados mapas de distribuição granulométrica de FIGUEIREDO & MADUREIRA (1999).

Conforme indicam FIGUEIREDO & MADUREIRA (1999) e FIGUEIREDO & TESSLER (1999) na área sul de Cabo Frio (RJ), a partir de 100m de profundidade, há uma predominância de lamas, com áreas formadas por lamas arenosas ao longo do talude. Na plataforma média e interna ao Sul do Rio de Janeiro há a presença de areias finas e muito finas, sendo intercalado com areias grossas e cascalhos. Já, ao Norte do Rio de Janeiro são encontrados sedimentos de granulometria mais grosseira (Figura II.5.1.3-2 a seguir).

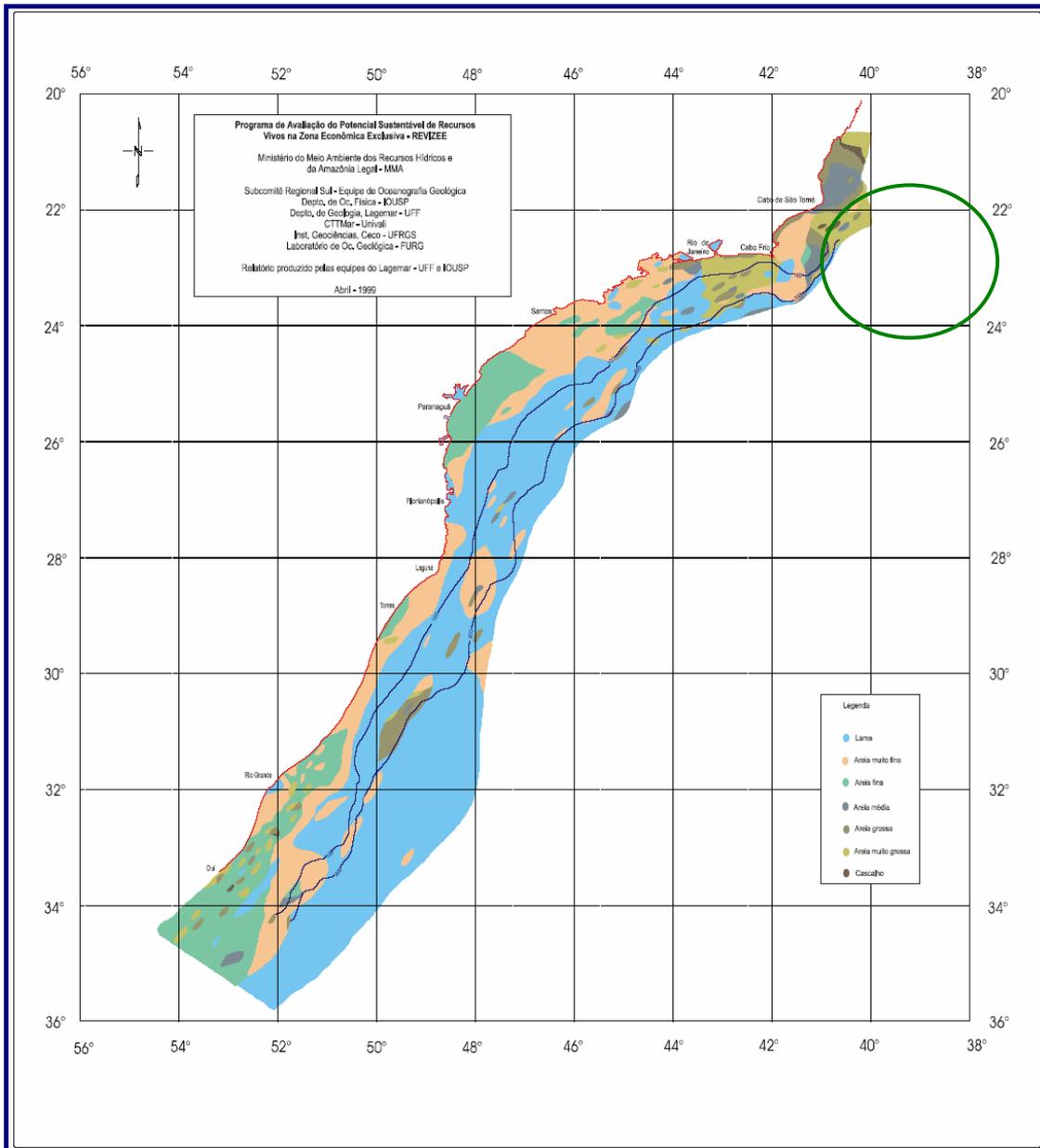


Figura II.5.1.3-2: Granulometria dos sedimentos na costa Sudeste do Brasil (adaptado de REVIZEE – SCORE SUL, 2003; a área de influência dos empreendimentos está circundada em verde) fonte: relatório REVIZEE e FIGUEIREDO & MADUREIRA (1999).

Segundo FIGUEIREDO & MADUREIRA (1999), ao longo da costa do Estado do Rio de Janeiro, a granulometria e a composição dos sedimentos são as mais heterogênicas em relação aos demais Estados do Sul do Brasil.

Em PETROBRAS (2001), os autores puderam observar tipos diferentes de sedimentos na área no entorno de cada uma das plataformas (Pampo e Pargo), sendo que a área da plataforma de Pargo apresentou um substrato composto por areia fina bem selecionada, e com teores de calcário variando entre 20 e 30%. Já

na área da plataforma de Pampo, o substrato é predominantemente consolidado, de origem biogênica, composto principalmente por concreções carbonáticas, formado por algas calcárias, com a presença de um canal alongado no sentido sudoeste-nordeste — canal este constituído por um sedimento lamoso, rico em carbonatos.

Os autores também ressaltam o fato de que os substratos carbonáticos duros, como aqueles existentes na região da plataforma de Pampo, não favorecem a deposição de material particulado e, portanto, não constituem local adequado para a avaliação dos impactos provenientes do lançamento de efluentes no meio marinho. A taxa de sedimentação na região da plataforma de Pampo foi de 0,8mm/ano, sendo este valor coerente com uma região de baixa deposição de sedimentos como a plataforma continental. Já, a taxa de sedimentação encontrada na região de Pargo, que foi de 2,8mm/ano, pareceu elevada e foi explicada pelos autores como sendo um possível reflexo de um maior aporte de material particulado de origem fluvial (Tabela II.5.1.3-16).

As províncias carbonáticas, com sedimentos contendo mais de 50% de carbonato de cálcio, foram encontradas nas plataformas média e externa ao Norte do Rio de Janeiro, conforme descrito por LANA et al. (1996).

A análise granulométrica, realizada no relatório final da caracterização de pré- operação e monitoramento pós- operação, incluídos no Programa de Monitoramento Ambiental da Área de Influência do Emissário de Cabiúnas, em PETROBRAS (2002), indicou que os sedimentos da região variaram entre areia grossa e silte. Os teores de carbonatos variaram entre não detectado e 8,4%.

Em SHELL (2001c) todas as estações de coleta de sedimento no entorno do poço depois da perfuração, apresentaram percentuais de areia, silte e argila praticamente constantes, com variação inferior a 4% (Tabela II.5.1.3-15). Segundo a classificação textural de SHEPARD, o sedimento foi classificado como lama.

Em SHELL (2001d) o sedimento caracterizou-se como composto prioritariamente por lama, em todas as estações de coleta de sedimento do poço depois da perfuração (Tabela II.5.1.3-16).

Nos monitoramentos realizados na região do Campo de Frade apresentados no Estudo de Impacto Ambiental do mesmo, todas as estações de coleta no

entorno dos poços de perfuração após sua perfuração (TEXACO, 2002a), caracterizaram-se como compostas por lama. Como a distância entre as estações e a diferença entre as profundidades são bastante reduzidas, não ocorreram diferenças granulométricas significativas entre estes pontos (Tabela II.5.1.3-16). A classificação dos grãos baseou-se nos percentuais do diagrama de Shepard.

Em TEXACO (2002b), no entorno dos outros poços, o sedimento também se caracterizou como composto prioritariamente por lama (Tabela II.5.1.3-16), a metodologia de análise foi a mesma utilizada em TEXACO (2002a).

Tabela II.5.1.3-16: Síntese dos dados disponíveis na área sobre a composição granulométrica (% de carbonatos, % de areis e % de lama) na área de influência da atividade

REFERÊNCIA	PERÍODO	TIPO	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	N	PROF.	DATA
PETROBRAS, 2001	Pampo - verão	carbonatos	2,84	77,67	51,29	19,16	8	100	jan/98
	Pampo - inverno	carbonatos	29,62	75,29	50,88	11,06	11	100	jul/98
	Pargo - verão	carbonatos	6,57	52,27	25,33	7,62	11	100	jan/98
	Pargo - inverno	carbonatos	14,02	55,61	26,56	7,32	11	100	jun/98
SHELL, 2001 c	depois da perfuração	areia	6,01	7,03	6,52	0,47	4	1600	jul/01
		silte	35,81	38,35	37,08	1,27			
		argila	54,62	58,06	56,34	1,70			
SHELL, 2001 d	depois da perfuração	areia	4,544	9,493	6,53	1,47	8	1600	ago/01
		lama	90,467	95,403	93,43	1,487			
TEXACO, 2002a		areia	9,49	18,57	13,23	3,80	10	1300	ago/01
		lama	81,62	90,48	86,76	3,71			
TEXACO, 2002b		areia	21,93	41,38	30,78	9,32	5	1300	ago/01
		lama	58,62	78,07	69,22	9,32			
TEXACO, 2002b		areia	27,5	52,26	40,21	10,47	4		
		lama	47,74	72,5	59,79	10,47			

METAIS

Em PETROBRAS (2001), as amostras de sedimento foram peneiradas, homogeneizadas em gral de porcelana e, em seguida, para a determinação dos seguintes metais: Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Pb, V, Ba, Sn, Ag e Al, foi feito procedimento químico de solubilização de amostras, que consistiu na mineralização de 1g (\pm 0,100g) de sedimento seco em presença de uma mistura ácida (10ml de HF e 5ml de HNO₃ concentrados), em bomba de teflon a 110°C durante 18 horas. As soluções foram então transferidas para cadinhos de teflon,

para evaporação total da mistura ácida em banho de areia, sendo o resíduo retomado em HNO₃ 0,5N (volume final de 20ml). Em muitos casos, o procedimento de solubilização das amostras com a mistura de HF e HNO₃, era repetido até a completa solubilização da amostra. As determinações das concentrações de metais pesados foram realizadas por ICP-AES Varian (Liberty Series II), seguindo-se a cada intervalo de 30 determinações a recalibração do equipamento. Esta metodologia para a determinação da concentração total vem sendo amplamente utilizada por vários autores (CARVALHO, 1997; KERSTEN & FÖRSTNER, 1989; RANTALLA & LORING, 1987; FARMER & GIBSON; 1981).

As determinações das concentrações de metais pesados foram realizadas por ICP-AES Varian (Liberty Series II), seguindo-se a cada intervalo de 30 determinações a recalibração do equipamento. Esta metodologia para a determinação da concentração total vem sendo amplamente utilizada por vários autores (CARVALHO, 1997; KERSTEN & FÖRSTNER, 1989; RANTALLA & LORING, 1987; FARMER & GIBSON; 1981).

Os sedimentos para determinação de Hg foram secos em estufa a 50°C até atingir peso constante. Duplicatas de cada amostra de sedimento seco, aproximadamente 1,0g ($\pm 0,100g$), foram digeridas em água régia 50% em banho-maria e colocadas em um sistema de refluxo fechado, mantidas por duas horas a 40°C. Do extrato ácido foram retirados 2mL, adicionados 2mL de SnCl₂ para redução do Hg presente na amostra e geração de vapor de Hg. O vapor foi carregado por um fluxo de ar puro, isento de Hg, e as concentrações determinadas por absorção atômica Bacharach Modelo 2.500 (GONÇALVES, 1999).

Na plataforma de Pargo apenas as concentrações de Bário foram ligeiramente elevadas em ambas as campanhas. Não foram observadas diferenças significativas nas concentrações de metais, medidas em função do distanciamento das plataformas. Ainda, referente à plataforma de Pargo, foi observado um aumento de Cr, Fe e Hg nas estações mais distantes, sugerindo, portanto a participação de uma fonte continental; já os maiores valores de Cu, Zn e Ba nas estações mais próximas à plataforma foram associados a descartes relacionados a atividade. Com relação à plataforma de Pampo, a distribuição dos metais foi influenciada pela distância entre as estações, pela deposição preferencial na direção SO e pela influência do fundo carbonático, alguns

elementos mostraram-se com valores acima da literatura, como Al, Fe, Ba, Cr, Cu, Zn e Sn (Tabelas II.5.1.3-17 e II.5.1.3-18).

TOLDO JR et al. (2004) avaliaram os níveis de metais na Bacia de Campos em 54 estações e três campanhas, em uma profundidade média de 900 m, antes da perfuração, um mês após a perfuração e doze meses após a perfuração (Projeto MAPEM). A metodologia de análise utilizada para detectar Ba, Fe, Pb, Cr, Cu, Zn, Ni, Hg e V, foi ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry), e para determinar Cd foi utilizado o método GFAAS (Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry). O metal Mercúrio não foi detectado, ficando abaixo do limite de detecção ($0,07\mu\text{M/g}$) em todas as campanhas. Bário foi o único metal que apresentou um aumento, provavelmente devido à utilização de Barita no processo de perfuração. Cr, Cu e Cd apresentaram comportamentos semelhantes, aumentando na segunda campanha e diminuindo na terceira campanha. Pb, Zn e Ni, tiveram variações muito pequenas, havendo um decréscimo das concentrações de Zn e Ni nas amostras da terceira campanha, em relação à segunda campanha (Tabelas II.5.1.3-17 e II.5.1.3-18).

Nas campanhas de monitoramento realizadas pela Shell apresentadas no EIA/RIMA do Bloco BC-10 que ocorreram durante as suas atividades de perfuração entre 2000 e 2001, apresentaram as concentrações de bário entre 69,72 e 124 mg/kg, ferro entre 1,54 e 2,64 mg/kg, chumbo entre 7,03 e 34,25 mg/kg, cromo entre 31,17 e 37,76, zinco entre 33,19 mg/kg, níquel 17,00 e 32,14, cádmio 1,97 e 10,00, mercúrio entre 0,08 e 4,20 mg/kg e vanádio 17,82 e 49,00 mg/kg.

Em TEXACO (2002a), as concentrações de metais-traço, referem-se às amostras úmidas, assim como chegaram ao laboratório, pois geralmente, o peso perdido na secagem de amostras a 110°C , é de cerca de 50% em amostras de sedimento de fundo marinho. Assim, em base seca, os teores mencionados são mais altos cerca de duas vezes. O método utilizado para a determinação da concentração dos metais foi a espectrometria de massas acoplada a plasma (ICP-MS), conforme o protocolo USEPA-600/R-94/111 (Determination of Trace Metals Inaters Andastes) e CLESCERI et al. (1998). As concentrações de Bário variaram de 33,86 a 161,15mg/kg; Chumbo variou de 24,10 a 38,77mg/kg; Cromo variou de 23,27 a 33,21mg/kg; Cobre variou de 10,68 a 30,09mg/kg; Cádmio

variou de 1,91 a 2,56mg/kg; Mercúrio variou de <0,05 a 0,44mg/kg; Manganês variou de 524,83 a 1228,75mg/kg; Níquel variou de 17,12 a 19,91; Vanádio variou de 19,03 a 51,37; e Zinco que variou de 48,37 a 129,96mg/kg (Tabelas II.5.1.3-17 e II.5.1.3-18).

TEXACO (2002b) também se refere às amostras úmidas, sendo que a metodologia de análise usada foi a mesma de TEXACO (2002a), tendo sido reportadas concentrações de Bário variando de 38,12 a 91,58mg/kg; Chumbo variando de 17,27 a 53,57mg/kg; Cromo variando de 19,01, a 29,34mg/kg; Cobre variando de 6,22 a 261,32mg/kg; Cádmio variando de 1,86 a 3,86mg/kg; Mercúrio variando de <0,05 a 0,39mg/kg; Manganês variando de 197,03 a 621,06mg/kg; Níquel variando de 13,90 a 20,00 mg/kg; Vanádio variando de 5,35 a 52,39 mg/kg; e Zinco variando de 29,85 a 1308,50mg/kg (Tabelas II.5.1.3-17 e II.5.1.3813 a seguir).

Tabela II.5.1.3-17: Síntese dos dados disponíveis na sobre as concentrações de metais na área de influência da atividade (metais Ba, Fe, Pb, Cr, Cu e As).

REFERÊNCIA	ÁREA - PERÍODO	METAIS (µg/kg)							N	PROF. (m)	DATA	
		BÁRIO	FERRO	CHUMBO	CROMO	COBRE	ARSÊNIO					
PETROBRAS, 2001	Pampo - verão	Mínimo	67,00	4,71	3,92	11,10	4,80	NA	8	100	jan/98	
		Máximo	402,00	7,29	18,60	18,60	9,39	NA				
		Média	220,38	5,83	7,33	14,01	6,43	-				
	Pampo - inverno	Desvio-p	120,87	0,84	4,48	2,55	1,59	-	11	100	jul/98	
		Mínimo	76,20	4,59	10,90	9,85	3,92	NA				
		Máximo	310,00	6,52	7,58	16,70	7,71	NA				
	Pargo - verão	Média	146,65	5,98	5,48	13,58	5,95	-	11	100	jan/98	
		Desvio-p	72,14	1,63	1,96	3,86	1,96	-				
		Mínimo	106,00	5,69	3,50	13,10	2,39	NA				
	Pargo - inverno	Máximo	328,00	5,94	11,90	20,40	5,91	NA	11	100	jun/98	
		Média	194,18	7,54	6,17	16,86	3,65	-				
		Desvio-p	67,29	1,06	2,36	2,38	1,02	-				
	TEXACO, 2002a	xxx	Mínimo	70,40	4,43	3,67	9,36	1,86	NA	10	1300	ago/01
			Máximo	260,00	9,18	8,54	18,30	7,06	NA			
			Média	136,00	6,30	4,91	13,04	3,11	-			
xxx		Desvio-p	64,00	1,48	1,54	3,16	1,51	-	5	1300	ago/01	
		Mínimo	33,86	NA	24,10	23,27	10,68	<2,50				
		Máximo	161,15	NA	38,77	33,21	30,09	<2,50				
xxx		Média	102,35	-	32,25	27,82	15,64	-	4	1300	ago/01	
		Desvio-p	45,80	-	4,89	4,29	7,32	-				
		Mínimo	38,12	NA	17,44	19,01	6,22	<2,50				
xxx		Máximo	76,84	NA	53,57	27,84	261,32	<2,50	4	1300	ago/01	
		Média	50,93	-	30,15	22,36	75,32	-				
		Desvio-p	15,79	-	14,50	3,50	108,64	-				
xxx		Mínimo	42,24	NA	17,27	20,92	8,39	-	4	1300	ago/01	
		Máximo	91,58	NA	25,44	29,34	57,25	<2,50				
		Média	73,25	-	20,59	24,71	24,30	-				
xxx	Desvio-p	23,39	-	3,55	3,93	22,67	-					

REFERÊNCIA	ÁREA - PERÍODO		METAIS (µg/kg)					N	PROF. (m)	DATA
			BÁRIO	FERRO	CHUMBO	CROMO	COBRE			
SHELL, 2000 (ppb)	antes da perfuração	Mínimo	<7,00	<2,00	8,11	-	14,00	8	1600	set/00
		Máximo	<7,00	<2,00	9,85	-	18,00			
		Média	0,00	0,00	8,85	-	16,50			
SHELL, 2001c	depois da perfuração	Mínimo	<7,00	<2,00	7,03	-	17,00	4	1600	jul/01
		Máximo	<7,00	<2,00	8,70	-	19,00			
		Média	0,00	0,00	7,88	-	17,75			
(Fe em g/100g)	depois da perfuração	Mínimo	69,72	1,73	25,95	-	15,52	8	1600	ago/01
		Máximo	78,38	2,31	34,25	-	20,28			
		Média	53,50	2,00	29,86	-	17,82			
SHELL, 2001d (Fe em g/100g)	antes da perfuração	Mínimo	91,48	1,54	16,81	-	11,67	8	1600	jul/01
		Máximo	124,61	2,15	28,90	-	27,38			
		Média	104,24	1,82	21,75	-	15,53			
TOLDO JR et al., 2004	depois da perfuração	Mínimo	69,74	2,14	22,66	31,17	14,62	54	900	jul/01
		Máximo	103,86	2,64	27,17	37,76	17,85			
		Média	87,81	2,32	25,09	32,96	16,08			
TOLDO JR et al., 2004	um mês após a perfura- ção	Mínimo	228,00	1,88	14,70	35,70	13,30	54	900	jun/02
		Máximo	4545,00	5,46	34,60	79,40	26,90			
		Média	670,40	3,03	21,97	64,26	19,78			
TOLDO JR et al., 2004	doze meses após a perfura- ção	Desvio-p	764,40	0,85	3,79	7,88	3,28	54	900	abr/01
		Mínimo	162,00	2,08	17,40	44,80	12,60			
		Máximo	4610,00	4,45	34,50	74,60	24,80			
TOLDO JR et al., 2004	antes da perfuração	Média	754,40	3,11	21,90	60,95	17,31	54	900	abr/01
		Desvio-p	853,90	0,52	3,31	6,16	2,56			
		Mínimo	135,00	2,16	17,10	40,10	13,00			
TOLDO JR et al., 2004	antes da perfuração	Máximo	282,00	4,09	35,50	73,90	19,90	54	900	abr/01
		Média	207,40	3,19	21,46	57,18	16,91			
		Desvio-p	36,50	0,44	2,69	8,23	1,28			

xxx – dado não disponibilizado

Tabela II.5.1.3-18: Síntese dos dados disponíveis na literatura sobre as concentrações de metais na área de influência da atividade (metais Cd, Hg, Mn, Ni, V e Zn).

