

ÍNDICE GERAL

II.5 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	2
II.5.1 - MEIO FÍSICO	3
II.5.1.1 - Meteorologia	3
II.5.1.1.1 - Considerações Gerais	3
II.5.1.1.2 - Direção e Velocidade dos Ventos	3
II.5.1.1.3 - Temperatura	8
II.5.1.1.4 - Precipitação	8
II.5.1.1.5 - Evaporação	9
II.5.1.1.5 - Sistemas Frontais	10
II.5.1.2 - Oceanografia	12
II.5.1.2.1 - Considerações Gerais	12
II.5.1.2.2 - Temperatura e Salidade	15
II.5.1.2.3 - Massas D'água	18
II.5.1.3.4 - Regime de Ondas	19
II.5.1.3.5 - Regime de Marés	23
II.5.1.3.5 - Regime de Correntes	24
II.5.1.3.6 - Condições Extremas	29
II.5.1.3 - Qualidade da água	29
II.5.1.4 - Geologia e Geomorfologia	36
II.5.1.4.1 - Introdução	36
II.5.1.4.2 - Arcabouço Estrutural da Bacia de Campos	38
II.5.1.4.3 - Estratigrafia da Bacia de Campos	43
II.5.1.4.4 - Fisiografia da Bacia de Campos	53
II. 5.1.4.5 - Área do Poço 1-RJS-409	56
II. 5.1.4.6 - Situação Atual da Área do Poço 1-RJS-409	80

II.5 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

O estudo a seguir tem como objetivo apresentar o diagnóstico ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural na Área do Poço 1-RJS-409. Este diagnóstico será apresentado de forma complementar àquele submetido durante o processo de licenciamento ambiental referente à Implantação e Operação da Unidade de Produção Espadarte FPSO da Petrobras, a ser instalada no Campo de Espadarte - Bacia de Campos. A complementação é justificada pelo fato do EIA/RIMA já ter abordado, em sua maioria, os aspectos sócio-ambientais e os impactos sobre a atividade a ser realizada na área do poço 1-RJS-409, Concessão de Espadarte, Bacia de Campos.

II.5.1 - MEIO FÍSICO

II.5.1.1 - Meteorologia

II.5.1.1.1 - Considerações Gerais

Para a caracterização meteorológica da região do empreendimento, foram utilizados dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) da Marinha do Brasil, do Centro de Previsão de Tempo e Clima (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Os dados do INMET correspondem às Normais Climatológicas, que fornecem médias mensais de parâmetros meteorológicos pelo período de 30 anos, caracterizando a distribuição dos dados dentro de uma faixa de incidência habitual. Neste diagnóstico são apresentadas as normais climatológicas obtidas da estação do Rio de Janeiro para os períodos de 1931 a 1960 e 1961 a 1990.

Os dados do BNDO foram coletados no período de 1958 a 2002 ao longo da rota dos navios, não havendo uma regularidade na frequência temporal e espacial de amostragem. No entanto, a análise destes dados permite caracterizar sazonalmente a variação do parâmetro em questão.

Além da descrição dos parâmetros meteorológicos (ventos, temperatura e precipitação), foram 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 - Direção e Velocidade dos Ventos

O vento na região do empreendimento é bastante influenciado pela Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Esse sistema sinótico sofre um deslocamento durante o ano, resultando em uma variação no campo de vento atuante na região da Bacia de Campos. Nos meses de verão, o núcleo da ASAS está posicionado mais a Sul e a Leste, sobre o oceano, intensificando o vento de nordeste e leste. Durante o inverno, este sistema está posicionado mais a norte e a oeste, próximo ao continente, intensificando o vento de norte e nordeste.

Pode-se observar uma alta frequência de ocorrência dos ventos de norte a leste nos meses de janeiro a março, com uma intensidade maior 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 são significativos (Figura II.5.1-1).

Para o período de julho a dezembro, a predominância dos ventos de leste e nordeste ao longo de todos os meses, com a ocorrência dos ventos de sul com menor frequência. De maneira geral a incidência dos ventos de quadrante sul é maior nos meses de abril e maio (Figura II.5.1-2).

Na Figura II.5.1-3 (a) é apresentada 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 Figura II.5.1-3 (b). Valores máximos extremos podem ser explicados pelo fato de esses dados serem obtidos a bordo de navios com o emprego de diferentes instrumentos e métodos, gerando alguma inconsistência nas medições.

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

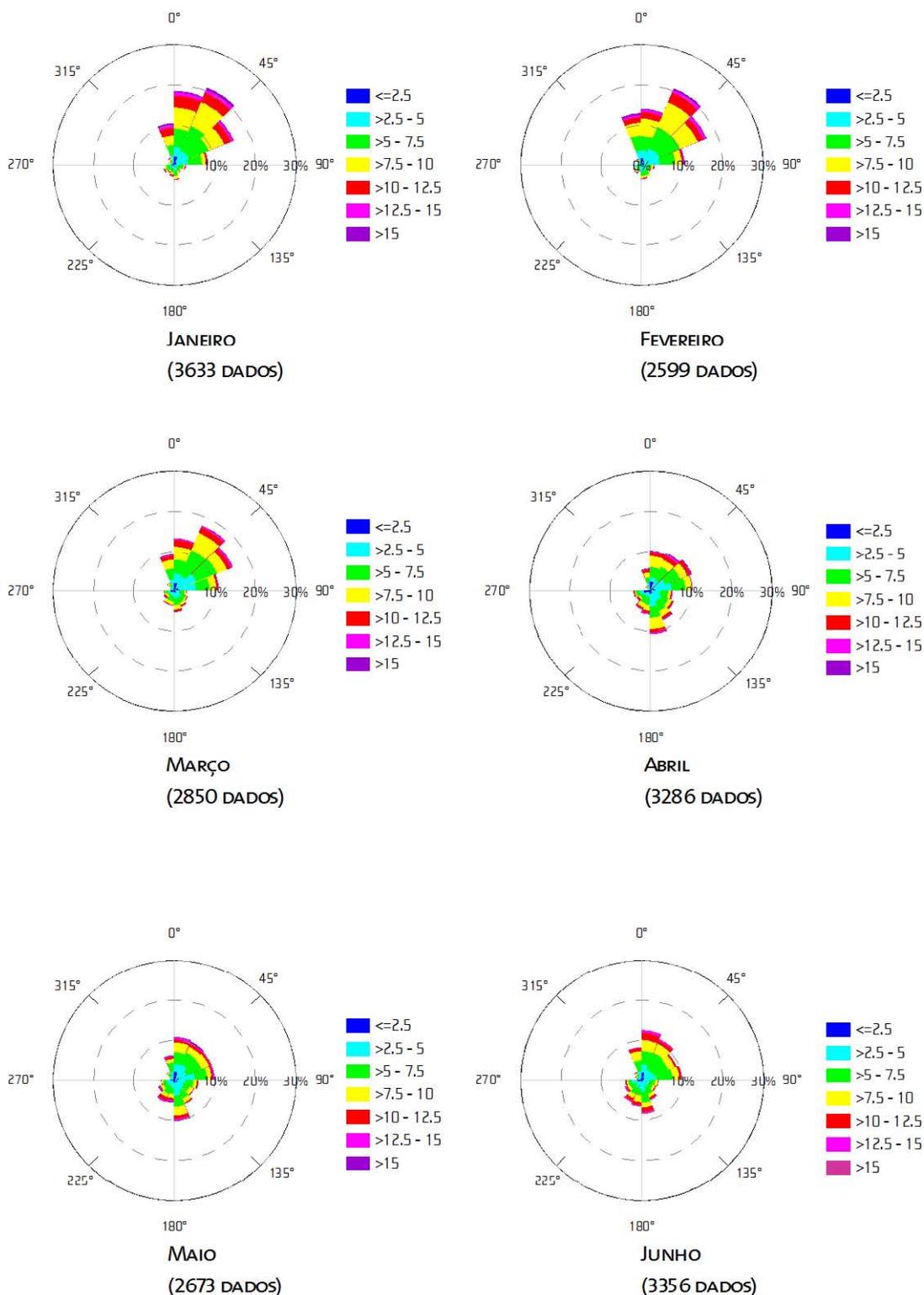


Figura II.5.1-1 - Rosa dos ventos (m/s) para os meses de janeiro a junho. Fonte: BNDO.

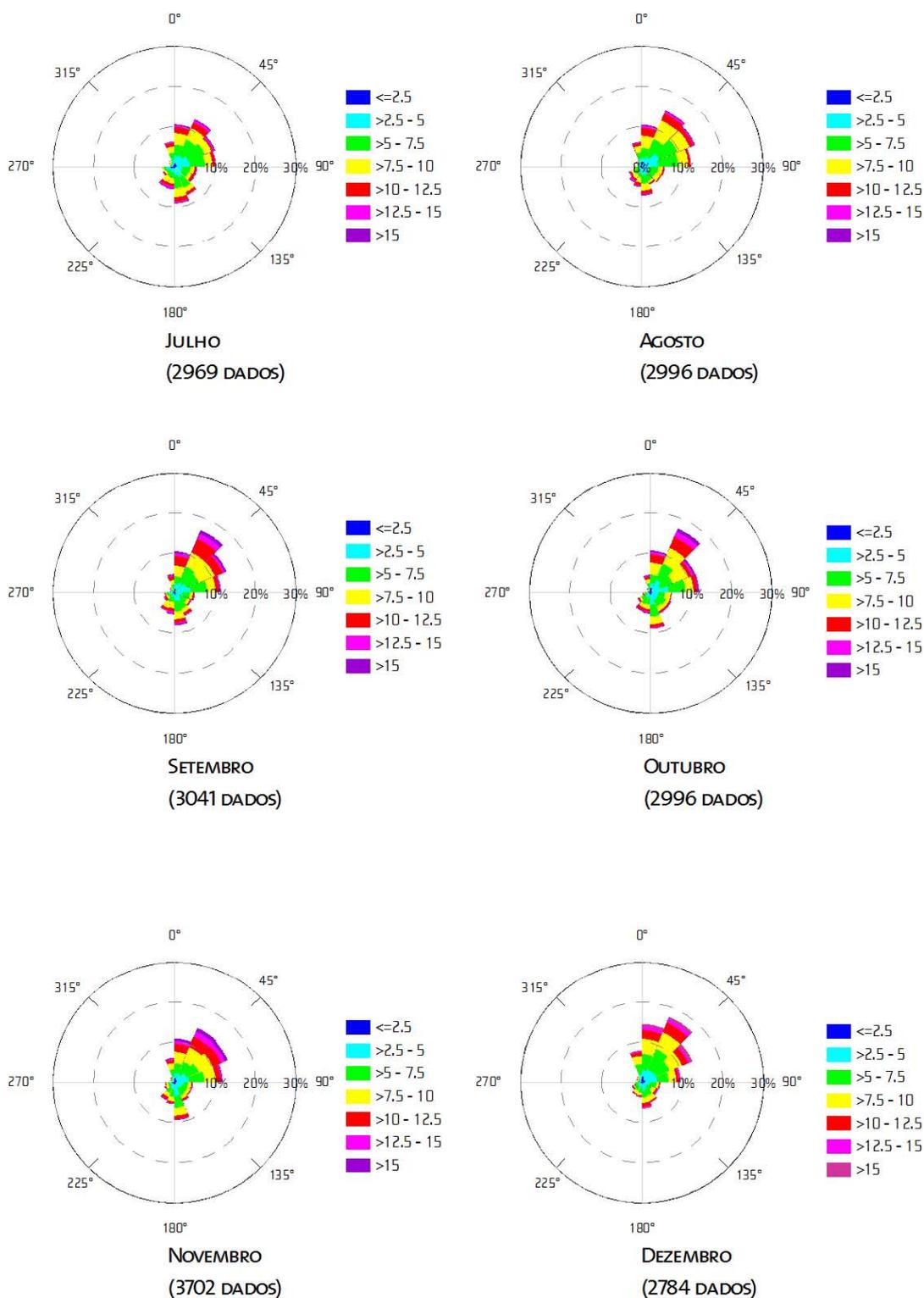
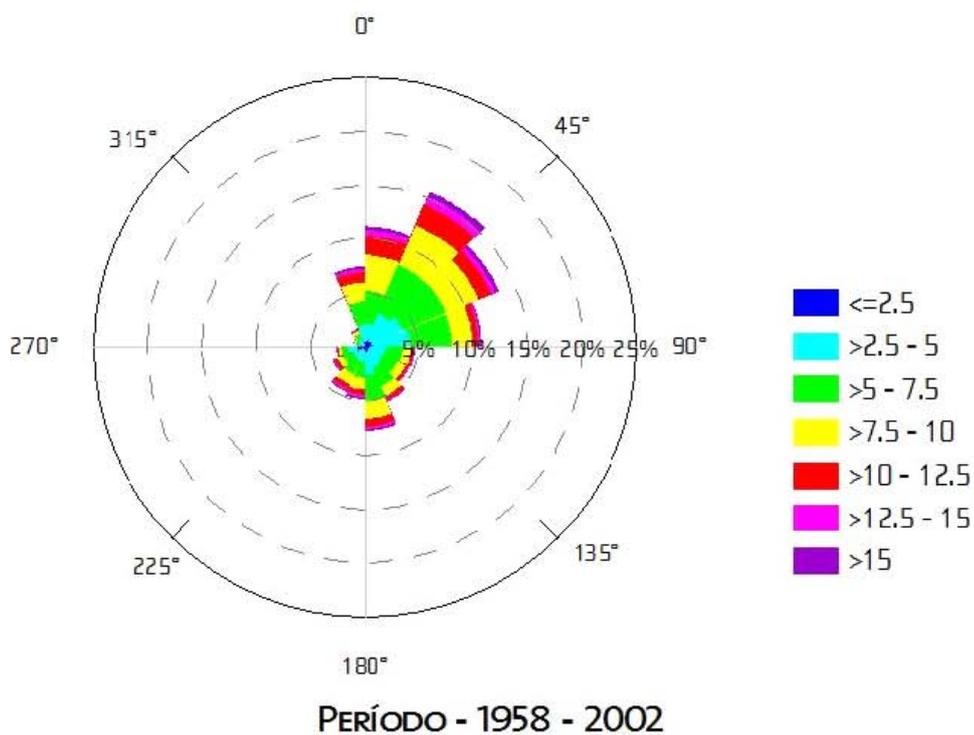
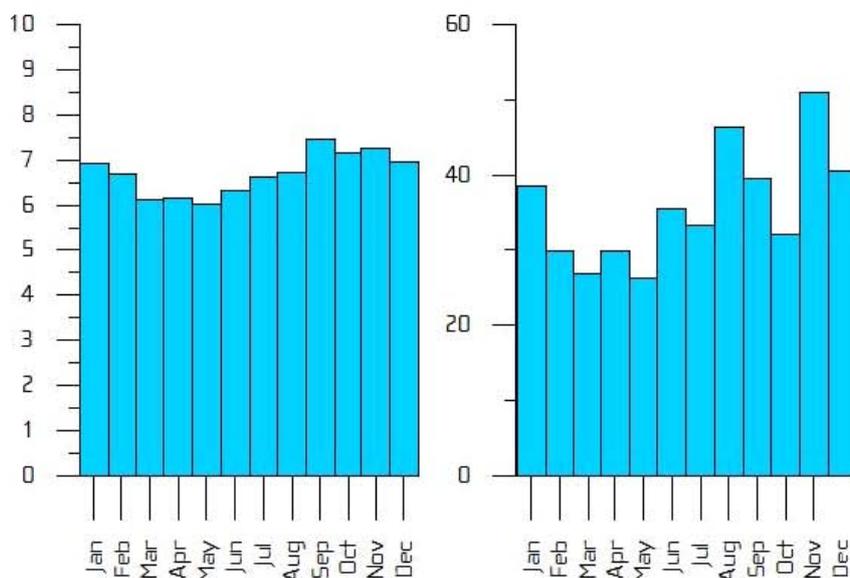


Figura II.5.1-2 - Rosa dos ventos (m/s) para os meses de julho a dezembro. Fonte: BNDO.



A)



B)

MÉDIA

MÁXIMA

Figura II.5.1-3 - (a) Rosa dos ventos (m/s) para todo o período (b) valores máximos e médios para a região. Fonte: BNDO.

II.5.1.1.3 - Temperatura

Na Figura II.5.1-4 são apresentados os valores médios, máximos e mínimos de temperatura obtidos das Normais Climatológicas do INMET (1961 a 1990) e BNDO, no período de 1963 a 1997). As maiores temperaturas médias do ar ocorrem no verão (fevereiro), em torno dos 26,5° e as menores no inverno (julho), em torno dos 20,5°.

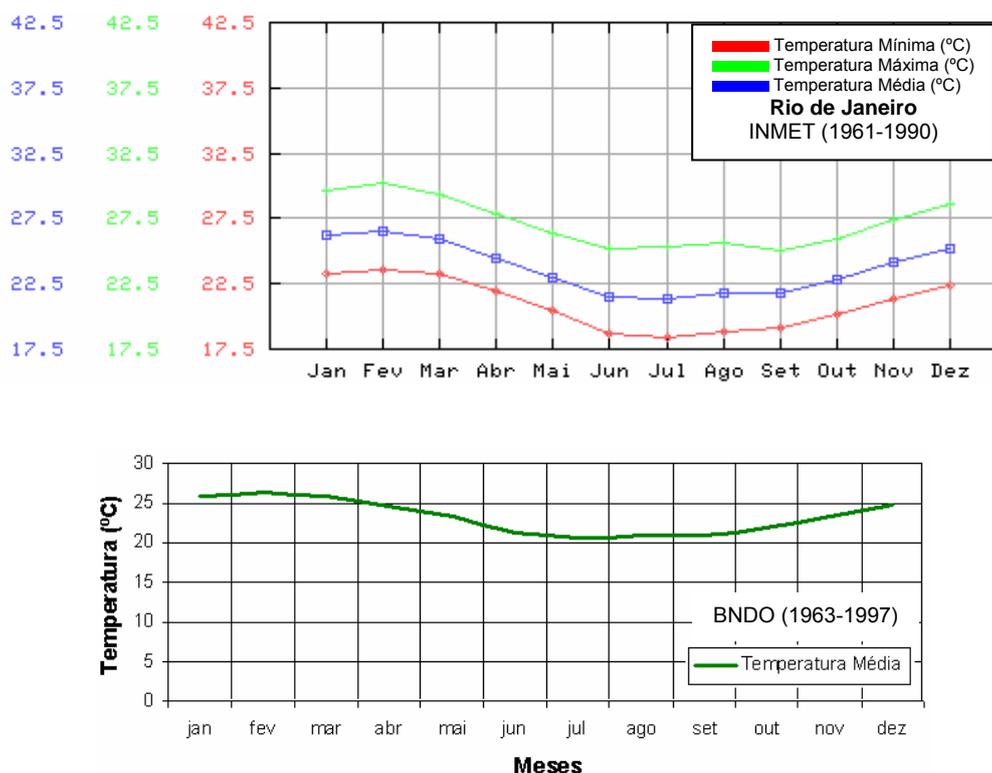


Figura II.5.1-4 - Temperatura do ar na área de influência. Fonte: INMET (<http://www.inmet.gov.br>, acessado em 2005) e BNDO.

II.5.1.1.4 - Precipitação

De acordo com dados de precipitação obtidos no INMET, observa-se que os meses mais chuvosos são dezembro (160 mm) e o menos chuvoso é agosto (50 mm), sendo a média anual em torno de 120 mm (Figura 5.1-5).

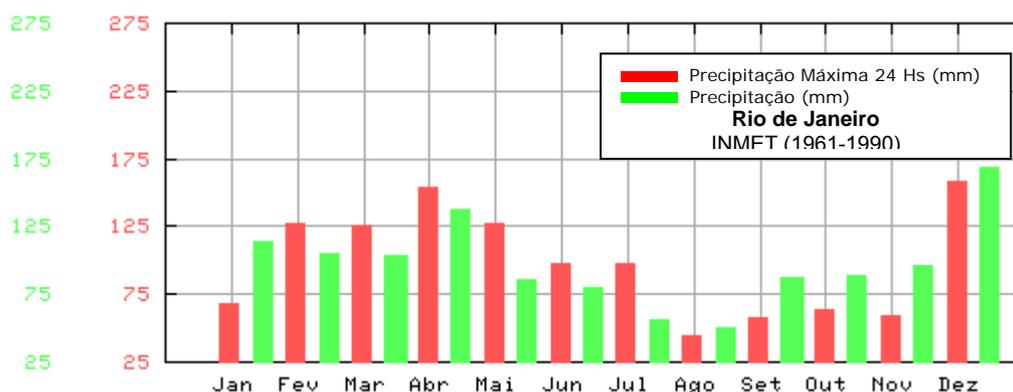


Figura 5.1-5 - Precipitação na área de influência. Fonte: INMET (<http://www.inmet.gov.br>, acessado em 2005).

A média de chuva durante o verão está associada à presença de uma ativa Zona de Convergência do Atlântico Sul (Casarin and Kousky, 1986). Como já mencionado, diversos estudos indicam que as anomalias na Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Oceano Pacífico Tropical associadas ao El Niño alteram a circulação atmosférica nos trópicos e latitudes médias devido à variação da posição das células convectivas que alteram o padrão de calor latente na região. No sudeste da América do Sul ocorre, no geral, um excesso de chuvas durante uma baixa fase de El Niño. Na região sudeste esta relação varia significativamente, podendo ocorrer desde um excesso até um déficit de chuvas.

II.5.1.1.5 - Evaporação

Quanto aos valores de evaporação, pode-se observar que os meses que registram os menores valores de evaporação são junho e julho (inverno) e nos meses de dezembro e janeiro (verão), são registrados os maiores valores de evaporação. Este perfil segue o esperado, tendo em vista os diferentes níveis de pluviosidade e insolação, entre estas duas estações (Figura 5.1-6).

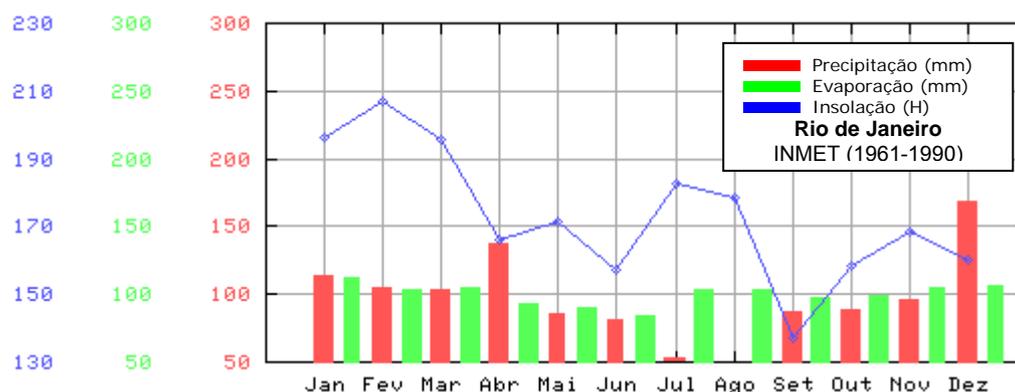


Figura 5.1-6 - Relação entre Evaporação, Precipitação e Insolação na área de influência. Fonte: INMET (<http://www.inmet.gov.br>, acessado em 2005).

II.5.1.1.5 - 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 *cumulunimbus* (CB), provocando pancadas de chuvas e, algumas vezes, rajadas de vento em superfície.

No setor quente da frente, a velocidade média do vento é de 5 m/s, variando sua direção do predominante de nordeste para noroeste. 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 Lorenzetti, 1992).

Na Tabela II.5.1–1 é apresentada a freqüência de ocorrência de sistemas frontais na Bacia de Campos para os anos de 2000 a 2005, obtidos do CPTEC.

Tabela II.5.1–1- Freqüência de passagem de sistemas frontais na região da Bacia de Campos.

Fonte: CPTEC, acessado em 2005.

MÊS/ANO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	TOTAL
JANEIRO	3	1	1	2	3	4	14
FEVEREIRO	4	0	2	0	5	-	11
MARÇO	3	1	1	2	4	-	11
ABRIL	3	2	0	3	5	-	13
MAIO	4	2	1	3	7	-	17
JUNHO	2	2	2	2	7	-	15
JULHO	5	2	5	2	6	-	20
AGOSTO	5	0	1	5	6	-	17
SETEMBRO	2	4	4	5	6	-	21
OUTUBRO	2	2	3	2	6	-	15
NOVEMBRO	3	3	1	5	4	-	16
DEZEMBRO	4	3	3	-	4	-	14
TOTAL	40	22	24	31	63	4	184

Os meses de janeiro a março, característicos de verão, apresentam menor incidência desses sistemas na região de estudo. Ao longo de todo o período analisado, o mês de setembro apresentou a maior constância na incidência de frentes frias, apresentando, ainda, o maior número total de ocorrências.

A análise dos dados meteorológicos da região da Bacia de Campos permite separar duas estações bem marcadas com condições de inverno e verão. O primeiro, de maio a setembro, é marcado pela predominância dos ventos de nordeste com grande incidência de ventos de sul, menores índices de precipitação e evaporação e temperaturas menos elevadas. Nessa estação ocorre a maior incidência de passagens de sistemas frontais na região.

O período de outubro a abril é caracterizado por condições típicas de verão, com ventos predominantes de norte e nordeste, 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 e 8 m/s durante todo o ano, com direção predominante de norte

a leste. Entretanto, esse regime é perturbado por eventos transientes associados a sistemas frontais, onde predominam os ventos de sul, sudeste e sudoeste, nessa ordem. Durante o período de maio a outubro existe uma maior probabilidade de ocorrência de eventos extremos (tempestades e ressacas) na região do empreendimento.

II.5.1.2 - Oceanografia

II.5.1.2.1 - Considerações Gerais

O conhecimento sobre os aspectos físicos do Atlântico Sul ainda encontra-se em um grau muito inferior se comparado com ao que se conhece do Atlântico Norte. Mesmo assim, a Bacia de Campos constitui uma das áreas mais bem estudadas da margem continental brasileira, parte devido ao fenômeno da ressurgência, mas, sobretudo devido à descoberta de reservas de petróleo na década de 70. Esses levantamentos são resultados de publicações científicas, projetos tais como REVIZEE (região central / sul), levantamentos hidrográficos realizados pela Marinha do Brasil ou por instituições estrangeiras e algumas teses de mestrado e doutorado.

Dentre os trabalhos pioneiros realizados na área destaca-se o de Emílsson (1961) que discutiram 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 divulga 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 $14 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$. A partir de então diversos outros pesquisadores passaram a dar uma maior atenção aos fenômenos oceanográficos da Bacia de Campos dentre os quais podemos enfatizar Ykeda e Miranda 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 de Signorini (1976) pode-se pontuar que a Corrente do Brasil é separada em dois ramos por um vórtice anti-ciclônico. O

ramo principal flui nas vizinhanças do talude com velocidade máxima de cerca de 70cm/s e o outro, a leste do vórtice, atinge 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 em propriedades de massa d'água da plataforma continental e das de 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 para indicar a massa d'água com índice termohalino (20°C; 36,36UPS), a qual é observada 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. Foram observadas novas informações sobre a variação espacial da estrutura térmica da Corrente do Brasil através de um levantamento oceanográfico realizado em abril de 1982. Foi observado ao longo da maioria das seções, um "thermostad" de 23°C na termoclina principal. Este "thermostad" vai atenuando-se à 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 e 22°S, indica que a Corrente do Brasil flui através da passagem entre os bancos localizados mais próximos da costa.

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 aplicada 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).

Viana *et al.* (1998) fizeram uma compilação de dados hidrológicos, morfológicos e sedimentológicos permitindo-se realizar uma simulação do ambiente favorável a deposição dos depósitos arenosos acumulados na porção superior e na base do talude continental. O cenário proposto para o processo deposicional inclui um conjunto de processos oceanográficos como: correntes superficiais, contracorrentes, marés, ondas e meandros com energia suficiente para formar campos de duna arenosa na parte externa da plataforma continental; a exportação de sedimento para fora da área de plataforma sob efeito combinado de ondas internas, meandros, efeito do “polimento” do solo marinho e processos gravitacionais (correntes de turbidez) e o controle na distribuição dos depósitos arenosos do talude pela ação de contracorrentes, movimentos de massa e pelo contexto morfológico.

