

II.5.1 - Meio Físico

II.5.1.1 - Meteorologia

II.5.1.1.1 - Introdução

A seguir é apresentada uma descrição das condições meteorológicas vigentes na região do Bloco BM-J-2, na Baía de Jequitinhonha - BA, atendendo às exigências do Termo de Referência N° 020/05, emitido pelo Escritório de Licenciamento de Petróleo e Nuclear do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis (ELPN/IBAMA).

II.5.1.1.2 - Caracterização dos Dados

Para a caracterização meteorológica da região do bloco BM-J-2, foram utilizados dados das seguintes fontes: o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o Centro de Previsão de Tempo e Clima (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), as reanálises do NCEP/NCAR (*National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research*) e o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello (CENPES).

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 da estação mais próxima à região do bloco (estação de Salvador), situada nas coordenadas 13° 01' S e 038° 31' W, para os períodos de 1931 a 1960 e 1961 a 1990, perfazendo um total de 60 anos.

A base de dados conhecida como “*Reanálises do NCEP*” foi originada de uma cooperação entre o próprio NCEP e o 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 desta forma 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 31 anos, no período de 1974 a 2004, para o ponto de malha de latitude 16° 11' 24,72" S e longitude 037° 30' W (no oceano a 166,5 Km a ESSE de Canavieiras). Estes são largamente utilizados pela comunidade científica, sendo portanto adequados para utilização em estudos dessa natureza. Os dados primários utilizados para gerar as reanálises são de diferentes origens:

- (a) Dados Globais de Radiossondas
- (b) Dados da superfície do mar obtidos através do projeto COADS (*Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set*) no período de 1983 a 1996 (13 anos), originados de diversas fontes, dentre elas, observações de navios, bóias fixas, bóias móveis e estações oceânicas próximas à superfície.
- (c) Dados aéreos, originados de observações por aeronaves em todo o globo, geralmente associados a projetos como GARP (*Global Atmospheric Research Program*) e GATE (*Global Atlantic Tropical Experiment*), por exemplo.
- (d) Dados de Satélite, que começaram a ser obtidos em 1967, através de diversos programas. Atualmente, o NCEP/NCAR utiliza dados fornecidos pelo projeto *Operational Vertical Sounder System* (TOVS), com variáveis em três dimensões, cuja resolução espacial média é de 2,5 graus.
- (e) Dados de vento em superfície, obtidos pelo sensor espacial Microwave/Imager (SSM/I) a partir de 1987, submetidos ao tratamento feito pela rede neural de KRANSNOPOLSKY et al. (1995) apud KALNAY et al. (1996).
- (f) Dados de cobertura de nuvem obtidos por estimativas dos dados de Satélites Meteorológicos Geoestacionários (SMG). Esses dados estão disponíveis desde 1978.

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.

Os dados de vento foram obtidos das Plataformas de Coletas de Dados (PCDs) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional Pesquisas Espaciais (INPE). Estes surgiram da necessidade de inúmeras empresas e instituições em obter regularmente informações colhidas em lugares remotos ou espalhados por uma região muito grande. Os dados correspondem ao período de novembro de 1997 a novembro de 2005, para a latitude de 14°45' S e longitude de 039° 13' 48" W (cerca de 6,7 Km a NE de Itabuna).

Foram ainda analisados os dados de frequência de passagem de sistemas frontais da Climanálise do CPTEC.

Dados coletados no Bloco BM-J-1, localizado ao norte do Bloco BM-J-2, durante a perfuração de poço exploratório pelo navio-sonda Deepwater Expedition (NS-20) também foram utilizados. As aquisições foram realizadas no período de março até maio de 2004. Estes dados se encontram disponíveis no comunicado técnico elaborado pelo Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello (CENPES,2004), disponibilizado pela Petrobras a Queiroz Galvão Perfurações.

Nos itens a seguir são apresentadas as análises dos parâmetros meteorológicos de maior interesse para essa caracterização, a saber:

- Direção e velocidade dos ventos;
- Temperatura do ar a superfície;
- Umidade relativa;
- Evaporação;
- Precipitação;
- Insolação e nebulosidade; e
- Sistemas frontais.

II.5.1.1.3 - Direção e Velocidade dos Ventos

O vento na região do Bloco BM-J-2 é bastante influenciado pelo sistema sinótico denominado Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Ao longo do ano, esse sistema sofre um deslocamento em sua posição, gerando uma variação no campo de vento atuante na região. Nos meses de verão, o núcleo da ASAS está posicionado mais ao sul e a leste, sobre o oceano, intensificando os ventos 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.