REFERÊNCIA	ÁREA - PERÍODO		METAIS (µg/kg)					N	PROF (M)	DATA	
			Cádmio	Mercúrio	Manganês	Níquel	Vanádio				Zinco
TEXACO, 2002a	xxx	Mínimo	1,91	< 0,05	524,83	17,12	19,03	48,37	10	1300	ago/ 01
		Máximo	2,56	0,44	1228,75	19,91	51,37	129,96			
		Média	2,30	0,23	905,85	18,84	31,92	76,04			
TEXACO, 2002b	xxx	Desvio-p	0,26	0,16	270,54	1,03	11,61	30,74	5	1300	ago/ 01
		Mínimo	1,88	<0,05	197,03	13,90	5,35	29,85			
		Máximo	2,60	0,39	621,06	20,00	52,39	1308,50			
TEXACO, 2002b	xxx	Média	2,29	0,36	340,73	16,02	38,35	530,94	4	1300	ago/ 01
		Desvio-p	0,30	0,03	190,47	2,54	20,12	627,91			
		Mínimo	1,86	<0,05	268,62	15,20	8,16	34,63			
TEXACO, 2002b	xxx	Máximo	3,86	0,34	318,19	23,89	22,94	241,34	4	1300	ago/ 01
		Média	2,50	0,21	289,06	19,87	16,09	98,13			
		Desvio-p	0,92	0,12	20,88	4,17	6,07	96,21			

REFERÊNCIA	PERÍODO		METAIS (µg/kg)					N	PROF (M)	DATA
			Zinco	Níquel	Cádmio	Mercúrio	Vanádio			
SHELL, 2000 (ppb)	antes da perfuração	Mínimo	35,00	17,00	0,10	-	40,00	8	1600	set/00
		Máximo	45,00	19,00	0,17	-	49,00			
		Média	39,75	18,00	0,12	-	44,63			
	depois da perfuração	Mínimo	41,00	20,00	0,07	-	38,00			out/00
		Máximo	47,00	29,00	0,15	-	47,00			
		Média	43,50	21,75	0,11	-	40,88			
SHELL, 2001c	depois da perfuração	Mínimo	35,32	24,94	2,84	-	22,37	4	1600	jul/01
		Máximo	43,64	32,14	10,00	-	27,33			
		Média	40,32	28,26	4,29	-	25,48			
SHELL, 2001d	antes da perfuração	Mínimo	33,19	18,08	2,27	0,08	17,82	8	1600	jul/01
		Máximo	48,96	30,61	4,20	0,26	25,71			
		Média	40,84	24,39	2,92	0,13	23,07			
	depois da perfuração	Mínimo	51,95	17,81	1,97	1,28	27,15			ago/01
		Máximo	58,84	31,86	2,13	4,20	32,14			
		Média	53,71	27,11	2,06	1,93	29,07			

XXX – dado não disponibilizado

HIDROCARBONETOS

A análise de cromatografia gasosa (CG) e a de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), de extratos orgânicos de amostras de água e sedimento, permitem identificar, caracterizar, diferenciar e quantificar os vários tipos de hidrocarbonetos utilizados na avaliação ambiental. Sob tal aspecto, torna-se imperativo separar os hidrocarbonetos de origem antrópica (termogênica) dos biogênicos. Entre os hidrocarbonetos mais estudados, podem ser destacados os hidrocarbonetos alifáticos (ex. n-alcanos, isoprenóides e cicloalcanos) e os aromáticos (ex. naftalenos, benzenos, fenantrenos, etc.).

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

Em PETROBRAS (2001), as análises de hidrocarbonetos poliaromáticos (HPA), realizadas por fluorescência de ultravioleta nos extratos de sedimentos

marinhos coletados, em equivalentes de crisenos, no entorno da plataforma de Pargo indicaram valores na faixa de 3,5 a 53,4 $\mu\text{g/g}$, para a campanha de verão e de 2,2 a 34,8 $\mu\text{g/g}$, para a campanha de inverno do ano de 1998. Quanto aos sedimentos das proximidades de Pampo, foram verificados resultados na faixa de 5,6 a 62,2 $\mu\text{g/g}$ para a campanha de verão de 1998 e de 4,3 a 49,6 $\mu\text{g/g}$ para a campanha de inverno de 1998. Já, as concentrações obtidas por CG-EM no sedimento do entorno da plataforma de Pargo apresentaram a soma dos HPA na faixa de 60 a 2095 ng/g . Para os sedimentos de Pampo, a soma dos HPA individuais se encontrou na faixa de 61 a 207 ng/g . Foram observadas diferenças de duas a três ordens de grandezas inferiores para os resultados de CG-EM, quando comparados com as concentrações de HPA encontradas através da metodologia fluorescência de UV, o que já seria esperado, uma vez que a metodologia de fluorescência mede o total de HPA, e certamente outros compostos que fluorescem no comprimento de onda estudado, que estão somados aos HPA. As concentrações de HPA por CG-EM dos sedimentos foram inferiores aos níveis citados como causadores de efeito biológico (4000 ng/g) (LONG & MORGAN, 1990).

Os resultados dos n-alcanos, dos isoprenóides e da mistura complexa não resolvida (MCNR) para a Plataforma de Pargo ficaram na faixa de 906 a 2241 ng/g e para a MCNR, na faixa de 10 a 60 $\mu\text{g/g}$. Para a Plataforma de Pampo estes mesmos parâmetros foram de 742 a 2366 ng/g e de 9 a 72 $\mu\text{g/g}$, respectivamente. Também em relação ao sedimento, as concentrações mais elevadas de hidrocarbonetos foram observadas nas estações próximas às plataformas, até um raio de 1.500m, sendo estes hidrocarbonetos de origem petrogênica.

As faixas de concentração de n-alcanos, MCNR (mistura complexa não-resolvida) e HPA (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos) para as duas plataformas estudadas foram similares, sendo em alguns casos inferiores às concentrações reportadas na literatura para ambientes próximos às plataformas de produção de petróleo (Tabela II.5.1.3-19).

Em PETROBRAS (2002) as análises de hidrocarbonetos poliaromáticos (HPA) por fluorescência de ultravioleta, realizadas nos sedimentos coletados na região costeira adjacente ao emissário de Cabiúnas, indicaram grande variabilidade natural entre as amostragens feitas em janeiro e março (verão) e

julho (inverno) de 1998. As concentrações de HPA por fluorescência de ultravioleta na campanha de janeiro ficaram entre 0,25 a 4,25µg/g, na campanha de março ficaram entre 0,81 a 14,73µg/g, e na campanha de julho de 1998 ficaram na faixa de 0,04 a 2,01µg/g. De todas as 29 amostras coletadas, apenas uma estação apresentou concentração acima de 10µg/g, mostrando níveis típicos de ambientes costeiros.

As concentrações obtidas por CG-EM, que é a técnica mais adequada para a determinação de HPA ficou na faixa de 8,3 a 310,4ng/g, níveis estes considerados de ambientes não impactados. Os resultados para n-alcenos foram de 371 a 4.449ng/g e para a mistura complexa não-resolvida (MCNR) foi na faixa de 3 a 26µg/g. No geral, as amostras de sedimentos apresentaram baixas concentrações de hidrocarbonetos provenientes do petróleo; entretanto, em todas as amostras foram observadas evidências da introdução destes compostos na área de estudo. As concentrações mais elevadas situaram-se dentro dos níveis para ambientes costeiros sujeitos à influência antrópica. Outro fator pode ter contribuído para esta variação, a lâmina d'água do estudo foi em média de 20 m, o que contribui para a modificação do assoalho marinho em função de ventos e correntes (Tabela II.5.1.3-19).

TOLDO JR et al. (2004) analisaram por CG/EM as concentrações de HPA e TPH por cromatografia capilar de alta resolução, e encontraram concentrações variando de 2,02 a 223,83ppb para HPA e de 0,11 a 23,72ppm de TPH, nas três campanhas realizadas. Níveis estes muito baixos e com variação não significativa. HPA teve uma distribuição homogênea, e não ocorreu aumento deste composto devido à presença de fluido de perfuração, comparando as estações de referência com as estações até 500m do poço (Tabela II.5.1.3-19)..

Nas campanhas de monitoramento realizadas pela Shell apresentadas no EIA do Bloco BC-10 as concentrações apresentaram valores de TPH entre 4,90 e 9847,0 ppb e de HPA entre 0,45 e 10511,0 ppb. Sendo os maiores valores de TPH encontrados em SHELL (2001c) depois da perfuração e concentrações maiores de HPA em SHELL (2000).

Em TEXACO (2002a), todas as amostras de sedimentos foram submetidas à extração e analisadas em seu teor de hidrocarbonetos poliaromáticos de acordo com o Standard Operating Procedures da USEPA. Para análise de TPAH, foram

adicionadas à amostra 10 g de uma solução descrita no protocolo USEPA 8270B. As concentrações de TPH variaram de 180,70 a 594,30ppb e PAH não foi detectado em nenhuma amostra (Tabela II.5.1.3-14). A metodologia de análise utilizada em TEXACO (2002b) foi a mesma de TEXACO (2002a), o TPH apresentou variações entre 3.460 e 4.699ppb e HPA entre 4,12 e 14,16ppb (Tabela II.5.1.3-19).

Em CHEVRON (2005), a análise de TPH foi realizada por meio de gravimetria e cromatografia gasosa com detector de ionização de chama. Para quantificar os HPAs neste estudo foi utilizada uma técnica que envolveu cromatografia gasosa e detecção por espectrometria de massa no modo de monitoramento de íon selecionado. O TPH variou de 0,50 a 32,50 $\mu\text{g/g}$ e o PAH variou de 12,90 a 176,00ng/g (Tabela II.5.1.3-19). A Figura II.5.1.3-3 apresenta gráficos da variação das concentrações de HPA e TPH, de acordo com a profundidade local.

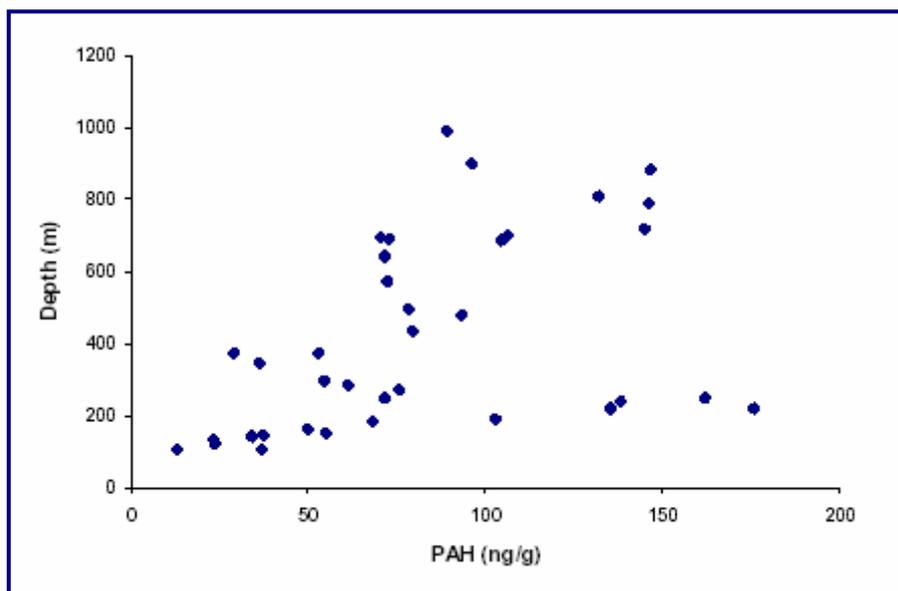


Figura II.5.1.3-3a: Relação entre os teores de HPA(ng/g) e TPH($\mu\text{g/g}$) e profundidade (m). (ng/g= $\mu\text{g/kg}$ =ppb; $\mu\text{g/g}$ =mg/kg=ppm).

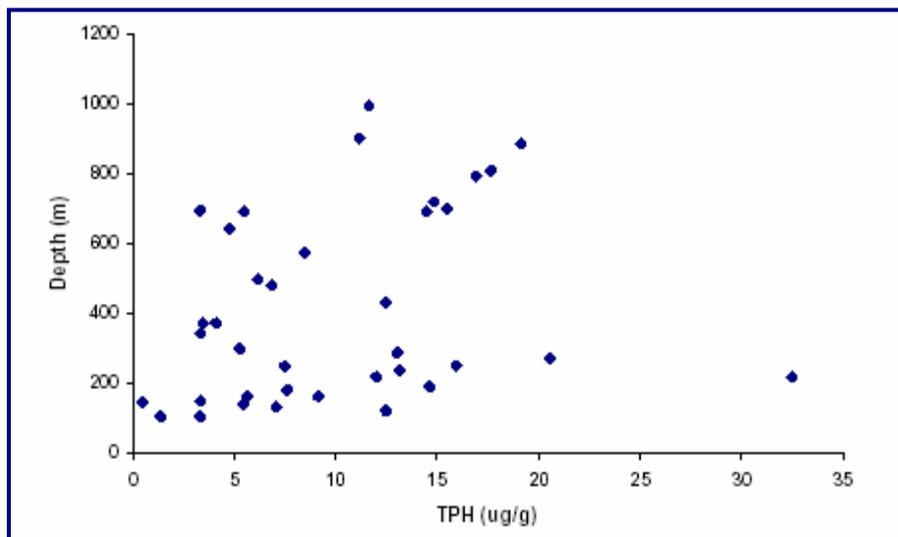


Figura II.5.1.3-3b: Relação entre os teores de HPA(ng/g) e TPH(µg/g) e profundidade (m). (ng/g=µg/kg=ppb; µg/g=mg/kg=ppm).

Tabela II.5.1.3-19: Síntese dos dados disponíveis na literatura e dados sobre as concentrações de TPH e HPA, na área de influência da atividade. (ng/g=µg/kg=ppb; µg/g=mg/kg=ppm)

REFERÊNCIA	PERÍODO	TPH	HPA	N	PROF. (M)	DATA	
PETROBRAS, 2001	Pampo – verão (µg/g)	Mínimo	–	3,50	8	100	jan/98
		Máximo	–	53,40			
		Média	–	15,00			
		Desvio-p	–	13,72			
	Pampo - inverno (µg/g) UV	Mínimo	–	2,20	11	100	jul/98
		Máximo	–	34,80			
		Média	–	16,85			
		Desvio-p	–	11,39			
	Pargo – verão (µg/g)	Mínimo	–	5,60	11	100	jan/98
		Máximo	–	62,20			
		Média	–	19,89			
		Desvio-p	–	19,65			
Pargo - inverno HPA (µg/g) UV	Mínimo	–	4,30	11	100	jun/98	
	Máximo	–	49,60				
	Média	–	16,10				
	Desvio-p	–	13,39				
PETROBRAS, 2002 (plataforma P40)	verão - HPA (µg/g) UV	Mínimo	–	0,25	11	100	jan/98
		Máximo	–	4,25			
		Média	–	1,88			
	outono - HPA (µg/g) UV	Desvio-p	–	1,52	15	mai/20	mar/98
		Mínimo	–	0,81			
		Máximo	–	14,73			
	inverno - HPA (µg/g) UV	Média	–	3,88	14	100	ago/98
		Desvio-p	–	3,99			
		Mínimo	–	0,04			
		Máximo	–	2,01			
		Desvio-p	–	0,61			

REFERÊNCIA	PERÍODO	TPH	HPA	N	PROF. (M)	DATA		
TOLDO JR <i>et al.</i> , 2004	antes da perfuração (<500m) TPH	Mínimo	0,11	14,86	48	900		
	(ppm) HPA	Máximo	5,47	202,91				
	(ppb)	Média	1,78	89,45				
	Desvio-p		1,09	50,11				
	antes da perfuração (<500m) TPH	Mínimo	0,50	38,43	6			
	(ppm) HPA	Máximo	1,85	104,39				
	(ppb)	Média	1,41	79,21				
	um mês após a perfuração (<500m) TPH	Mínimo	0,64	11,84	48			
	(ppm) HPA	Máximo	14,78	223,83				
	(ppb)	Média	3,43	96,27				
	Desvio-p		3,45	51,37				
	TOLDO JR <i>et al.</i> , 2004	um mês após a perfuração (2500m) TPH	Mínimo	0,34	64,85		6	jul/01
(ppm) HPA		Máximo	1,37	160,06				
(ppb)		Média	0,93	114,08				
doze meses após a perfuração (<500m) TPH		Mínimo	0,25	2,02	48			
(ppm) HPA		Máximo	23,72	71,07				
(ppb)		Média	2,79	37,53				
Desvio-p			4,30	16,23				
TOLDO JR <i>et al.</i> , 2004		doze meses após a perfuração (2500m) TPH	Mínimo	0,25	27,48	6	jun/02	
		(ppm) HPA	Máximo	0,72	75,78			
		(ppb)	Média	0,41	47,71			
		antes da perfuração	Mínimo	4,90	2936,8	8		
		(ppb)	Máximo	19,50	6339,10			
	Média		13,20	4098,86				
SHELL, 2000 (ppb)	depois da perfuração	Mínimo	7,40	2665,90	8	1600		
	(ppb)	Máximo	31,60	10511,00				
	Média		14,41	5539,00				
SHELL, 2001c (ppb)	depois da perfuração	Mínimo	3704,00	25,26	4	1600		
	(ppb)	Máximo	9847,00	36,58				
	Média		5413,60	29,52				
SHELL, 2001d (ppb)	antes da perfuração	Mínimo	1479,00	1,70	8	1600		
	(ppb)	Máximo	2218,00	4,06				
	Média		1824,38	2,63				
	depois da perfuração	Mínimo	501,00	0,45	8			
	(ppb)	Máximo	2430,00	1,30				
	Média		1084,00	0,74				
TEXACO, 2002a	antes da perfuração	Mínimo	180,70	0,00	10	1300		
	(ppb)	Máximo	594,30	0,00				
	Média		376,80	0,00				
TEXACO, 2002b	antes da perfuração	Mínimo	3460,00	4,12	5	1300		
	(ppb)	Máximo	4699,00	14,16				
	Média		4117,00	6,78				
TEXACO, 2002b	depois da perfuração	Mínimo	2493,00	1,29	4	1300		
	(ppb)	Máximo	7985,00	4,35				
	Média		4727,00	3,03				

REFERÊNCIA	PERÍODO	TPH	HPA	N	PROF. (M)	DATA
CHEVRON, 2005 TPH($\mu\text{g/g}$) - PAH (ng/g)	Mínimo	0,50	12,90	37	1300	jun/05
	Máximo	32,50	176,00			
	Média	10,00	80,95			

CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT)

Os valores de carbono orgânico total (COT) observados nas amostras de sedimento de fundo aos 100 m de distância do local de perfuração do poço 1-SHEL-1-ESS apresentaram valores entre 0,56 e 0,75% (SHELL, 2006).

Tabela II.5.1.3-20: Resultados de carbono orgânico total (COT) encontrados em SHELL (2000)

REFERÊNCIA	PERÍODO	COT (%)	N	PROF. (m)	DATA
SHELL, 2000	antes da perfuração	Mínimo	8	1600	set/00
		Máximo			
		Média			
	depois da perfuração	Mínimo	8	1600	out/00
		Máximo			
		Média			

CARBONO, NITROGÊNIO, FÓSFORO E MATÉRIA ORGÂNICA

A maior produtividade das águas costeiras e o conseqüente fluxo de matéria orgânica para o sedimento, originados pela excreção ou morte dos organismos planctônicos ou via aporte continental, promovem alterações no fluxo de matéria orgânica para o sedimento. Deste modo, as áreas costeiras freqüentemente apresentam maiores concentrações dos teores de matéria orgânica no sedimento. Esta influência dos organismos planctônicos agindo como reguladores de matéria orgânica no sedimento foi observada por PIRES-VANIN et al. (1993) na plataforma continental do Atlântico Sul.