Com relação ao regime de ondas, Seixas (1997), utilizando dados obtidos através de bóias oceanográficas, conclui que o mar mais comum na região foi aquele com ondas entre 20s 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. Com relação puramente à direção, predomina o octante Sul seguido por Nordeste, em menor escala os octantes Leste, Sudeste e Sudoeste, com fraca ocorrência de Norte e pouquíssimos casos de Oeste e Noroeste. Esta distribuição pode ser explicada pelas ações do centro de baixa pressão do Atlântico, ao Sul da área considerada, e do centro de alta pressão, na região central do mesmo oceano. Com relação à altura, a ocorrência mais freqüente foi de 1,75m estando a maioria dos registros entre 1,50m e 2,00m. Embora predomine ventos de Nordeste ao longo do ano todo, é durante o inverno que as ondas possuem maior energia, pois se torna mais intensa a influência dos sistemas frontais, fazendo com que o mar de Sudoeste constitua a pior situação. Ondas de Sudeste com grande período, geradas no meio do oceano, são mais freqüentes durante a primavera, enquanto que, principalmente durante o verão, predomina o mar de Nordeste.

II.5.1.2.2 - Temperatura e Salidade

Para a análise das propriedades físico-químicas da água do mar na região do empreendimento 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 realizadas no período entre os anos de 1957 e 1991.

A seguir são apresentados 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 (Figura II.5.1-7 e II.5.1-8).

No período de verão observa-se que a temperatura na superfície varia aproximadamente entre 15 e 29°C. A 200 m, a temperatura varia de 13,0°C a 19 °C, e abaixo de 800 m o valor médio mantém-se próximo a 4°C (Figura II.5.1-7).

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.5.1-7).

No período de outono, os valores da temperatura em superfície são mais elevados, variando entre 22°C a 28°C (Figura II.5.1-7). 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.5.1-7) 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.5.1-8).

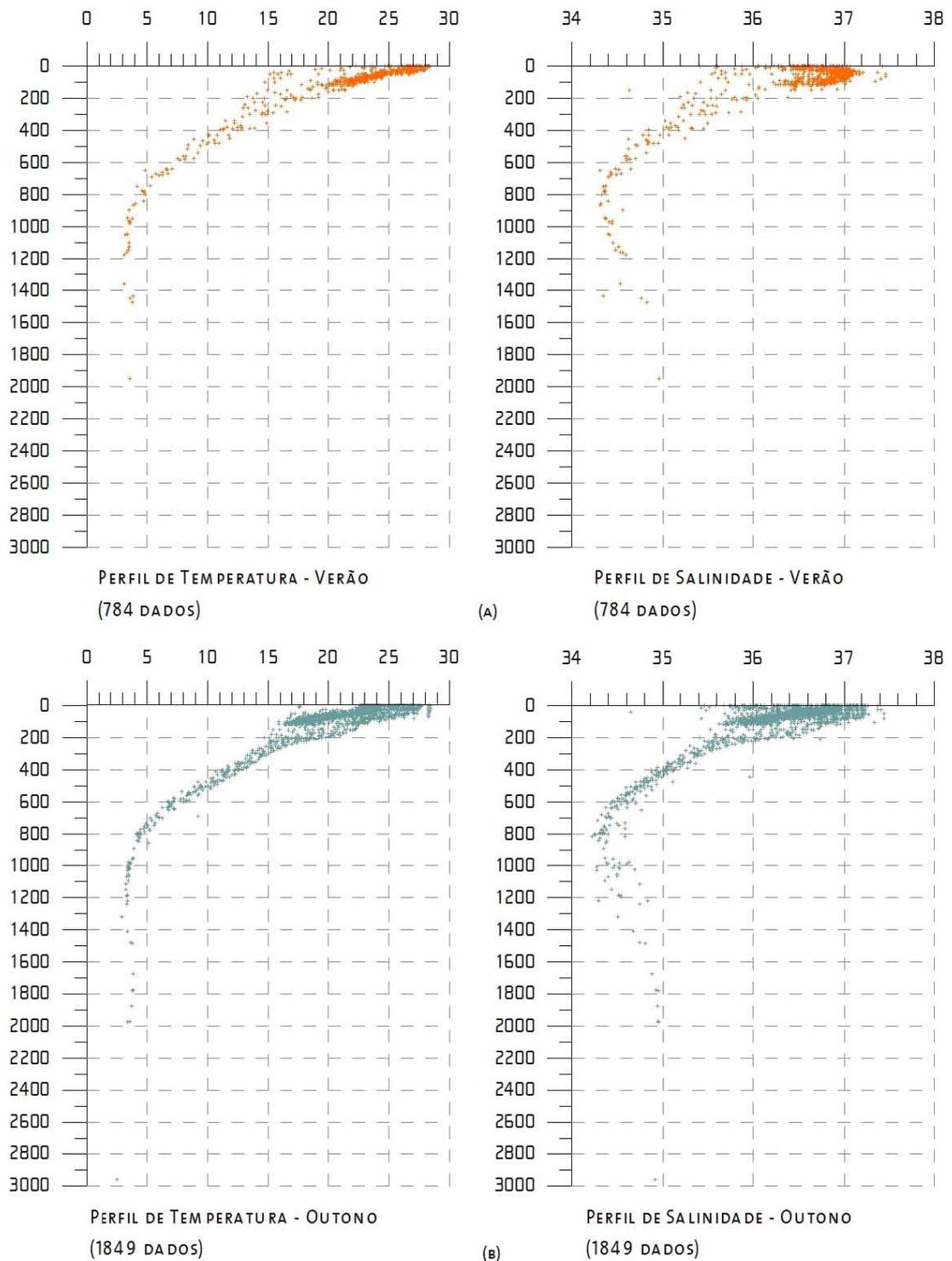


Figura II.5.1.3-7 -Perfis de temperatura e salinidade para os períodos de verão (a) e outono (b).

Fonte: BNDO.

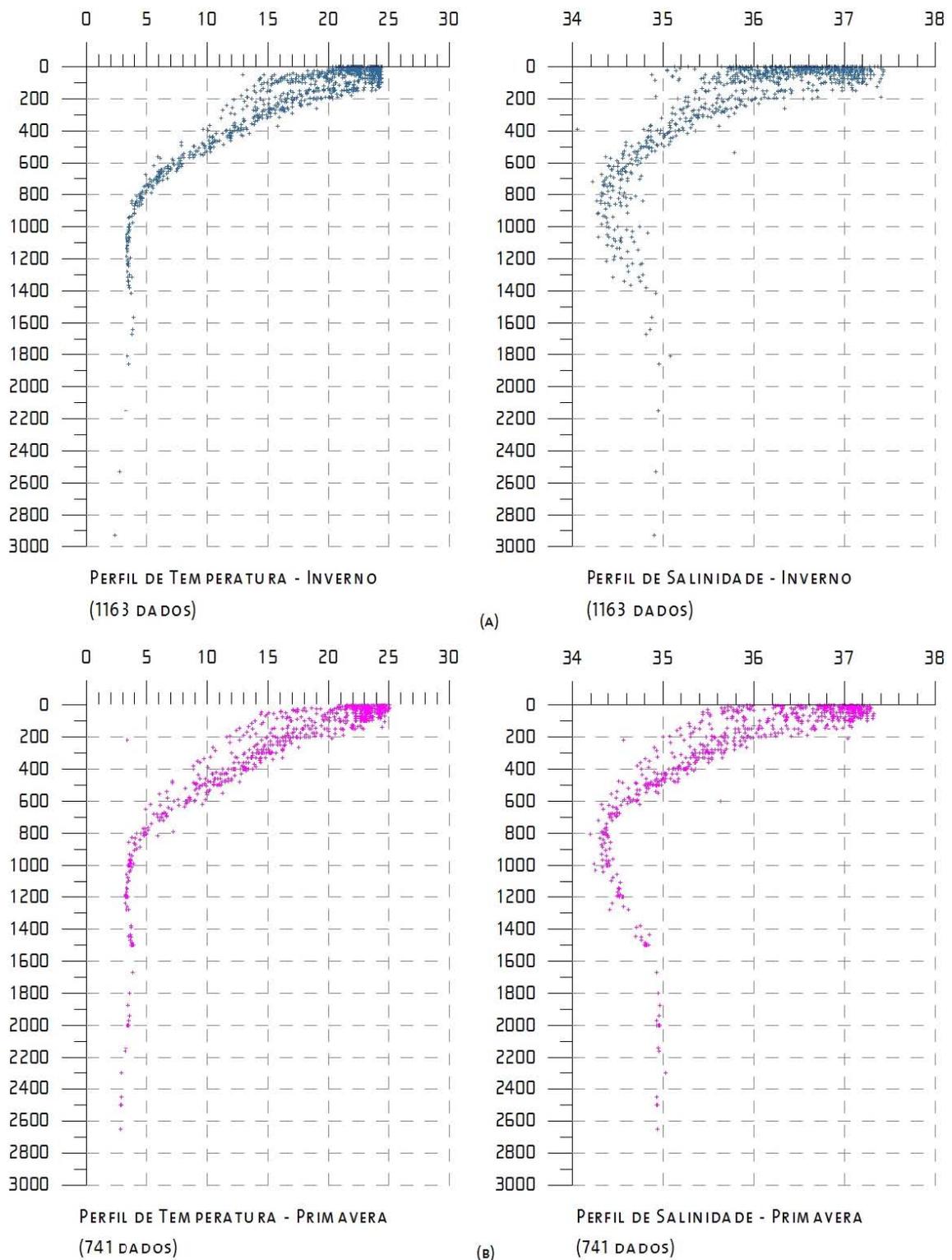


Figura II.5.1.3–8 -Perfis de temperatura e salinidade para os períodos de inverno (a) e primavera (b). Fonte: BNDO.

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 definem sua densidade. Esta última determina a posição que estes corpos irão ocupar na coluna d'água.

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 Groelândia e Labrador.

Na Figura II.5.1–9 é apresentado o diagrama TS espalhado elaborado com os dados do BNDO. As cores são referentes às profundidades dos dados.

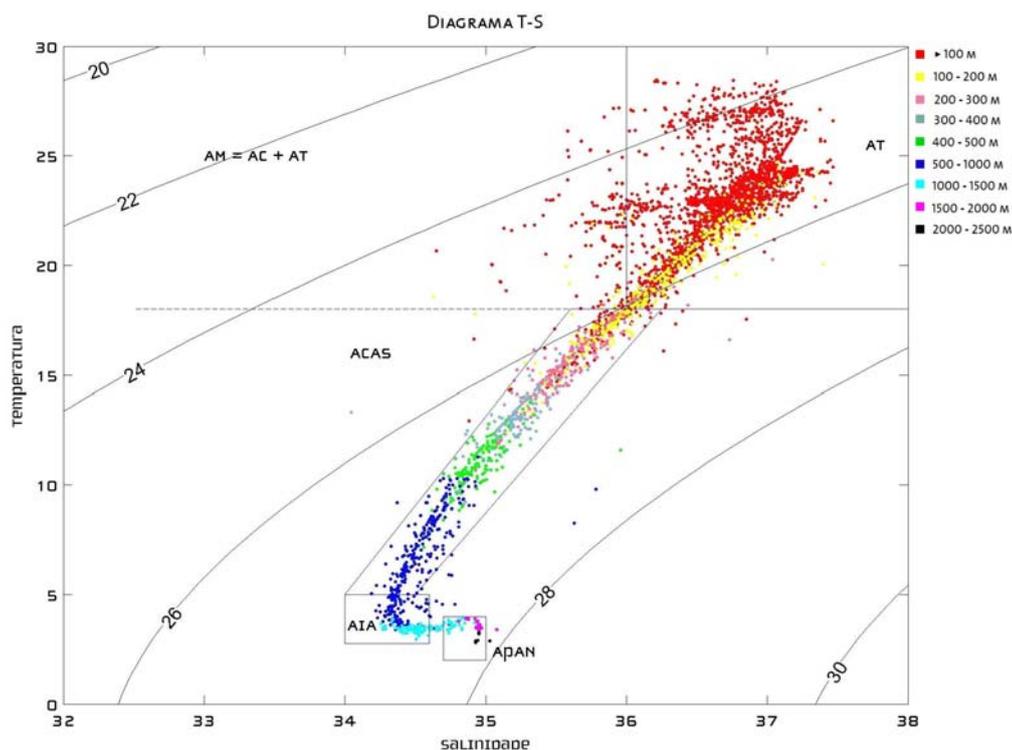


Figura II.5.1–9 -Diagrama TS espalhado para a região do empreendimento. Fonte: BNDO.

II.5.1.3.4 -Regime de Ondas

Para a análise do regime de ondas na região do empreendimento foi utilizada a caracterização do clima de ondas elaborada para a Bacia de Campos por Violante de Carvalho (1998) e Seixas (1997), além dos dados disponíveis no BNDO, para o período de 1958 a 2002.

Os dados utilizados nos trabalhos acima referidos foram obtidos através do fundeio de uma bóia meteo-oceanográfica da Petrobras, posicionada na Bacia de Campos em dois períodos. O primeiro fundeio foi localizado no Campo de Marlim (22° 31' S e 39° 58' W) a 1.250 m de profundidade e o segundo, no Campo de Barracuda (22° 38' S e 40° 12' W) a 1.050 m de profundidade.

De acordo com as forçantes meteorológicas atuantes foram consideradas quatro situações distintas, separadas em dois grandes grupos, segundo Violante de Carvalho (1998) (Figura II.5.1–10 a Figura II.5.1–12).

- 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.

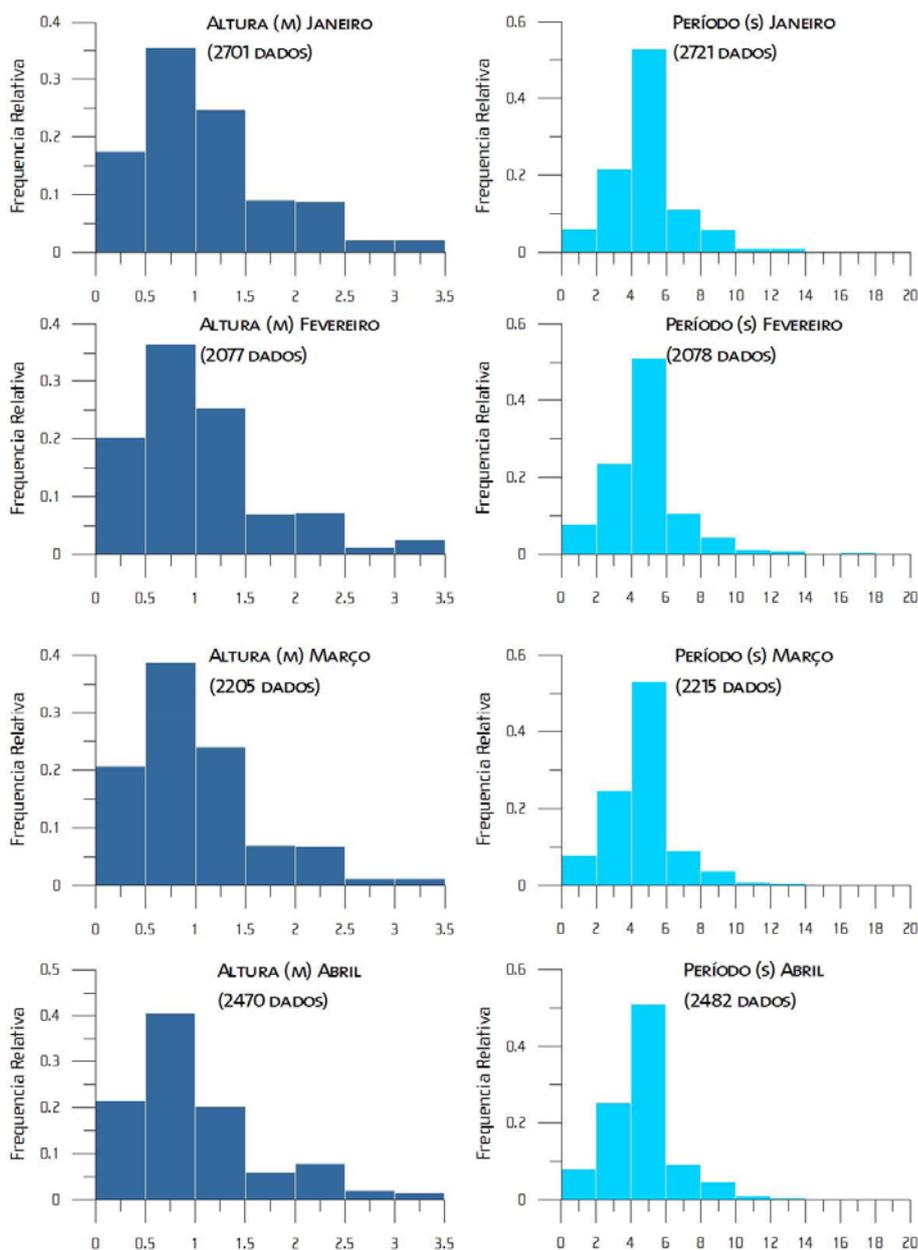


Figura II.5.1–10 - Histogramas de altura e período de ondas, para os meses de janeiro a abril.

Fonte: BNDO.

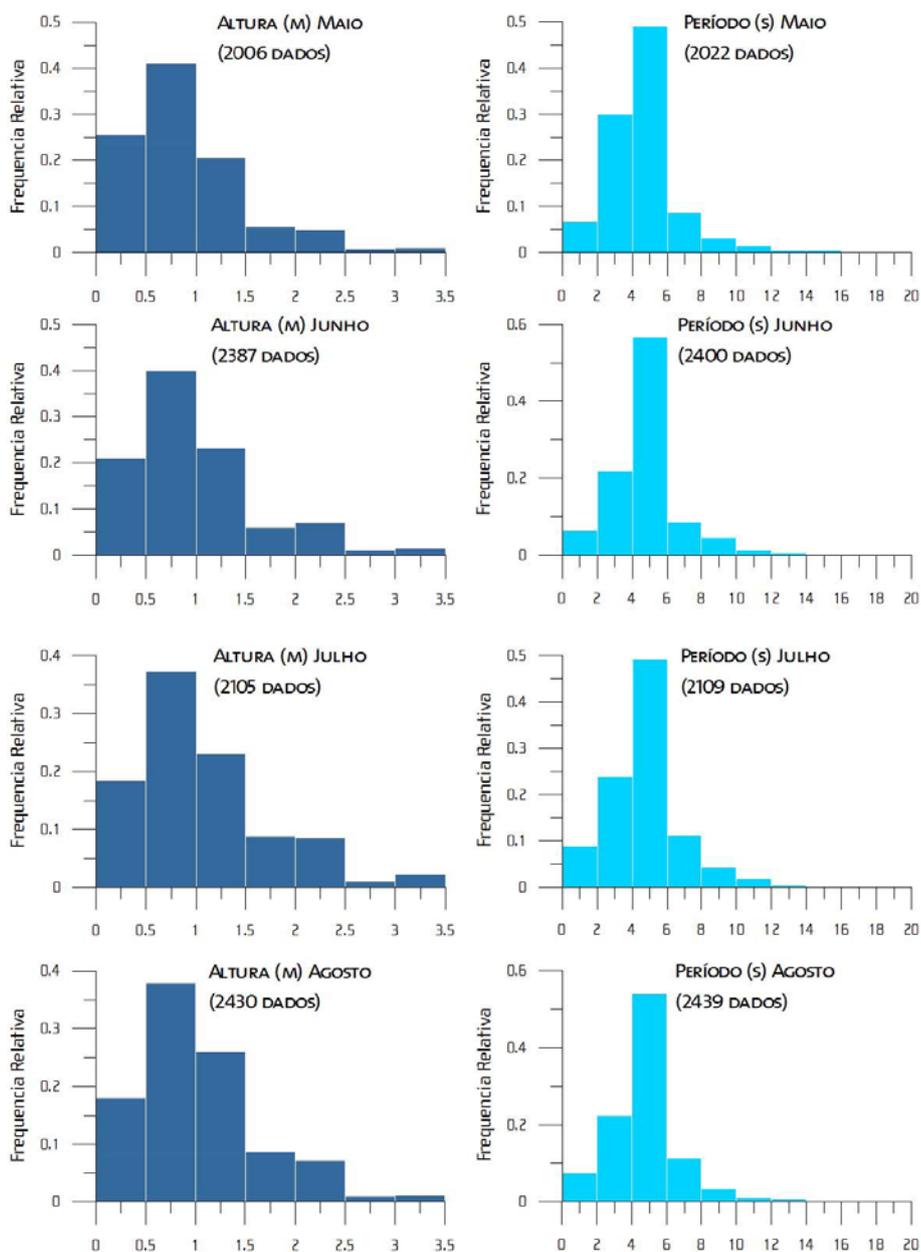


Figura II.5.1–11 - Histogramas de altura e período de ondas, para os meses de maio a agosto.

Fonte: BNDO.

Observa-se que a classe de altura mais freqüente é a de 0,5 a 1 m e o período 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*.

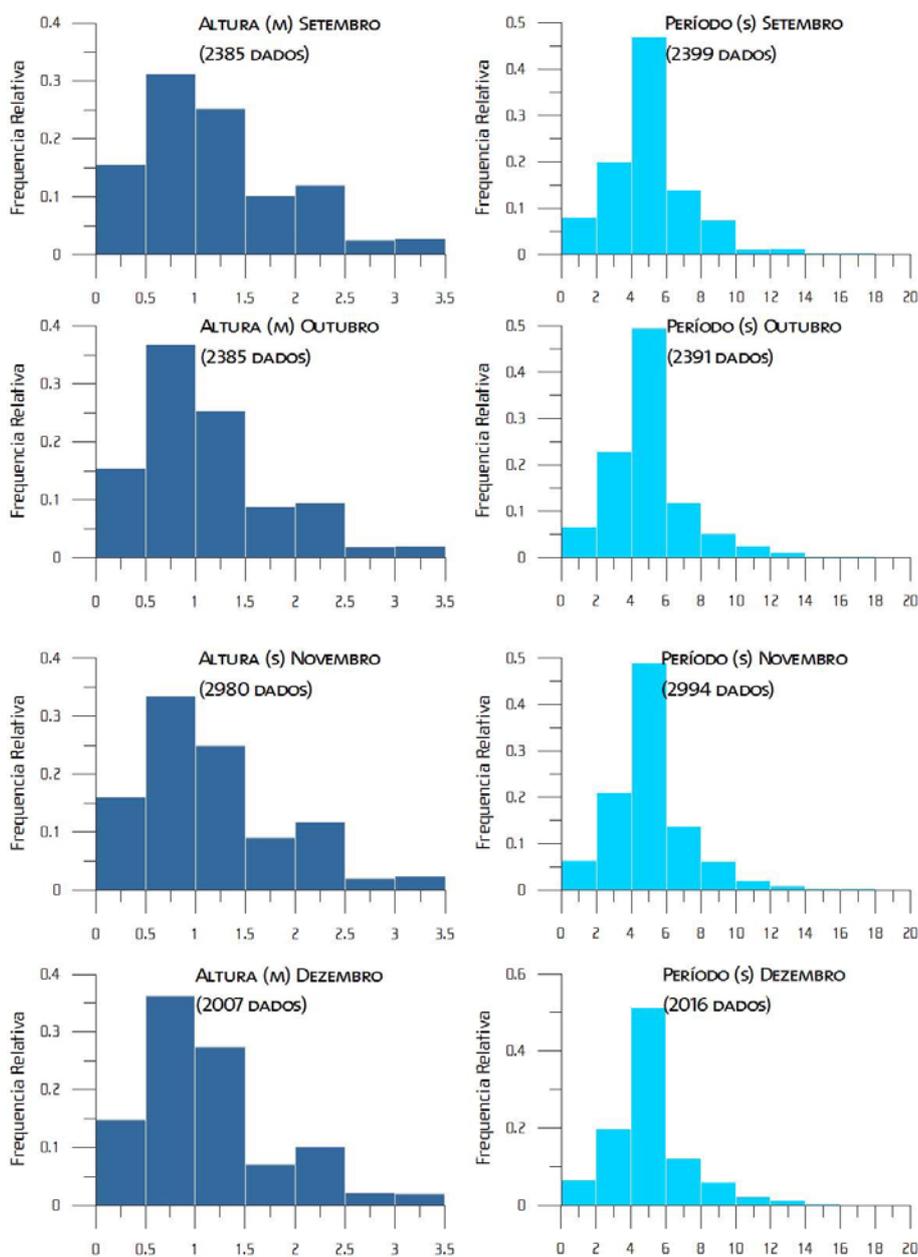


Figura II.5.1–12 - Histogramas de altura e período de ondas, para os meses de setembro a dezembro. Fonte: BNDO.

Observa-se que embora não existam dados de direção no BNDO, os valores mais frequentes de altura e período são semelhantes aos observados por Violante de Carvalho (1998).

II.5.1.3.5 - Regime de Marés

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

Para classificar a maré, calcula-se um fator que leva em consideração a amplitude das principais componentes diurnas e semi-diurnas. 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 semi-diurna: maré cujo período é de aproximadamente 12h. Neste caso, tem-se duas marés altas e duas marés baixas em 24 horas. A altura de uma preamar é praticamente igual a outra, o mesmo acontecendo com a baixamar.

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

F = 1,5 a 3,0: Maré mista: principalmente diurna: maré com grandes diferenças de altura entre suas preamares e baixamares. Essa maré é, na maioria das vezes, diurna, podendo ser semi-diurna 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 do empreendimento foram utilizadas as constantes harmônicas medidas em três estações maregráficas da PETROBRAS na Bacia de Campos, localizadas em 22° 6' S e 40° 1' W (norte 1), em 22° 2' S e 39° 52' W (norte 2) e em 22° 54' S e 40° 47' W (Sul 1) (Tabela II.5.1–2).

Tabela II.5.1-2 – 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 2005.

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 semi-diurna
- $FN2 = (6,5+10,9) / (42+19) = 0,285$ – maré mista predominantemente semi-diurna
- $FS1 = (4,9+8,7) / (31,5+14,8) = 0,293$ – maré mista predominantemente semi-diurna

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

- $2x(M2+S2) = 109,6$ 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.

II.5.1.3.5 - Regime de Correntes

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). Esta circulação é complexa e apresenta características e padrões que variam ao longo da coluna d'água.

Entre a superfície e 500m, aproximadamente, a região do empreendimento sofre a influência da Corrente do Brasil, uma corrente quente e salina que flui de norte para sul ao longo da costa brasileira no bordo oeste do giro subtropical do Atlântico Sul, podendo ser encontrada sobre a plataforma continental ou próxima ao talude continental (FUNDESPA/IOUSP/PETROBRAS, 1994). 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 à 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.5.1–3.

Tabela II.5.1–3 – 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 <i>et al</i> (1983)
20° 30' S	04/1982	500	2,9	-	Signorini <i>et al</i> (1989)
21° 40' S	04/1982	500	4,4	0,61	Evans <i>et al</i> (1983)
22° S	02/1994 a 05/1995	-	5,5 ± 2,2	-	Lima (1997)

Para auxiliar a caracterização das correntes em superfície 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 do empreendimento 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.5.1–13 e os vetores de corrente na Figura II.5.1–14.