Para a caracterização do vento na região do bloco BM-J-2 foram utilizados os dados obtidos da PCD de Ilhéus (CPTEC), nas Reanálises do NCEP e no comunicado técnico do CENPES. Na **Figura II.5.1-1** são apresentadas as suas localizações.

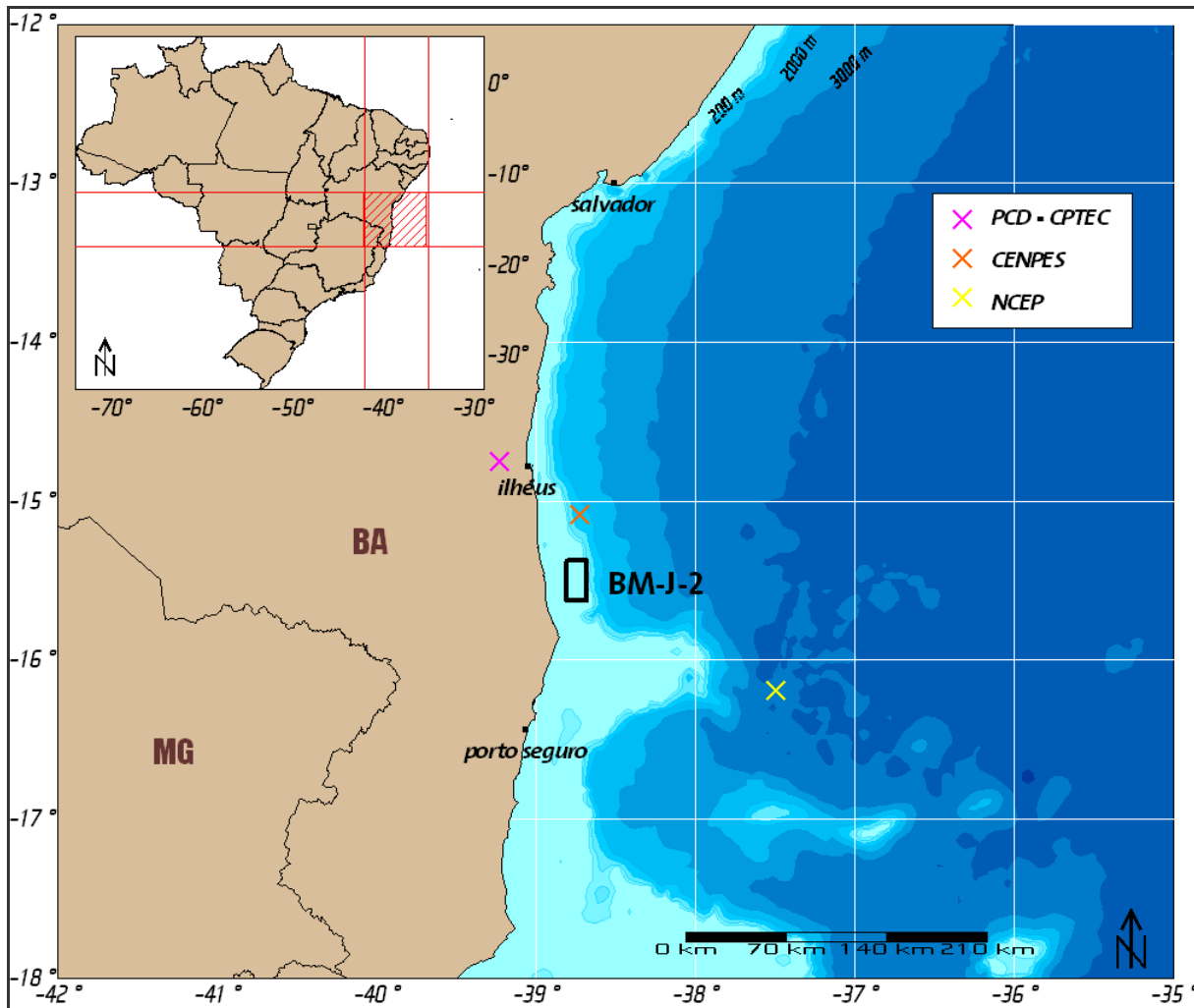


Figura II.5.1-1 - Mapa com a localização dos dados de vento utilizados

Na **Figura II.5.1-2** é apresentada a rosa dos ventos elaborada com os dados da PCD do CPTEC para os meses de janeiro a junho, com o número de observações existentes em cada mês analisado.