PETROBRAS (2001) apresentou uma análise quantitativa da matéria orgânica presente nos sedimentos marinhos do entorno de Pampo e Pargo. Os resultados não indicaram alterações significativas em termos de carbono, nitrogênio e fósforo. Por outro lado, a distribuição da razão C:N da matéria orgânica indicou uma tendência de aumento em direção às estações localizadas

próximo à plataforma. As razões C:P e N:P se apresentaram dentro dos valores esperados para ambientes marinhos oceânicos não-sujeitos às influências antropogênicas (Tabela II.5.1.3-21). A metodologia de análise as amostras de sedimento foram feitas através da eliminação do carbono inorgânico, que foi feita com ácido clorídrico, controlando o pH (em torno de 2,0) para evitar perdas da fração mais solúvel da matéria orgânica (FROELICH, 1980). O ácido foi adicionado até o pH estabilizar, caracterizando o fim da reação. Em seguida, as amostras foram novamente secas, trituradas e estocadas para análise da composição elementar da matéria orgânica (Carbono Orgânico, Nitrogênio Total e Fósforo Orgânico). O Carbono Orgânico (Corg) e o Nitrogênio Total (N total) foram determinados pelo método de combustão a seco (analisador elementar da CE Instruments, modelo EA1110). O Fósforo Orgânico (P org) foi determinado por diferença entre Fósforo Total e Fósforo Inorgânico, seguindo o método de ignição proposto por ASPILA et al. (1976). O teor de Fósforo no extrato final, em ambos os casos, foi medido pelo método espectrofotométrico do azul de molibdênio (GRASSHOFF et al., 1983).

ROMANKEVICH (1984) mostrou que fatores como a granulometria e o teor de carbonatos, favorecem o acúmulo ou a degradação de matéria orgânica, a granulometria fina e estruturas de carbonatos podem favorecer o acúmulo de matéria orgânica e a areia pode favorecer a degradação da matéria orgânica devido ao maior fluxo de oxigênio entre os grãos.

Em PETROBRAS (2002) as análises de Carbono, Nitrogênio e Fósforo no sedimento indicaram concentrações com diferenças entre as campanhas de verão e inverno, sendo que as variações não foram influenciadas pela localização das estações em relação à costa, ou ao redor da área de difusores do emissário, mas possivelmente pelas condições hidrológicas e oceanográficas da região. Os autores puderam identificar um predomínio da fração de origem terrestre sobre a matéria orgânica total depositada nos sedimentos, não sendo identificada influência significativa de atividades antropogênicas na região (Tabela II.5.1.3-21).

BAPTISTA-FILHO et al. (1994) em estudo da caracterização do sedimento da plataforma continental interna entre a Ilha do Cabo Frio e Búzios (RJ), mostrou núcleos com altas concentrações de matéria orgânica a leste da Ilha do Cabo Frio, região constituída de lama com areia. A concentração de matéria orgânica encontrada em alguns núcleos foram maiores que 9%, enquanto que em BAPTISTA-FILHO et al. (1995) não ultrapassou 4% em alguns núcleos, a Figura II.5.1.3-14, demonstra a distribuição espacial de matéria orgânica nos referidos trabalhos.

Tabela II.5.1.3-21: Resultados de Carbono, Nitrogênio e Fósforo encontrados nos trabalhos da literatura na área de influência da atividade.

REFERÊNCIA	PERÍODO		CORG (%)	NTOTAL (%)	PORG (%x10 ⁻³)	CORG (mol.g ⁻¹)	C/N	C/P	N	PROF. (M)	DATA
PETROBRAS, 2001	Pampo verão	Mínimo	0,85	0,12	5,65	708,00	8,65	174,50	8	100	jan/98
		Máximo	1,58	0,20	19,50	1312,00	10,25	720,50			
		Média	1,23	0,15	12,46	1024,00	9,29	329,69			
		Desvio-p	0,26	0,03	5,66	218,38	0,62	185,82			
	Pampo inverno	Mínimo	0,97	0,10	5,51	810,00	8,70	201,70	11	100	jul/98
		Máximo	1,89	0,19	21,22	1575,00	16,50	538,90			
		Média	1,47	0,13	11,26	1224,36	12,58	387,53			
		Desvio-p	0,34	0,03	4,62	278,97	2,68	122,97			
PETROBRAS, 2001	Pargo verão	Mínimo	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11	100	jan/98
		Máximo	0,29	0,04	0,44	240,50	12,00	6788,00			
		Média	0,18	0,02	0,13	131,32	7,88	1543,77			
		Desvio-p	0,07	0,01	0,15	82,43	4,03	2049,18			
	Pargo inverno	Mínimo	0,12	0,01	1,32	100,00	9,60	94,50	11	100	jun/98
		Máximo	0,29	0,03	5,39	239,00	12,00	295,00			
		Média	0,20	0,02	3,60	169,18	10,62	172,99			
		Desvio-p	0,06	0,01	1,60	47,46	0,74	60,08			
PETROBRAS, 2002 (P40)	verão	Mínimo	<0,06	<0,01	<0,12	<0,06	0,00	0,00	15	100	mar/98
		Máximo	2,18	0,25	26,10	1816,00	10,15	224,45			
		Média	1,00	0,21	20,40	830,50	4,79	65,63			
		Desvio-p	1,11	0,19	23,70	923,78	5,32	77,49			
	inverno	Mínimo	<0,06	<0,01	<0,12	50,00	9,80	77,20	15	100	jul/98
		Máximo	2,32	0,19	35,70	1933,00	109,80	1272,10			
		Média	0,70	0,03	7,13	579,43	12,26	278,70			
		Desvio-p	0,79	0,05	11,55	660,47	28,73	380,52			

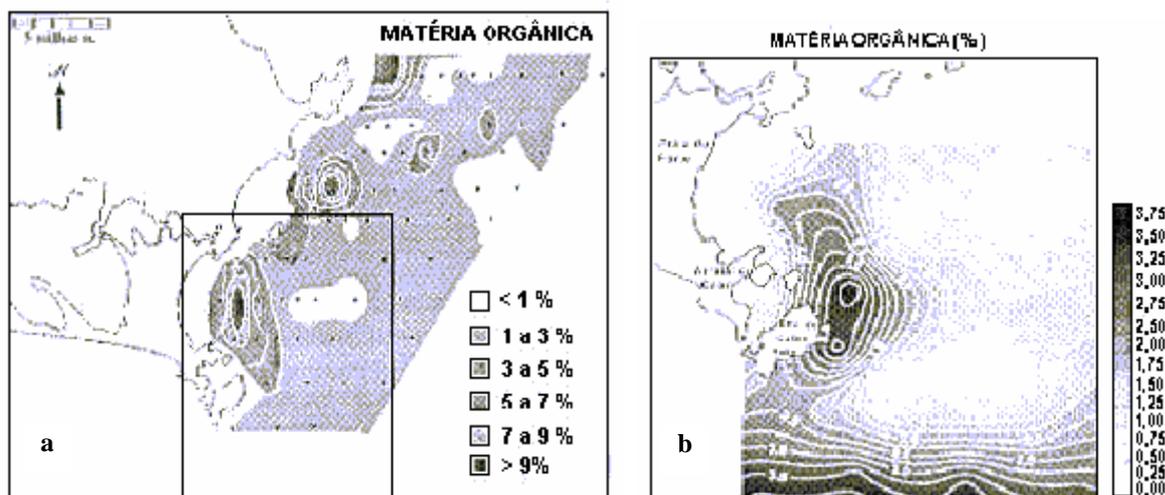


Figura II.5.1.3-4: Distribuição espacial da matéria orgânica, segundo Batista-Filho et al. (1994) (a) e Batista Filho et al. (1995) (b), (figuras retiradas de Batista Filho et al).

II.5.1.4 – GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Neste item é apresentada uma descrição da geologia e geomorfologia marinha da área denominada Parque das Baleias (Campos de Jubarte, Cachalote, Baleia Franca, Baleia Anã, Baleia Azul, Pirambu e Caxareu), no Campo de Catuá e na área entre estes Campos e a localidade de Ubu, município de Anchieta, litoral do Estado do Espírito Santo (Diretriz Teórica proposta para o Gasoduto Sul Capixaba), localizados na porção Norte da Bacia de Campos (Figura II.2.4-6 e Figura II.5.1.4-1). Foram abordados aspectos estruturais, estratigráficos e fisiográficos regionais e locais, compilados a partir de informações disponíveis na literatura, através de consultas a instituições públicas e de pesquisa, além daquelas fornecidas pela PETROBRAS.

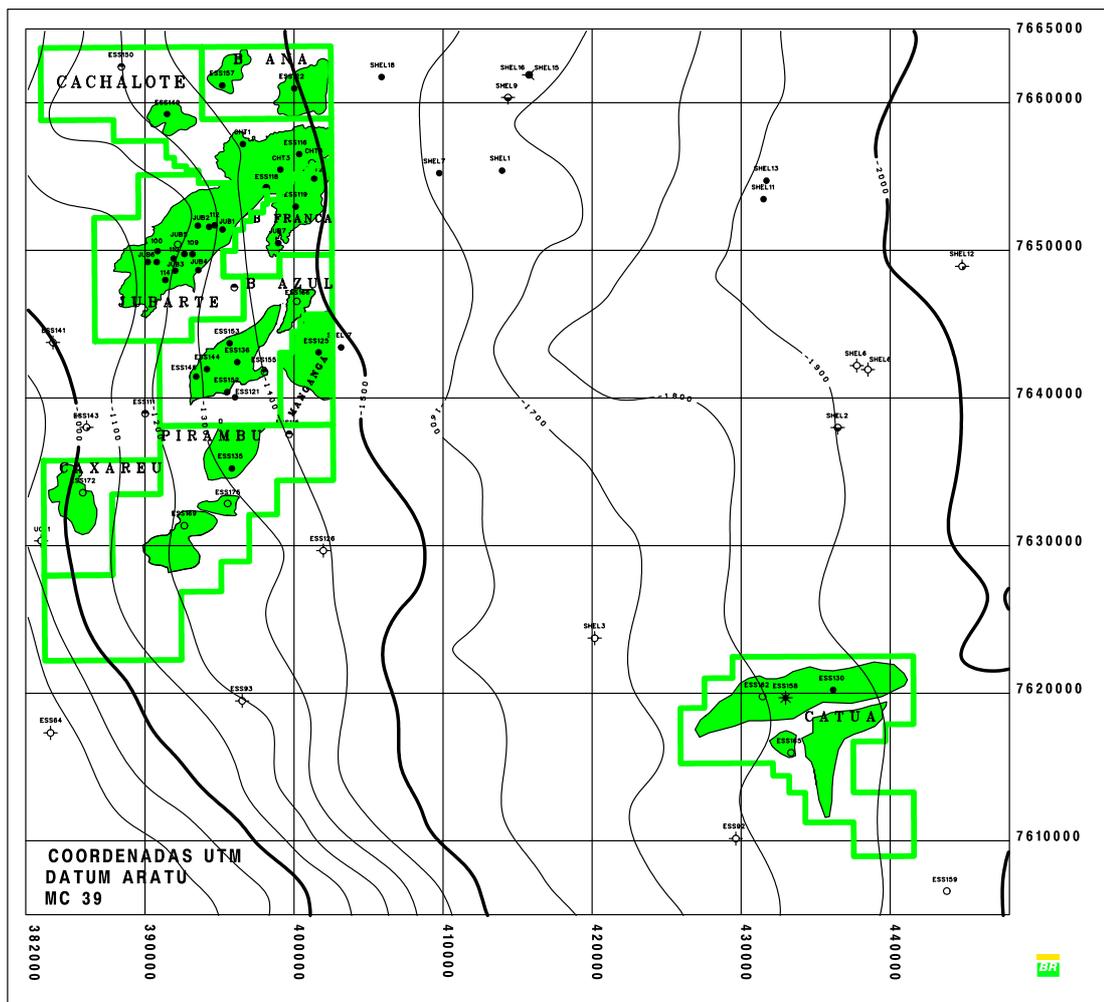


Figura II.5.1.4-1 - Mapa de localização das áreas de concessão do Parque das Baleias. Em verde destacam-se os limites das acumulações (PETROBRAS, 2007).

II.5.1.4.1 – GEOLOGIA REGIONAL

A gênese das bacias sedimentares da margem continental brasileira está intrinsicamente ligada aos processos tectônicos envolvidos na formação do Atlântico. Processos extensionais na litosfera formam riftes e culminam com a abertura do oceano, gerando na outra borda da placa margens passivas sedimentares (Heilbron *et al.*, 2000). Dentro desse contexto, o evento mais importante, associado a essa geodinâmica foi a ruptura do supercontinente Gondwana (Alves, 2002). Acredita-se que o processo de ruptura continental foi marcado por vários pulsos tectônicos, de caráter predominantemente extensionais, que teriam criado as margens do Atlântico (Norte, Central e Sul), com suas diversas características (Basseto *et al.*, 2000).

Segundo Basseto *et al.* (2000) o início do rifteamento continental nas porções sul e central do Atlântico se deu provavelmente no período Cretáceo Médio (cerca de 170 Ma). A interpretação mais comum é de que esse processo de ruptura do Gondwana desenvolveu-se de sul para norte em ambos os casos, evoluindo em direção ao Atlântico Equatorial (porção sul) e Oceano Ártico (porção central) (Basseto *et al.*, 2000; Cainelli & Mohriak, 1999).

Como resultado dessa evolução tectônica, diferentes tipos de interação entre as placas litosféricas deram origem a dois tipos característicos de margens, na Margem Continental Brasileira. Movimentos do tipo *strike slip* entre as placas litosféricas Sulamericana e Africana resultaram na margem do tipo Equatorial, caracterizada por bacias marginais afetadas por um complexo padrão de deformação, envolvendo feições locais transpressivas e transtensionais. Movimentações divergentes e semi-ortogonais entre as placas foram responsáveis pelo desenvolvimento da Margem Leste, marcada pelo desenvolvimento de bacias extensionais (Basseto *et al.*, 2000). Começando com a ruptura crustal da Margem Leste do Brasil, desenvolveram-se 14 bacias sedimentares principais (Figura II.5.1.4-2).



Figura II.5.1.4-2 – Localização das bacias sedimentares brasileiras (Adaptado de Cainelli & Mohriak, 1999).

A evolução estrutural e estratigráfica da Margem Continental Brasileira pode ser analisada através da observação de megasequências sedimentares, as quais estão relacionadas aos processos atuantes nas fases rifte, pré-rifte e passiva, inerentes à sua separação da Placa Africana. Cainelli & Mohriak (1999) estabeleceram quatro megasequências características, resultantes dessas fases de desenvolvimento: Pré-Rifte, Continental, Transicional e Marinha.

Com a abertura do Supercontinente Gondwana, teve início a sedimentação Mesozóica ao longo da Margem Continental Brasileira. O rifteamento do extremo sul da Placa Sulamericana foi prenunciada pela extrusão de derrames de basalto nas bacias de Paraná, Santos e Campos. A fase Rifte é associada com falhamentos que deram origem a diversos *semi-grabens* preenchidos por sedimentos flúvio-deltaicos da Megasequência Continental. A Megasequência

Transicional caracteriza-se pela deposição de evaposritos (da Bacia de Santos até a Bacia Sergipe / Alagoas), além de movimentos de sal, que constituem um dos principais controles das feições estratigráficas e estruturais, que desempenham um papel fundamental na exploração de regiões profundas.

A Megasequência Marinha (fase Drifte), que atualmente comporta a maioria das reservas e produção de hidrocarbonetos, pode ser subdividida em duas supersequências: uma carbonática Marinha Restrita (Albiano ao Turoniano) e uma siliciclástica Marinha Aberta (Cretáceo Tardio ao Quaternário) (Cainelli & Mohriak, 1999).

O modelo de evolução geodinâmica do Atlântico Sul segundo Cainelli & Mohriak (1999) é ilustrado na Figura II.5.1.4-3 e inclui cinco fases: início dos processos extensionais (I), aumento do “stretching” da litosfera e falhamentos (I), aumento da extensão litosférica com rotação dos blocos e sedimentação das camadas previamente depositadas (III), Intrusões da Cordilheira Meso-Atlântica associadas a vulcanismo e reativação de grandes falhas, bem como erosão de blocos dos riftes gerando uma descontinuidade característica que separa os ambientes de deposição continentais e transicionais do marinho (IV) e finalmente um aumento na batimetria que resultou em um aprofundamento do ambiente deposicional (fim do Albiano), com o fim dos carbonatos de águas rasas (V).

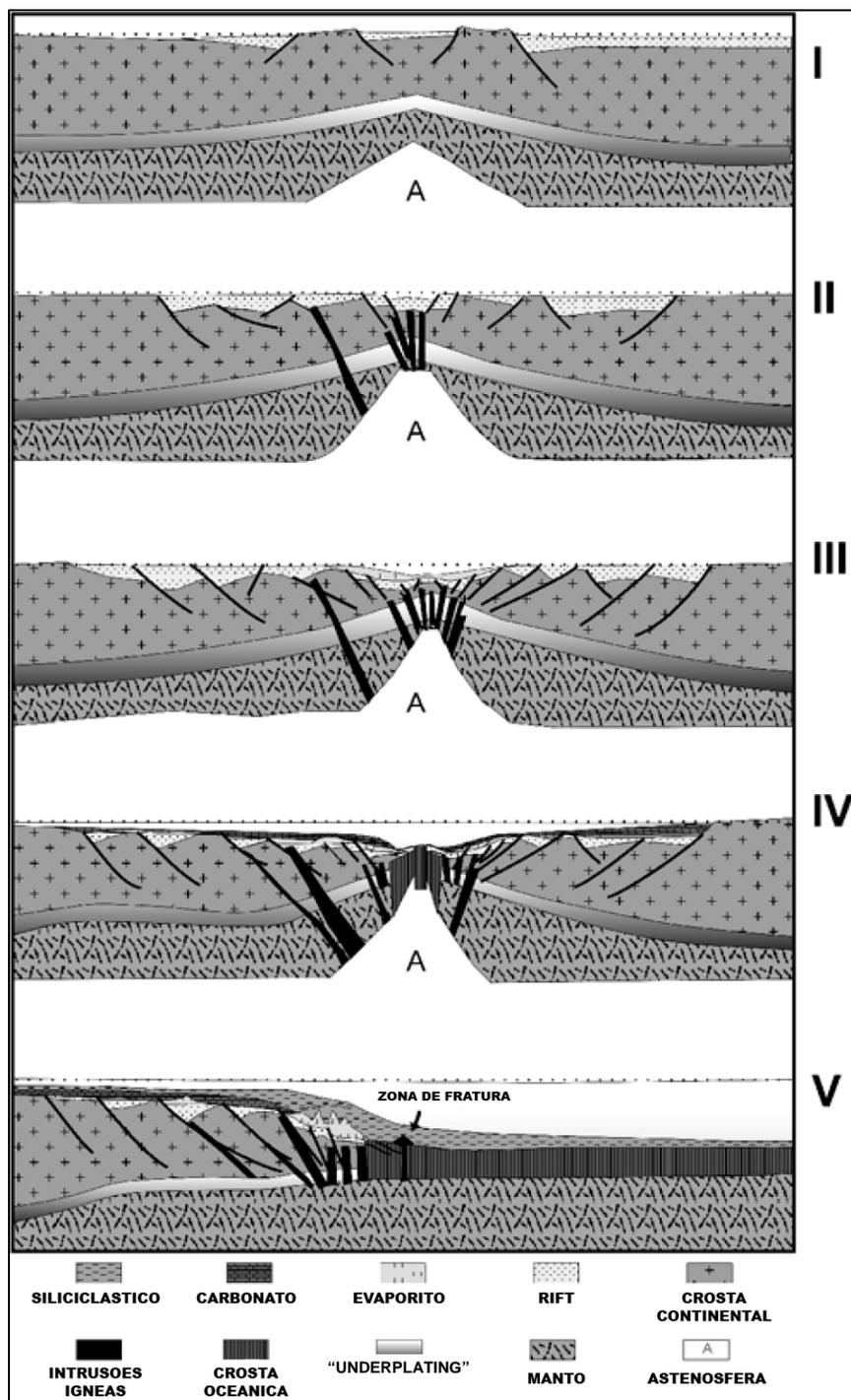


Figura II.5.1.4-3 – Modelo esquemático da evolução geodinâmica do Atlântico Sul (adaptado de Cainelli & Mohriak, 1999).