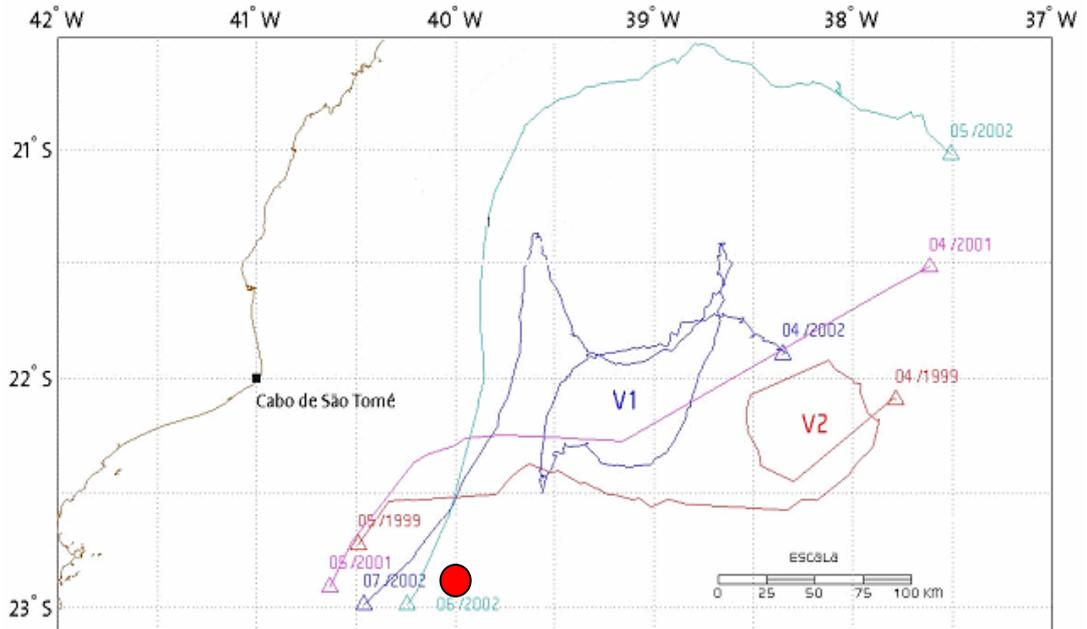


Figura II.5.1–13 - Trajetória das bóias analisadas. O círculo representa a Área do Poço 1-RJS-409 . Fonte: PNBOIA

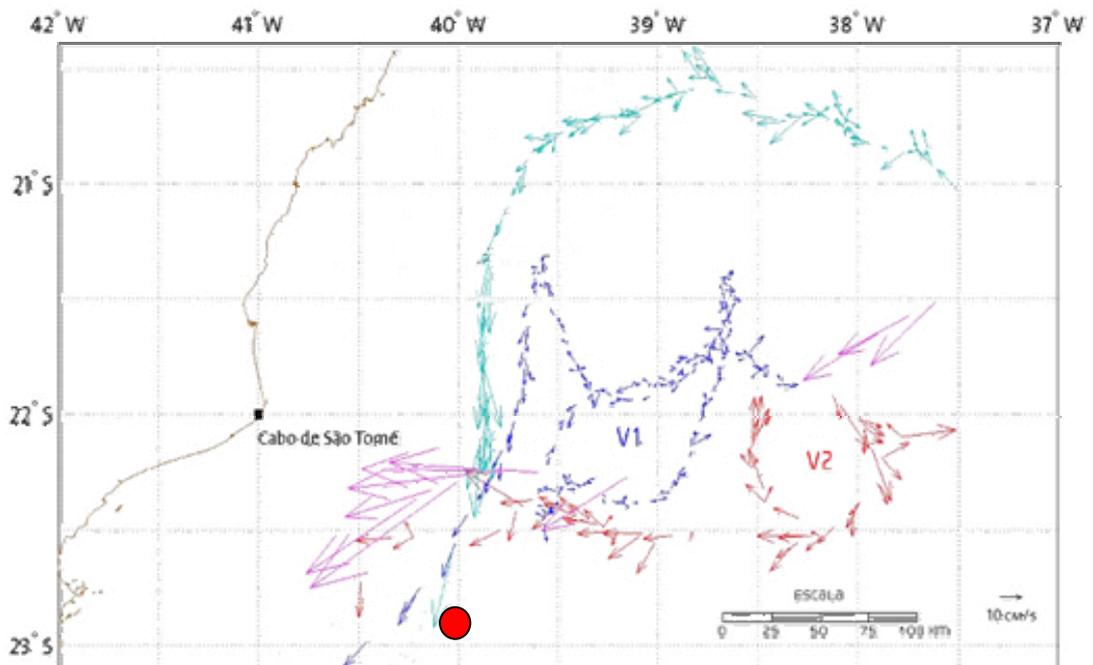


Figura II.5.1–14 - Vetores de correntes associados às trajetória de cada bóia. O círculo representa a Área do Poço 1-RJS-409. Fonte: PNBOIA

Nota-se a presença de dois vórtices (V1 e V2) a nordeste da área do empreendimento. O vórtice V1 foi detectado entre as latitudes de 22° S e 22° 30' S e as longitudes de 38° 30' W e 38° W nos meses de abril e maio de 1999. Possui cerca de 50 km de diâmetro e as velocidades encontradas em seu redor são 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 39° 36' W e 38° 36' W nos meses de abril a junho de 2002. Seu diâmetro é de aproximadamente 100 km com velocidades registradas em torno de 0,15 m/s.

Todas as bóias foram lançadas a leste da longitude de 38° W e descrevem, 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 39° e 39° 30' W. A partir dessa região passam a derivar rumo a sudoeste, quando as velocidades tendem a aumentar atingindo valores superiores a 0,5 m/s.

Pode-se observar na Figura II.5.1.3–13 um aumento da velocidade à medida que a bóia se dirige para longitudes menores que 30° 30' W. Na Figura II.5.1.3–15 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 onde a Corrente do Brasil possui fluxo mais intenso, com velocidades em torno de 0,5 m/s e rumo sudoeste.

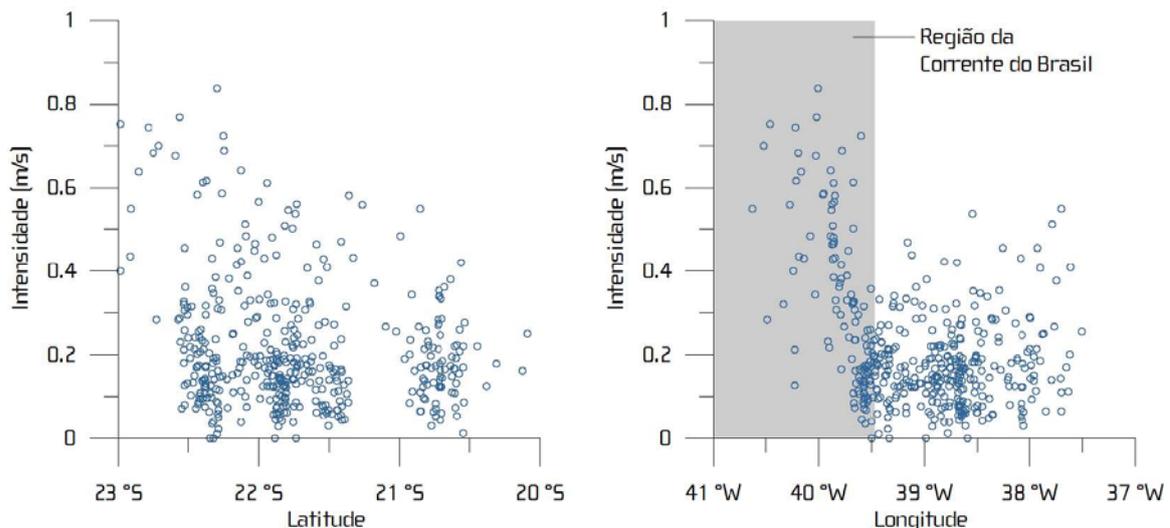


Figura II.5.1–15 - Gráficos de dispersão dos valores de intensidade de correntes em latitude e longitude. Fonte: PNBOIA

Pode-se concluir, com base nos dados analisados, que as correntes superficiais na região do empreendimento apresentam duas regiões distintas: uma a leste de 39° 30' W com direção predominante para oeste e velocidades em torno de 0,2 m/s; e outra a oeste de 39° 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 do empreendimento é a presença de vórtices, registrados em dois anos distintos em localidades próximas e com características semelhantes.

II.5.1.3.6 -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.

O mês de setembro foi identificado como sendo o de maior incidência desses fenômenos na Bacia de Campos, conforme descrito no item II.5.1.1. Nesse mês, também ocorrem as maiores amplitudes de elevação do nível do mar. Os dados de onda do BNDO mostram que, nesse mês, a ocorrência de ondas com alturas entre 2 a 2,5 m é superior a 10% (Figura II.5.1–12), sendo este o maior índice registrado para essa classe de alturas nos dados analisados. Assim, pode-se considerar que setembro é o mês mais propício a ocorrência de eventos extremos na região.

II.5.1.3 - Qualidade da água

De forma a complementar e retratar a qualidade da água, este item foi desenvolvido com base na Campanha de Monitoramento Ambiental realizada entre 09 e 13 de maio de 2005, no entorno da Unidade Marítima de Produção FPSO-Espadarte, integrante do sistema de escoamento de óleo da Bacia de Campos, no âmbito do processo nº 02022.003484/99-66.

Neste monitoramento, a menor concentração de n-alcanos encontrada foi de 4,31 ppb (Estação 2, a 100m) e a máxima concentração foi de 25,72 ppb (estação 10, a 25m). Os níveis de n-alcanos encontrados são considerados normais para o ambiente marinho (Figura II.5.1–16).

Em termos regionais, Weber (1994, *in* GEOMAP-FUNDESPA, 1994) estudou os níveis de concentração de hidrocarbonetos totais na coluna d'água na Bacia de Campos durante três campanhas (inverno/1991, verão e inverno/1992). Na campanha de inverno, os níveis de hidrocarbonetos variaram entre o mínimo de $0,30 \mu\text{g l}^{-1}$ e o máximo de $1,88 \mu\text{g l}^{-1}$, já na de verão, a concentração variou entre $2,0 \text{ mg l}^{-1}$ e 10 mg l^{-1} . Na campanha de maio de 2005, não foi detectado teor de HPAs e Fenóis (SVOC) na água na área do FPSO Espadarte..

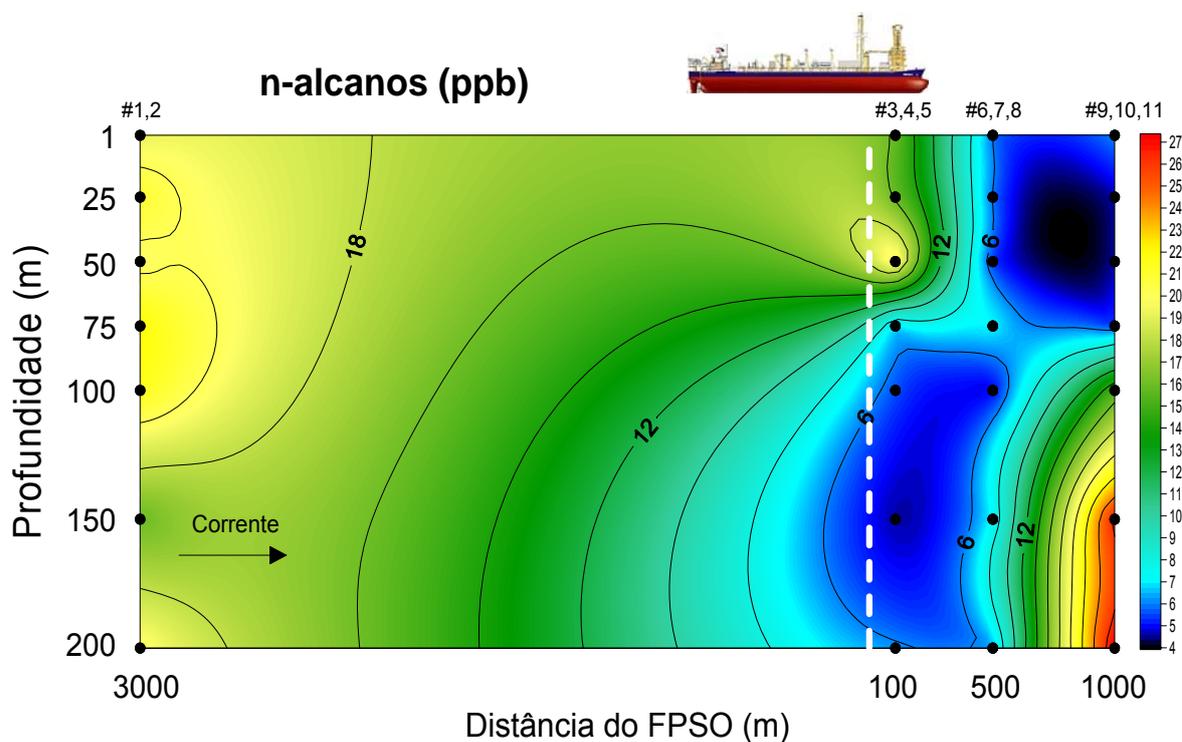


Figura II.5.1–16 – Teor de n-alcanos encontrados na água, no entorno do FPSO Espadarte.

A caracterização da distribuição de nutrientes foi determinada em escala regional através do trabalho de GEOMAP-FUNDESPA (1994) (Tabela II.5.1–4). De acordo com esse trabalho, no verão as porções sul e central, assim como a região profunda da Bacia de Campos, podem ser caracterizadas por altos valores

de nutrientes dissolvidos, enquanto as áreas ao norte e distantes da costa apresentam concentrações mais baixas.

Tabela II.5.1–4 – Concentrações mínimas e máximas das variáveis analisadas durante as campanhas de verão e inverno na Bacia de Campos.

Período	Nutrientes ($\mu\text{mol l}^{-1}$)		
	NO_3^-	NO_2^-	PO_4^{3-}
Verão/92	0,00 - 8,57 7,09	0,00 - 2,26 0,50	0,03 - 0,92 0,74
Inverno/92	0,00 - 6,09 8,54	1. - 0,75 0,24	0.0 - 0,95* 0,69

Na campanha de maio de 2005 não foram encontradas concentrações de fosfato nas amostras analisadas no entorno do FPSO Espadarte. Os valores de nitrito variaram entre 0,1 mg/L a 0,11 mg/L, de nitrato entre 0,1 mg/L e 0,78 mg/L, de nitrogênio amoniacal entre não determinado (ND) e 0,0068 mg/L (Figura II.5.1–17 a II.5.1–19).

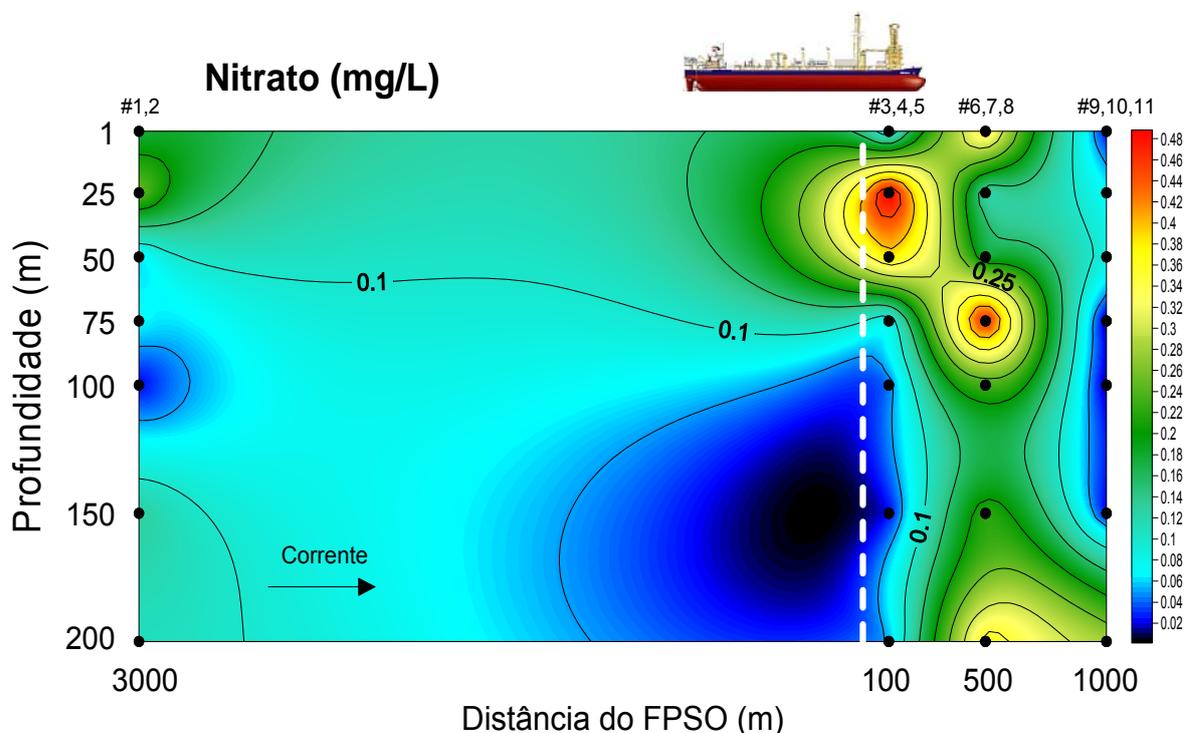


Figura II.5.1–17 – Teor de nitrato na campanha de monitoramento na área do FPSO Espadarte.

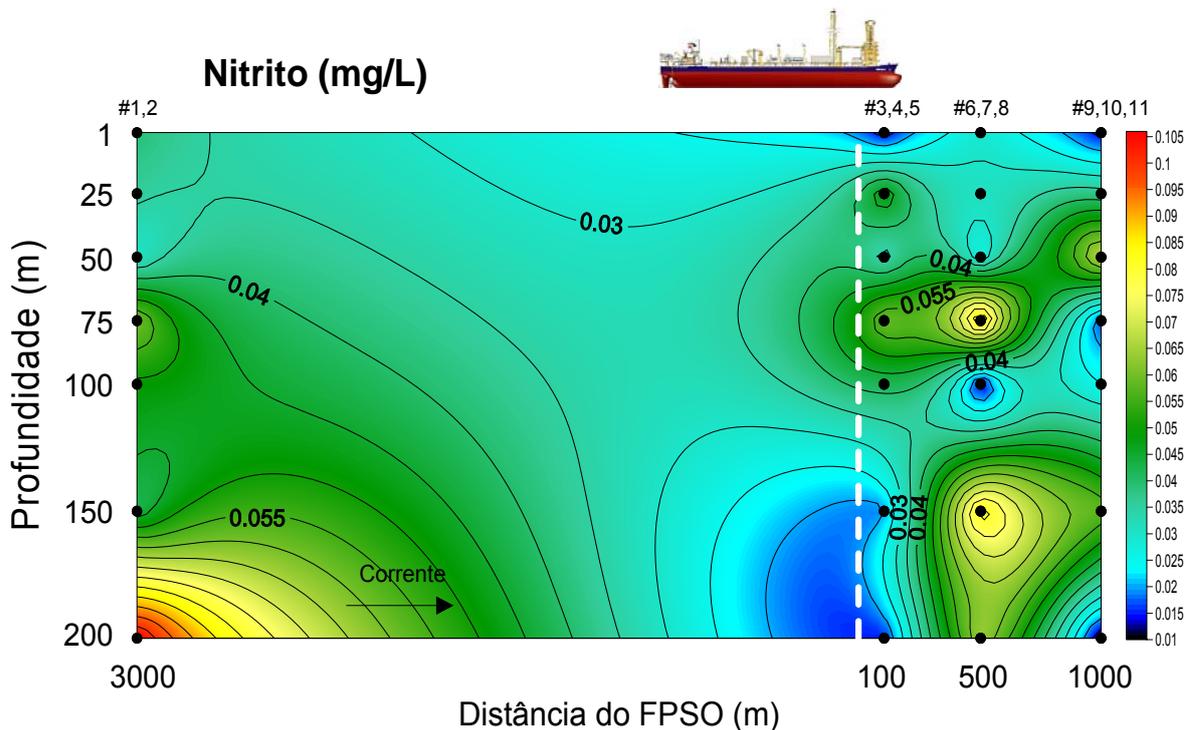


Figura II.5.1-18 – Teor de nitrito na campanha de monitoramento na área do FPSO Espadarte.

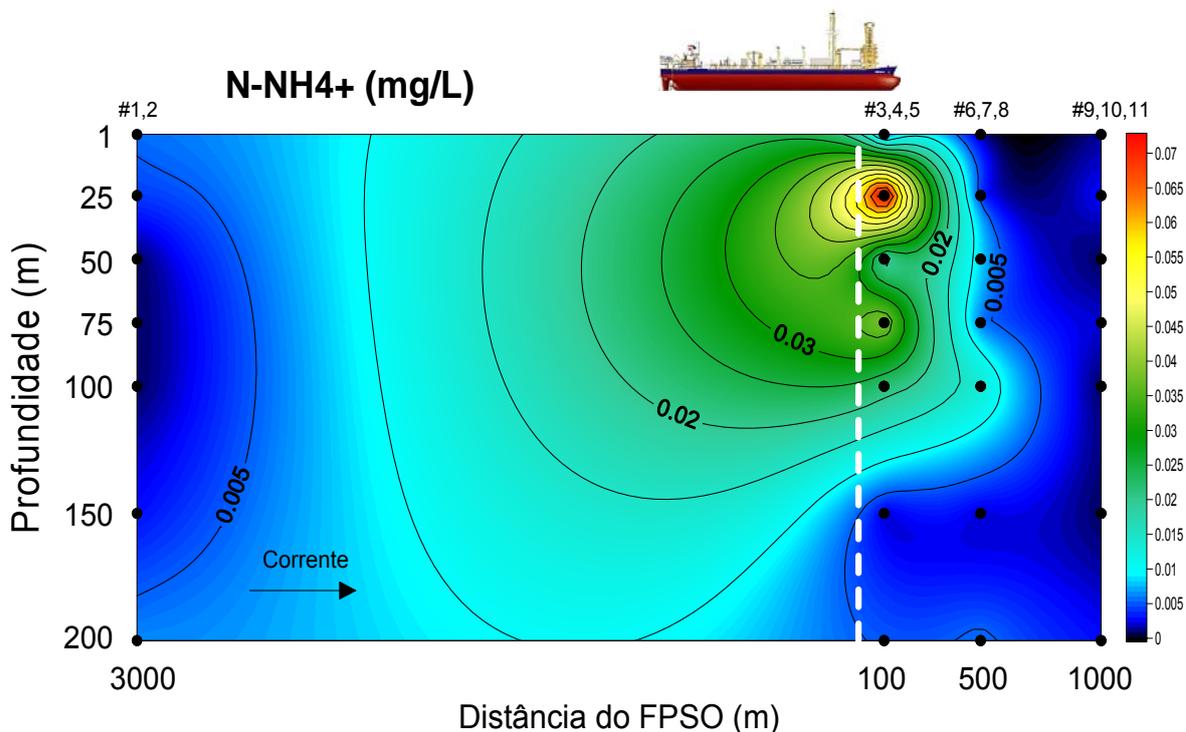


Figura II.5.1-19 – Teor de nitrogênio amoniacal na campanha de monitoramento na área do FPSO Espadarte.

Registros prévios da concentração de sulfetos na água do mar foram determinadas para a área no entorno das plataformas de Pampo e Pargo (Bacia de Campos - RJ) durante o estudo de Pré-Monitoramento da Bacia de Campos (Petrobras, 1999). Todas as amostras coletadas (n=45) registraram concentração inferior a $0,002\text{mg l}^{-1}$ com exceção de uma coletada à 250m da plataforma de Pampo, no sentido preferencial da corrente, cuja concentração encontrada foi de $0,004\text{ mg l}^{-1}$.

Na campanha de maio de 2005, a concentração de sulfeto variou entre 0,0 mg/L e 42 mg/L, considerados acima do aceitável para águas salinas de classe 3 (CONAMA N° 357/2005), indicando o impacto da atividade, que foi refletido nas estações a jusante do FPSO (Figura II.5.1–20).

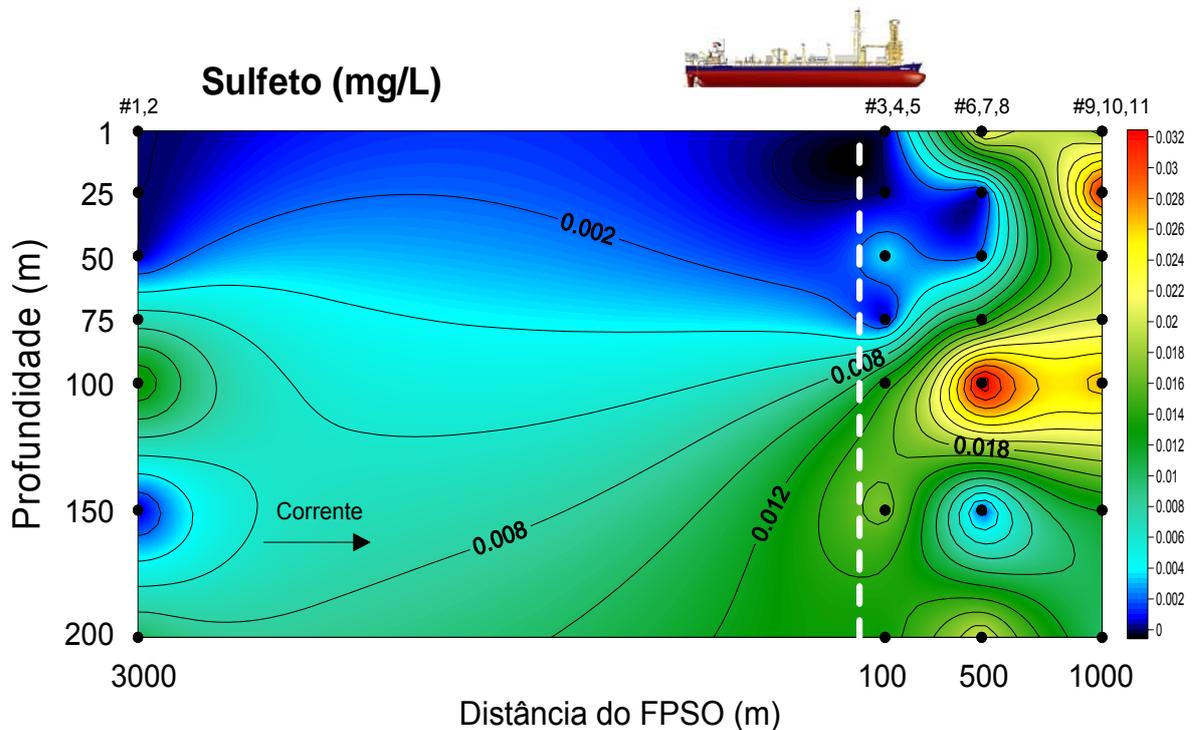


Figura II.5.1–20 – Teor de sulfeto na campanha de monitoramento na área do FPSO Espadarte.

Naturalmente, as concentrações do Oxigênio Dissolvido (OD) e do Potencial Hidrogeniônico (pH) na água do mar podem apresentar variações significativas, já que as mesmas são condicionadas por vários fatores físicos, químicos e biológicos, sendo, por si só, insuficientes para uma caracterização do

ecossistema (Niencheski e Baumgarten, 1999). Porém, este fator não impede que possam fornecer importantes respostas acerca dos processos biológicos de produção de oxigênio, pelos organismos autotróficos, assim como sobre seu consumo, pelos organismos heterotróficos, em profundidades específicas (Aidar *et al.*, 1993). Na campanha de maio de 2005 os valores de OD e pH obtidos *in situ* variaram para o OD de 5,72mg/L a 8,02mg/L e para pH, de 7,92 a 8,36 (Figura II.5.1–21).

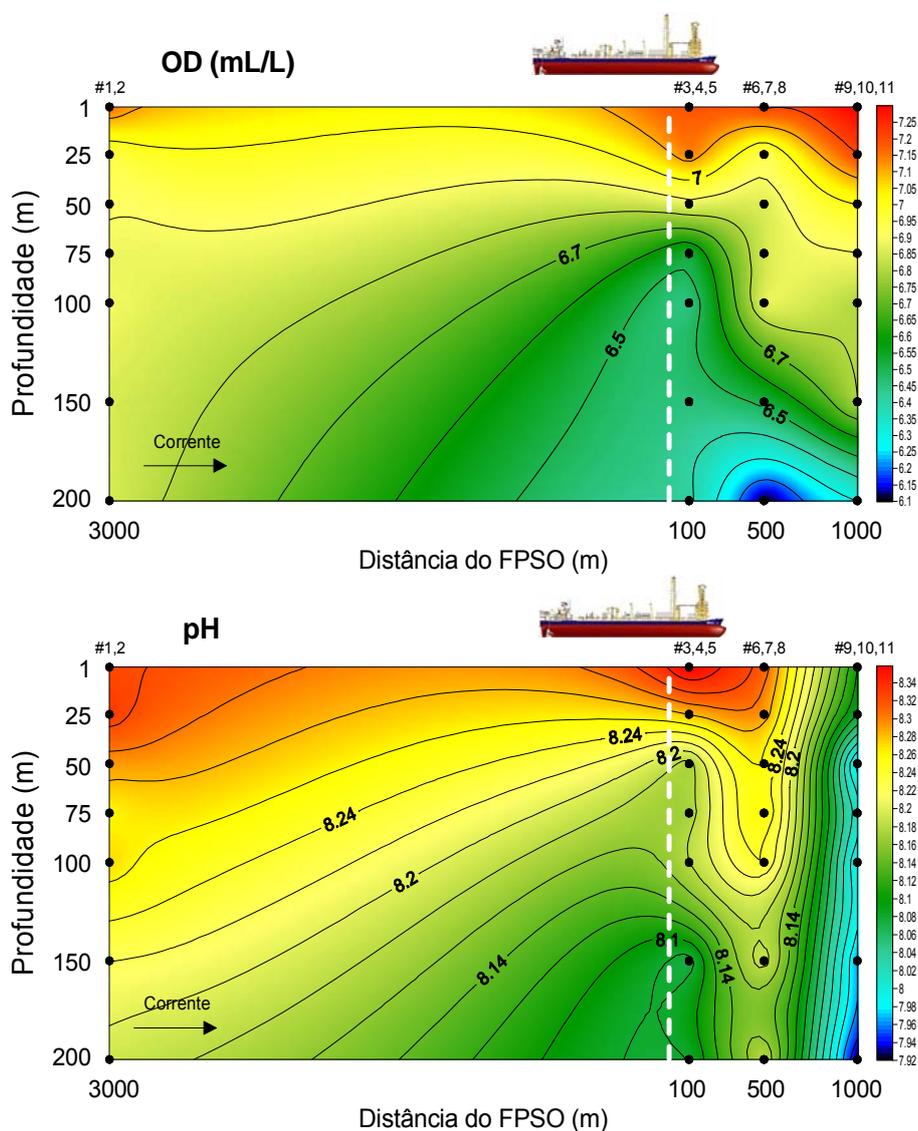


Figura II.5.1–21 – Perfis de OD e pH na campanha de monitoramento na área do FPSO Espadarte.

Durante o monitoramento realizado em maio de 2005, a estrutura vertical das massas de água na região estudada apresentou concentrações clorofilianas diferentes, com estratificação permanente, indicando águas muito claras. As concentrações de clorofila a mostram que a variação vertical é mais importante do que a variação espacial entre estações, indicando que à distância do FPSO-Espadarte não está influenciando nesta distribuição.

As concentrações de clorofila a apresentaram valores médios de $0,13\mu\text{g/L}$. As maiores concentrações ($0,43\mu\text{g/L}$) foram encontradas em subsuperfície e pequenas profundidades, e a menor concentração ($0,00001\mu\text{g/L}$) foi encontrada a 150m e a 200m de profundidade (Figura II.5.1–22).

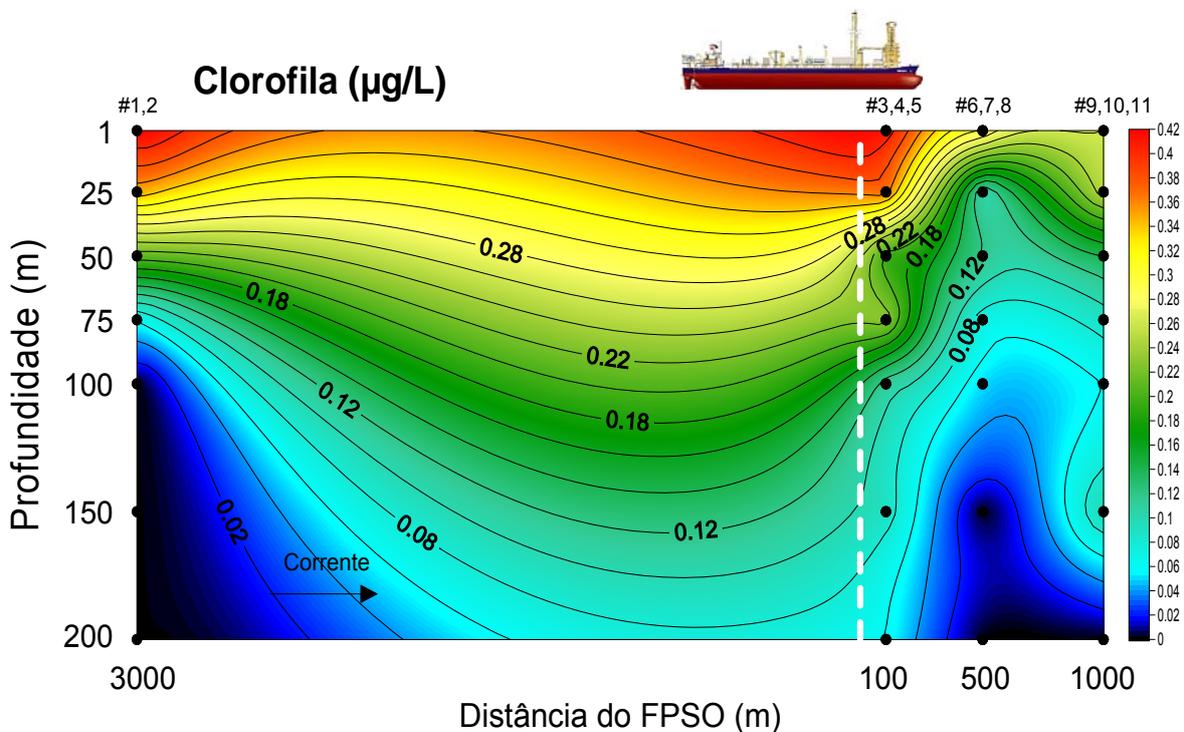


Figura II.5.1–22 – Perfis de clorofila a na campanha de monitoramento realizada na FPSO Espadarte.

II.5.1.4 - Geologia e Geomorfologia

II.5.1.4.1 - Introdução

A Bacia de Campos é a maior produtora de hidrocarbonetos do Brasil, localizada na porção marinha do estado do Rio de Janeiro, na região sudeste do Brasil, com uma área de cerca de 100.000 km² (Figura II.5.1–23). O sistema petrolífero da Bacia de Campos contém dez bilhões de metros cúbicos de óleo descoberto e 800 bilhões de metros cúbicos de gás, compreendendo uma das bacias sedimentares mais prolíficas na América do Sul. As espessuras sedimentares na Bacia de Campos aumentam de oeste para leste, de acordo com a quantidade de extensão ocorrida durante o rifteamento (Guardado *et al.*, 1989).

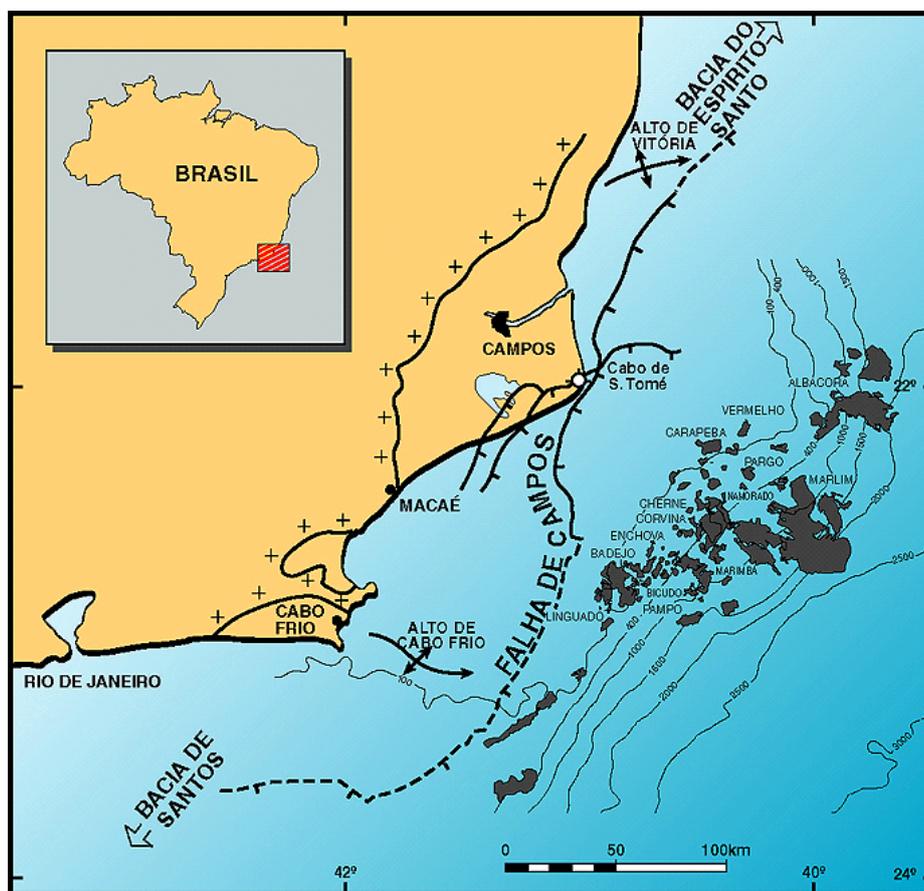


Figura II.5.1–23- Localização da Bacia de Campos (modificado de Guardado *et al.*, 1989) mostrando os campos de petróleo e principais feições estruturais

Na porção oeste, sedimentos relativamente pouco espessos do Terciário recobrem o embasamento (crosta continental). Na porção leste da bacia (onde as acumulações de óleo ocorrem), um pacote sedimentar mais espesso que abrange unidades desde o Cretáceo inferior até o Holoceno encontra-se depositado sobre o embasamento mais adelgado. A falha de Campos, com direção paralela à costa, divide a bacia em duas metades. A metade mais a leste é caracterizada por uma série de domos de sal, onde uma delgada crosta continental se encontra com a crosta oceânica (Figura II.5.1–24).

A sedimentação da bacia foi controlada por uma variedade de fatores começando pela topografia do embasamento (Mohriak *et al.*, 1990). A distensão no Cretáceo inferior gerou uma série de *horsts* e *grabens* como o Alto de Badejo, o Baixo de São João da Barra e o Baixo de Corvina-Parati (Figura II.5.1–24).

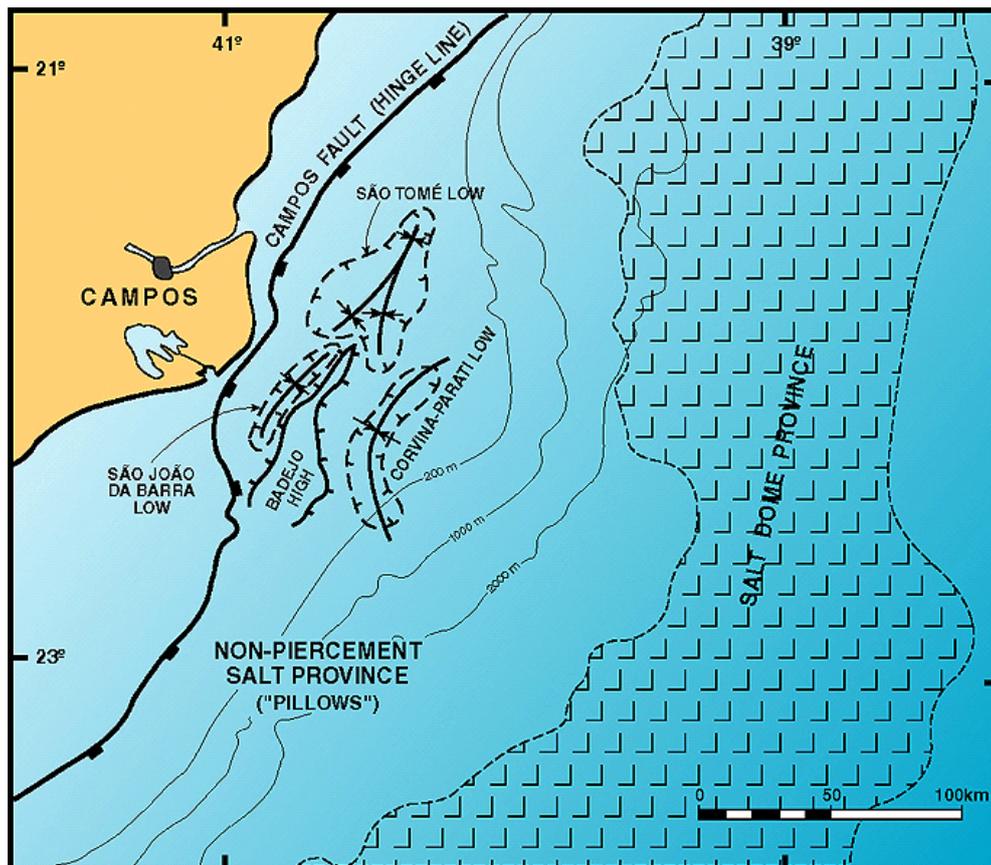


Figura II.5.1–24 - Localização das províncias de domos de sal na Bacia de Campos (modificado de Guardado *et al.*, 1989).

II.5.1.4.2 - Arcabouço Estrutural da Bacia de Campos

A Bacia de Campos é uma dentre uma série de bacias formadas ao longo da margem sudeste brasileira durante a ruptura do Gondwana, que teve início no Cretáceo inferior (Figura II.5.1–25). Limita-se com o Alto Vitória ao norte, que a separa da Bacia do Espírito Santo e, pelo Alto de Cabo Frio, que a separa da Bacia de Santos, ao sul. A bacia é aberta na direção leste. O preenchimento sedimentar grada na direção leste para uma cunha sedimentar depositada sobre a crosta oceânica do Atlântico Sul. O limite ao oeste é contra rochas metamórficas do embasamento (Guardado *et al.*, 1989).

As principais falhas formadoras da bacia mudam de direção a partir do paralelo 22 graus, passando de NE-SW para N-S (Figura II.5.1–26). A reativação dessas descontinuidades durante o Mesozóico deve ter favorecido a tectônica *rift* formadora da bacia (Cordani *et al.*, 1984).

O arcabouço estrutural da Bacia de Campos pode ser subdividido em vários compartimentos (Figura II.5.1–27). O compartimento ocidental consiste em uma área rasa do embasamento coberta por arenitos Terciários e limitada ao leste pela falha de Campos (linha de charneira). O compartimento central é limitado ao oeste pela falha de Campos (linha de charneira) e ao leste pela província dos domos de sal. A parcela central/meridional deste compartimento é caracterizada pela presença de três elevações principais (*rift*) e de pontos baixos adjacentes, ao mesmo tempo em que a parte norte é marcada por uma extensa área baixa (*North Low*), a qual se estende nas águas profundas da Bacia Espírito Santo (Figura II.5.1–27). O compartimento oriental é limitado ao leste pela crosta oceânica (profundidade da água de aproximadamente 3,000m) e mostra diferenças notáveis quando comparado ao compartimento central, tal como a presença de uma camada grossa de sal, de um pacote Terciário mais fino e de uma seqüência Cretácea superior mais grossa (Figura II.5.1–28).

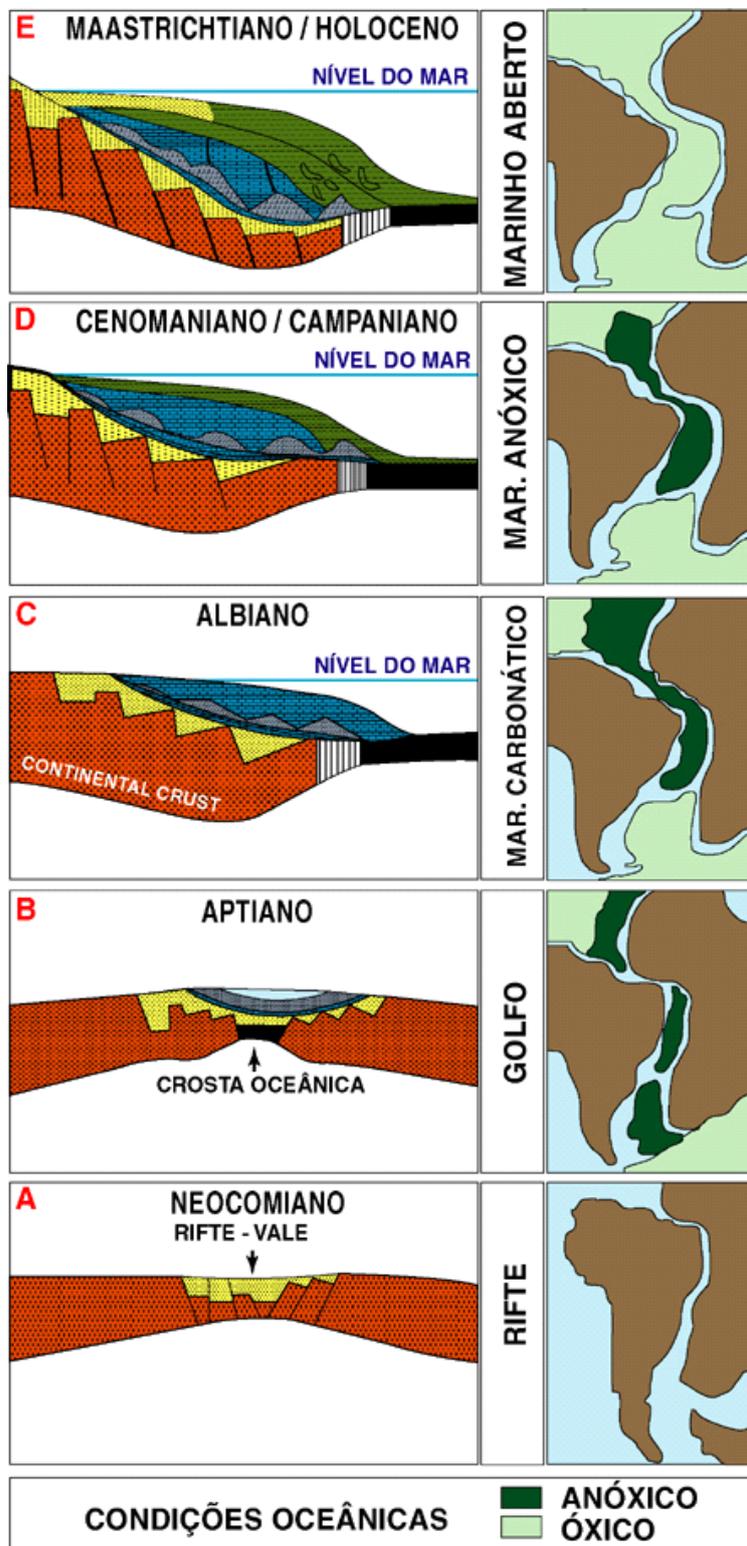


Figura II.5.1–25 - Evolução geológica das bacias do Atlântico Sul (Modificado de Mello et al., 1988).

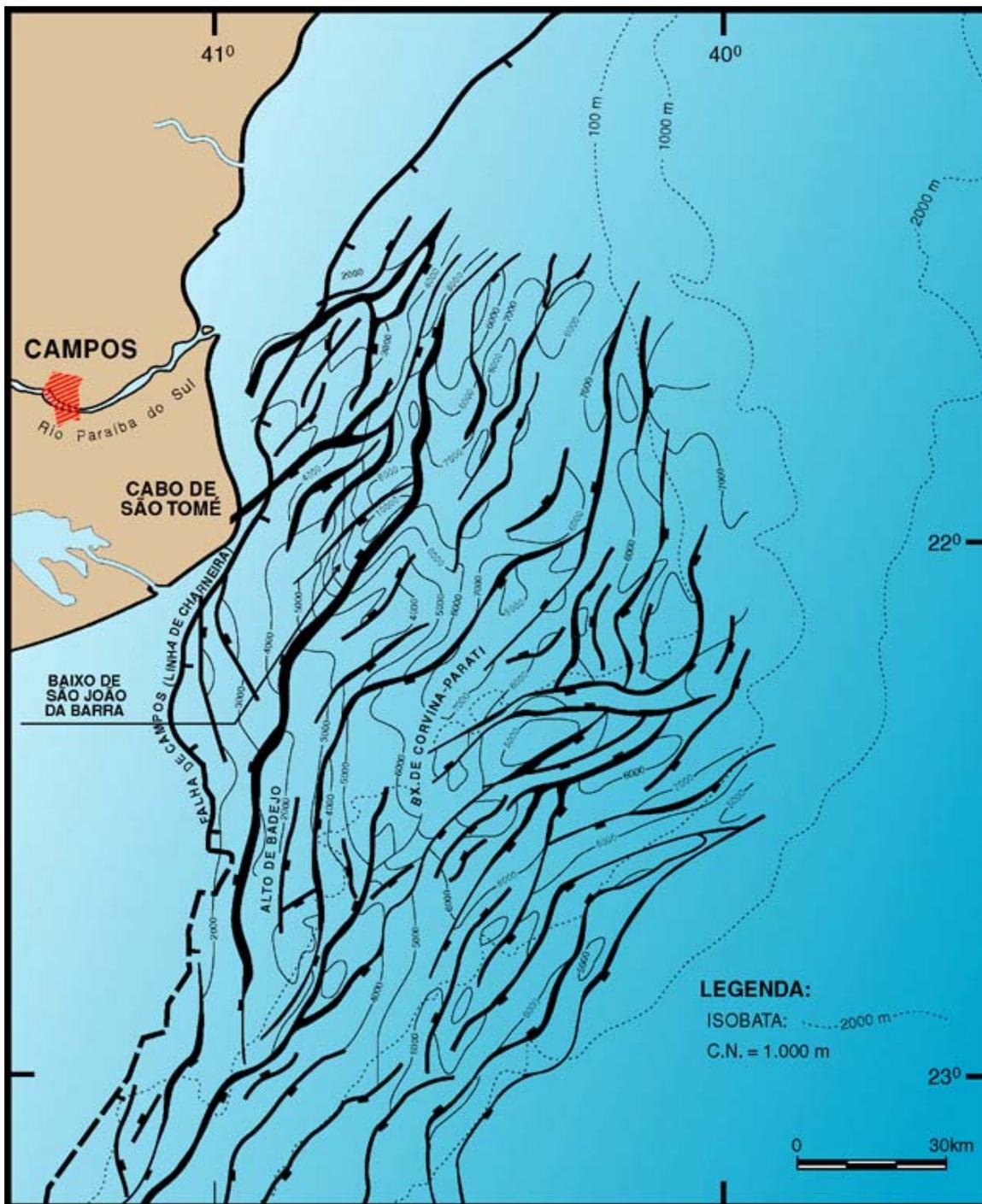


Figura II.5.1-26 - Mapa estrutural acústico do embasamento da Bacia de Campos (Modificado de Guardado et. al., 1989).

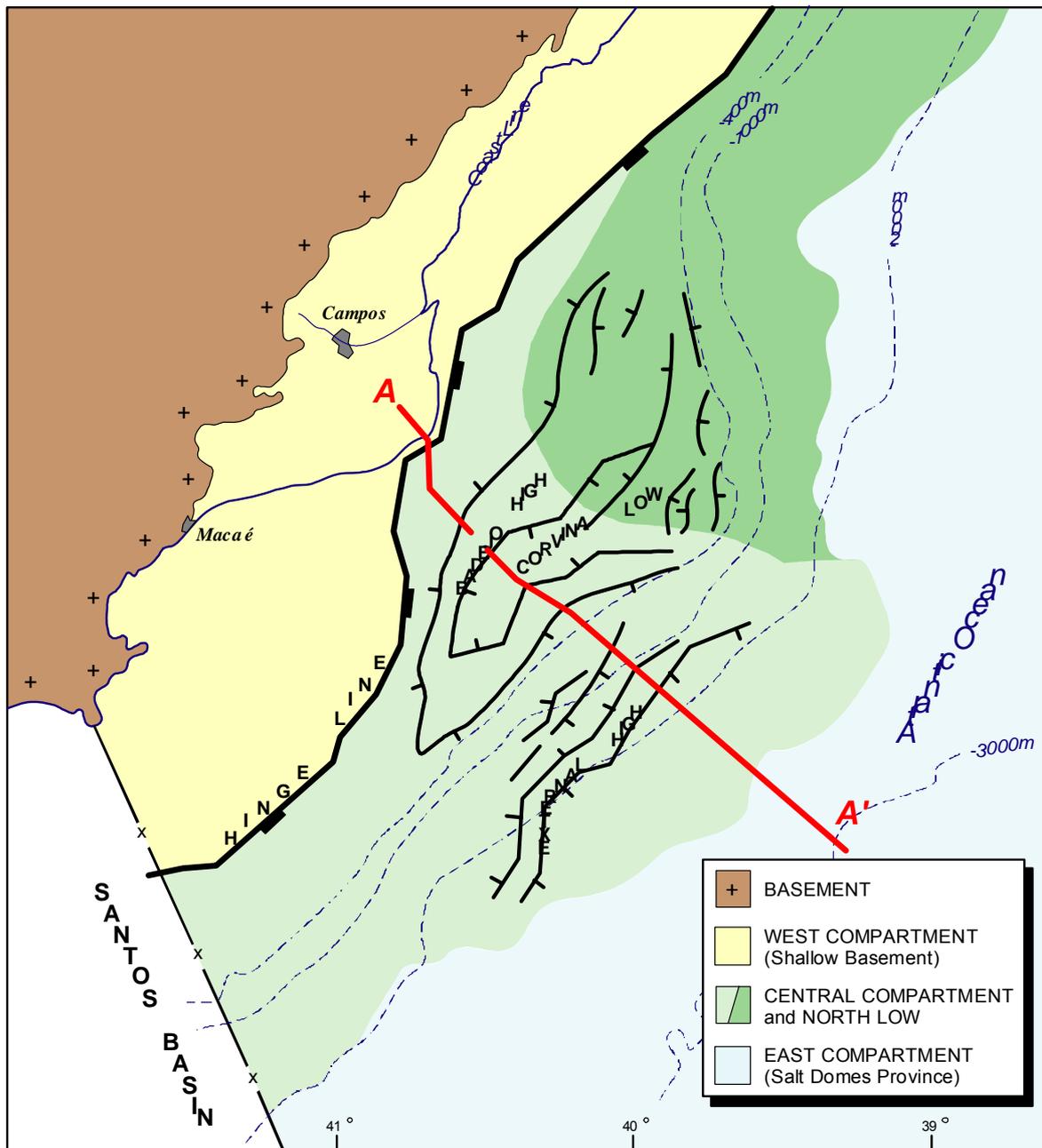


Figura II.5.1-27 - Arcabouço estrutural generalizado da Bacia de Campos (modificado de Guardado, et al., 1990).

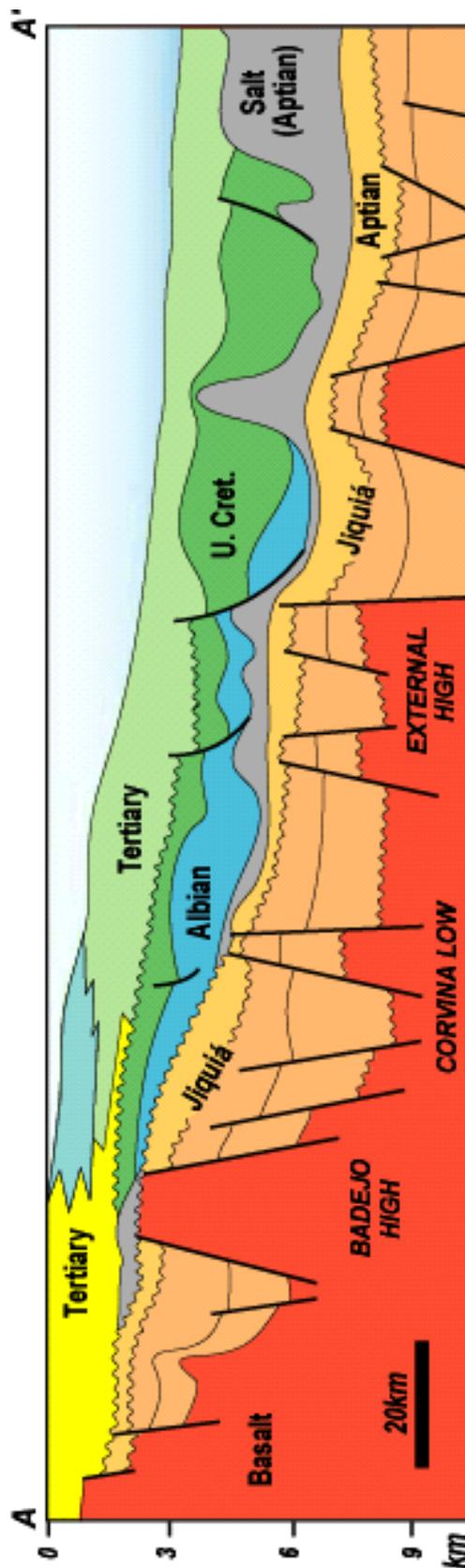


Figura II.5.1-28 - Seção esquemática da Bacia de Campos (para localização, ver mapa da Figura 6 - Guardado et al.,

Guardado *et al.*, (1989) dividiu a seção sedimentaria da Bacia de Campos em três mega-seqüências: 1) Megasseqüência não marinha da fase *Rift*, depositada durante o Hauteriviano-Barremiano; 2) Megasseqüência da fase transicional, depositada durante o Aptiano; 3) Megasseqüência marinha da fase *Drift*, compreende sedimentos depositados desde o Albiano até o Holoceno (Figura II.5.1–29). Na seção *Rift*, os sistemas principais de falhas normais seguem uma tendência geral de NE-SW, com geometria planar. A maior parte da atividade tectônica dessas falhas cessou antes do desenvolvimento da discordância pre-Aptiana. Na seção post-rift, a atividade tectônica é originada principalmente pelo movimento do sal, que produz sistemas de falhas normais lítricas em uma tendência de NE-SW. Estes sistemas de falhas controlaram o desenvolvimento da geometria dos principais campos de petróleo na bacia, assim como os padrões da migração.