II.5.1.4.2 – ARCABOUÇO ESTRUTURAL

II.5.1.4.2A – Arcabouço Estrutural da Bacia de Campos

Segundo estudos realizados por Cordani & Sato (1999), o arcabouço tectônico do Escudo Continental Brasileiro consiste de núcleos cratônicos Arqueanos a Paleoproterozóicos, circundados por cinturões orogênicos do Neoproterozóico Brasileiro. As bacias sedimentares Paleozóicas e Mesozóicas encaixaram-se nestas províncias, o que expôs o embasamento a episódios de acreção / colisão e extensão. Eventos ocorridos durante a Orogenia Brasileira (separação, abertura do oceano e colisão das placas Sulamericana e Africana) envolveram diversas gerações de magmatismo, com *underplating* de magma mantélico e adelgaçamento crustal (Alves, 2002).

Dentro desse contexto, os elementos estruturais Brasileiros (zonas de cisalhamento, falhas, trends estruturais e fraturamento regional) foram os principais condicionantes da estruturação do arcabouço das bacias sedimentares (Sial *et al.*, 1999 *apud* Alves, 2002). A Figura II.5.1.4-4 mostra um mapa geotectônico e Estrutural da Atlântico do Sudeste do Brasil e Bordo Continental (Alves, 2002), que permite uma visualização da inter-relação entre as estruturas oceânicas e continentais.

Basseto *et al.* (2000), através de estudos de sísmica, definiram domínios morfo-estruturais para a margem sul-sudeste brasileira, onde o domínio que corresponde ao platô de São Paulo abrange a área de estudo. Este domínio é constituído em parte por crosta continental estendida e em parte por uma crosta provavelmente transicional, caracterizada por um grande número de construções vulcânicas, responsáveis pela topografia irregular do embasamento.

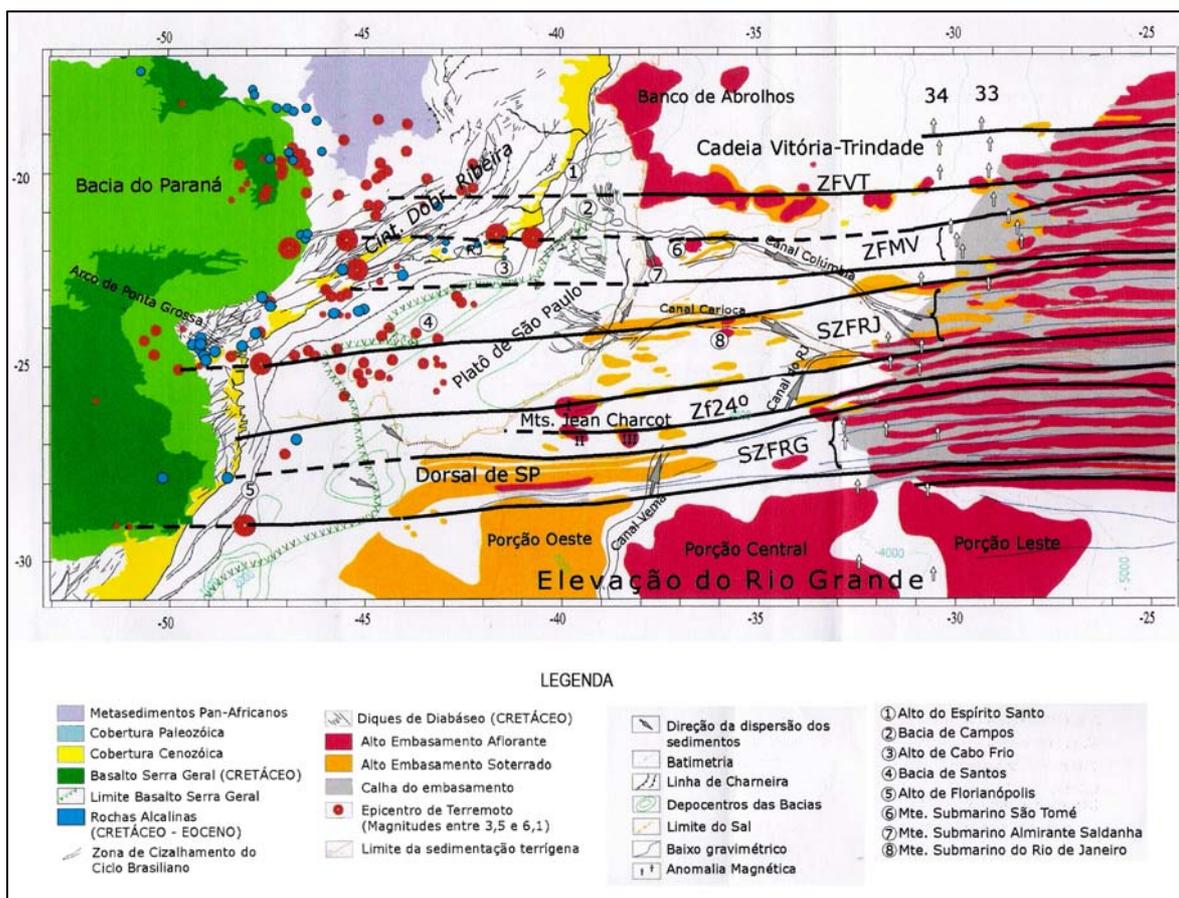


Figura II.5.1.4-4 – Mapa geotectônico e estrutural (modificado de Alves, 2002).

A Bacia de Campos possui três elementos estruturais característicos de seu desenvolvimento: falhamentos normais da fase rifte, falhamentos lístricos da fase pós-rifte e a linha de charneira representada por uma zona de linha de falha na bacia (Alves, 2002).

Os falhamentos normais envolvem o embasamento, dando origem a *hosts* e *grabens* e meio *graben*, de degraus escalonados (Figura II.5.1.4-5; Barros, 1980 *apud* Alves, 2002).

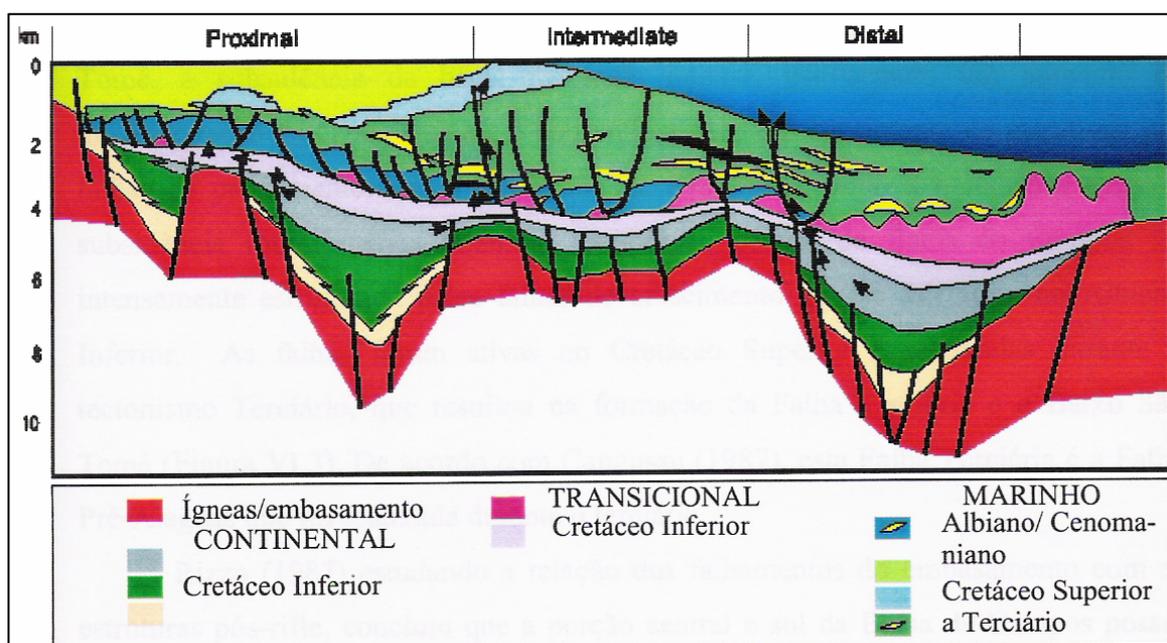


Figura II.5.1.4-5 – Seção geológica esquemática da bacia de Campos (Rangel & Martins, 1998 *apud* Alves, 2002).

A linha de charneira, ou falha de borda, na Bacia de Campos mergulha para leste, e muitos dos falhamentos rifte também são sintéticos (Alves, 2002). As falhas normais e da linha de charneira na bacia possuem rejeitos que podem chegar a 4.000m (Dias, 1991 *apud* PETROBRAS & CEPEMAR, 2004).

Falhamentos lístricos representam a fase pós-rifte, os quais estão associados basicamente à deformação da camada de sal. Ao norte do Cabo de São Tomé, uma subsidência mais intensa da bacia provocou aumento na movimentação da camada salina e conseqüente surgimento de estruturas por falhas de crescimento (Alves, 2002). As Figuras II.5.1-6 e II.5.1-7 ilustram em vista plana as principais feições estruturais descritas para a Bacia de Campos e o Parque das Baleias.

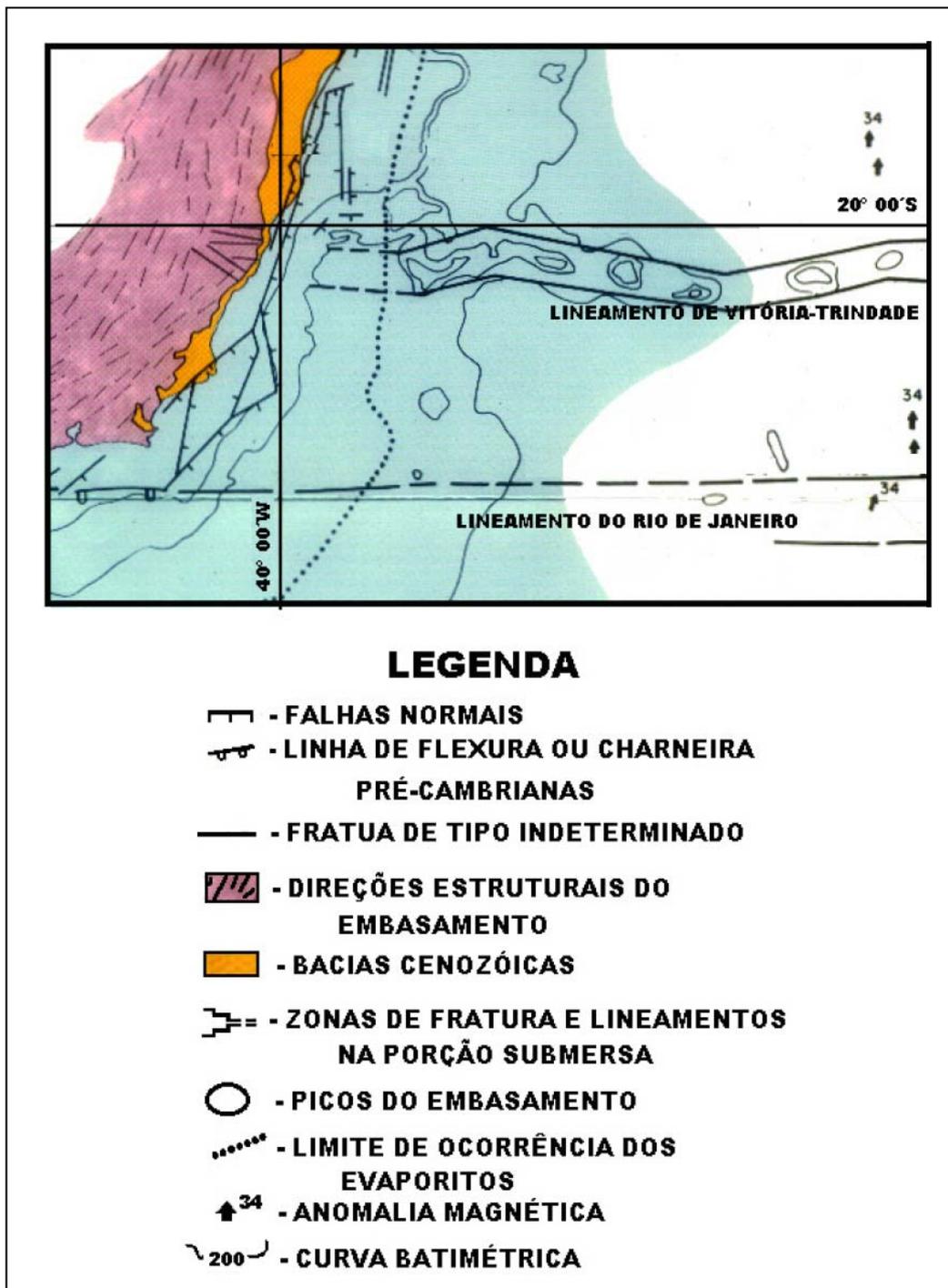


Figura II.5.1.4-6 – Principais falhas e lineamentos observados na margem continental brasileira - Bacia de Campos (Fonte: Asmus & Guazelli, 1981 apud PETROBRAS & CEPEMAR, 2004).

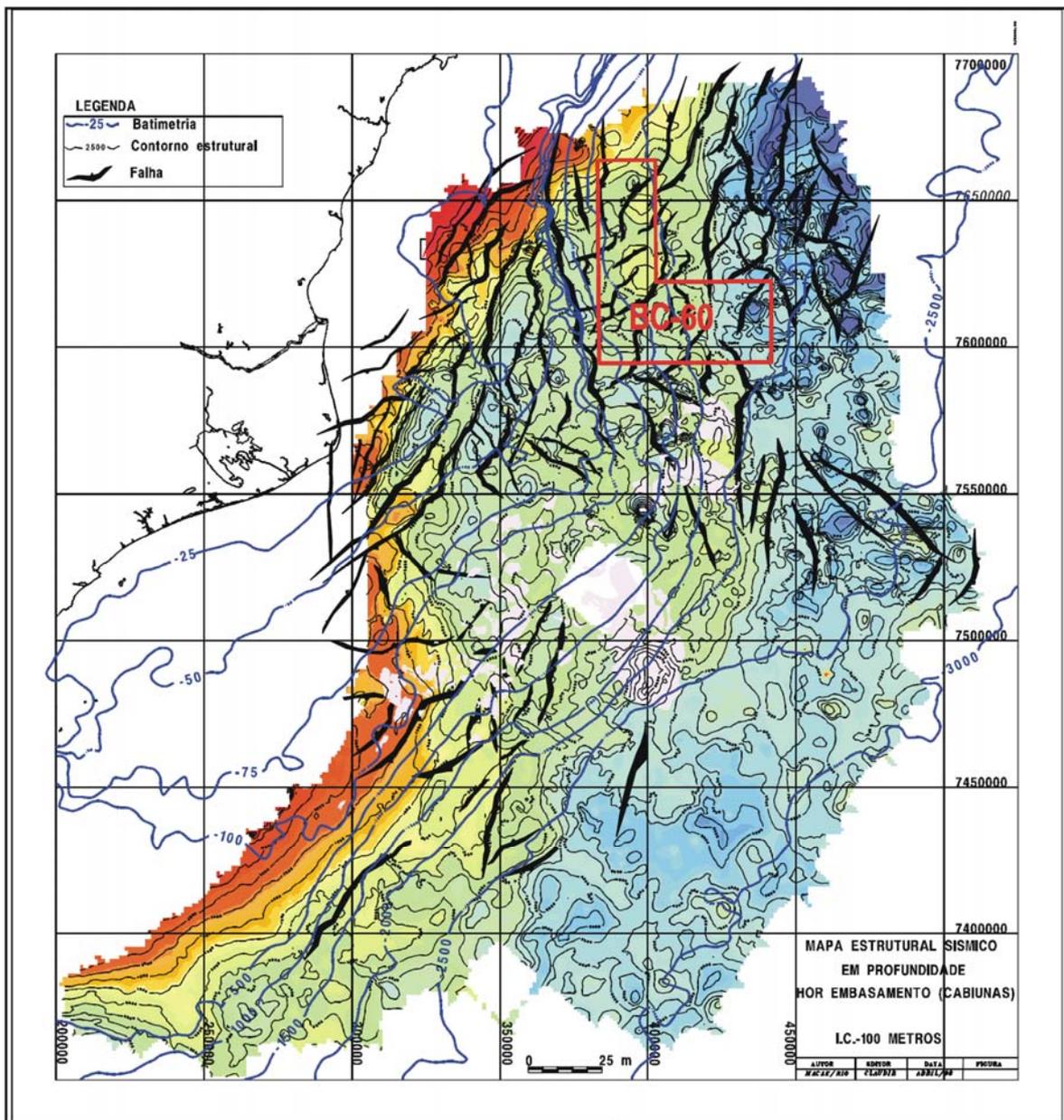


Figura II.5.1.4.7 – Mapa de arcabouço estrutural da bacia de Campos, com indicação de: principais falhas observadas na bacia (espessas linhas negras); profundidade do embasamento (tabela de cores) e batimetria (isolinhas azuis de espessura intermediária). A área denominada Parque das Baleias localiza-se dentro do Bloco BC-60 (PETROBRAS & CEPEMAR, 2004).

Através da análise do mapa de isópacas da região (Figura II.5.1.4-8), é possível identificar que a área de estudo localiza-se em uma área com embasamento cristalino de relevo suave, distando entre 4.500 m (extremo norte do Parque das Baleias) e aproximadamente 5.750 m (Campo de Catuá) da superfície

marinha. A orientação das isópacas indica um alinhamento estrutural do embasamento NW-SE quase N-S. Esse alinhamento estrutural configura-se em um alto estrutural, uma vez que a NE e SW da área observam-se dois depocentros, com pacotes sedimentares da ordem de 7.000 m e 8.500 m, respectivamente.

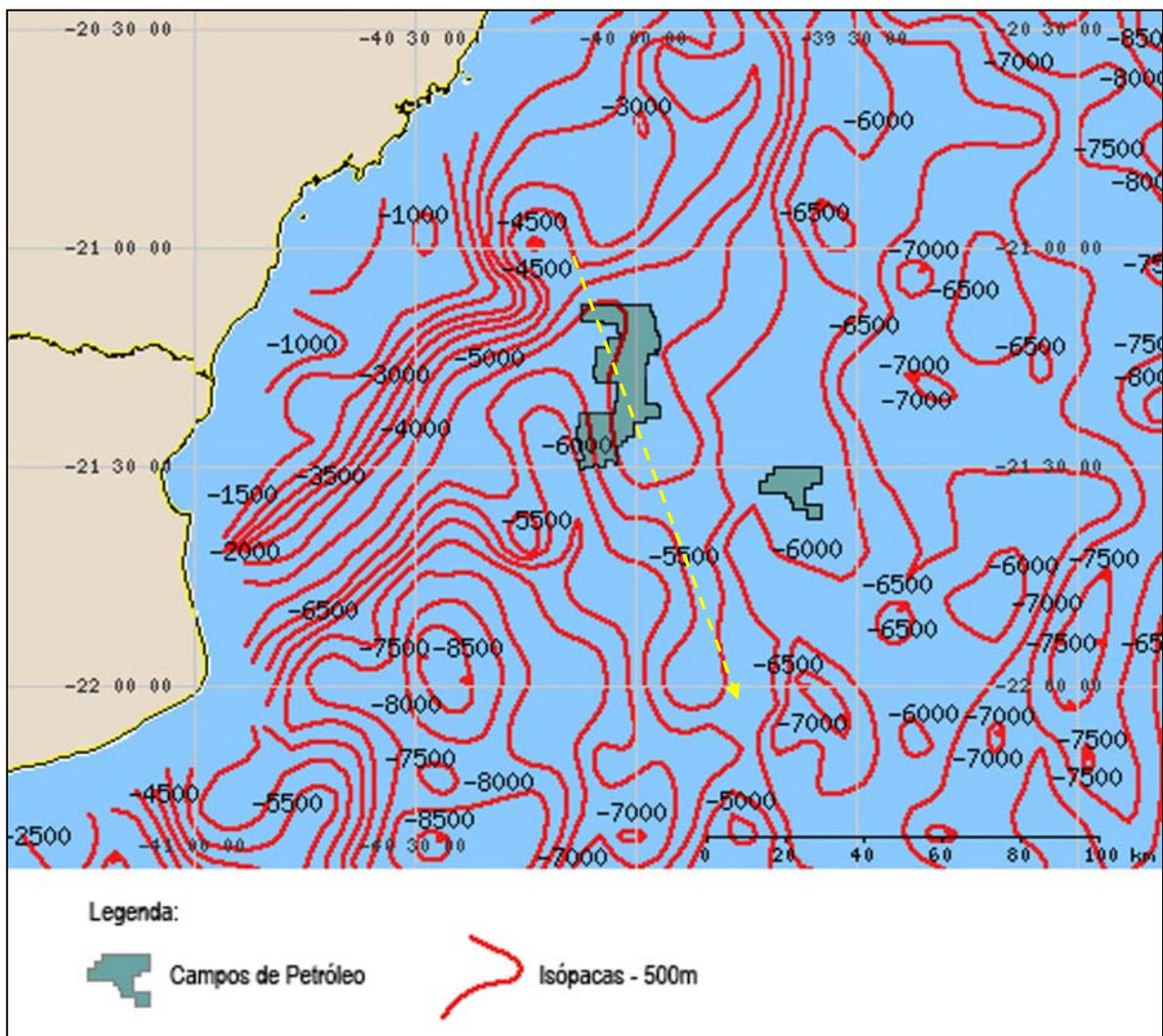


Figura II.5.1.4-8 – Mapa de Isópacas. A seta em amarelo indica o alinhamento estrutural (Fonte: MMA, 2007).