Os exemplos brasileiros de campos petroleiros são associados geralmente com grandes falhas lítricas ou planas que rompem o sal autóctone. A migração pode ocorrer acima destas falhas e nos reservatórios sobrejacentes. A migração hidrodinâmica diretamente do *syn-rift* aos reservatórios é possível nas áreas onde não há nenhuma estrutura de sal.

II.5.1.4.3 - Estratigrafia da Bacia de Campos

A Bacia de Campos teve uma evolução típica de bacia de margem passiva, semelhante às demais bacias da costa leste brasileira. A história de sedimentação da Bacia de Campos pode ser entendida a partir dos eventos compreendidos pelas três megasseqüências apresentadas por Guardado *et al.*, (1989).

- **Megasseqüência Continental**

Megasseqüência da fase *Rift* (Barremiano). Esta seqüência é composta inteiramente por sedimentos não-marinhos (lacustres) e flúvio-deltáicos da Formação Lagoa Feia (Figura II.5.1–29 e II.5.1–30) que podem atingir até cerca de 4.000m de espessura. Os folhelhos negros da Fm. Lagoa Feia são os geradores primários de óleos na bacia. A seqüência das coquinas, composta

principalmente por fragmentos de conchas de pelecípodes depositados em altos estruturais, são importantes reservatórios, bem como rochas geradoras.

- **Megasseqüência Transicional**

Megasseqüência da fase transicional (Aptiano). Constituída por duas seqüências: uma inferior de conglomerados de leques aluviais e folhelhos, e uma superior de evaporitos (sabkha), predominantemente anidrita e halita (Figura II.5.1–29 e II.5.1–30).

- **Megasseqüência Marinha**

Megasseqüência da fase *Drift*. A fase *Drift* pode ser dividida em duas fases; a fase pré-oceânica (Albiano a Cenomaniano superior), que começa com a deposição da Formação Macaé, predominantemente carbonática e com cerca de 1.000 m de espessura, que grada para sedimentos silicicláticos depositados numa fácies mais proximal (Figura II.5.1–30). A fase oceânica se iniciou no Turoniano Superior, quando condições anóxicas favoreceram a deposição e preservação de rochas potencialmente geradoras. A posterior deposição de folhelhos marinhos e turbiditos (excelentes reservatórios) ocorreu desde o Cretáceo superior até o Holoceno (Figura II.5.1–30).

A sedimentação na Bacia de Campos foi controlada por uma variedade de fatores, começando pela topografia do embasamento. A distensão no Cretáceo inferior gerou uma série de *horsts* e *grabens* como o Alto de Badejo, o Baixo de São João da Barra e o Baixo de Corvina-Parati (Figura II.5.1–31). Nos baixos, rochas geradoras organicamente ricas e de excelente qualidade foram depositadas. Outros fatores que influenciaram a sedimentação foram: a subsidência tectônica, flutuações do nível do mar, suprimento sedimentar e o paleoclima.

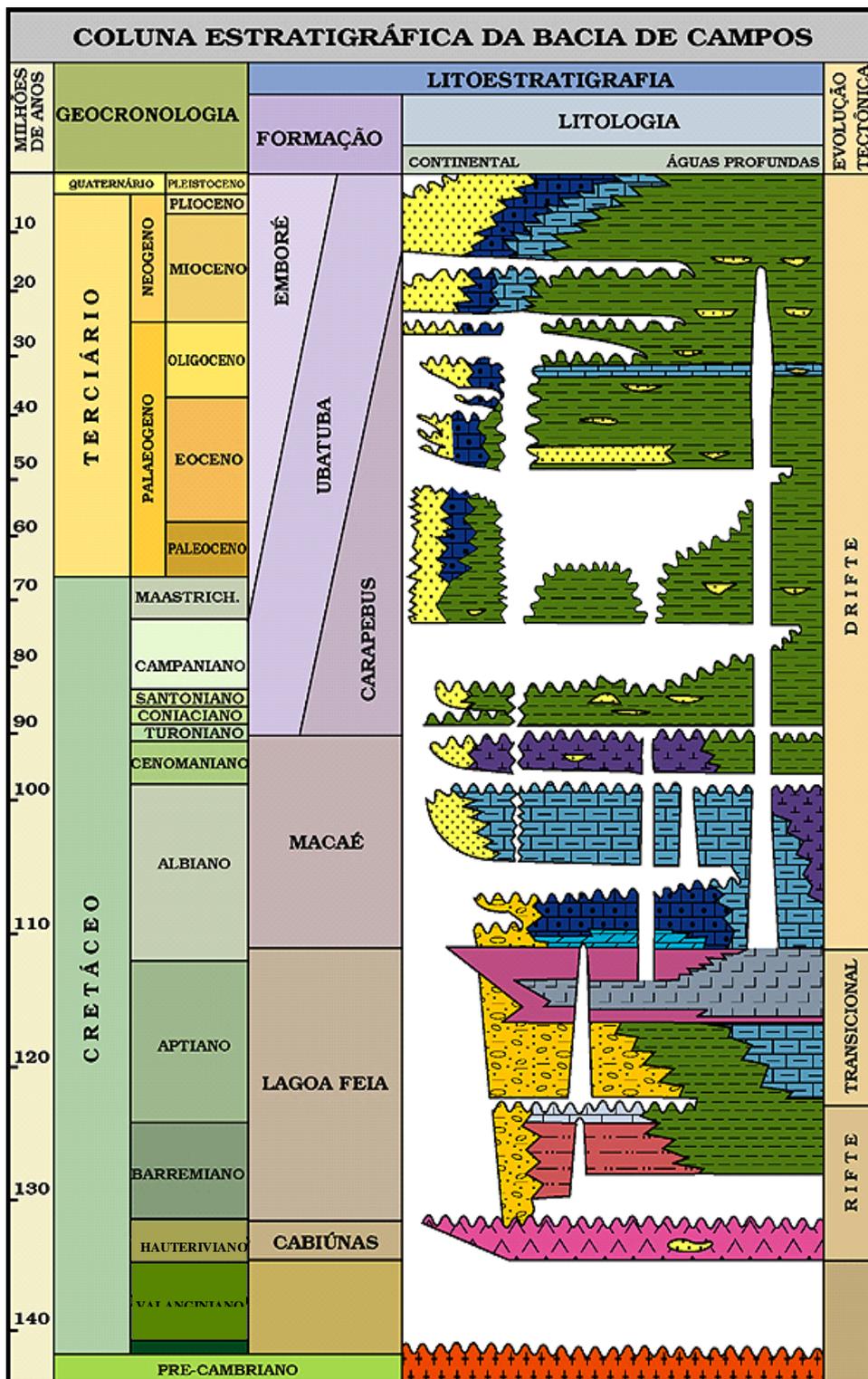


Figura II.5.1-29 - Coluna estratigráfica da Bacia de Campos (Modificado de Guardado et al., 1989).

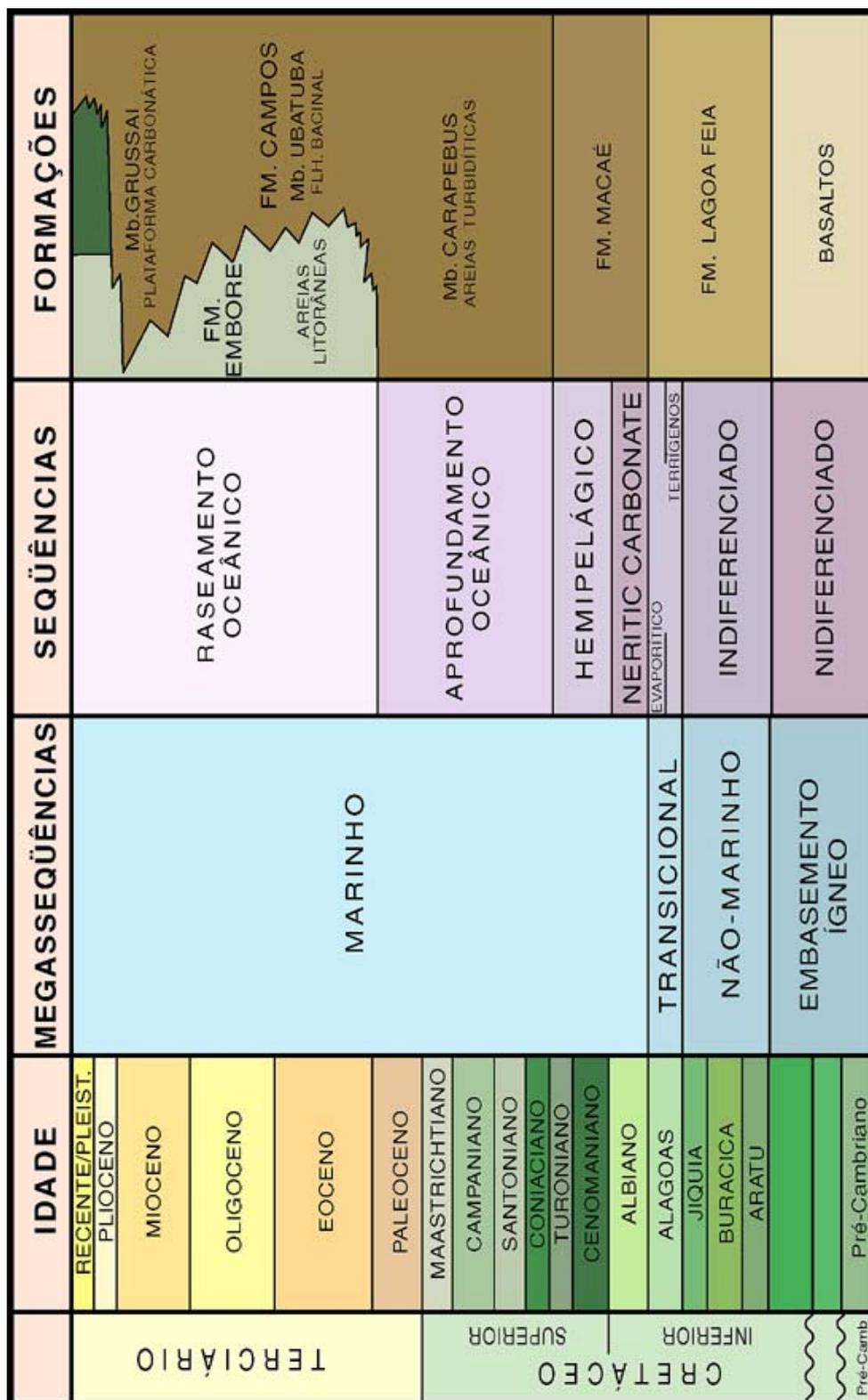


Figura II.5.1-30 - Coluna estratigráfica simplificada para a Bacia de Campos (Modificado de Guardado et al., 1989)

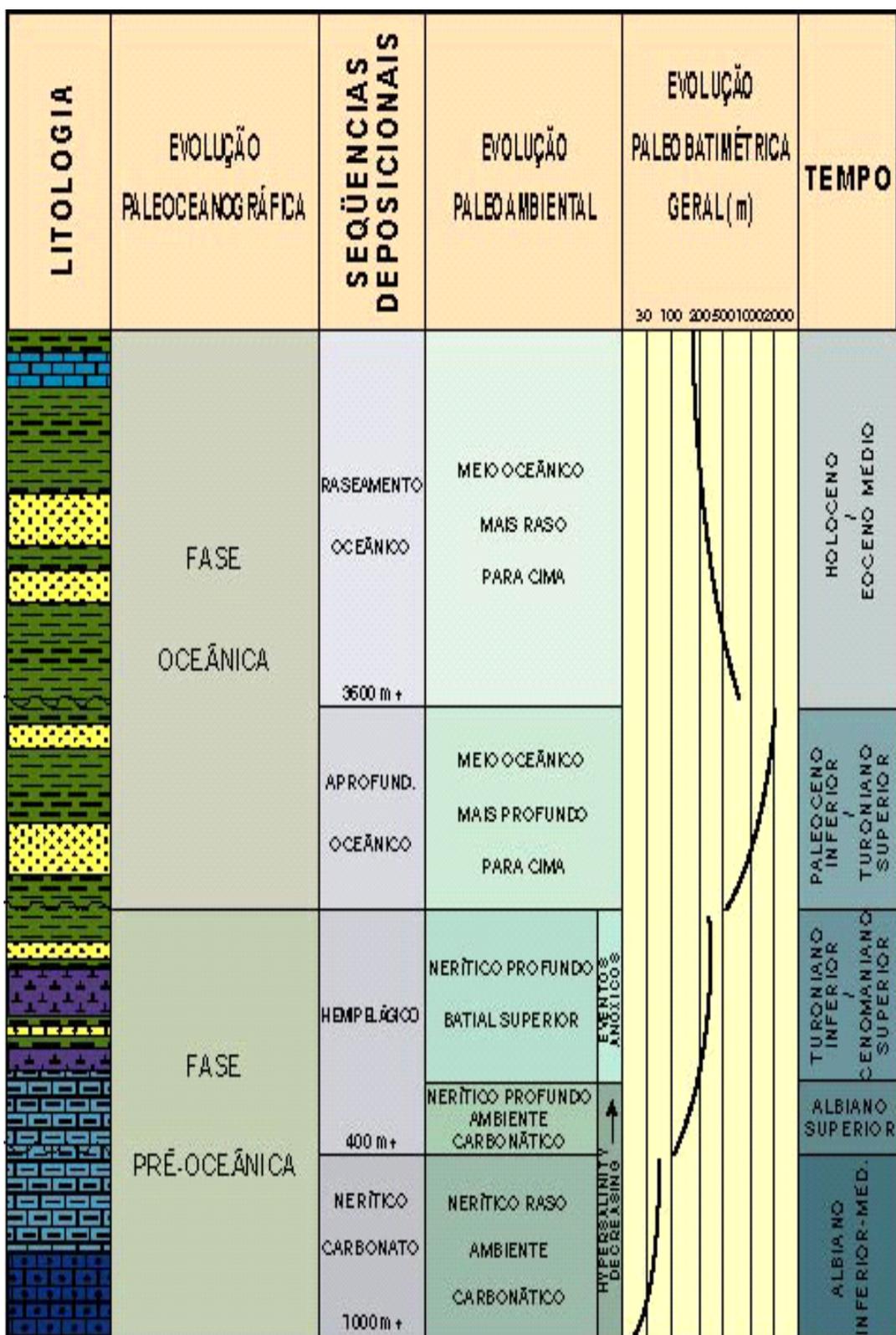


Figura II.5.1–31 - Subdivisão da megasseqüência marinha na porção central da Bacia de Campos baseada em dados paleoecológicos (Modificado de Guardado et al., 1989).

II.5.1.4.3.1 - Rochas Geradoras

Folhelhos calcíferos da Formação Lagoa Feia, depositados em ambientes lacustres de águas salobro-salinas, durante a fase *Rift* de evolução durante o Andar Jiquiá (Eocretáceo) constituem a rocha geradora mais importante na Bacia de Campos (Figura II.5.1–31). Eles podem ser divididos em quatro seqüências: (1) a seqüência clástica basal, (2) a seqüência talco-estivensítica, (3) a seqüência das coquinas e (4) a seqüência clástica-evaporítica (Trindade *et al.*, 1995). A fácies geradora de melhor qualidade é a seqüência das Coquinas, que chega a alcançar cerca de 200m de espessura. O teor de carbono orgânico (COT%) varia de 2 a 6% podendo atingir até 9% (Figura II.5.1–32). Os intervalos organicamente ricos da Fm. Lagoa Feia consistem de matéria orgânica amorfa dos tipos I e II (*oil e gas prone*), compostos predominantemente de restos de algas e bactérias. O ambiente de deposição da Formação Lagoa Feia varia de lacustre salobro a hipersalino, com incursões marinhas intermitentes durante o Barremiano superior e o Aptiano (Dias, 1998). Esta rocha geradora está madura na maior parte da bacia, tendo alcançado o estágio térmico de pico de geração de óleo nos baixos posicionais. A mesma, porém, encontra-se imatura no Alto de Badejo e na porção sul do Baixo de São João da Barra (Guardado *et al.*, 1989).

II.5.1.4.3.2 - Reservatórios

Reservatórios de hidrocarbonetos ocorrem ao longo de quase toda a coluna estratigráfica da Bacia de Campos. As seqüências de reservatórios compreendem basaltos fraturados (Fm. Cabiúnas), coquinas (Fm. Lagoa Feia), carbonatos (Fm. Macaé), e turbiditos (Fms Macaé e Carapebus) (Figura II.5.1–33).

- Formação Cabiúnas

Os reservatórios da Fm. Cabiúnas contêm somente 1% do VOIP da bacia de Campos e consistem basicamente em basaltos fraturados e secundariamente de brecha vulcânica. Basaltos fraturados são os reservatórios para os campos de petróleo de Pampo, Badejo e Linguado, localizados no Alto de Badejo. O óleo nos basaltos ocorre em microfraturas e fraturas em zonas vesiculares. A porosidade é

constituída por fraturas, vesículas, e pela porosidade da matriz própria, sendo as fraturas o fator mais importante.

- Formação Lagoa Feia

Acima dos basaltos, as coquinas depositadas nos altos estruturais são também importantes reservatórios. Eles estão constituídos por lentes de coquina de mais de 10m de espessura, formados por camadas empilhadas relativamente finas (20 a 100 cm de espessura) de calciruditos ricos em bivalves, que mostram localmente estratificação cruzada, associada com camadas finas de calcarenitos ou folhelhos calcários e sem intercalações de rochas siliciclásticas. A porosidade nas coquinas varia de 12 a 20% e a permeabilidade pode ser de mais de 500mD (Guardado et al., 1989). A seqüência das coquinas (Barremiano) é o alvo exploratório principal para óleo e gás nos sedimentos pré-sal da Bacia de Campos. Esta seqüência é composta inteiramente por sedimentos flúvio-deltáicos e carbonatos lacustres (coquinas), depositados em um sistema complexo, controlado por condições ambientais e tectônicas locais. Sua espessura varia de 2.400 m em pontos paleo-estruturais baixos a 0 m em altos paleo-estruturais (Carvalho, 1998). As características sedimentares sugerem condições de deposição de alta energia e água rasa (Carvalho, 1998). A diagênese transformou as coquinas em zonas extremamente heterogêneas, onde podem ocorrer variações profundas na qualidade dos reservatórios em intervalos verticais relativamente curtos.

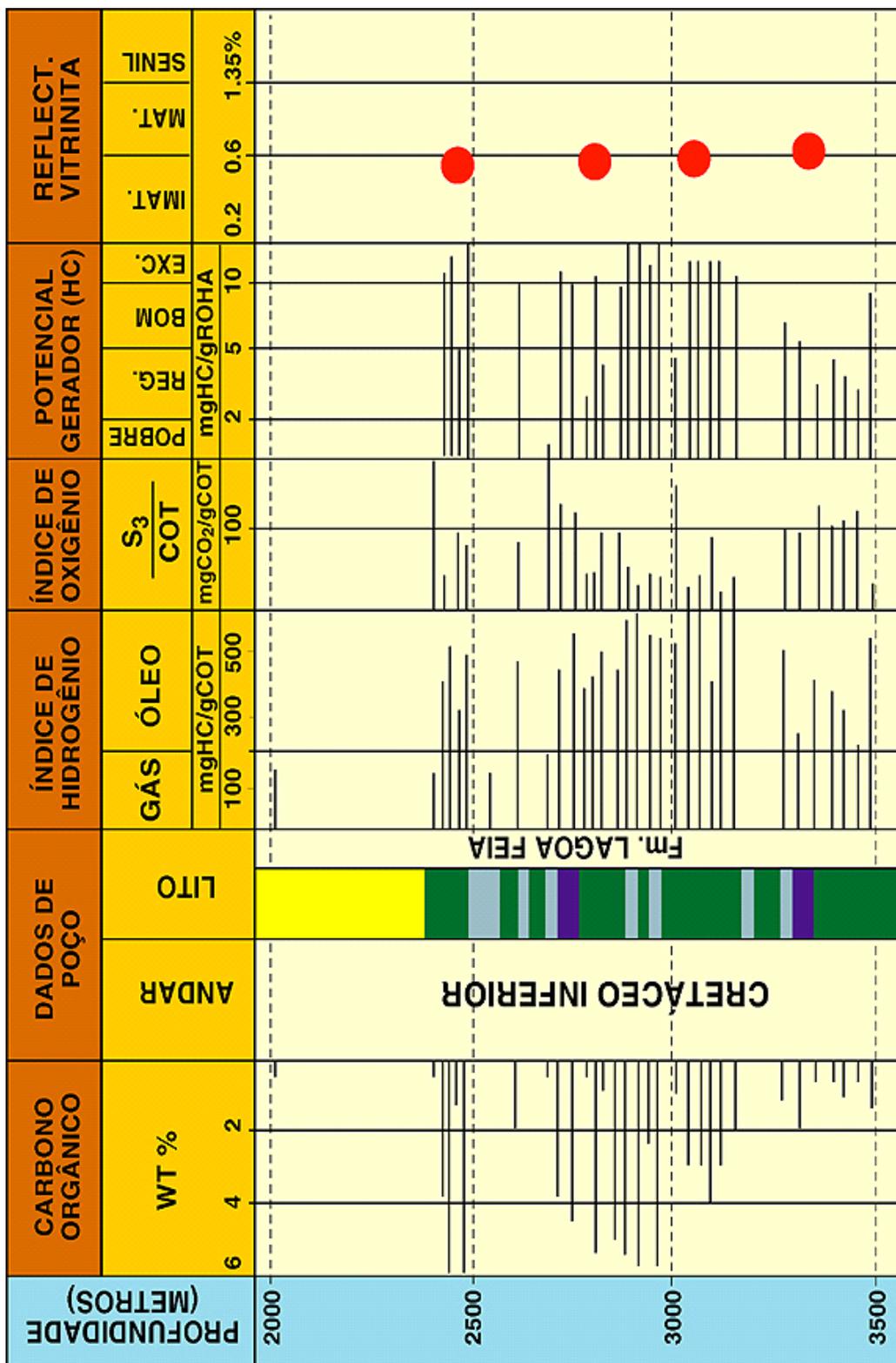


Figura II.5.1–32 - Perfil geoquímico da seção lacustre salina organicamente rica do Cretáceo Inferior da Fm. Lagoa Feia (Modificado de Mello et al., 1994).

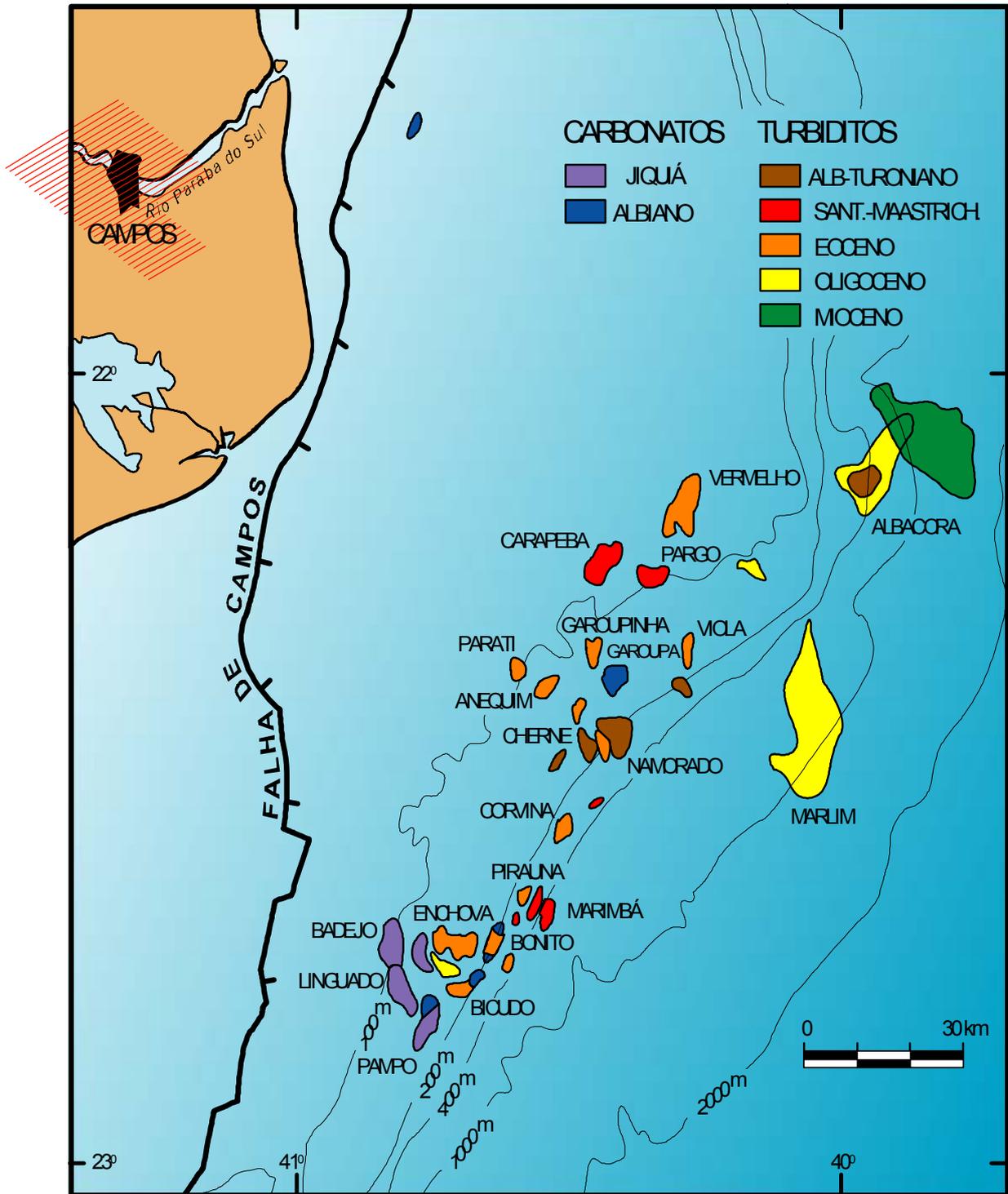


Figura II.5.1–33 - Distribuição dos campos de óleos da Bacia de Campos por reservatórios e idades. (Modificado de Guardado et al., 1989).

- Formação Macaé

Os carbonatos da Formação Macaé (Albiano inferior) são também importantes reservatórios na bacia de Campos. Nestes carbonatos existem ciclos começando com pacotes oncolíticos/peloidais que gradam para grãos oolíticos (oolitic grainstones). Águas meteóricas são responsáveis pelos processos de dissolução e cimentação nos reservatórios. O reservatório do campo de Namorado é um turbidito depositado durante o Cenomaniano/Turoniano. A porosidade varia de 20 a 30% e a permeabilidade chega até 1 D (Guardado *et al.*, op. cit.).

- Grupo Campos – Formação Carapebus

Os turbiditos do Grupo Campos (Cretáceo superior - Terciário) contêm a maioria das reservas de petróleo da bacia, sendo os reservatórios principais dos campos gigantes Marlim e Albacora. No campo gigante de Roncador óleo e gás são presos dentro dos reservatórios de turbidito do Cretáceo superior.

Os reservatórios dos campos Marimbá, Piraúna e Carapeba são bons exemplos das areias turbidíticas que pertencem à Formação Carapebus do Grupo Campos, Cretáceo superior - Terciário. Eles têm características similares, incluindo a espessura, fácies, porosidades e permeabilidades. Os reservatórios de Marimbá têm uma espessura máxima de 250m. Eles consistem principalmente em arenitos arcósicos de grão grosso a médio, com múltiplos corpos empilhados e alta relação areia/folhelho. Também tem arenitos com estratificação cruzada e plana e arenitos argilosos. A cimentação dos arenitos é pobre e com calcita, frágil a semifrágil, moderadamente a mal classificada, com excelente permeabilidade e porosidade. Os valores médios de porosidade e permeabilidade são 27% e 1700md, respectivamente. A porosidade é principalmente do tipo intragranular secundário.

O campo de Vermelho produz óleo dos arenitos de idade Eoceno da Formação Carapebus do Grupo Campos. Estes reservatórios são compostos principalmente de arenitos médios, maciços em camadas de 1 a 3 m, com intercalações de arenitos finos a grossos, formando corpos complexos de arenitos

empilhados com contato abruptos erosivos. Os valores médios de porosidade e permeabilidade são de 24.4% e 700md, respectivamente.

Arenitos petrolíferos são encontrados no Campo Marlim. Os reservatórios de arenitos se espalham num complexo de turbiditos de idade Oligoceno. Sua principal fácies sedimentar foi interpretada nos campos Marlim e Albacora e esta constituída por arenitos finos maciços que contêm geralmente clastos de lama, margas e folhelhos calcíferos; arenitos finos a grossos mostrando geralmente a seqüência de Bouma incompleta (Ta,c e Ta,d) e ocasionalmente a seqüência de Bouma completa (Guardado *et al.*, 1990). Os intervalos mais grossos do sistema de turbiditos da bacia dos Campos se acumularam nas áreas onde a removimentação gradual de sal ocorreu contemporaneamente com a deposição em resposta à carga sedimentaria diferencial.

Os arenitos de águas profundas do Mioceno são similares na espessura a suas contrapartes do Oligoceno, mas sua distribuição areal é muito menor. Os processos envolvidos em sua deposição aparentemente também eram similares àqueles ativos durante a deposição dos turbiditos de águas profundas do Oligoceno (Peres, 1993).

II.5.1.4.3.3 - Selos

Os selos ou rochas capeadoras consistem em folhelhos marinhos nos reservatórios da Fm. Carapebus, margas e folhelhos marinhos nos reservatórios da Fm. Macaé, e folhelhos lacustres nos reservatórios das Fms Cabiúnas e Lagoa Feia. Dentro das coquinas são encontrados localmente selos diagenéticos, como observado no campo de Linguado.

II.5.1.4.4 - Fisiografia da Bacia de Campos

A margem continental onde está localizada a Bacia de Campos é um domínio fisiográfico de transição entre a parte emersa do continente e a bacia oceânica, sendo dividida de acordo com as suas características morfológicas em três províncias: Plataforma Continental, Talude Continental e Platô de São Paulo (Figuras II.5.1-34, II.5.1-35 e Mapa II.5.1-1 e II.5.1-2).



Figura II.5.1–34 - Mapa fisiográfico e faciológico regional da Bacia de Campos

A Plataforma Continental possui relevo suave e monótono, com declividade média em torno de 0,5 graus. Seu limite externo é definido pela quebra da plataforma que se encontra a aproximadamente 180 metros de profundidade. Na Plataforma Continental predominam sedimentos arenosos de composição siliciclástica e sedimentos carbonáticos representados por areias bioclásticas/biodetríticas e bioincrustações (Figura II.5.1–34). Na porção sudoeste da Plataforma Continental observa-se uma grande concentração de sedimentos lamosos. No Platô de São Paulo e no Talude Continental, ao contrário, são as lamas (argila+ silte) que predominam (Figuras II.5.1–34 e II.5.1-35).

Já o Talude Continental apresenta variações na sua declividade média que é cerca de três graus e na sua morfologia. As variações morfológicas decorrem da presença de cânions, ravinas e sulcos cujas escarpas podem atingir declividades maiores do que 30 graus. O limite externo do Talude Continental pode chegar a 2000 metros de profundidade d'água. É neste talude que se encontra o reservatório Roncador, área do 1-RJS-409. Especificamente na área onde está localizado o FPSO CIDADE DO RIO DE JANEIRO, o talude mergulha para sudeste com declividades que variam de 0 a 6 graus e no local de instalação do FPSO as declividades variam em torno de 2 graus.

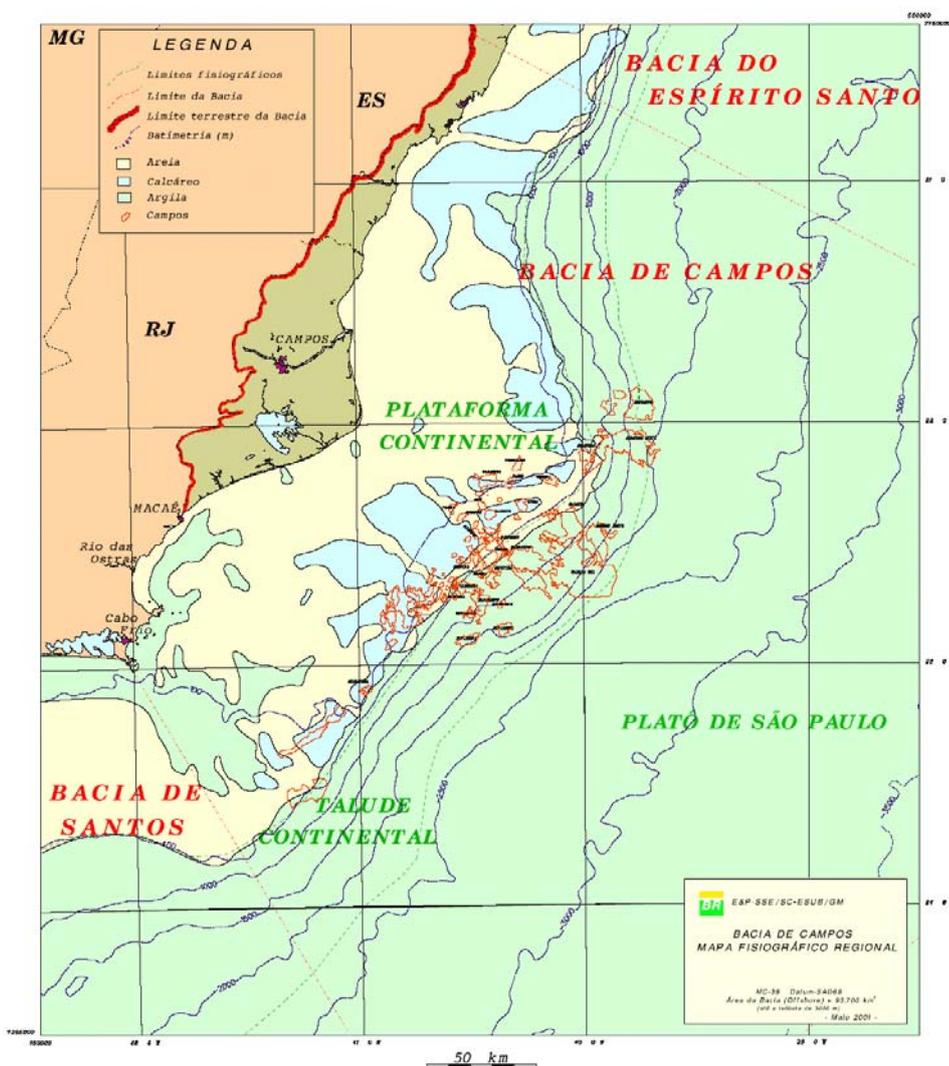


Figura II.5.1-35 - Mapa batimétrico contendo as principais feições fisiográficas da Bacia de Campos.

O Platô de São Paulo é caracterizado por um relevo irregular ocasionado pela movimentação de camadas de sal em subsuperfície (halocinese). Nele ocorrem grandes desníveis localizados e declividades que podem variar de 0,5 graus a valores acima de 20 graus. Seu limite externo coincide com uma grande escarpa que ocorre a uma profundidade aproximada de 3000 metros.

II. 5.1.4.5 - Área do Poço 1-RJS-409

A Figura II.5.1–36 mostra a localização do campo e a área requerida junto à ANP. A Área do poço 1-RJS-409 encontra-se inscrita ao *ring fence* de Espadarte, situado na porção sul da Bacia de Campos, a cerca de 110 km da costa, sob lâmina d'água de 1270 a 1400 m (Figura II.5.1–37).

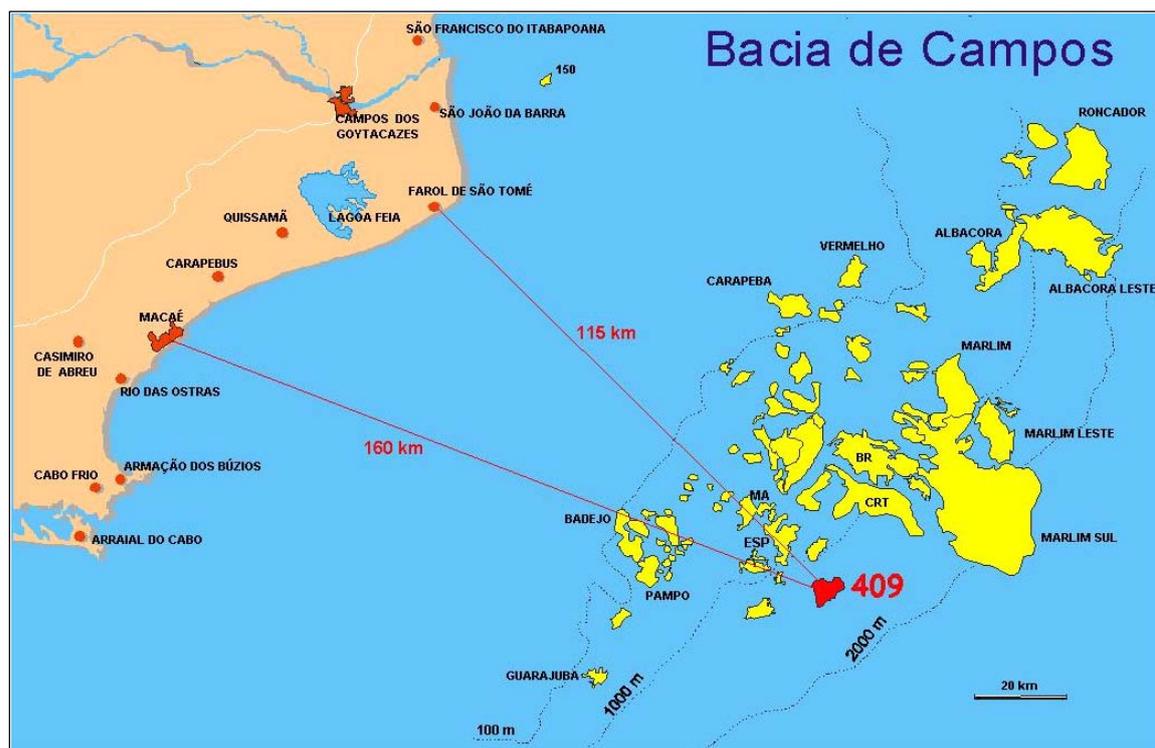


Figura II.5.1–36 - Mapa de situação da Área 1-RJS-409.

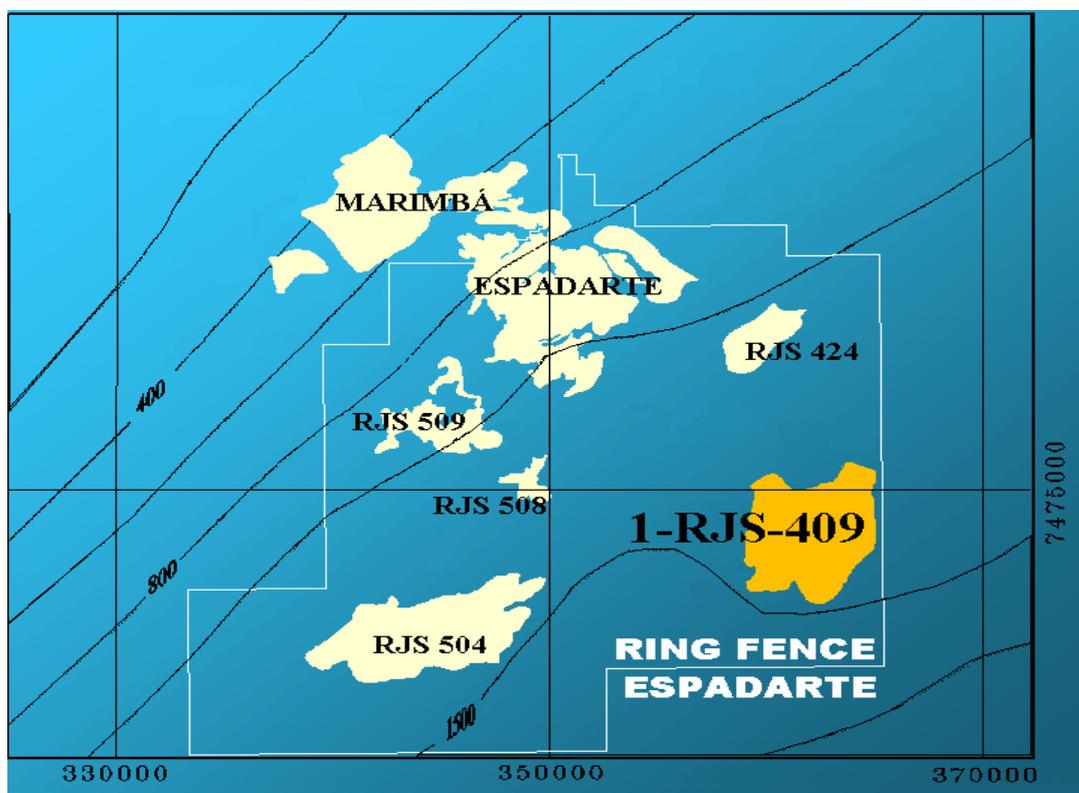


Figura II.5.1–37 - Mapa de localização da Área 409 – Ring Fence de Espadarte

II. 5.1.4.5.1 - Arcabouço Estrutural

Estruturalmente a área do poço 1-RJS-409 é cortada por falhas normais de direção NNE-SSW, originadas pela movimentação do sal, que causou a formação de blocos escalonados. Localmente, essas falhas são responsáveis pelo limite externo a oeste da acumulação e pela compartimentação do bloco produtor do poço 1-RJS-409.

O traçamento é misto, com controle estratigráfico conferido pela erosão e acunhamento dos arenitos e estrutural, dado pela conformação dômica. Os folhelhos da Formação Ubatuba / Membro Tamoios são responsáveis pelo capeamento do reservatório.

II. 5.1.4.5.2 – Estratigrafia

A área do 1-RJS-409 é composta por dois reservatórios: o Roncador 200 (RO-200), área mais nova e o Roncador 300 (RO-300), mais antigo. Apesar de estas duas zonas serem portadoras de hidrocarbonetos depositados em ambiente marinho profundo, existe uma diferenciação entre as duas, baseada no conteúdo fossilífero de nanofósseis calcáreos, cujas biozonas associadas são a N290.3b, para a zona RO-300 e N290.3c, para a zona RO-200. A Figura II.5.1–38 mostra uma seção geológica esquemática onde pode-se observar as relações estratigráficas entre as duas zonas reservatórios reconhecidas.

As rochas desses reservatórios pertencem à coluna estratigráfica da Bacia de Campos e são constituídas de folhelhos da Formação Ubatuba e dos folhelhos e arenitos turbidíticos da Formação Carapebus, ambas pertencentes ao grupo Campos. Os poços perfurados durante a fase exploratória, até o momento, não atingiram a seção carbonática da Formação Macaé.

Os reservatórios são do Período Cretáceo, Idade Maastrichtiana e são denominados de Arenito Roncador. A geometria externa da acumulação tem formato de calha alongada na direção NW/SE na qual se depositaram de forma amalgamada lobos e canais turbidíticos arenosos, o que resultou em boas razões arenito/folhelho com boas características permoporosas, sendo a porosidade média de 28% e a permeabilidade entre 600 mD e 1700 mD. O trapecamento é misto com controle estratigráfico devido à erosão e acunhamento dos arenitos e estrutural, devido à conformação dômica. O capeamento fica por conta dos folhelhos da Formação Ubatuba/Membro Tamoios.

Os reservatórios de interesse nesta área são arenitos turbidíticos de idade Maastrichtiana (Arenito Roncador) com boa permo-porosidade (porosidade em torno de 28% e permeabilidade variando de 300 a 1500mD). As análises de caracterização (PVT – Pressão, Volume e Temperatura) indicaram um óleo de 19° API para o bloco do RO-200 e 22° para o RO-300. A cota média dos reservatórios é -3300m.

As Figuras II.5.1–39 e II.5.1–40 mostram os mapas de topo dos reservatórios Roncador (RO200 e RO300).

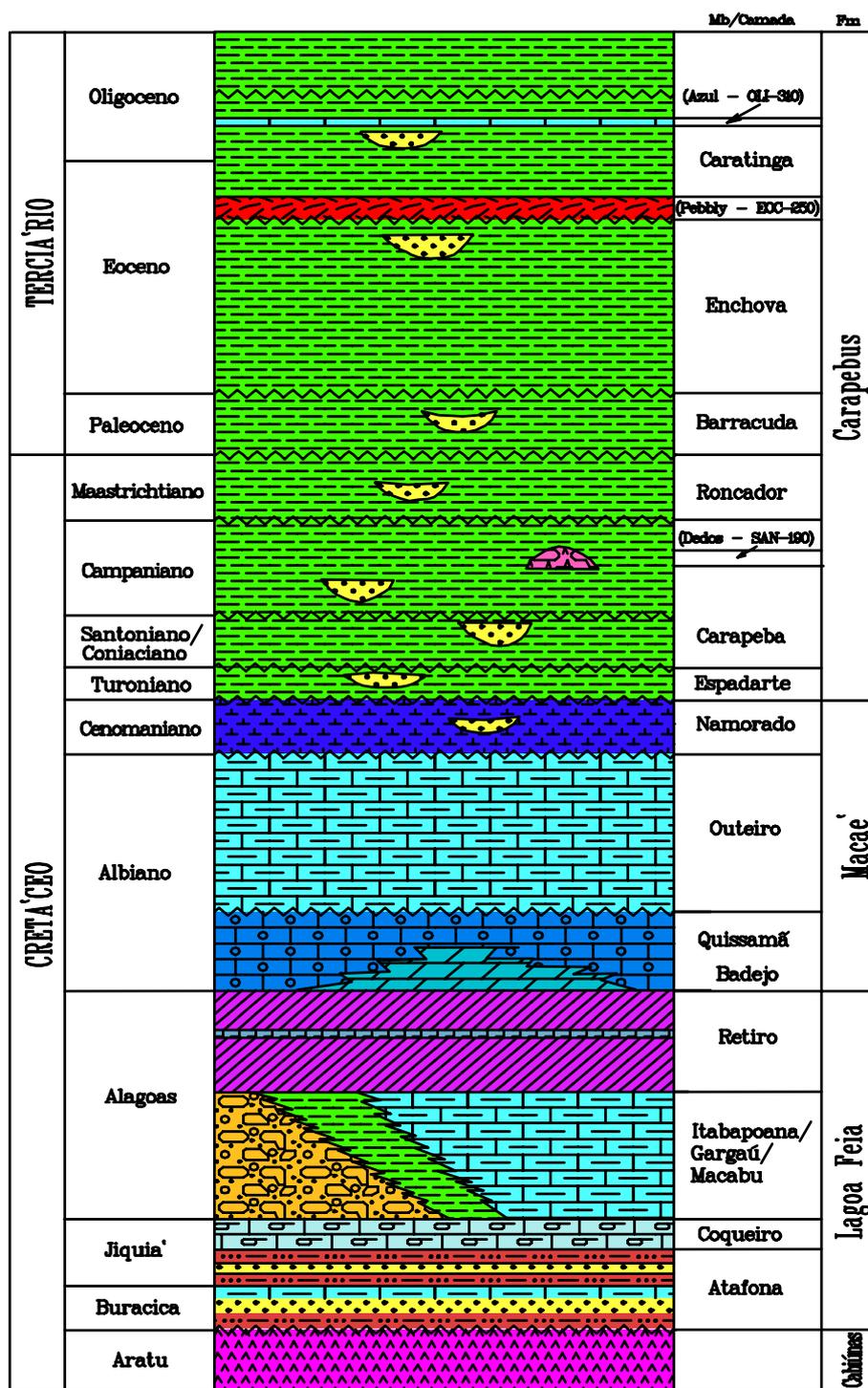


Figura II.5.1-38 - Carta estratigráfica para o Campo de Espadarte / Bacia de Campos (até o Oligoceno). Obs: geocronologia representada esquematicamente; nomenclatura litoestratigráfica Terciária apresentada apenas para os sistemas turbidíticos; as ausências de seção não estão representadas nas discordâncias. Autoria: G. Albertão, A. Grell e Isa Veiga (adaptado de Martins e Feijó, 1994).

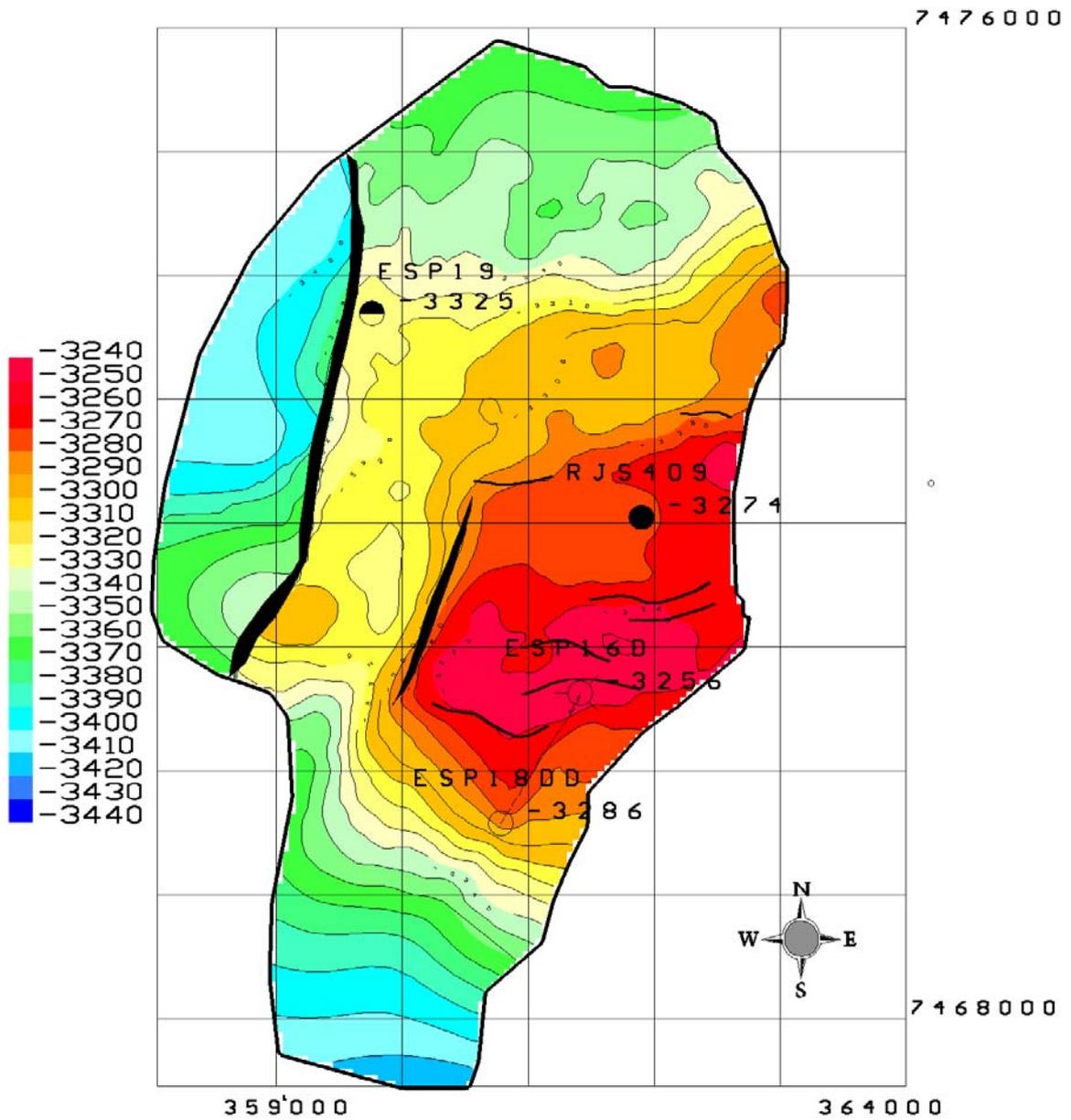


Figura II.5.1-39 - Mapa de topo do reservatório Roncador RO200.

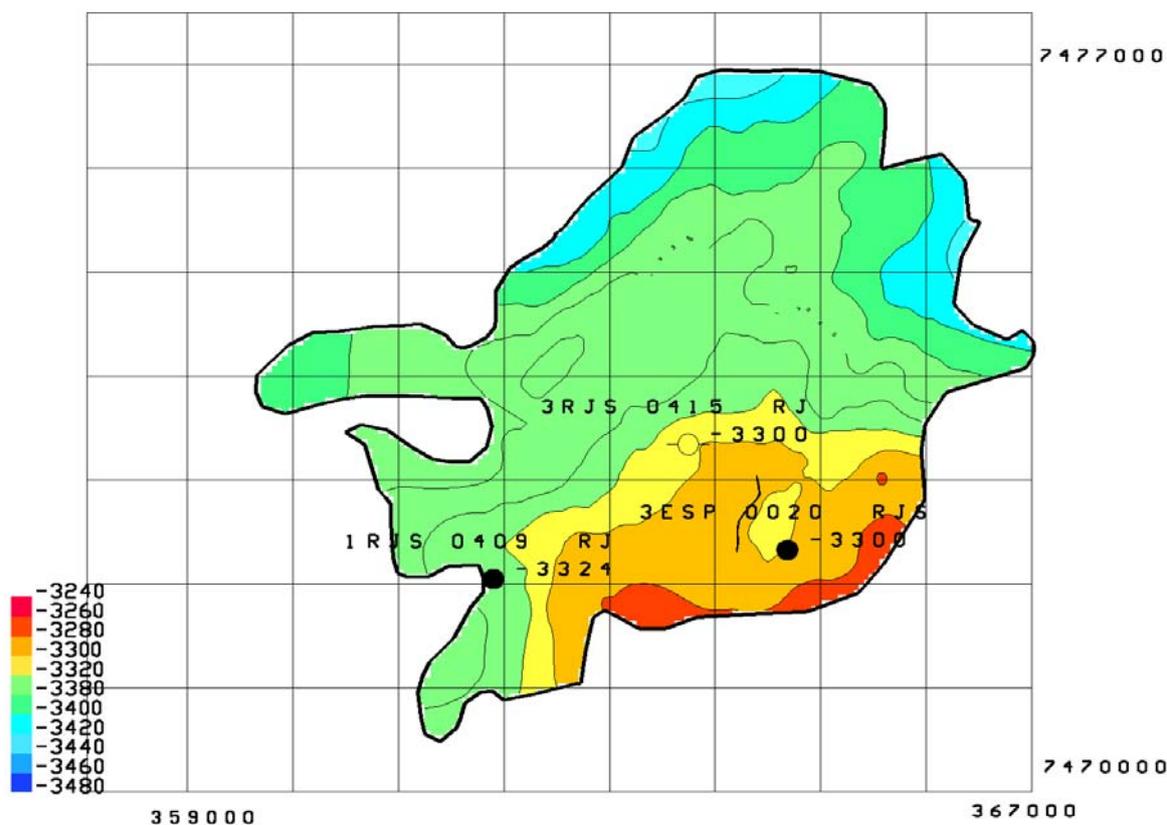


Figura II.5.1-40 - Mapa de topo do reservatório Roncador RO300.