II.5.1.2B – Aspectos Estruturais dos Campos do Parque das Baleias e Catuá

Em um estudo realizado pela PETROBRAS (2007) para as áreas dos *ring fences* de Baleia Azul, Caxaréu, Pirambu e Mangangá foram identificadas feições geológicas de fundo e sub-fundo marinhos. Foi possível observar a presença de falhas, através da interpretação de um mapa de *edge*, ocorrendo principalmente no *ring fence* de Pirambu, como pode ser visto na Figura II.5.1.4-9.

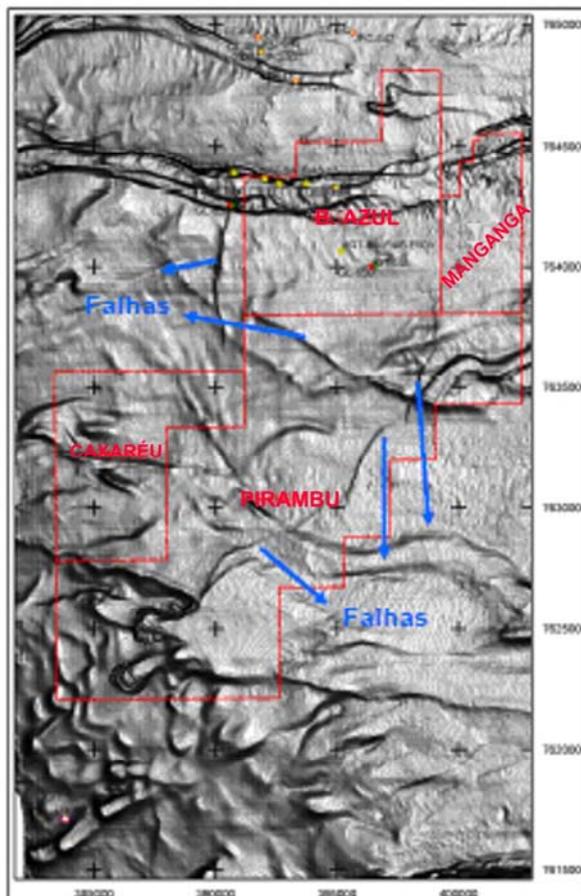


Figura II.5.1.4-9 – Mapa de *edge* da região dos Campos de Baleia Azul, Caxaréu, Pirambu e Mangangá (PETROBRAS, 2007)

Já para o Campo de Jubarte, uma seção geológica interpretada em UN-ES/PETROBRAS (2002 *apud* PETROBRAS & CEPENAR, 2004) apresentou duas formas de estruturação, uma relacionada à tectônica Rifte, que afeta, preferencialmente, o embasamento, as rochas pré-Alagoas e os depósitos sinrifes, e a outra relacionada à tectônica pós-rifte, sendo esta causada pela movimentação dos evaporitos, diapirismo e fluxos gravitacionais (Figura II.5.1.4-

10). Nesta área os arenitos do Maastrichtiano apresentam estruturação em rollover suave (direção geral NE-SW), associado à falha lítrica controlada pela halocinese e pela movimentação de blocos do embasamento. A estrutura cretácea posiciona-se por sobre o flanco do alto reativado do embasamento (UN-ES/PETROBRAS *apud* PETROBRAS & CEPEMAR, 2004).

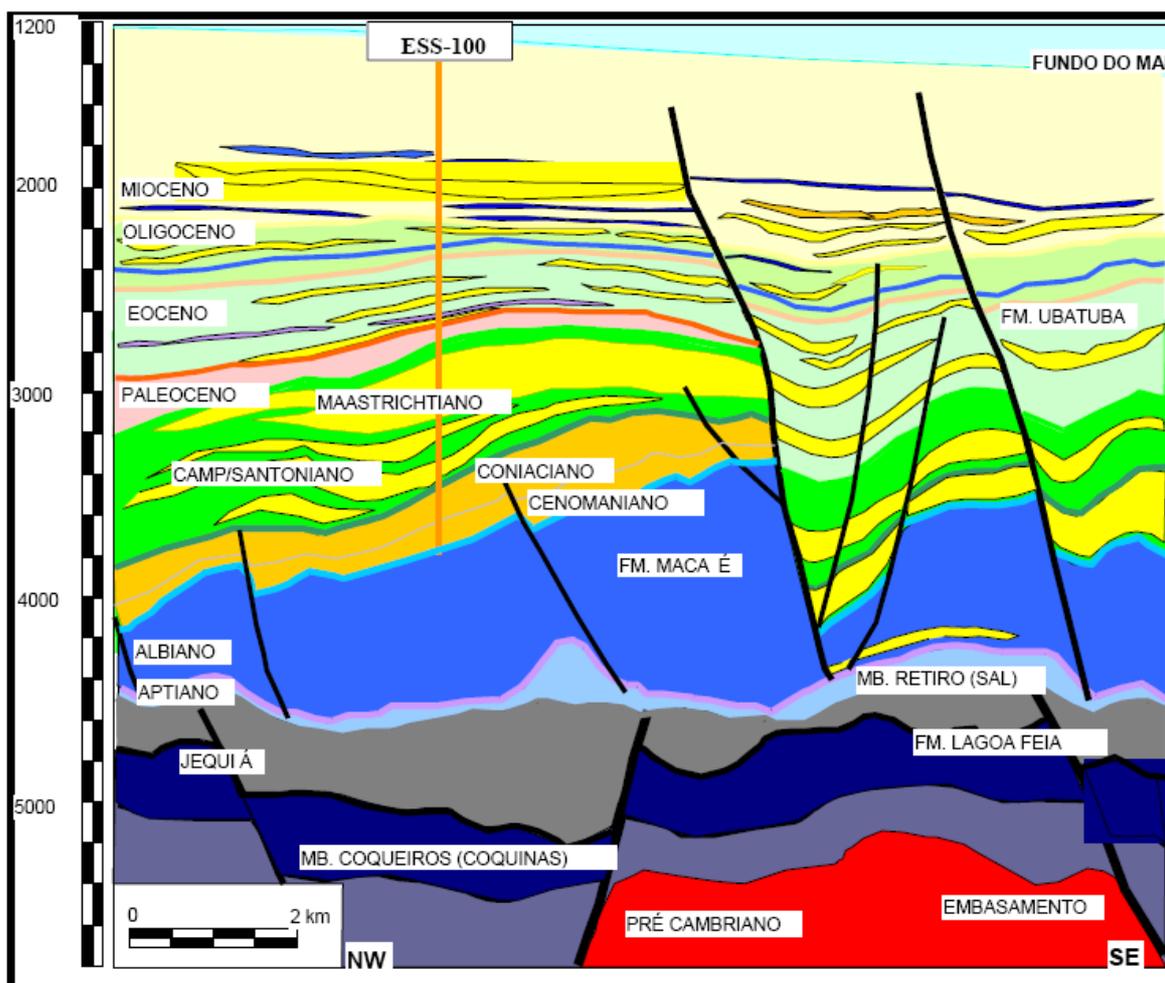


Figura II.5.1.4-10 – Seção geológica no do Campo de Jubarte (UN-ES/PETROBRAS, 2002 *apud* PETROBRAS & CEPEMAR, 2004).

Merschmann *et al.*, 2006 apresentam as descrições e interpretações das feições geológicas de fundo e subfundo marinhos na área dos *ring fences* de Baleia Franca, Baleia Anã e Cachalote. O resultado do estudo mostrou a presença de alguns falhamentos, com direção predominante E-W, os quais provavelmente condicionaram a morfologia do fundo, com a presença de canais de mesma direção localizados a noroeste e a sul de Cachalote, limitados

parcialmente por zonas de falha. Tais canais, podem ser observados na Figura II.5.1.4-11.

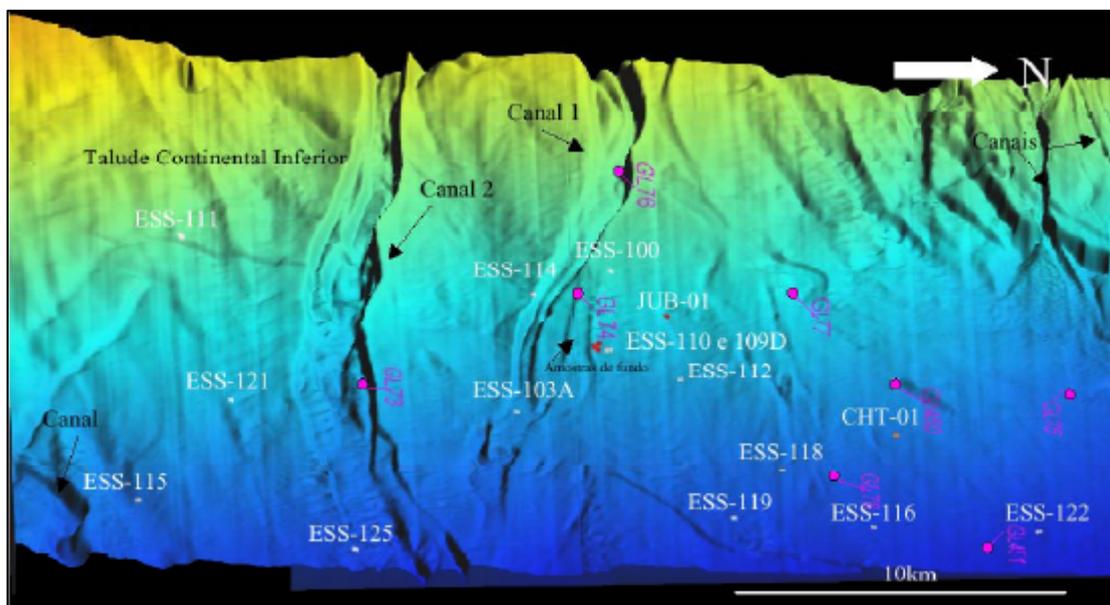


Figura II.5.1.4-11 - Visualização 3D do fundo do mar na porção norte do bloco BC-60 mostrando os principais canais que cortam o talude. A figura abrange os Campos de Mangangá, Baleia Franca, Jubarte, Cachalote, Baleia Azul e Baleia Anã (PETROBRAS & CEPEMAR, 2004).

O Campo de Catuá está situado no Platô de São Paulo, a maior feição anômala da Margem Continental Brasileira (Basseto *et al.*, 2000), província que apresenta um relevo irregular, marcado por elevações e depressões (minibacias) associadas à presença de domos e muralhas de sal. O poço a ser perfurado neste Campo se encontra no flanco de um domo salino que ocorre em profundidade, e ao qual se associam falhas crestais que alcançam o fundo marinho. Estudos preliminares realizados pela PETROBRAS (2007) constataram a presença de falhas nas proximidades do poço.

II.5.1.4.3 – LITOLOGIA E ESTRATIGRAFIA

A unidade tectônica Pré-cambriana a que pertence o arcabouço cristalino da região de estudo é conhecida como Faixa Ribeira, cinturão de dobramentos e empurrões que se estende por 1400 km ao longo da Margem Atlântica e que se desenvolveu ao longo das bordas sul e sudeste do Cráton de São Francisco. A evolução dessa entidade e a geração de granitos, apesar de ter se iniciado no Neoproterozóico – Cambriano, estendeu-se até o Ordoviciano (Silva *et al.*, 2001; Heilbron *et al.*, 2000).

O embasamento da Bacia de Campos (formado por crosta continental), representado por granitos e gnaisses Pré-Cambrianos, encontra-se sob rochas vulcânicas básicas do Neocomiano (134-122 Ma.), que fazem parte da Formação Cabiúnas, consideradas como o embasamento econômico da bacia (Marroquim *et al.*, 1984, Mizusaki *et al.*, 1988, Mohriak *et al.*, 1990 *apud* Alves, 2002).

A Figura II.5.1.4-12 traz a Carta Estratigráfica da Bacia de Campos. Para uma melhor descrição da estratigrafia – litologia da Bacia de Campos, esta será subdividida em suas fases tectônicas, a saber: Rifte (ou continental), Transicional e Margem Passiva (Marinha).

II.5.1.4.3A – Fase Rifte

O estágio inicial de subsidência proporcionou a intrusão de basaltos toleíticos em na Bacia de Campos (120 a 130 Ma) (Cainelli & Mohriak, 1999). Os primeiros sedimentos depositados na Bacia de Campos datam do Neocomiano (Formação Lagoa Feia). Esses depósitos consistem de sedimentos terrígenos do Barreniano formados de fragmentos vulcânicos interestratificados com sedimentos clásticos flúvio-lacustres (Alves, 2002).

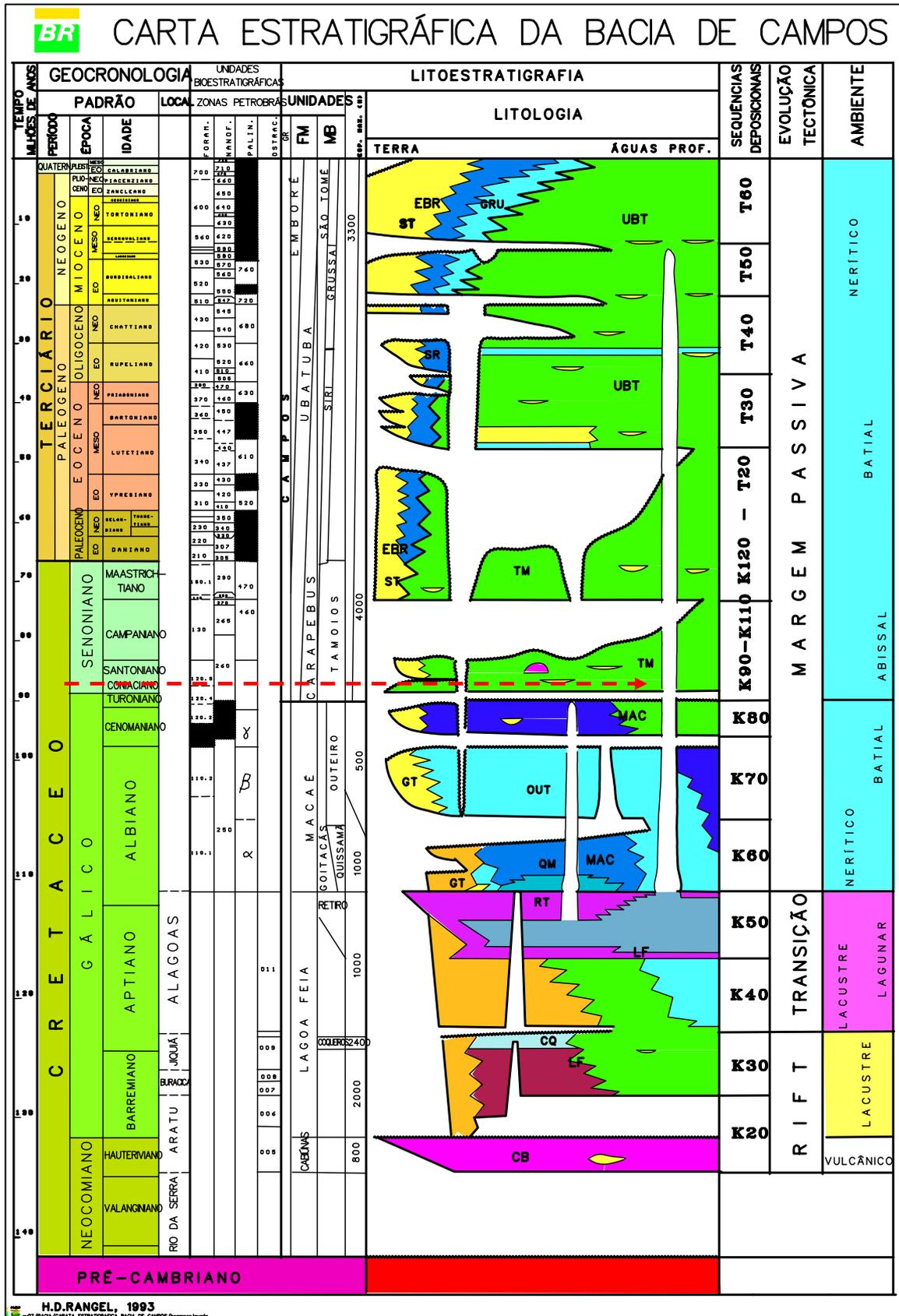


Figura II.5.1.4-12 - Carta estratigráfica da bacia de Campos, indicando a provável posição dos poços.

É importante citar que uma fácies de sedimentos finos desenvolveu-se em depocentros lacustrinos, onde as condições extremamente anóxicas do Neocomiano permitiram a deposição de turfas calcáreas ricas em matéria orgânica, o que vem a ser a maior fonte de hidrocarbonetos da Bacia de Campos (Guardado *et al.*, 1989, Mohriak *et al.*, 1990, Mello *et al.*, 1994 *apud* Cainelli & Mohriak, 1999). Longe das fontes de sedimentos terrígenos, desenvolveram-se acumulações de coquinas (pelecípodas), ao longo dos flancos e cristas dos altos internos do rifte (Bertani & Carozzi, 1984, Bertani & Carozzi, 1985 *apud* Cainelli & Mohriak, 1999). Coquinas, juntamente com os basaltos fraturados, são os únicos reservatórios de hidrocarbonetos produtivos da fase rifte na Bacia de Campos.

O limite superior temporal da fase rifte é marcado pela discordância Pré-Alagoas, uma discontinuidade que define um período de calma tectônica (entre 118 à 125 Ma), formando uma superfície erosional no topo das coquinas lacustres. Esse limite separa os falhamentos normais no embasamento e falhas de crescimento que ocorreram dentro e fora da seqüência evaporítica aptiana. O fim da fase rifte se deu por volta do Aptiano Inicial / Médio na porção sul da Margem Brasileira (Cainelli & Mohriak, 1999; Alves, 2002).

II.5.1.4.3B – Fase Transicional

A megaseqüência Transicional marca a passagem da megaseqüência rifteada abaixo para a megaseqüência da fase drifte (Marinha) acima. Ela apresenta uma sucessão litológica que começa com siliciclásticos do Aptiano Inicial e termina com evaporitos que variam em idade do Aptiano tardio ao princípio do Albiano, com o fim da Formação Lagoa Feia (Cainelli & Mohriak, 1999).

Os sedimentos clásticos foram depositados em leques aluviais e deltáicos na parte inferior da formação Lagoa Feia, e boa parte deles clásticos se depositou no norte da Bacia de Campos. Esta megaseqüência alcança 600 m de espessura na porção central da bacia (Alves, 2002).

Durante o Aptiano superior, espessas seqüências evaporíticas foram depositadas na Bacia de Campos, contendo anidrita e halita, cuja origem se deve provavelmente a influxos periódicos de água marinha em ambientes lacustres hipersalinos.

A megaseqüência Transicional desempenha um importante papel como o principal leito horizontal carreador de hidrocarbonetos gerados através das rochas fonte continentais na Bacia de Campos. Além disso ela controla a distribuição do óleo na megaseqüência Marinha através de migração vertical para cima em falhas lístricas, afetando também a distribuição das fácies dos carbonatos e turbiditos arenosos que jazem acima. Tais fácies se estruturaram pelos movimentos salinos e suas estruturas, formando uma série de armadilhas (ou trapas) estruturais e estratigráficas (Figueiredo & Mohriak, 1984 *apud* Cainelli & Mohriak, 1999).

II.5.1.4.3C – Fase Marinha (Margem Passiva)

A fase Pós-Rifte na Bacia de Campos foi controlada por diversos fatores, tais como o soerguimento tectônico do embasamento Pré-Cambriano a oeste da bacia, na qual formou uma fonte primária de sedimentos clásticos. Variações eustáticas mundiais de nível do mar e no clima, afetando a taxa de erosão nas zonas costeiras (Parrish *et al.*, 1982, Guardado *et al.*, *apud* Alves, 2002).