A exploração dos reservatórios RO-200 e RO-300 foi, conforme informado no capítulo II.2.2, executada com a perfuração dos poços 9-ESP-16D, 3-ESP-19DP, 1-RJS-409 e 3-RJS-415, 3-ESP-20-V-RJ-S e 9-ESP-18D-P-RJ. Com o intuito de identificar as características do fluido de formação destes reservatórios, foram retiradas amostras de óleo do poço 9-ESP-18, representativa do RO 200 e 3-ESP-20, representativa do RO 300. As principais características dos óleos são apresentadas nas tabelas abaixo:

Tabela II.5.1-5 – Características dos reservatórios RO 200 e RO 300.

CARACTERÍSTICAS	RO 200	RO 300
Litologia	Arenito	Arenito
Idade	Maastrich	Maastrich
VOIP (MM m ³)	64479	18144
nº testemunhos	2	2
Espessura porosa com óleo média (m)	30	7
Porosidade (%)	27	28
Permeabilidade (mD)	300/1500	300/1500
Saturação de água (%)	28	28
Contato óleo/água (m)	-3343.8	ND
Temperatura	82	82

Tabela II.5.1-6 – Características dos óleos dos reservatórios RO 200 e RO 300.

CARACTERÍSTICAS	RO 200	RO 300
Procedência da amostra	9-ESP-0018-D-P-RJ	3-ESP-20-V-RJ-S
Grau API @60°F	19	22
Densidade do óleo a 20/4°C	0,9365	0,9174
Ponto de Fluidez	-24 (°C)	-30 (°C)
Viscosidade Cinemática @ 5°C	8147,1 (CSt)	1344
Viscosidade Cinemática @ 10°C	4262,9 (CSt)	787,0
Viscosidade Cinemática @ 15°C	2414,0 (CSt)	489,7
Teor de Enxofre	0,52 (% m/m)	0,46
Salinidade	124184,0 (mg NaCl/L)	N.D
BSW total	17 (% v/v)	N.D

O boletim de resultados analíticos da análise de cada amostra de óleo é apresentado no anexo II.5-1.

A Figura II.5.1–41 representa a superposição dos reservatórios, que compõe a área do 1-RJS-409.

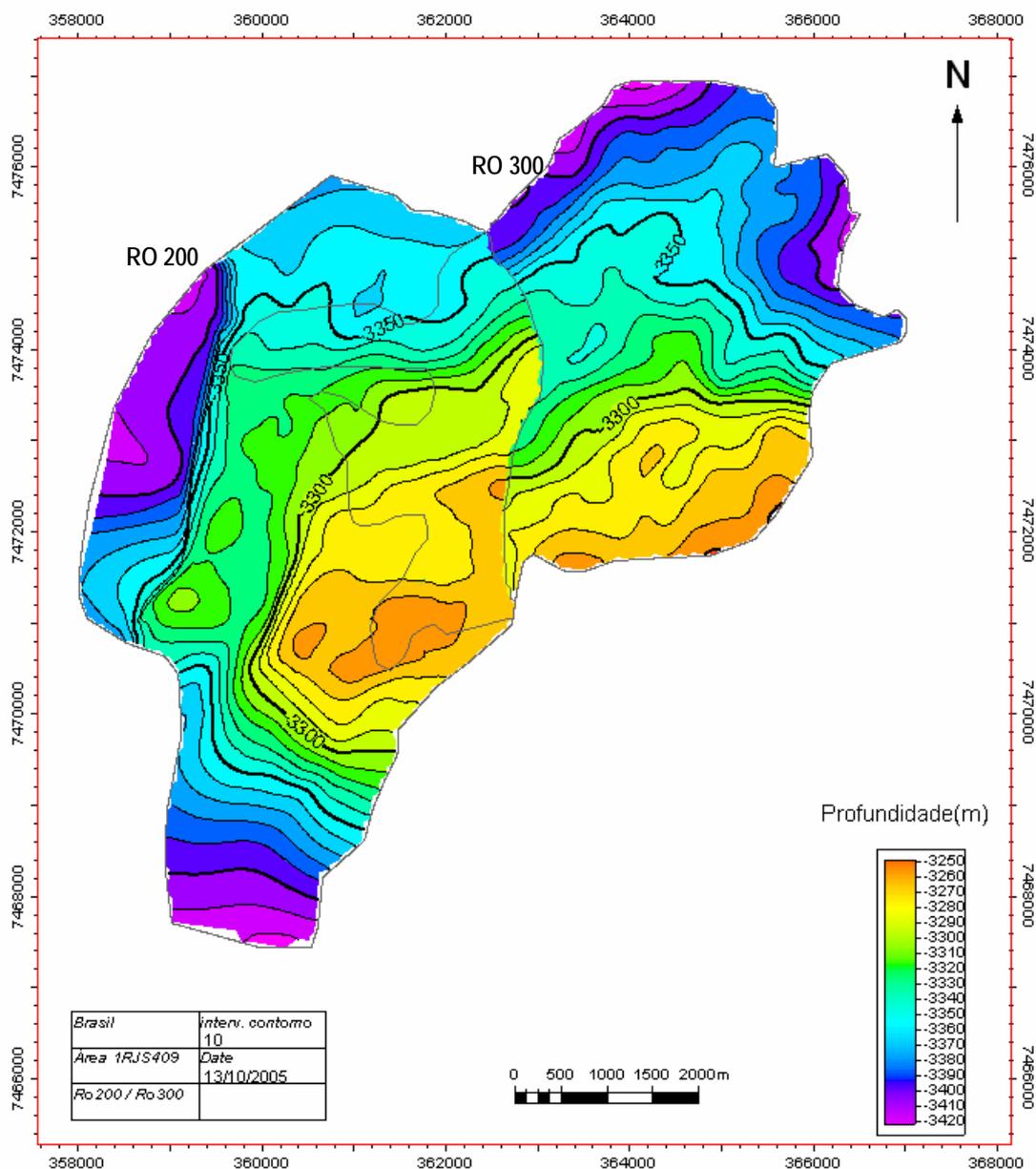


Figura II.5.1–41 – Mapa dos reservatórios RO 200 e RO 300.

Os poços produtores P1, P2, P3, P4 e os injetores I1, I2 e I4 serão perfurados no RO 200 e o poço produtor P5 e o injetor I3 serão perfurados no RO 300.

II. 5.1.4.5.3 – Fisiografia

A área de estudo abrangida pelo presente projeto está restrita às áreas de interesse para a exploração e produção de petróleo, entre as cotas batimétricas de 50 e 3.000 metros, aproximadamente (Figura II.5.1-41). Por esta razão, o estudo abrange basicamente duas feições fisiográficas da bacia:

- Plataforma Continental;
- Talude continental.



Figura II.5.1-41 - Perfil fisiográfico esquemático de uma margem do tipo Atlântica de acordo com o Projeto REMAC.

O FPSO Cidade do Rio de Janeiro da área do poço 1-RJS-409 está inserido na unidade fisiográfica denominada Talude Continental numa profundidade d'água de aproximadamente 1296 metros. Nesta área o talude mergulha para sudeste com declividades que variam de 0 a 6 graus. No local de instalação do FPSO Cidade do Rio de Janeiro as declividades variam em torno de 2 graus. O solo na área do FPSO Cidade do Rio de Janeiro é constituído por sedimentos lamosos (argila + silte) (Figura II.5.1-42).

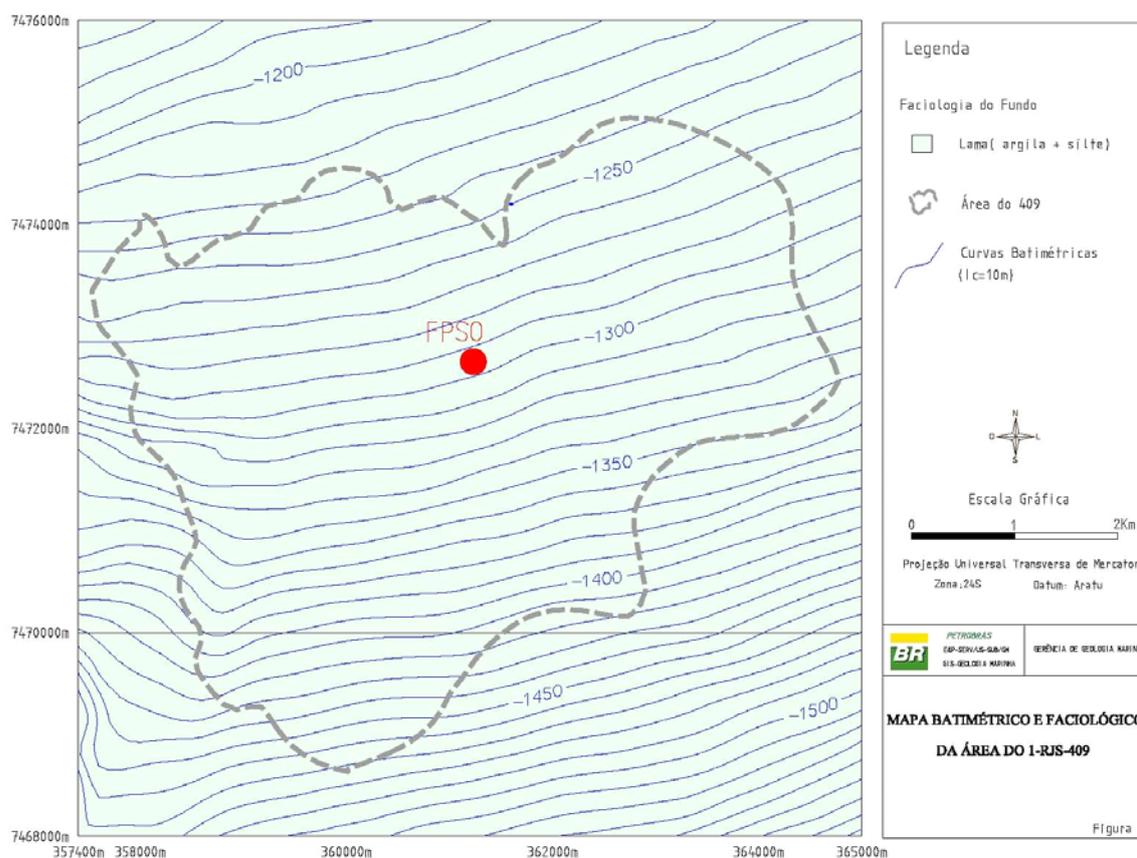


Figura II.5.1-42 - Mapa batimétrico da área do poço 1-RJS-409

II. 5.1.4.5.4 - Caracterização Geotécnica

Durante a fase de desenvolvimento do projeto do 1-RJS-409, foi necessária a caracterização de duas áreas distintas: a área onde o FPSO CIDADE DO RIO DE JANEIRO será ancorado e a área onde o gasoduto será instalado. Ambos os estudos foram desenvolvidos pelo CENPES (Elisabeth de Campos Porto e Ricardo Garske Borges, respectivamente) e são apresentados resumidamente abaixo e completamente nos anexos II.5-1 e II.5-2.

DADOS GEOTÉCNICOS PARA LICENCIAMENTO DA ÁREA DO RJS-409

Inicialmente são apresentados dados geotécnicos obtidos em testes de campo e resultados de ensaios de laboratório com amostras retiradas em uma localização dentro da área de interesse, o furo geotécnico GT-506 e JPC-505, dados

de resistência do solo e amostragem respectivamente. Os dados apresentados são granulometria do solo, peso específico e resistência ao cisalhamento do solo. De acordo com a batimetria do terreno, o fundo marinho desta área apresenta pequena declividade, entre 1 e 6 graus, e comportamento uniforme. Tendo em vista esta inclinação, a análise de instabilidade foi verificada para condição de talude infinito.

A área do 1-RJS-409 está contida na área definida pelas coordenadas UTM (Tabela II.5.1–5).

Tabela II.5.1–7 – Coordenadas da área do 1-RJS-409.

E	N
358.000	7.477.000
365.160	7.477.000
358.000	7.468.000
365.160	7.468.000

Um único furo geotécnico para levantamento de dados foi encontrado no Banco de Dados Geotécnico do CENPES, o furo GT-506 / JPC-506. Os dados do GT-506 são dados de resistência do solo interpretados a partir do ensaio in situ CPT e os dados do JPC-506 são dados de ensaios de laboratório realizados em amostras de solo, obtidas com amostrador Jumbo Piston Core. A validação dos dados para a área toda é dada pela avaliação qualitativa fornecida pela Geologia Marinha.

A Figura II.5.1–43 apresenta a área da locação de interesse para o licenciamento e a locação do furo GT-506e JPC-506.

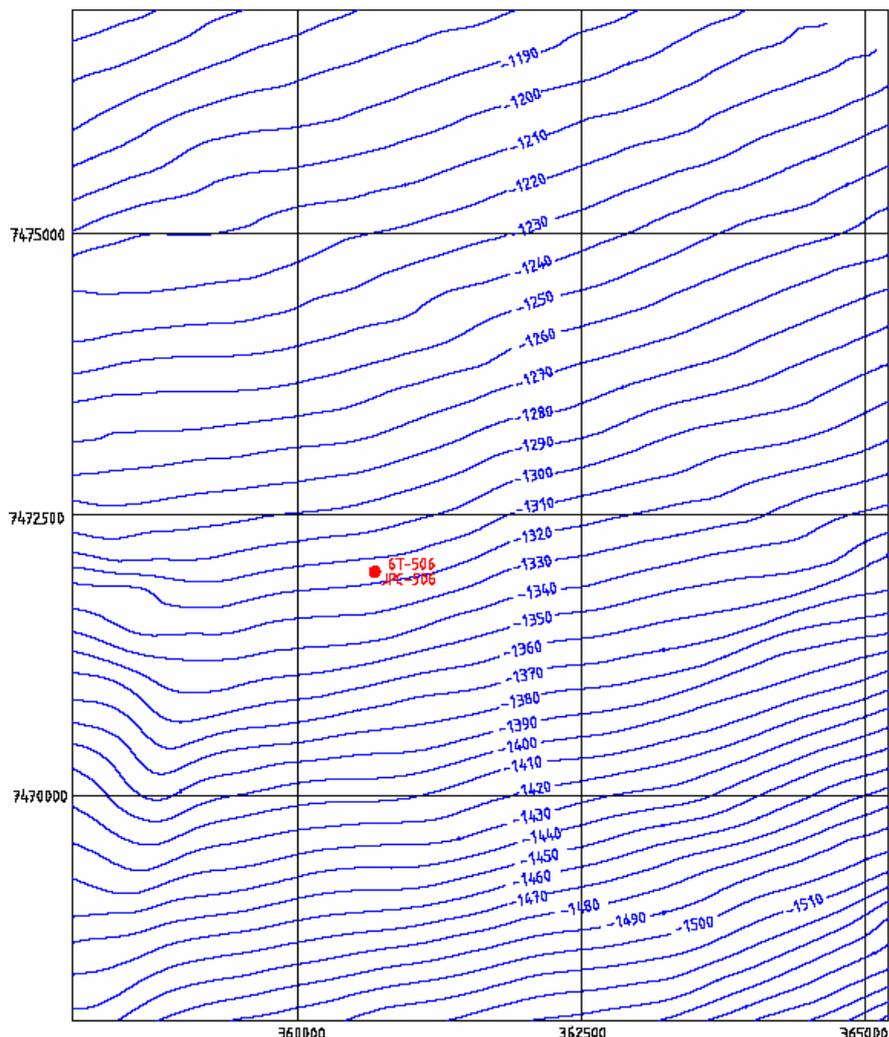


Figura II.5.1–43 - Área do licenciamento e localização do furo geotécnico GT-506/JPC-506

II. 5.1.4.5.4.1 - Composição do Solo

No final de 2002 foi iniciada uma campanha de investigação geotécnica nos Campos de Marlim Sul, Marlim Leste, Albacora Leste, Roncador e Espadarte com objetivo de levantar os dados de solo para projetos de fundações de plataformas marítimas, equipamentos submarinos e arranjos de linhas.

Esta campanha foi realizada com o Navio M/S Bucentaur, e constituiu-se de ensaios *in situ* CPT, *Cone Penetrometer Test*, executados a partir do sistema SEACALF, e do serviço de coleta de amostras indeformadas com amostrador de

gravidade Jumbo Piston Core. As coordenadas do furo selecionado para interpretação dos parâmetros de solo estão apresentadas na Tabela II.5.1–6.

Tabela II.5.1–8 – Furo Geotécnico.

FURO	COORD. X	COORD. Y	PROF. (m)	TIPO
GT-506	360.672	7.471.996	40	CPT
JPC-506			13	AMOSTRAGEM

De acordo com a descrição visual das amostras de solo, retiradas até a profundidade dada na tabela anterior, o solo é constituído por argila siltosa com presença de areia fina (Figura II.5.1–44).

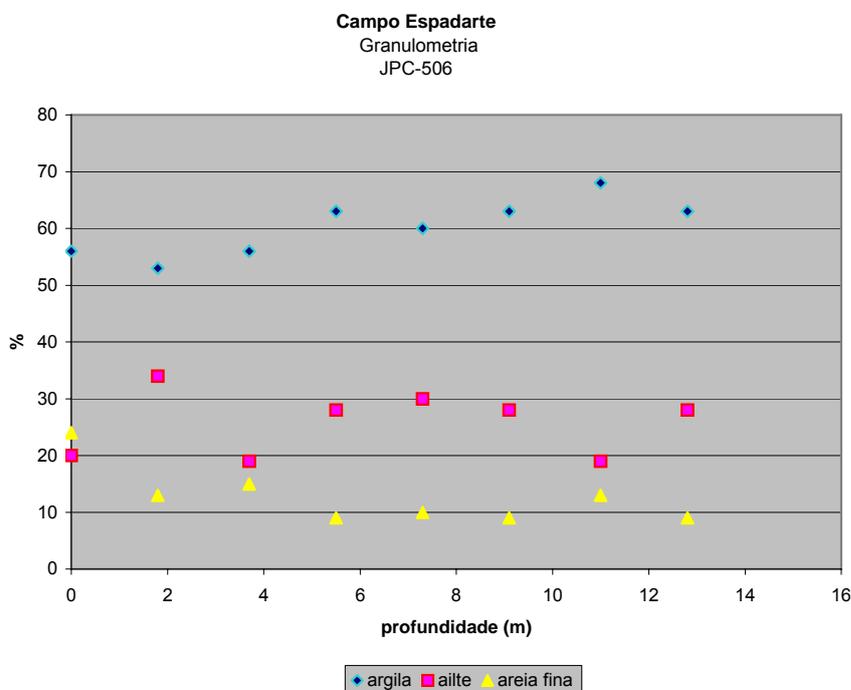


Figura II.5.1–44 - Granulometria do solo JPC-506.

A Figura II.5.1–45 apresenta dados de resistência ao cisalhamento não drenada do solo, s_{ut} e s_{ute} , do furo geotécnico GT-506 e dados de resistência obtidos em ensaios a partir das amostras do JPC-506.

A Figura II.5.1–46 apresenta o peso específico natural do solo das amostragens JPC-506. O valor médio do peso específico submerso adotado neste trabalho foi 5 kN/m³.

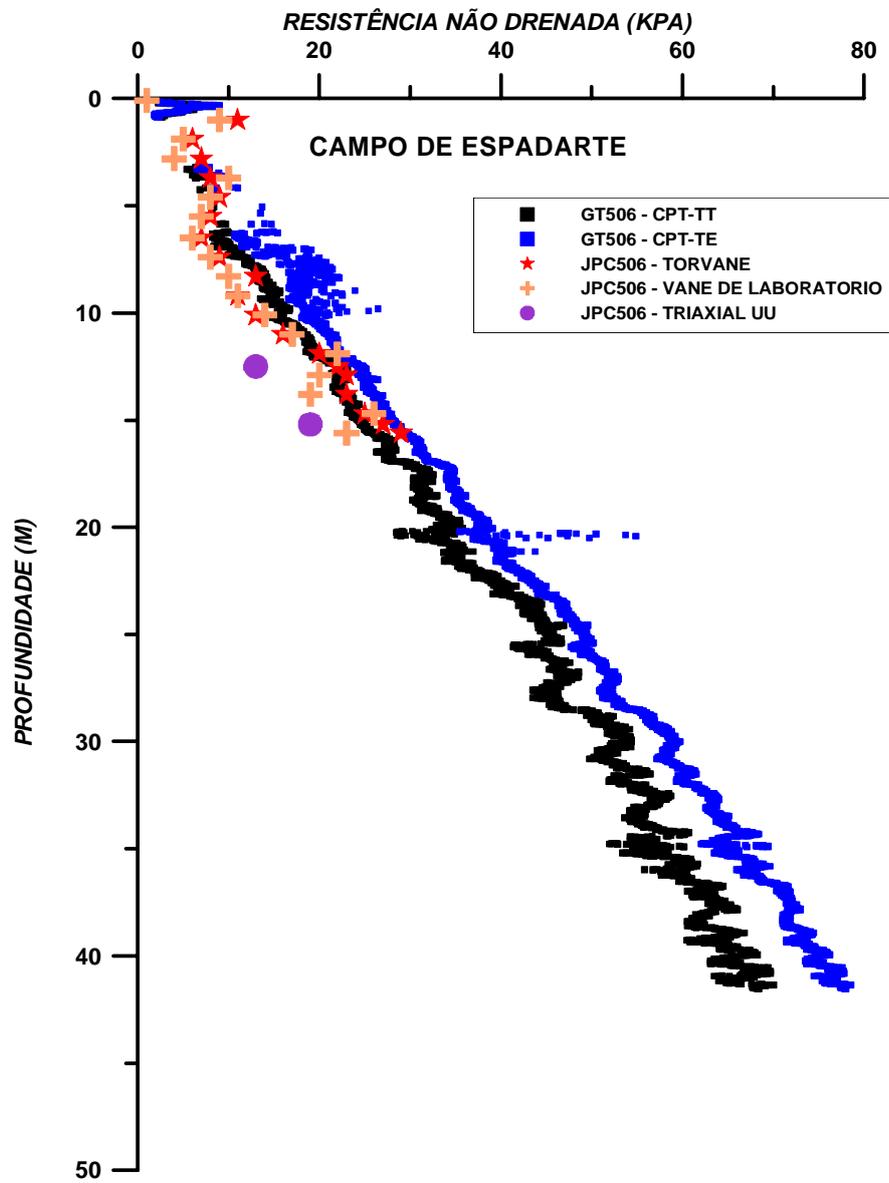


Figura II.5.1–45 - Resistência ao cisalhamento não-drenada do solo.

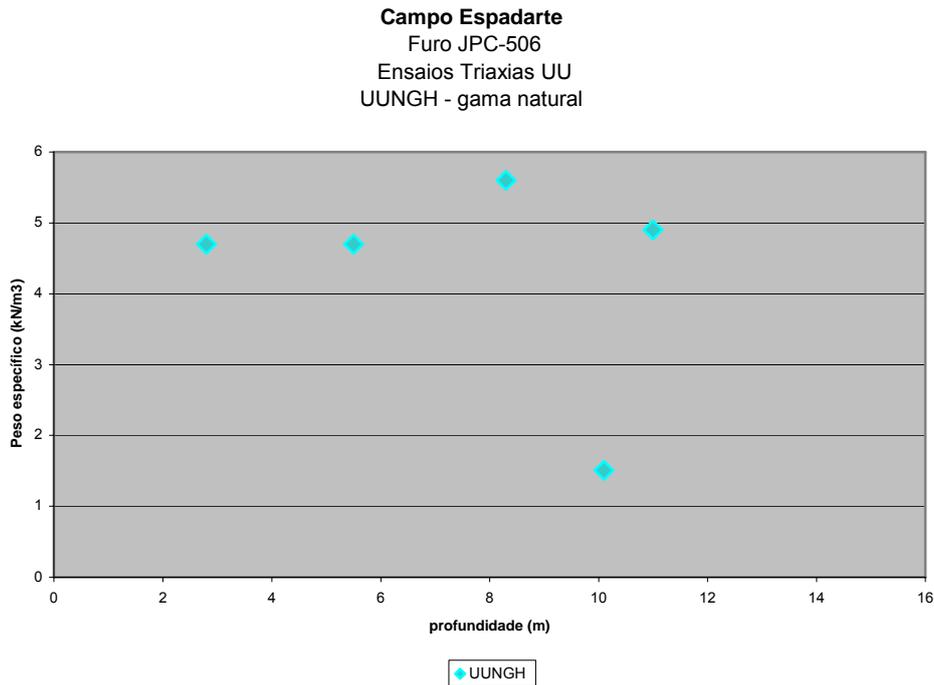


Figura II.5.1–45 - Peso específico natural do solo.

II. 5.1.4.5.4.2 - Análise de Estabilidade do Talude

Conforme as figuras II.5.1–46 e II.5.1–47, a inclinação da área do RJS-409 varia de 1 a 6 graus, entretanto predomina uma inclinação de 1 grau a norte e 4 grau a sul.

Para efeito de verificação do coeficiente de segurança de talude, considerou-se o talude infinito, pois o mapa de batimetria mostra o talude com uma inclinação bem comportada.

O NGI, no relatório do JIP Deepwater Geohazard (1) “Mechanical models and numerical methods for static and dynamic slope stability”, apresenta a seguinte formulação para verificação do coeficiente de segurança à estabilidade do talude:

Para os solos não drenados (argilosos) temos:

$$Fsu = k / (\gamma'' \sin \alpha * \cos \alpha) * (1 + su_0 / k * z)$$

$$K = su / \sigma'v_0,$$

$$r = \Delta u / \gamma * z$$

FS u = coeficiente de segurança da estabilidade do talude

α = inclinação do fundo marinho

su = resistência ao cisalhamento não drenado do solo

σ'_{v0} = tensão vertical efetiva do solo

$\sigma'_{v0} = \gamma' \cdot h$, h =profundidade da camada superior

γ' = peso específico submerso do solo

Δu = variação de pressão neutra

Para a nossa condição:

$$K = 0,25 * \gamma'$$

Para a situação de inclinação máxima, $\alpha = 60$ o

$$F_{su} = (0,25 * (1 - r)) / (\sin \alpha * \cos \alpha)$$

$$r = 0$$

$$F_{su} = (0,25 *) / (\sin \alpha * \cos \alpha)$$

$$F_{su} = 2,4$$

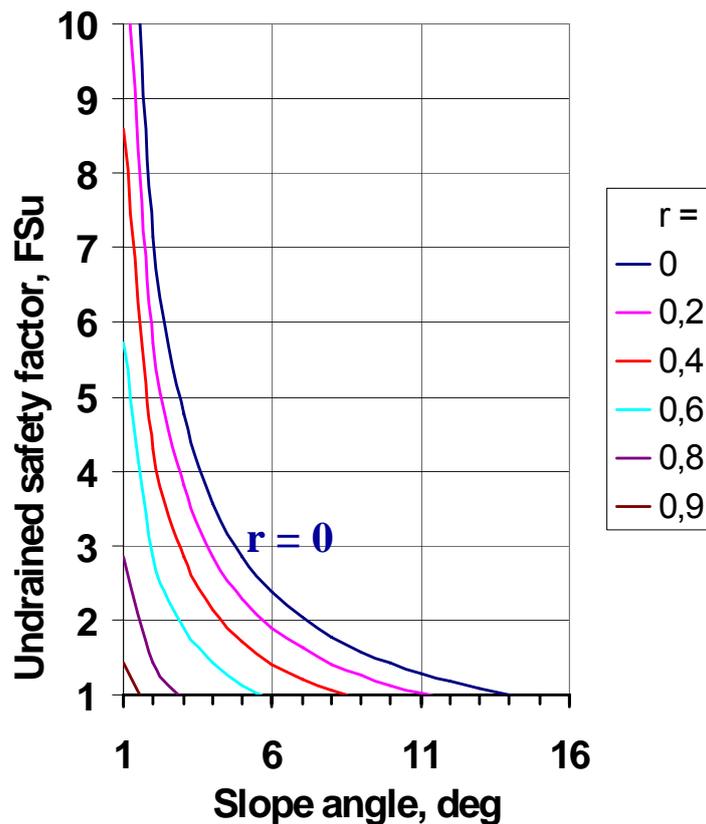


Figura II.5.1-46 - Coeficiente de Segurança função da inclinação do terreno e relação r.