Durante o Albiano-Cenomaniano, as condições marinhas prevaleceram na bacia. A Formação Macaé consiste em carbonatos clásticos e oolíticos (Membro Quissamã) que, localmente, aparecem completamente dolomitizados. A sucessão vertical inclui calcilutitos, margas e folhelhos (Membro Outeiro) e arenitos turbidíticos (Membro Namorado). Nas porções mais proximais, a Formação Macaé é constituída por conglomerados e arenitos pobremente selecionados (Membro Goitacás). O Grupo Campos recobre discordantemente a Formação Macaé, e representa o preenchimento desta bacia marginal durante a fase final de subsidência térmica e basculamento do substrato para leste. O pacote é representado por sedimentos proximais, areno-conglomerático-carbonático (Formação Emborê) que gradam a folhelhos nas porções distais (Formação Ubatuba). A Formação Ubatuba compreende milhares de metros de espessura de folhelhos e margas, com arenitos turbidíticos intercalados (Membro Carapebus) (Milani *et al.*, 2000).

O basculamento progressivo da bacia para leste propiciou o desenvolvimento de uma intensa deformação adiastrófica em função do volumoso fluxo de sal (Demercian *et al.*, 1993 *apud* Milani *et al.*, 2000). A tectônica salina e o estilos estruturais dela resultantes configuram dois casos: próximo à costa, nos primeiros

100 a 200 km, m regime francamente distensivo, que passa a um contexto compressivo na região de águas profundas, originada pela contração mergulho-abaixo do pacote em movimento. Falhas normais de geometria lítrica associam-se em geral à tectônica salina (Milani *et al.*, 2000).

A Figura II.5.1.4-13 traz uma representação esquemática da estratigrafia de seqüências na Bacia de Campos e sua relação com a formação, transporte e armazenamento de óleo na camada estratigráfica-litológica. Esta ilustração contextualiza a descrição das megaseqüências continental, transicional e marinha, descritas até o momento.

As formações e litologias passíveis de perfuração nos poços da área, como pode ser visto na II.5.1.4-12 correspondem todas à Fase Marinha, pertencentes ao Grupo Campos, e tratam-se principalmente dos folhelhos e margas da Formação Ubatuba, que possui arenitos turbidíticos intercalados (Membro Carapebus).

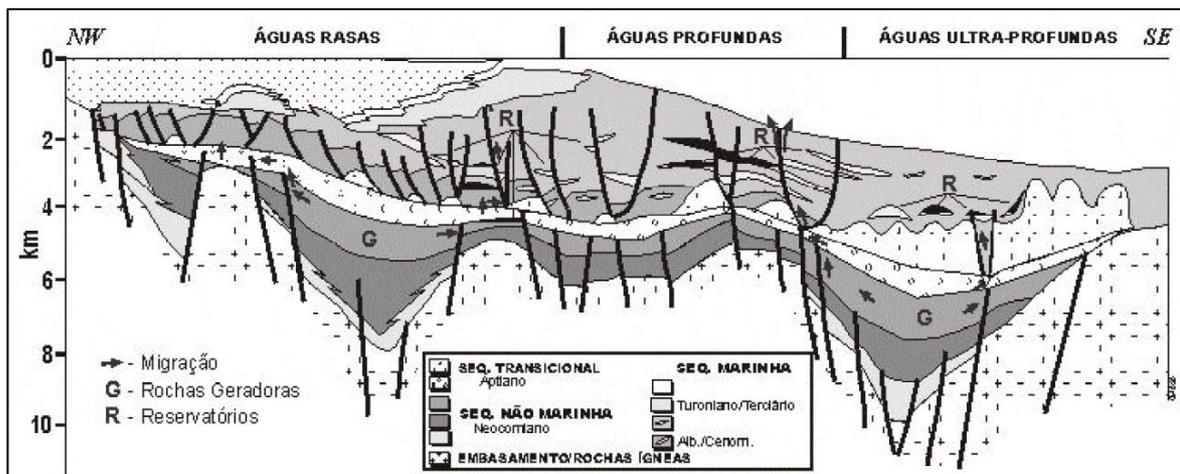


Figura II.5.1.4-13 – Ilustração esquemática do sistema petrolífero atuante na bacia de Campos (Rangel & Martins, 1998 apud Milani *et al.*, 2000).

II.5.1.4.4 – FISIOGRAFIA MARINHA

A Margem continental brasileira apresenta algumas feições fisiográficas principais, como a cordilheira Meso-Atlântica entre os continentes americano e africano, a linha de costa de orientação aproximadamente E-W ao longo da Margem transformante Equatorial e os vales dos riftes do leste brasileiro com

eixos aproximadamente perpendiculares à Cordilheira Meso-Atlântica (Cainelli & Mohriak, 1999; Figura II.5.1.4-14).

Outras feições tectônicas relevantes são a Cadeia Vitória-Trindade, o Lineamento de Florianópolis, a Elevação do Rio Grande e o Platô de São Paulo. Em águas profundas, a tectônica salífera é responsável por “mini-bacias” e valas de escoamento, expressas como irregularidades do fundo marinho, enquanto manifestações vulcânicas (monte submarino Almirante Saldanha, por exemplo) produzem configurações circulares da topografia de fundo.

A maior inflexão E-W ao longo da Margem brasileira ocorre no estado do Rio de Janeiro, entre as bacias de Campos e Santos. A Cadeia Vitória-Trindade, ao norte, de orientação E-W, corresponde a uma importante feição vulcânica, provavelmente associada a um “hot-spot” (Alves, 2002; Thomas Filho *et al.*, 2005; Alves *et al.*, 2006).

II.5.1.4.4A – Margem Continental Sudeste

A Margem Continental Sudeste Brasileira apresenta um padrão de linhas batimétricas paralelas até o Rio de Janeiro. O conjunto de suas isóbatas apresenta a linha de quebra de plataforma continental conforme com a orla litorânea e a principal direção estrutural das rochas do embasamento cristalino aflorante na região emersa adjacente. Na área entre Rio de Janeiro e Cabo Frio, observa-se uma brusca inflexão das curvas batimétricas e da linha de costa para E-W, padrão que se repete para as falhas marginais e zonas de flexura das bacias *offshore*. Este trecho corresponde à transição da estruturação principal do embasamento cristalino, que passa de NE-SW para N-S a partir de Cabo Frio. Esta orientação se reflete na batimetria e estruturação das bacias (Alves, 2002).

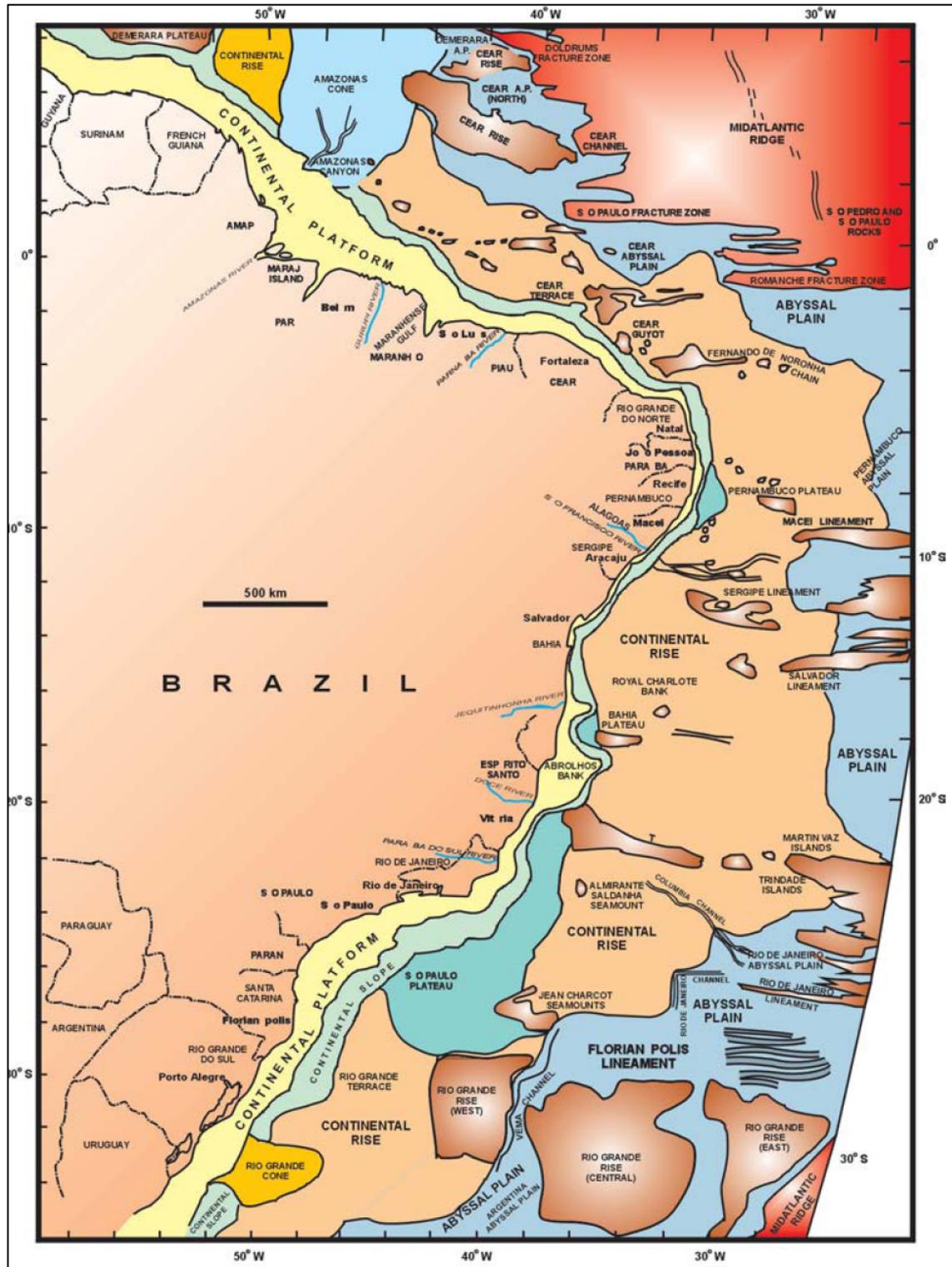


Figura II.5.1.4-14 - Principais estruturas geomorfológicas da margem brasileira. Fonte: (Palma, 1984 apud Cainelli & Mohriak, 1999).

A plataforma continental do sudeste constitui uma planície de largura variável. Consideravelmente ampla, possui uma largura média de 130 km, atingindo o máximo na altura de Santos (200 km) e o mínimo ao largo de Cabo Frio (50 km). A zona de quebra da plataforma continental se situa em profundidades da ordem de 100-160 m e se desloca para 80 m ao norte de Cabo Frio (Alves, 2002).

O talude continental é a província que se inclina na borda da plataforma continental, até profundidades variáveis em torno de 2.000 m. Constitui uma encosta com pequena inclinação, oscilando entre 1° e 2°. No talude da Margem Sudeste do Brasil, destacam-se paleocanais e cicatrizes de deslizamentos (mais a sul) e cânions bem desenvolvidos a norte (Alves, 2002).

O Platô de São Paulo é uma proeminente feição desta área da margem sudeste, localizado entre as latitudes 21° e 28° S. Trata-se de um extenso patamar, com cerca de 1.000 km de comprimento e uma largura de aproximadamente 150 km (do extremo norte até a altura da cidade de Cabo Frio) que vai até 550 km na área em frente à Bacia de Santos. O banco de Abrolhos e a Cadeia Vitória-Trindade definem seu limite norte e seu limite sul é a Dorsal de São Paulo (cadeia submarina de direção aproximada E-W). O limite externo do platô é determinado por uma escarpa relativamente íngreme, que corresponde ao limite da ocorrência de sal Aptiano (Ponte & Asmus, 1976, Leyden *et al.*, 1976 *apud* Alves, 2002). Seu limite interno, localizado na porção externa das bacias de Campos e Santos, não define uma divisão estrutural nítida entre as bacias e o platô (Alves, 2002).

O sopé continental é definido por uma cunha de sedimentos que se inclina desde a base do Platô de São Paulo até as regiões abissais. A morfologia do sopé continental é influenciada por fluxos gravitacionais de massa e pela ação de correntes marinhas (de contorno ou geostróficas). As profundidades variam entre 3.000 m (ao norte) e 3.500 m (ao sul) junto à base do platô de São Paulo, até as isóbatas de 4.800-5.000 m junto a uma província de colinas abissais da bacia oceânica adjacente (Alves, 2002).

II.5.1.4.4B – Fisiografia do Parque das Baleias e Campo de Catuá

A área dos Campos de óleo estudados localiza-se na porção extremo norte da província fisiográfica Platô de São Paulo. De um modo geral os Campos

localizam-se no Talude Continental, com exceção do Campo de Catuá, que está situado no Platô de São Paulo propriamente dito.

Através da Figura II.5.1.4-15 é possível observar uma visão geral das províncias fisiográficas presentes na área de estudo, cortada por canais que culminam em calha que compõem o Sistema Turbidítico do Itabapoana.

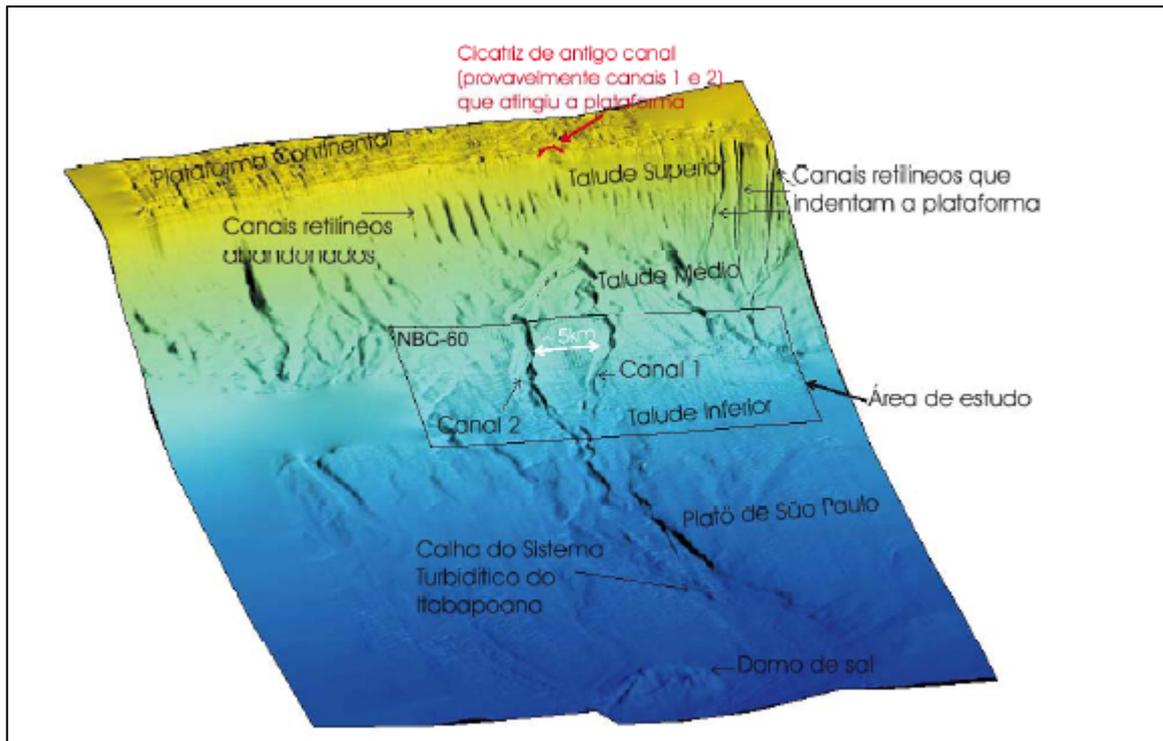


Figura II.5.1.4-15 - Visualização 3D do fundo marinho mostrando as províncias fisiográficas que compõem o cenário geomorfológico da área de estudo (PETROBRAS & CEPEMAR, 2004).

A área dos Campos está localizada no Talude Continental Inferior da porção norte da Bacia de Campos. Nesta região da bacia, a Plataforma Continental tem declividade variando de zero a 3° e largura aproximada de 70 km. A quebra da plataforma apresenta forma convexa e arredondada (Castro, 1992 *apud* PETROBRAS, 2007) e está posicionada entre 120 e 140 m de profundidade. O Talude Continental está situado entre as isóbatas de 140 e 1500 m e tem largura de 36 km.

O talude da área tem direção N-S e se apresenta na forma de um grande anfiteatro. O Talude Superior apresenta as declividades mais elevadas, entre 5 e 12°. A declividade torna-se gradativamente menor em direção ao talude inferior,

onde varia entre 1 e 3°. O Talude Superior é cortado por canais retilíneos e estreitos, que endentam a plataforma na porção noroeste da área, e se encontram abandonados e desconectados da plataforma, nas porções central e sul. A forma retilínea dos canais está associada à declividade elevada da área. Os canais observados no Talude Médio e Inferior apresentam maior porte e são relativamente mais sinuosos (PETROBRAS, 2007).

A área dos Campos de Baleia Azul, Caxaréu, Pirambu e Mangangá situam-se na província fisiográfica denominada de Talude Continental Inferior da Bacia de Campos. A profundidade da lâmina d'água na área de estudo varia de 850 a 1500 m. Nesta área, o talude mergulha suavemente para leste, com declividades variando de 0,5 a 3°. Declividades maiores estão associadas aos flancos dos canais submarinos que cortam o talude podendo, localmente, atingir até 30° (Figura II.5.1.4-16). Na morfologia da porção norte da área estudada destacam-se dois canais submarinos de maior porte, já na porção sul ocorrem antigos canais parcialmente colmatados no talude inferior e um cânion imaturo no talude superior e médio. Um dos canais atravessa o extremo norte da área, o outro está situado aproximadamente 5km a sul do primeiro. Ambos convergem para o mesmo ponto, situado a leste da área de estudo. O canal menor tem larguras variando entre 380 e 900m e profundidade média em torno de 25 m. O canal maior tem larguras variando entre 800 e 1700 m e profundidade média em torno de 65 m. A sinuosidade dos canais é baixa (PETROBRAS, 2007).

Na porção sul da área de estudo ocorrem vários canais menores. Além dos canais, observam-se suaves irregularidades no fundo marinho, tais como ravinas, ondulações, depressões isoladas e pequenas escarpas de falhas geológicas.

A área dos *ring fences* de Baleia Franca, Baleia Anã e Cachalote caracterizam-se por um relevo suave, com declividade predominando entre 0 a 3°, podendo atingir valores de até 23° nos flancos dos canais localizados na porção oeste. Entretanto, esses valores de declividades ocorrem isoladamente, e mesmo nas escarpas dos canais predominam declividades que variam entre 4 e 15°. A morfologia do fundo marinho na área de estudo, principalmente a oeste e no centro do *ring fence* de Cachalote, é fortemente condicionada pela geometria de deposição dos diamictitos, que possuem formas lobadas ao longo de largos canais de direção NE-SW e E-W e foram recobertos por sedimentos arenosos e

lamosos. Dessa maneira, pequenas depressões do fundo marinho também são observadas na base dos sedimentos lamosos. Esse tipo de depressão atinge até 400 m de largura e 2 km de comprimento, apesar de apresentarem profundidades rasas que atingem em torno dos 15 m (Merschmann *et al.*, 2006).

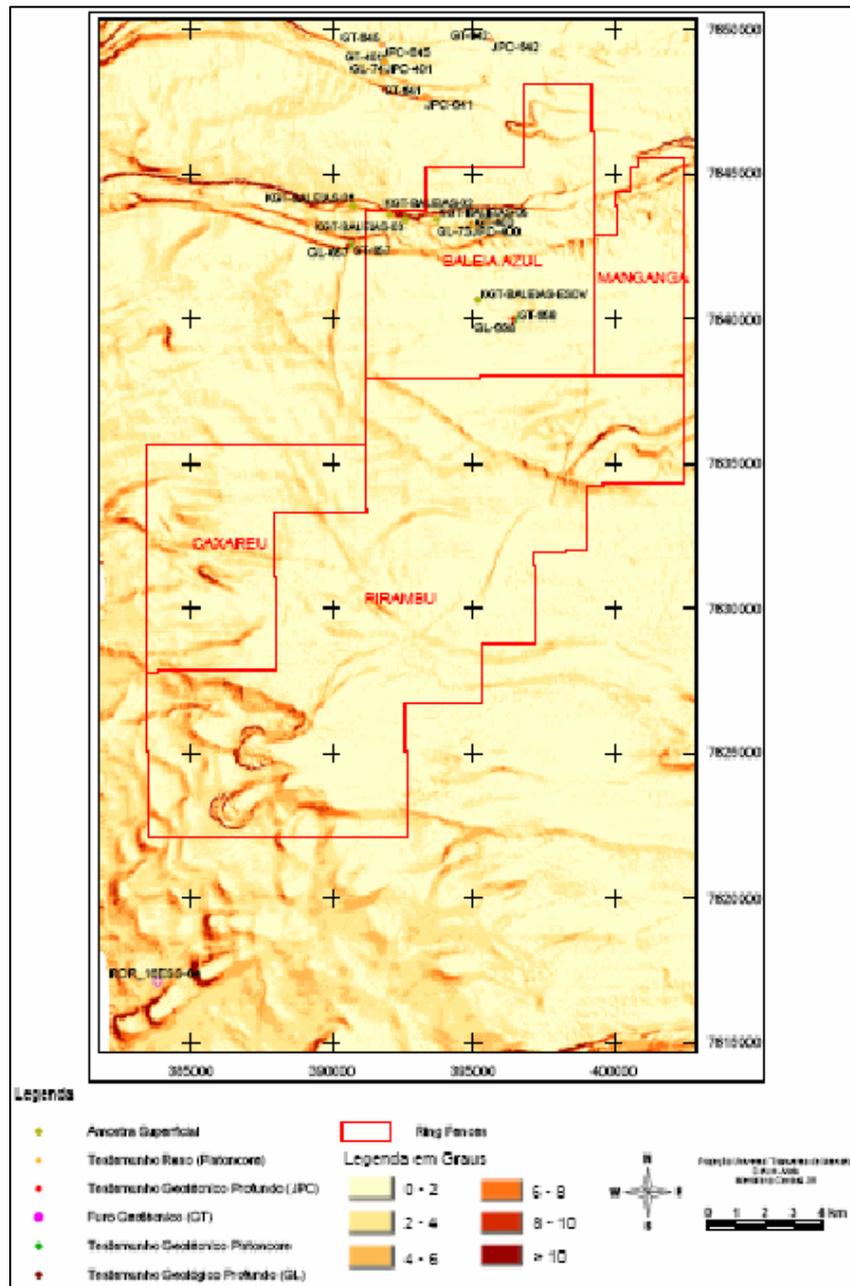


Figura II.5.1.4-16 – Mapa de Gradientes na região dos Campos de Baleia Azul, Caxaréu, Pirambu e Mangangá (PETROBRAS, 2007)

As direções preferenciais de falhamento também influenciam a morfologia do fundo, sendo os canais de direção E-W, localizados a noroeste e a sul de Cachalote, limitados parcialmente por zonas de falha. De maneira geral, pode-se afirmar que o fundo marinho da área mapeada apresenta um gradiente suave para SE na Plataforma Continental e mais elevado no talude superior (Merschmann *et al.*, 2006).

A área do *ring fence* de Jubarte caracteriza-se por um relevo suave, com declividade predominando entre 0 a 3°, podendo atingir valores de até 30° nos flancos dos canais que cortam o talude. Entretanto, esses valores de declividades ocorrem isoladamente, e mesmo nas escarpas dos canais predominam declividades que variam entre 4 e 15° (Hercos *et al.*, 2003).

No local do Campo de Catuá a declividade varia entre 1 e 1,5°. O Campo se encontra no flanco de um domo salino que ocorre em profundidade. Análises de sísmica permitiram reconhecer feições morfo-sedimentares associadas a depósitos de movimentos de massa nesta região da bacia em eventos que colapsaram a borda da plataforma e o talude superior anteriores a 11.000 anos, ou seja, ocorreram, provavelmente do Mioceno Superior ao Pleistoceno.

II.5.1.4.4C – Fisiografia na Área do Gasoduto Sul Capixaba

Estudos realizados pela PETROBRAS em 2004 e 2005 para a avaliação da geologia e escolha da rota do gasoduto (Item II.2.4.B.1) revelaram a presença de diversas estruturas associadas à cânions submarinos (Figura II.5.1.4-17), os quais apresentaram gradientes bastantes íngremes relacionados aos seus flancos. A diretriz teórica inicial (linha reta entre o Campo de Jubarte e a Ponta de Ubu, em Anchieta – ES) foi então desviada para evitar tais feições.

Levantamentos mais detalhados utilizados para a definição da diretriz final permitiram uma melhor caracterização do trecho como um todo (Item II.2.4.B.1). No trecho que vai da Praia do Além (litoral) e se estende por 3,1 km, o fundo marinho apresentou morfologia bastante irregular, devido a presença de afloramentos rochosos.

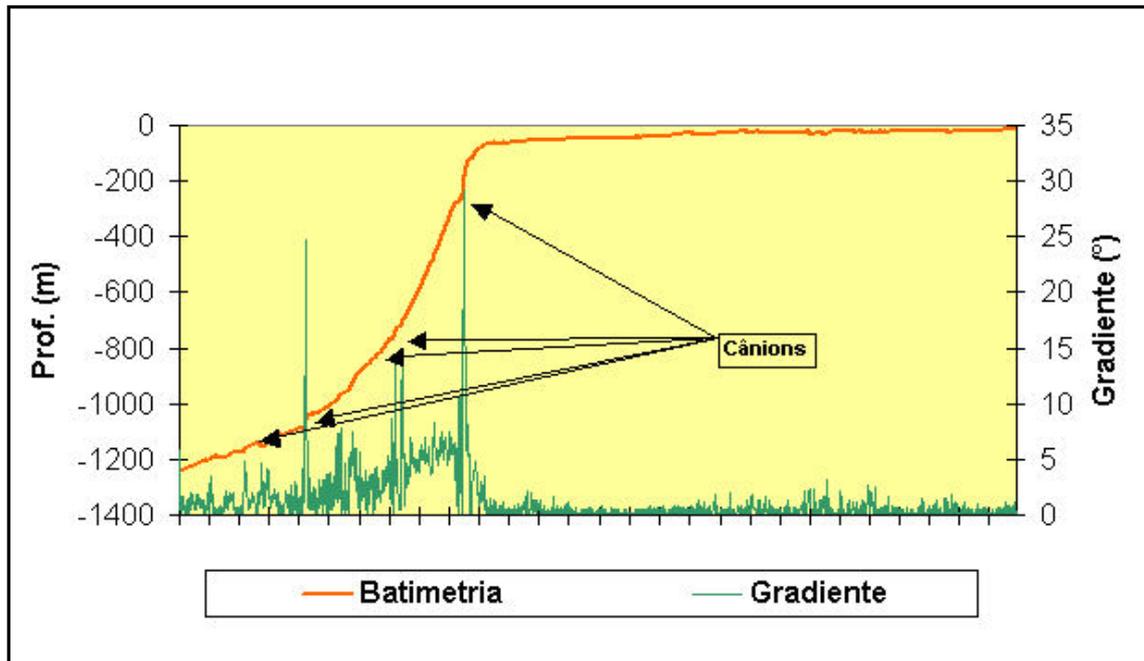


Figura II.5.1.4-17 – Perfil batimétrico ao longo da diretriz teórica de Jubarte.

A partir deste ponto, os 55,3 km seguintes apresentam-se com gradientes muito baixos ($<0,1^\circ$ a $0,2^\circ$), com morfologia irregular até a faixa de 23 km e plana a partir dessa distância. Esse setor da diretriz apresenta ainda alguns degraus batimétricos, feições provavelmente associados a linhas de estabilização do nível do mar durante a última transgressão.

A quebra da plataforma continental ocorre a 58,4 km da Praia do Além, na direção da diretriz do gasoduto, a uma profundidade de 97 m. A partir da quebra, os primeiros 900 m correspondem ao trecho que apresenta os maiores gradientes (máximo de $8,9^\circ$), caracterizado pela presença de uma escarpa em degrau. Depois dessa escarpa, o gradiente se reduz paulatinamente, passando a $5,2^\circ$ nos 5km seguintes, $3,5^\circ$ em um trecho de 1,5 km e apresentando finalmente um gradiente suave de $1,9^\circ$ nos 15,8 km finais até o final do traçado.

II.5.1.4.4D – Topografia Submarina

A Bacia de Campos apresenta um relevo submarino relativamente suave na Plataforma Continental, que é notadamente mais estreita ao Norte do Cabo de São Tomé. Mapas Batimétricos e de declividade do fundo marinho confeccionados por PETROBRAS & CEPEMAR (2004) podem ser vistos nas Figuras II.5.1-18 e II.5.1-19. Os menores gradientes são encontrados na

Plataforma Continental, como esperado, da ordem de $0,3^\circ$. O Talude Continental e o extremo oeste da porção norte da bacia apresentam os maiores gradientes.

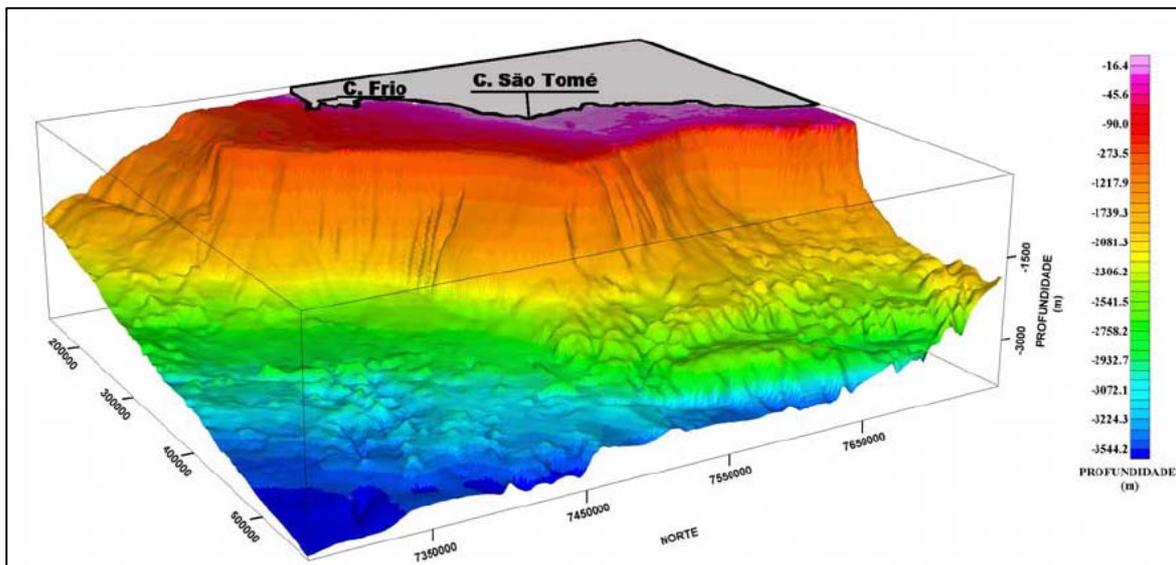


Figura II.5.1.4-18 – Batimetria da bacia de Campos vista em 3D (PETROBRAS & CEPEMAR, 2004).

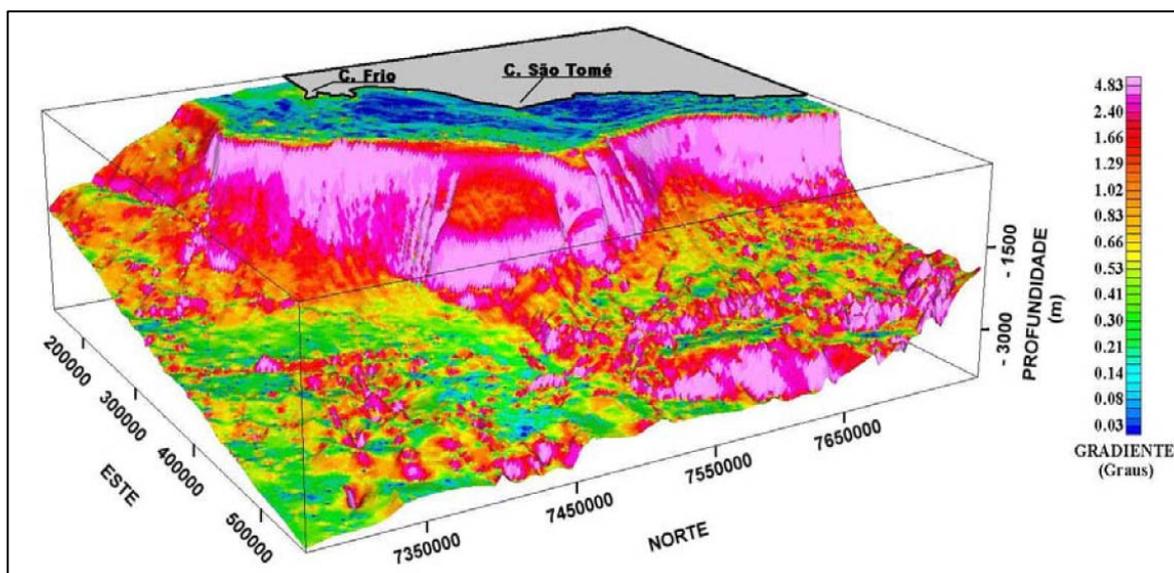


Figura II.5.1.4-19 – Batimetria da bacia de Campos vista em 3D, onde o relevo reflete a topografia e as cores o gradiente de inclinação (PETROBRAS & CEPEMAR, 2004).

A Plataforma Continental, no trecho abordada pelo gasoduto, possui uma largura de aproximadamente 70 km, e seu limite (ou quebra da plataforma), que define o fim da plataforma externa, ocorre na isóbata de 97 m. Em sua porção

mais costeira (até a isóbata de 35 m), fatores como a pequena espessura do pacote sedimentar conferem ao fundo uma morfologia irregular, com afloramentos rochosos e depressões batimétricas que chegam a 8 m (Figuras II.2.4-3, II.2.4-4 e Tabela II.2.4-2).

Na porção mais profunda da plataforma continental (plataforma externa) abrangida pelo traçado do gasoduto, da isóbata de 35 m até o limite externo da plataforma continental, em um trecho de aproximadamente 23 km, a morfologia do fundo é plana, apresentando apenas alguns degraus batimétricos, nas profundidades de 35 – 43 m e 63 – 71 m.

Imediatamente após a quebra da plataforma, o talude superior apresenta um fundo marinho na forma de escarpa em degrau, com três níveis de gradientes variáveis (97-133 m: 4,8°; 133-146 m: 3,2°; 146-226:8,9°), em uma extensão horizontal de 900 m. A partir da profundidade de 226 m até o talude inferior (isóbata de 1.245 m), a inclinação diminui gradativamente, com um leito marinho apresentando topografia plana, em um trecho de aproximadamente 22 km.

A área de estudo correspondente aos Campos localiza-se na porção inferior do talude continental, logo após a redução do gradiente típico dessa feição (Figura II.5.1.4-20). O Parque das Baleias fica entre as isóbatas de 1.000 m e 1.500 m, enquanto o Campo de Catuá está situado em local mais profundo e de relevo menos íngreme, entre as isóbatas de 1.500 e 2.000 m.

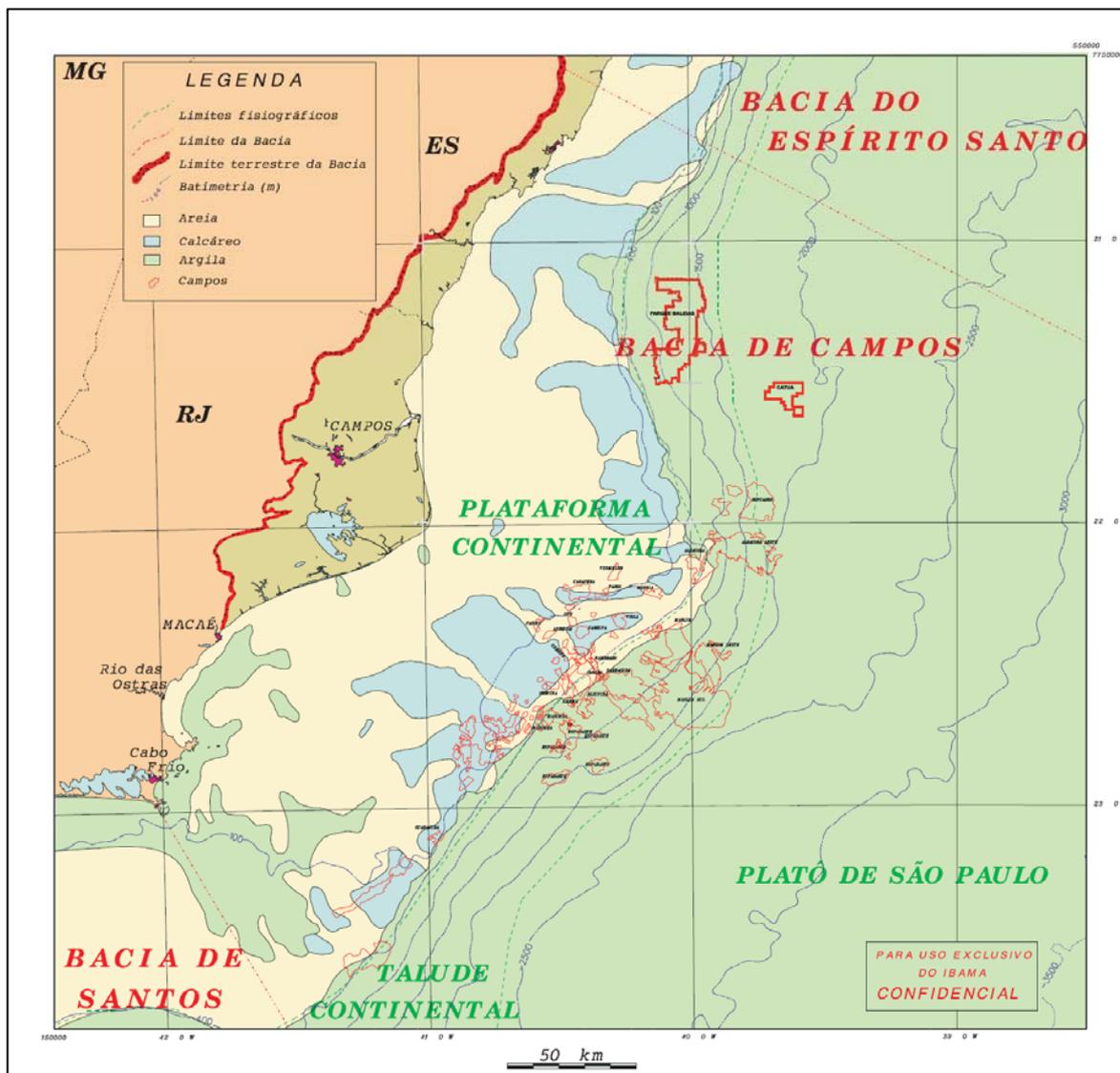


Figura II.5.1.4-20 – Faciologia e batimetria da bacia de Campos, com a área do Parque das Baleias (modificado de PETROBRAS & CEPEMAR, 2004).

O conjunto formado pelos Campos Caxaréu, Pirambú, Baleia Azul e Mangangá encontra-se entre as cotas batimétricas de -980 m a -1.500 m. Já o grupo formado pelos Campos de Jubarte, Cachalote, Baleia Franca e Baleia Anã localiza-se em área ligeiramente mais profunda, entre as isóbatas de -1.110 m e -1.522 m. O Mapa II.5.1-2a ilustra as principais feições batimétricas da área de passagem dos dutos e do Parque das Baleias, tais como as irregularidades da plataforma continental interna no trecho do gasoduto, a quebra da plataforma continental, o elevado gradiente entre as isóbatas de aproximadamente 100 a 250

m e a localização dos Campos do Parque das Baleias no limite inferior do talude Continental.

II.5.1.4.5 – COBERTURA SEDIMENTAR

As Margens Continentais e Zonas Costeiras são caracterizadas por uma cobertura sedimentar intimamente ligada às variações do nível do mar. Devem ser destacadas aqui, por sua contribuição na sedimentação a regressão Pleistocênica e posterior transgressão Holocênica (PETROBRAS & CEPEMAR, 2004). Segundo Alves (2002), a partir do Quaternário a borda da plataforma e do talude sofreu um período de intensa erosão, associado a formação de cânions submarinos, ravinamentos e deslizamentos, que se observam até os dias atuais. A sedimentação terrígena oriunda dessa erosão se encontra depositada sobre o Platô de São Paulo e o sopé continental adjacente.

Viana *et al.* (1998), através de testemunhos, levantamentos geofísicos de alta resolução, investigações geotécnicas e pesquisa ambiental, fizeram uma análise preliminar dos mecanismos sedimentares operantes na Bacia de Campos. O padrão de sedimentação moderno da Margem Continental do sudeste Brasileiro é representativo de níveis do mar relativamente altos. Fatores geológicos e oceanográficos (tais como correntes de fundo) sugerem uma transferência contínua e significativa de sedimentos da plataforma para o talude continental nos dias atuais. Os dados de sua pesquisa sugerem ainda que diferentes correntes termohalinas tiveram um papel principal na determinação dos padrões de sedimentação no talude pelo menos no Quaternário tardio.

A Figura II.5.1.4-21 apresenta os resultados da pesquisa de Viana *et al.* (1998), que indicam a predominância de areia e carbonatos na plataforma continental, lamas hemipelágicas (superfícies duras) no talude continental médio e lamas pelágicas do talude inferior e Platô de São Paulo.