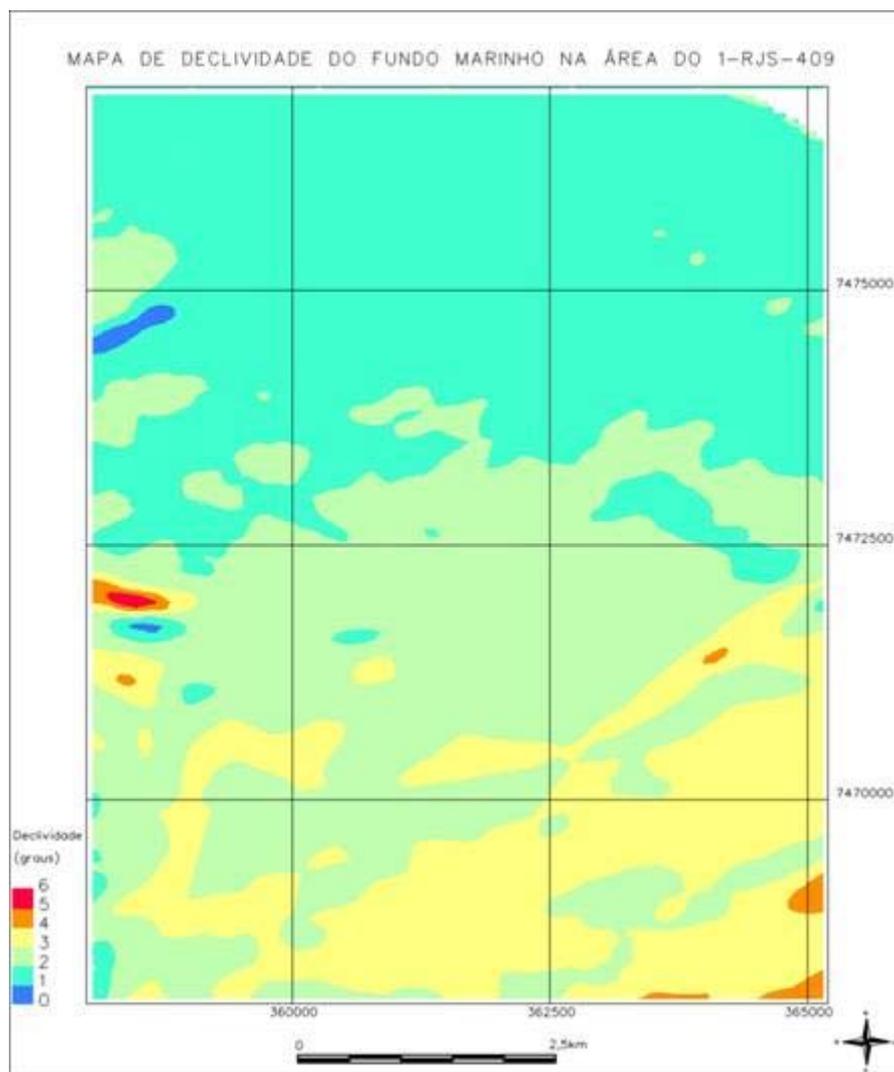


Figura II.5.1-47 - Mapa de declividade.

A batimetria uniforme indica que, na área do RJS-409, os dados de resistência e composição granulométrica do solo, encontrados no BDG correspondentes ao furo GT-506 e JPC-506, devem estender-se ao longo de toda área. Estas informações podem ser confirmadas pelo laudo geológico que faz uma interpretação tridimensional qualitativa do piso marinho desta área.

A análise de estabilidade do talude, considerando talude infinito e o ângulo mais desfavorável de 6 graus, resultou no coeficiente de segurança 2,4. Sendo o coeficiente de segurança maior do 1,5, a área do RJS-409 não apresenta risco de instabilidade.

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA AO LONGO DA ROTA DE GASODUTO NO CAMPO DE ESPADARTE PARA SUBSIDIAR A ANÁLISE DE ESTABILIDADE DO CÂNION GOYTACÁ.

A instalação de um gasoduto de 6” na área do 1-RJS-409 ligando o FPSO CIDADE DO RIO DE JANEIRO ao PLEM do gasoduto de Espadarte necessita de uma verificação geotécnica de estabilidade do piso marinho ao longo de sua diretriz, tendo em vista a batimetria da área e a proximidade do duto em relação ao Cânion Goytacá. Desta maneira, foi elaborado um estudo que tem como propósito apresentar as seções geológicas do fundo marinho ao longo da rota deste gasoduto a ser lançado no Campo de Espadarte, de modo a auxiliar na modelagem de estabilidade de taludes submarinos em software especializado, bem como informar a respeito das locações dos furos geotécnicos a serem executados na área através da Campanha de Investigação Geológico-Geotécnica do navio Fugro Explorer 2005. Este projeto de Assistência Técnica e Científica tem o objetivo principal de prever o afastamento necessário a ser dado ao referido duto de exportação em relação ao cânion próximo, o Cânion Goytacá, de maneira a minorar os riscos de eventuais deslizamentos dos flancos deste cânion, assegurando assim a integridade do duto.

II. 5.1.4.5.4.3 - Batimetria e Visão Geral da Área em Estudo

A Figura II.5.1–48 mostra o mapa batimétrico da região abrangida pelos intervalos de coordenadas UTM entre 345.000 e 365.000 m na direção Este, e entre 7.470.000 e 7.487.500 m na direção Norte, onde está representado o traçado do gasoduto. Neste mapa verifica-se que o duto segue ao lado de um cânion, o Cânion Goytacá. Nesta figura estão representadas as projeções das seções geológicas AA’, BB’ e CC’, seções verticais do flanco do cânion que apresentam as maiores declividades. Estas seções foram escolhidas como críticas para análise de estabilidade. Considera-se que as seções de maior declividade são as de fator de segurança mínimo. A posição do furo de sondagem geotécnica GT-214 também está mostrada na Figura II.5.1–48.

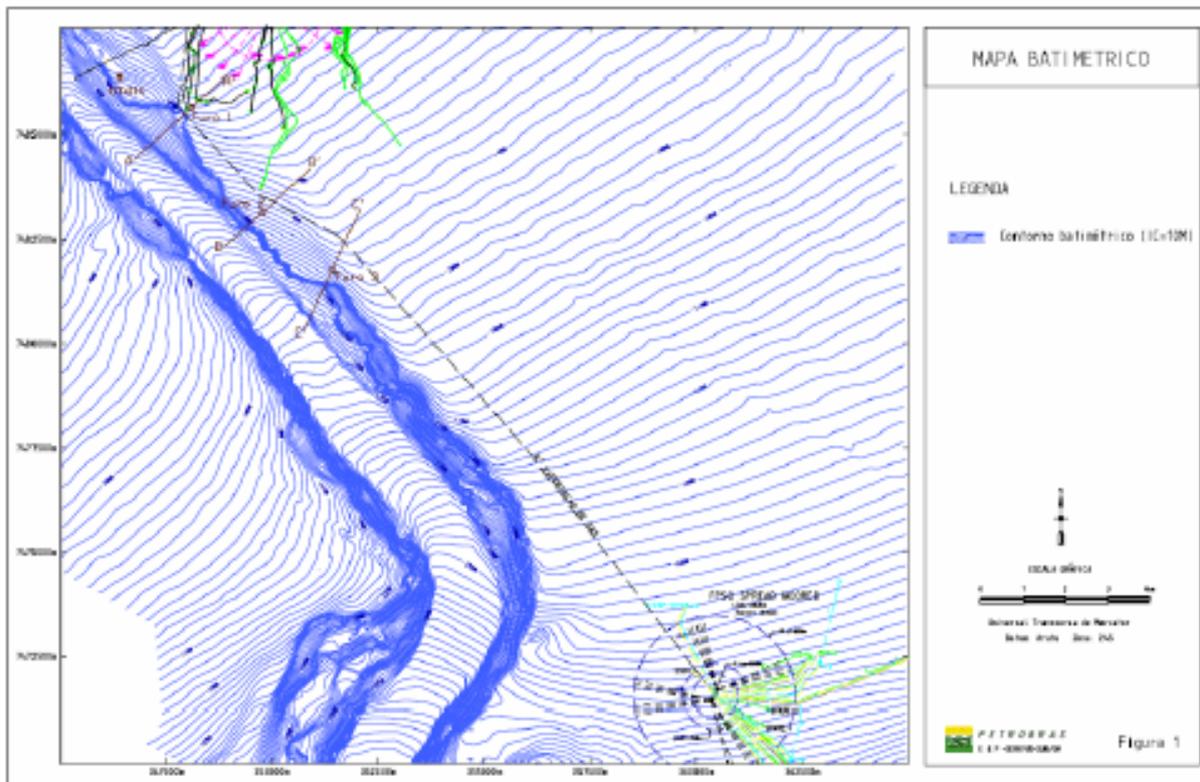


Figura II.5.1–48 - Batimetria do Campo de Espadarte. São mostradas as seções AA', BB' e CC' e a posição do furo de sondagem geotécnica existente na região bem com os propostos para execução na Campanha de Investigação do Fugro Explorer 2005.

A Figura II.5.1–49 a seguir apresenta o mapa de declividades do Campo de Espadarte, o qual foi importante para a escolha da locação das seções estratigráficas a serem modeladas, bem como dos furos geotécnicos a serem executados na área.

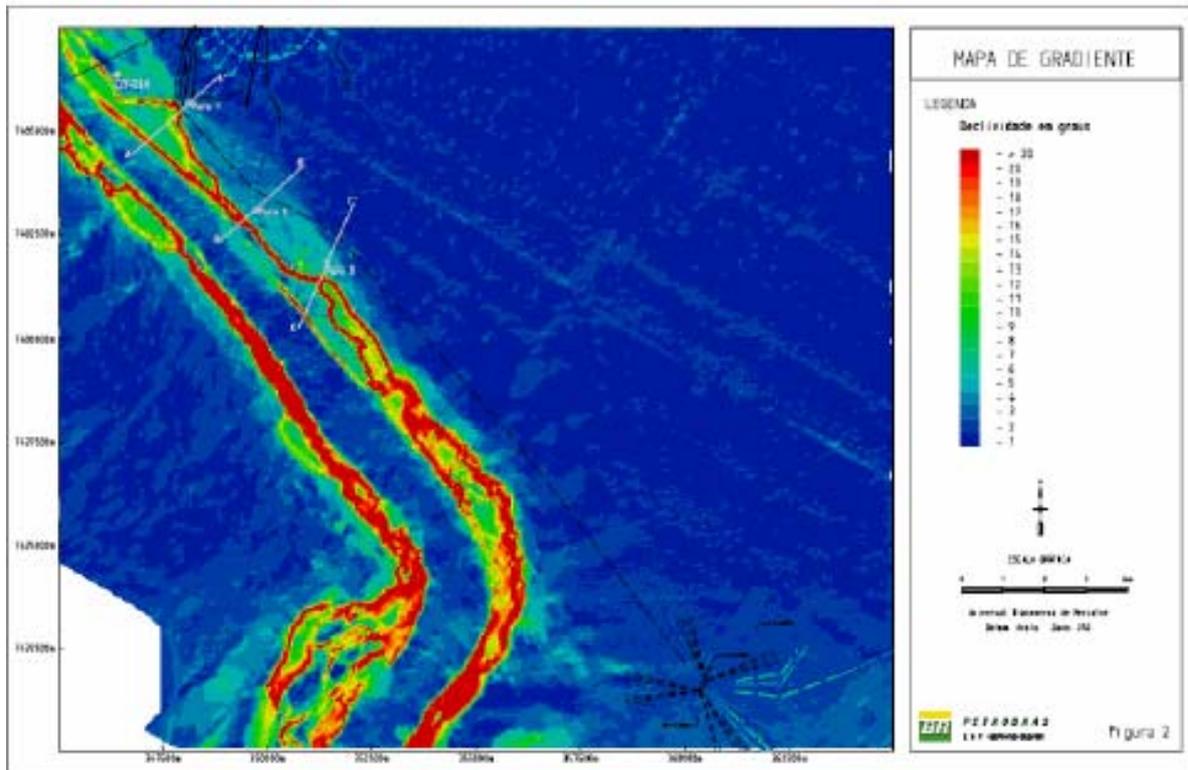


Figura II.5.1–48 - Mapa de gradientes batimétricos do Campo de Espadarte, ao longo do Cânion Goytacá.

II. 5.1.4.5.4.4 - Seções Estratigráficas

Foram identificadas as feições fisiográficas que pela declividade, proximidade do duto e direção de potenciais movimentos de massa poderiam colocar em risco a linha de escoamento. Assim, as posições das seções AA', BB' e CC' foram escolhidas de modo que suas direções fossem aproximadamente ortogonais às linhas isóbatas, obtendo-se seções pela direção de maiores declives e, além disso, que passassem pelos pontos de maiores declividades, isto é, pelos pontos de maior gradiente batimétrico, onde as linhas batimétricas estão mais juntas umas das outras. Nestes casos, o duto passa junto à crista do talude, e as seções foram locadas de modo a estudar o risco de possíveis deslizamentos do flanco do cânion que está mais próximo à diretriz do gasoduto. Para cada seção geológica selecionada, as coordenadas UTM de suas extremidades e a respectiva extensão, correspondente à distância horizontal abrangida pela seção,

estão indicadas na Tabela II.5.1–9. A extremidade inicial da seção, em projeção horizontal, tem coordenadas (X1, Y1), e a extremidade final, coordenadas (X2, Y2).

Tabela II.5.1–9 – Coordenadas UTM das extremidades das seções geológicas e suas respectivas larguras (em metros)

Seção	X1	Y1	X2	Y2	Extensão
AA'	348.878	7.486.350	346.738	7.484.393	2.899,90
BB'	348.850	7.482.292	350.889	7.484.168	2.770,72
CC'	350.733	7.480.259	352.082	7.483.236	3.268,38

As estratigrafias das referidas seções, usadas para definição geométrica do problema na modelagem para análise de estabilidade de taludes pelo SLOPE/W(1), são exibidas nas Figuras II.5.1–50, II.5.1–51 e II.5.1–52. Essas seções geológicas foram obtidas a partir de dados de sísmica 3D convencional, e foram levantadas por Marcos da Silva, Marco Aurélio Merschmann e Ana Cristina Vieira, da E&P-SERV/US-SUB/GM. A observação das seções AA', BB' e CC' indica um sub-fundo marinho composto por camadas sedimentares praticamente plano-paralelas, não tendo sido possível a observação de falhas geológicas.

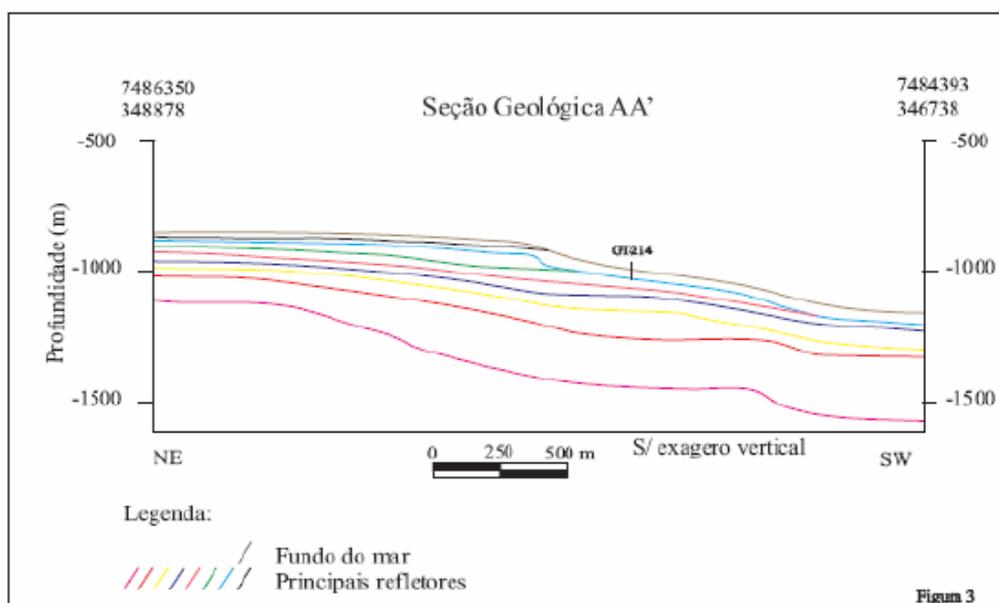


Figura II.5.1–50 - Seção geológica AA', com a projeção do furo geotécnico GT-214.

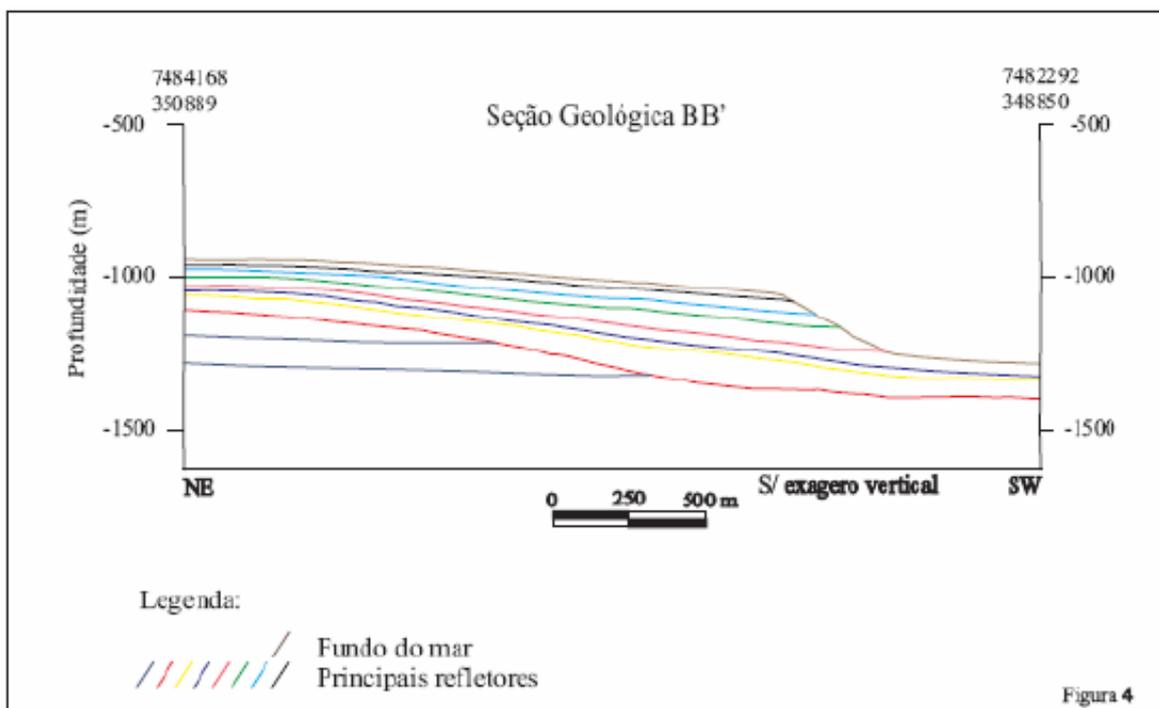


Figura II.5.1–51 - Seção geológica BB'.

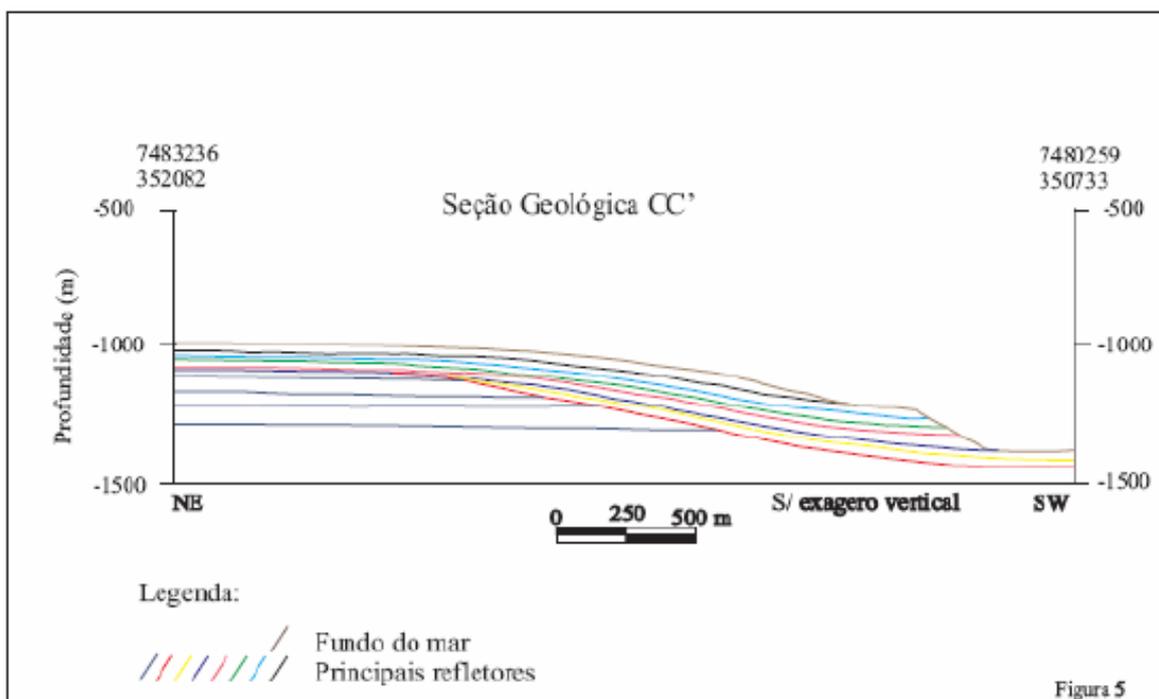


Figura II.5.1–52 - Seção geológica CC'.

II. 5.1.4.5.4.5 - Perfis Geotécnicos de Resistência Su

Os perfis geotécnicos de variação da resistência ao cisalhamento não-drenado do solo em função da profundidade, serão obtidos através da execução de furos de sondagem geotécnica pela Campanha de Investigação Geológico-Geotécnica do navio Fugro Explorer, com previsão para ocorrer entre setembro e outubro de 2005.

Posto que as cargas atuantes no talude mobilizam a resistência na região acima do sopé do talude e, em grande parte nas suas proximidades, as propriedades mecânicas significativas são, por essa razão, aquelas ao longo dos furos geotécnicos situados nestas regiões do maciço, que são os furos 1, 2 e 3 (GT/JPC-693, 694 e 695) – situados na crista dos taludes das seções AA', BB' e CC', respectivamente.

Assim, estes furos foram escolhidos para representar o perfil geotécnico de propriedades mecânicas a ser usado para fornecer os dados de entrada para o programa SLOPE/W, na definição do problema de estabilidade a ser analisado no que concerne a propriedades geomecânicas. As propriedades dos materiais, camada por camada, obtidas das sondagens geotécnicas, juntamente com a geometria da seção geológica e cargas aplicadas definem o problema de estabilidade a ser modelado computacionalmente para análise pelo software especializado SLOPE/W. As coordenadas UTM destes três furos de sondagem geotécnica a serem executados pela Campanha do Fugro Explorer estão apresentadas na Tabela II.5.1–9 abaixo:

Tabela II.5.1–9 – Coordenadas UTM dos furos de sondagem geotécnica (em metros)

Furo	Descrição	X	Y
1	GT/JPC-693	348.100	7.485.639
2	GT/JPC-694	349.770	7.483.133
3	GT/JPC-695	351.415	7.481.766

Na Figura II.5.1–48 vê-se que o furo GT-214 se encontra também na parte alta do talude mas um pouco afastado das seções geológicas definidas para as análises de estabilidade. Assim, o mesmo servirá para verificar a coerência com os perfis de resistência do solo a serem obtidos para os furos geotécnicos 1, 2 e 3 (GT/JPC-693, 694 e 695). Com isso, poder-se-á confirmar o tipo de formação geológica e sua história sedimentológica, integrando uma visão de conjunto ao longo da extensão da área de influência do talude em torno do traçado do gasoduto, configurando o cenário geológico-geotécnico local.

O perfil de resistência ao cisalhamento não-drenado ao longo da profundidade para o furo GT-214 está representado na Figura II.5.1–53. Este furo foi amostrado a uma distância de aproximadamente 1,50 km da seção geológica AA', o qual está projetado sobre esta seção. Dessa forma, a Geologia Marinha pôde correlacionar o aumento abrupto de resistência do solo a aproximadamente 37 m (Figura II.5.1–53) com o primeiro refletor sísmico localizado imediatamente abaixo do refletor que representa o fundo marinho (Figura II.5.1–50).

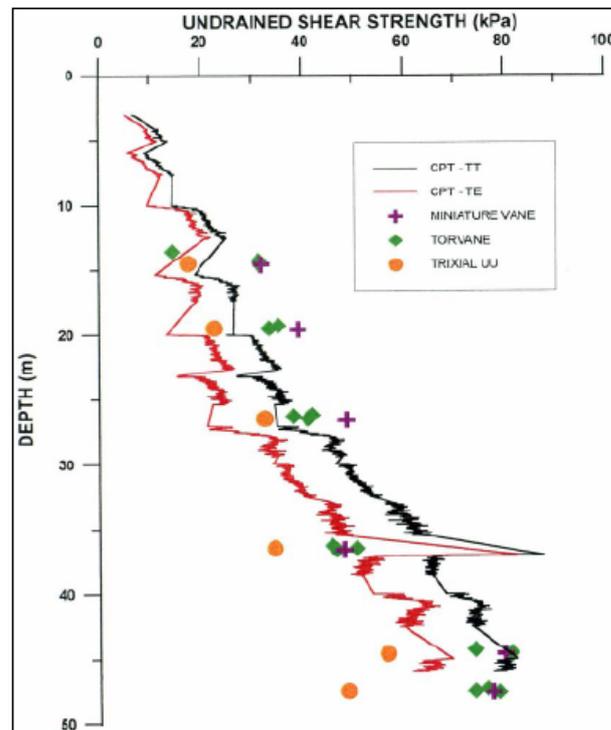


Figura II.5.1–53 - Perfil de resistência S_u do furo GT-214 no Campo de Espadarte, mostrando um perfil de adensamento normal dos sedimentos até a profundidade de 50 metros.

II. 5.1.4.6 - Situação Atual da Área do Poço 1-RJS-409

A descoberta do Campo de Espadarte ocorreu em 1988, com a perfuração do poço 1-RJS-409, em lâmina d'água de 1.353m, que encontrou uma acumulação de óleo em arenitos cretácicos de idade Maastrichtiano Superior, denominados de Arenitos Roncador.

O referido poço apresentou 26m de espessura de reservatório, com óleo de 20° API e índice de produtividade (IP) de 3,2 m³/d/kgf/cm². A porosidade média das areias é de 28% e sua permeabilidade varia entre 600 mD e 1700 mD.

Em 2002, na Área do 1-RJS-409, foram perfurados os poços 9-ESP-16D-RJS e 9-ESP-18DP-RJS, partilhado com o anterior e visando a delimitação do reservatório Roncador. No ano 2003, o poço 3-ESP-19-RJS foi perfurado com o mesmo objetivo dos anteriores.

Em 2004, foi perfurado o poço 3-ESP-20-RJS, no flanco leste do reservatório Roncador na Área do 3-RJS-415 (Tabela II.5.1-7).

Os dados obtidos com estas perfurações permitiram concluir os estudos de delimitação do reservatório em foco e iniciou-se o estudo de viabilidade econômica para a produção do mesmo.

Tabela II.5.1-10 – Histórico das atividades exploratórias na Área do 1-RJS-409 / Campo de Espadarte

Ano	Poços perfurados na Área do RJS409
1988	1-RJS-409
1989	1-RJS-415
2002 / setembro	9-ESP-16D
2002 / dezembro	9-ESP-18DP
2003 / setembro	3-ESP-19
2004 / fevereiro	3-ESP-20

Os dados quantitativos referentes aos volumes de óleo nos reservatórios Ro200 e Ro300 encontram-se na Tabela II.5.1-8.

Tabela II.5.1–11 - Volumes e tipo de óleo da Área do 1-RJS-409 / Campo de Espadarte (unidades de volume em milhões de m³)

	RESERVATÓRIOS	
	RO200	RO300
Volumes originais	63,479	16,627
Reserva provada	20,123	5,307
Reserva provável	21,425	5,740
Reserva possível	23,177	6,085
Tipo de óleo	19° API	22° API