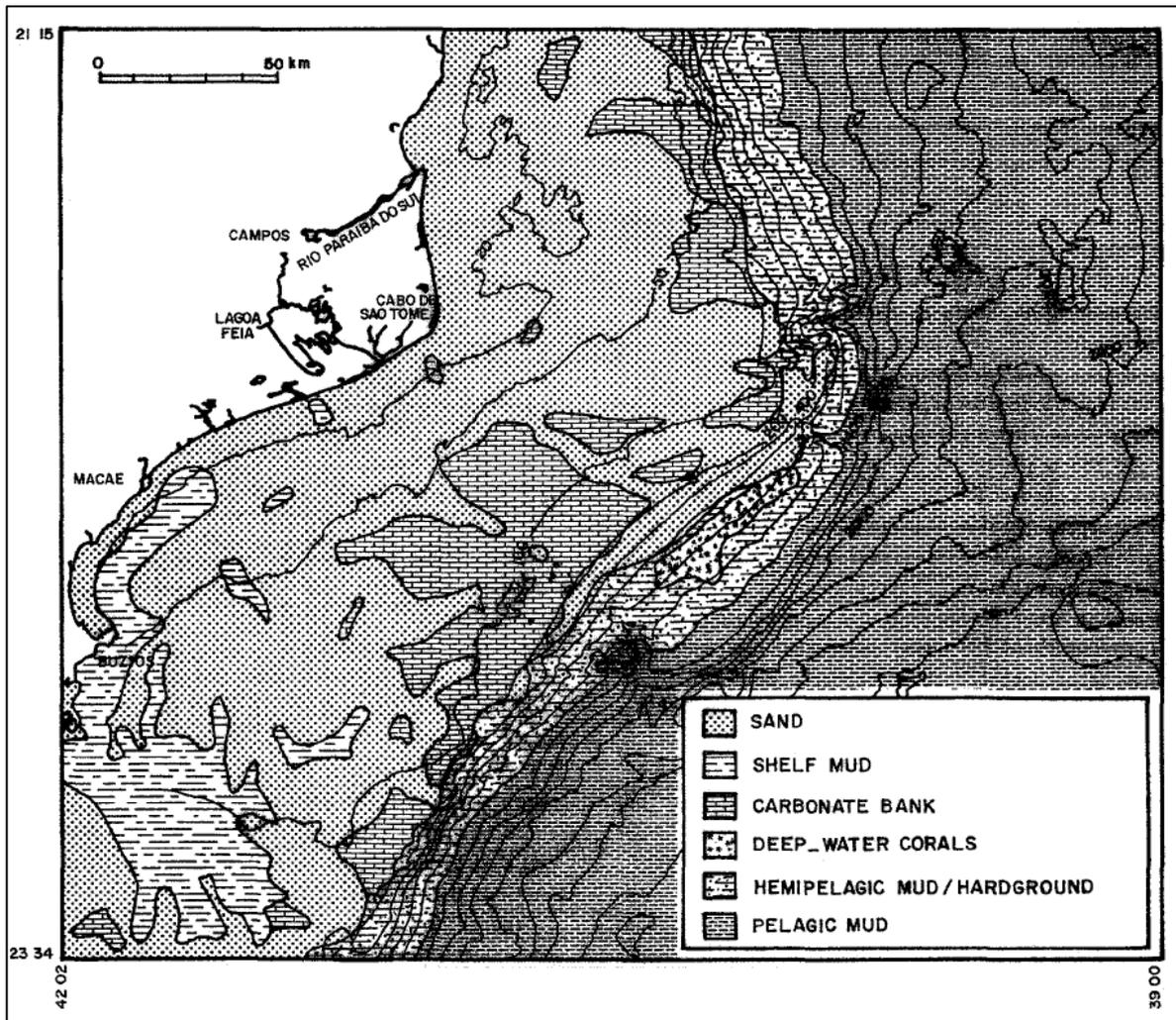


Figura II.5.1.4-21 – Distribuição de sedimentos superficiais (Viana, 1998).

Estudos realizados pelo Programa REVIZEE (REVIZEE, 2003) mostram que na Plataforma Continental da porção norte da Bacia de Campos, existe o predomínio de areia muito grossa, cascalho e areia grossa (Figura II.5.1.3-22). Quanto à composição dos sedimentos, Figueiredo & Tessler (2004), também no Programa REVIZEE, encontraram na Plataforma Continental da Área de Estudo sedimentos bioclásticos, com presença de algas calcárias do tipo rodolitos, na parte interna da plataforma. Avançando na plataforma externa, foi observada a predominância de sedimentos litoclásticos (Figura II.5.1.4-22).

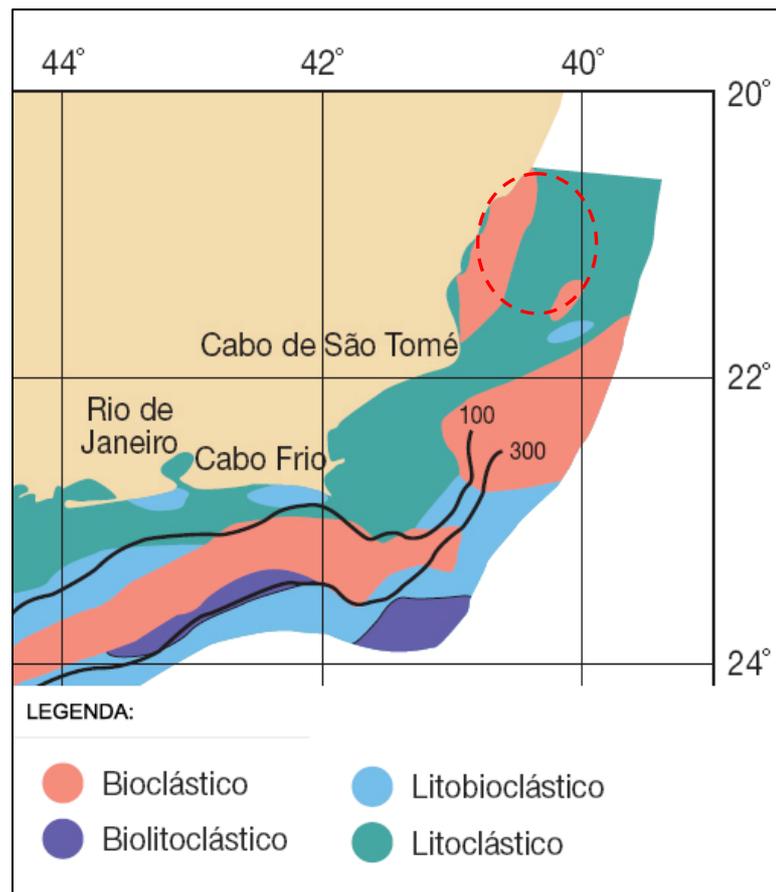


Figura II.5.1.4-22 – Composição dos sedimentos superficiais (Classificação Larssonneur, 1977 apud Figueiredo & Tessler, 2004).

Analisando o Mapa Faciológico da Bacia de Campos (Figura II.5.1.4-19 e Mapa II.5.1-2a) é possível observar a predominância de areias na plataforma continental. Na região da plataforma por onde passa o traçado do gasoduto, observa-se a presença de cobertura sedimentar de característica carbonática, que se estende desde profundidades em torno de 20m até a quebra da plataforma.

Estudos mais detalhados realizados pela PETROBRAS em 2004 e 2005, abrangendo a rota do gasoduto (Item II.2.4.B.1) confirmam a predominância de sedimentos grosseiros na Plataforma Continental. Foi observada a presença de variação, no entanto, de areia grosseira, rica em cascalho bioclástico na parte mais rasa (até a profundidade de 15 m), passando por uma faixa de areia siliciclástica média a fina, entre as isóbatas de 15 e 35 m, até um sedimento composto por areia bastante grosseira, rica em cascalho biotrófico, com nódulos e crostas de algas calcárias até o limite externo da Plataforma Continental.

O Talude Superior (isóbatas de 97 a 226 m) é caracterizada pela transição da cobertura sedimentar, dos sedimentos descritos para a Plataforma Externa (areias com crostas de algas calcárias) para a sedimentação lamosa, característica do talude. A faciologia do talude, no trecho, apresenta-se de forma homogênea, caracterizada por uma cobertura sedimentar predominante de argila siltosa. Entre as isóbatas de 656 e 745 m, existem indícios de bioconstruções carbonáticas. Ao aproximar-se do Talude Inferior (entre 745 e 1.245 m de profundidade), o ambiente é dominado por processos sedimentares deposicionais.

O Mapa Faciológico da Bacia de Campos (Figura II.5.1.4-21 e Mapa II.5.1-2a) também indica a predominância de sedimentos finos na área do Parque das Baleias. Estudos mais detalhados para os Campos de Parque das Baleias (PETROBRAS & CEPEMAR, 2004; Merschmann *et al.*, 2006; PETROBRAS, 2007) confirmam a predominância de lamas em todos os Campos, podendo haver intercalação com areias.

II.5.1.4.6 – CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

A Plataforma Continental, devido a suas características de baixa declividade, possui de forma característica boas condições geotécnicas, apresentando baixo risco geológico. Não obstante, informações das características geotécnicas da Plataforma Continental foram levantadas através de estudos realizados pela PETROBRAS, para escolher o melhor traçado para o gasoduto submarino (Item II.2.4.B.1). Tais estudos levaram em consideração as condições atuais e a evolução geológica da área.

Para o traçado do gasoduto, estudos detalhados realçaram dois aspectos principais:

- Foram identificados afloramentos do embasamento rochoso ao largo da praia do Além. O resultado dos estudos mostrou que o embasamento rochoso encontra-se distribuído em toda a região mapeada e a cotas de enterramento (profundidade abaixo do solo marinho) variando entre zero (aflorante) e 22 m. O mapeamento da profundidade do embasamento serviu para verificar qual a melhor metodologia para a passagem do gasoduto.

- Dois eventos de instabilidade, evidenciados pela presença de camadas escorregadas e falhadas em subsuperfície e pequenos canais erosivos já em fase de colmatação no atual fundo marinho foram identificados nos registros sísmicos. Foi realizado então um estudo da evolução geológica da área e a datação por método bioestratigráfico posicionou estes eventos em 84 mil e 11 mil anos BP. Nos dois casos, as idades identificadas representam períodos de mudanças climáticas globais, sugerindo que os processos de instabilidade observados na área do talude estariam mais relacionados a variações de larga escala do nível do mar e não a mecanismos disparadores locais.

Os resultados dos estudos geológico-geotécnicos para a diretriz proposta do gasoduto evidenciaram que os riscos associados aos processos naturais presentes na área são muito pouco representativos dentro do período de vida de um Campo de petróleo, o que indica uma pequena possibilidade de que imprevistos aconteçam.

O Talude Continental é uma área onde as condições geológicas/oceanográficas são, de um modo geral, mais complexas do que aquelas encontradas na Plataforma Continental. O relevo acidentado, com presença de escarpas íngremes, falhas ativas, hidratos de gás, erosão do fundo marinho e diferentes estágios de compactação dos sedimentos são fatores que possibilitam a geração de instabilidade do talude.

Estudos realizados no Bloco BC-60 (Figuras II.5.1.4-11 e II.5.1.4-23; PETROBRAS & CEPENAR, 2004) tiveram por objetivo identificar feições indicativas de risco geológico (ou *geohazard*), consistindo em medidas para mitigação desse risco.

Caracteriza-se como *geohazard* para a instalação de equipamentos submarinos, a possibilidade de dano ou perda dos mesmos e de outras instalações ligadas a eles, provocadas por qualquer fenômeno geológico, seja natural ou induzido por atividade humana. A fisiografia da área estudada é, em parte, condicionada pelas falhas geológicas e fraturas que atingem o fundo e subfundo marinhos. Canais de talude, ravinas, pequenas escarpas, algumas

depressões e ondulações do fundo estão localizados preferencialmente sobre áreas que apresentam fraturamento mais intenso, entretanto, algumas ondulações apenas mimetizam o topo irregular de depósitos de movimentos de massa, que ocorrem a partir de 20 m de profundidade abaixo do fundo marinho.

A área estudada apresenta-se estruturada em subsuperfície através de falhas lístricas associadas a Halocinese. A maioria destas falhas afeta até 100 m abaixo do fundo marinho, porém muitas chegam a atingir o fundo do mar. Estas falhas evoluem para cima, em direção ao fundo marinho, com rejeitos menores, provavelmente sem resolução sísmica. A espessa seqüência de depósitos caóticos (diamictitos), que ocorre no subfundo raso da área estudada, dificulta o reconhecimento de falhas de pequeno rejeito devido à escassez de horizontes de referência.

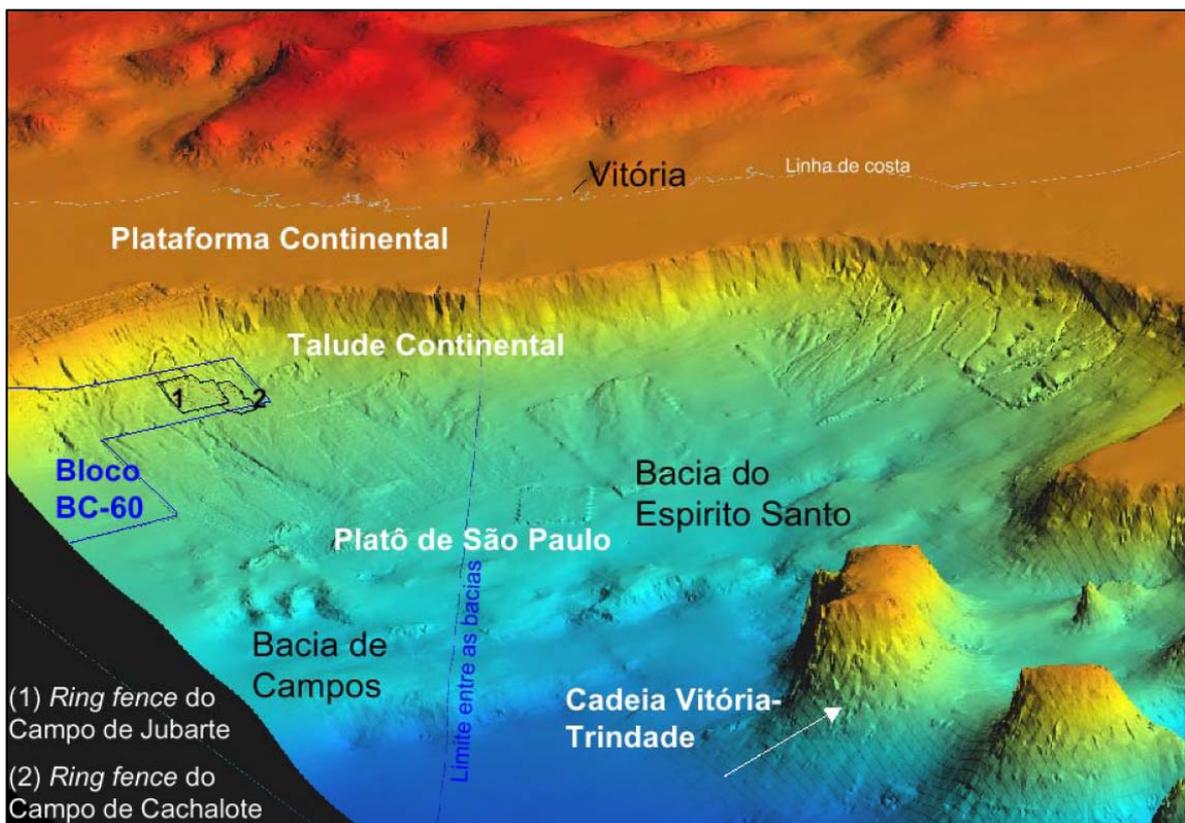


Figura II.5.1.4-23 - Visualização 3D do fundo do mar das bacias do Espírito Santo e de Campos, mostrando a configuração fisiográfica com destaque para a área de estudo (PETROBRAS & CEPENAR, 2004).

Não foram observadas formações abrasivas, tais como corais e lajes de algas vermelhas incrustantes, no fundo marinho. Os únicos alvos refletivos que ocorrem na área referem-se à presença de equipamentos (cabeças de poços) e a afloramentos localizados, que ocorrem nos flancos norte dos canais 1 e 2 (Figuras II.5.1.4-11 e II.5.1.4-15). Na área estudada, o principal fator de risco geológico é a presença de depósitos arenosos ao alcance das operações de jateamento e ancoragem, ou seja, entre o fundo do mar e 40 m de profundidade abaixo do fundo. Para a análise deste fator foi considerada a superposição, em área, de duas principais feições geológicas: Seqüência 1 com espessuras menores e iguais a 30 m e a presença de depósitos arenosos abaixo do Horizonte 1.

Para a análise no GIS, as feições de risco mais preponderantes observadas na área de estudo foram: (i) regiões com altas declividades; (ii) presença de areia no intervalo onde acontecem operações de jateamento e ancoragem, ou seja, entre zero e 40 m de profundidade abaixo do fundo do mar; (iii) presença de solo fraturado ou falhado; (iv) presença de afloramentos no fundo do mar e (v) presença de feições que podem ser associadas à exudação de hidrocarbonetos no fundo marinho (raras).

Este batente poderia dificultar a cravação de âncoras com penetração maior do que 20 m de profundidade. Além disto, nas regiões nordeste e sudeste, nas proximidades do canal 2, ocorrem depósitos arenosos logo abaixo do Horizonte 1.

Na maior parte da área a declividade é baixa, variando entre 1 e 3°, o que não oferece restrições à operação de ancoragem. As declividades maiores estão associadas aos flancos de canais submarinos, podendo atingir até 36 graus, mas estas áreas são muito restritas.

Estes estudos apresentaram as seguintes conclusões e recomendações:

- O fundo/subfundo marinho da área norte do bloco BC-60, é constituído por um lençol de lamas hemipelágicas (Seqüência 1), capeando diferentes tipos de depósitos. A lama da Seqüência 1 apresenta um perfil de adensamento normal.
- A Seqüência 1 é limitada em sua base por um forte refletor sísmico, Horizonte 1, que representam uma discordância erosiva mais antiga do que 127.000 anos (biozona W do Neopleistoceno). Este refletor

representa um batente e está associado a um aumento abrupto na resistência à penetração registrada nos perfis de CPT (geotécnicos).

- Abaixo do Horizonte 1, observa-se uma espessa seqüência de depósitos de movimentos de massa (diamictitos) entremeados por depósitos arenosos e lamosos. Nesta região do talude, estes depósitos coexistiram lateralmente à época de sua deposição. Por correlação com seus análogos de outros locais da Bacia de Campos, prevê-se que os diamictitos da área são essencialmente lamosos, compostos por clastos de lama de diferentes graus de adensamento, envolvidos por uma matriz amolgada também lamosa.
- A presença de batentes e/ou areias no subfundo raso, até 30 m de profundidade abaixo do fundo do mar, pode dificultar, ou até mesmo impedir a penetração de âncoras. As porções nordeste, sudeste (no talvegue do canal 2) e extremo sul da área estudada representam regiões onde a Seqüência 1 possui as menores espessuras. Além disto, ocorrem depósitos arenosos na base desta seqüência nas porções NE e SE.
- As declividades da área variam entre 1 e 3°. Declividades maiores do que 10 graus ocorrem nos flancos dos canais 1 e 2 e em um pequeno canal situado no extremo noroeste do bloco.
- Nos registros de sonar e multi-feixe, não foram observadas formações abrasivas no fundo marinho, tais como corais e lajes de algas vermelhas incrustantes. Os únicos alvos refletivos que ocorrem na área referem-se à presença de equipamentos (cabeças de poços) e a afloramentos localizados, que ocorrem nos flancos norte dos canais 1 e 2.
- Não foram observados indícios de exudação de hidrocarbonetos no fundo marinho. Ao nível do horizonte 1, foram mapeados alguns *wipeouts* e *pockmarks* que estão associados à presença de falhas. Nas vizinhanças de algumas falhas ocorrem anomalias de amplitude em profundidade (450 m abaixo do fundo) que podem estar associadas à presença de gás.

- A área encontra-se afetada por falhamentos profundos que alcançam o fundo marinho raso. A presença de falhas e fraturas pode representar zonas de fraquezas nos sedimentos. Além disto, elas são caminhos preferenciais na migração de hidrocarbonetos.

Os estudos realizados para a área do Parque das Baleias permitiram à conclusão de que, com relação à estabilidade do talude, a área estudada não apresenta fatores de risco. Ao contrário, a presença de um espesso drape hemipelágico quaternário indica a ausência de eventos de deslizamentos e remoção há pelo menos 127.000 anos. Neste aspecto o talude da área é estável.

É importante ressaltar que não será realizada abordagem das características sedimentológicas da área de pós-praia nos locais onde há passagem de dutos, tendo em vista que o licenciamento objeto deste estudo não contempla atividades na praia e pós-praia. Tal licenciamento é tratado no âmbito estadual (Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA, número de processo 38073641, protocolo do EIA/RIMA em 17/07/2007).