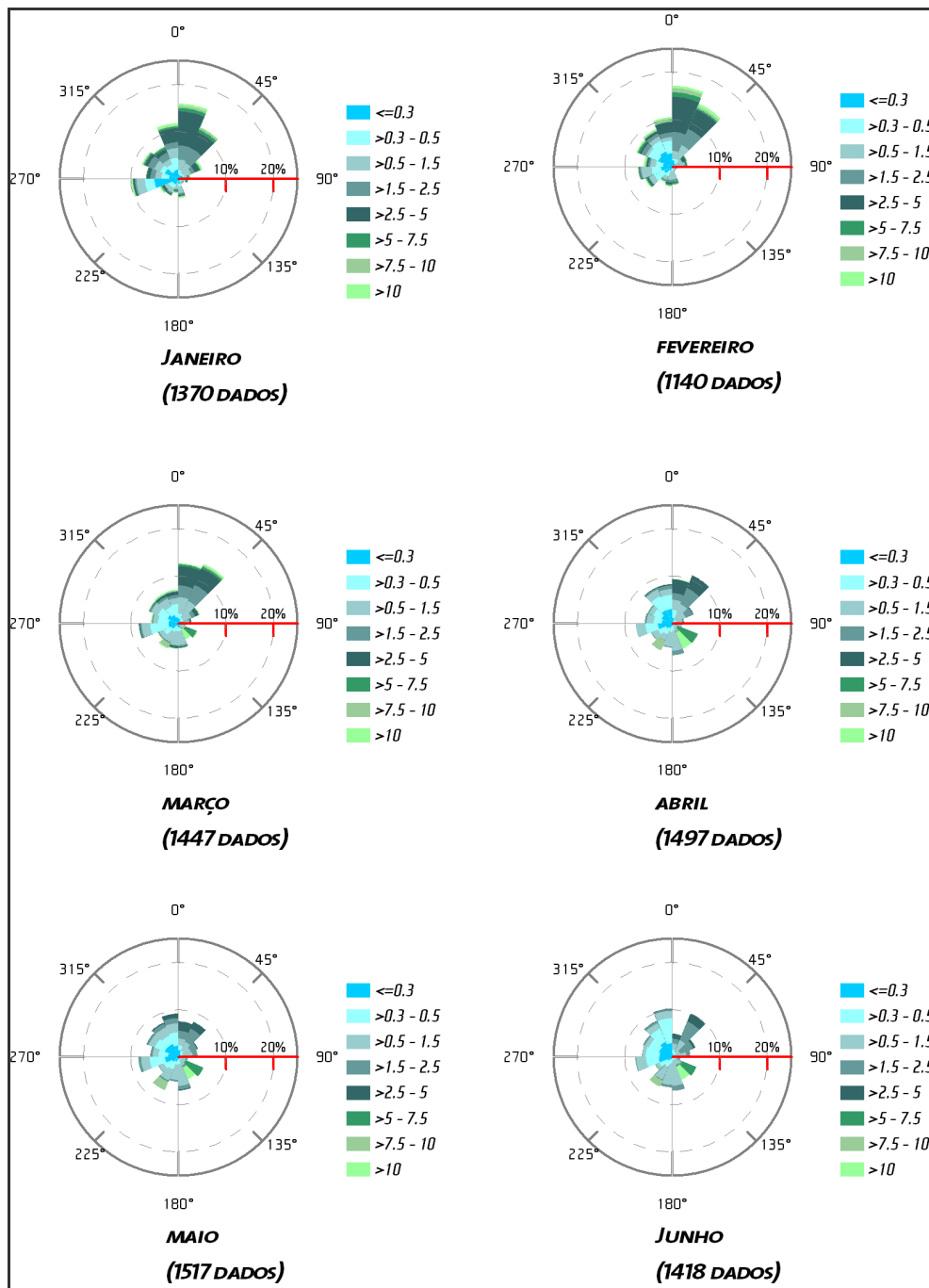


Figura II.5.1-2 - Rosa dos Ventos (m/s) elaborada com os dados do CPTEC para os meses de janeiro a junho

Pode-se observar uma alta frequência de ocorrência dos ventos de norte e nordeste nos meses de janeiro a março, sendo mais intensos no mês de fevereiro. No período de abril a junho não há predominância de ventos em nenhum quadrante, mas é verificada a intensificação nos ventos de sudeste. Os ventos de leste são pouco significativos.

A rosa dos ventos para o período de julho a dezembro é apresentada na **Figura II.5.1-3**.

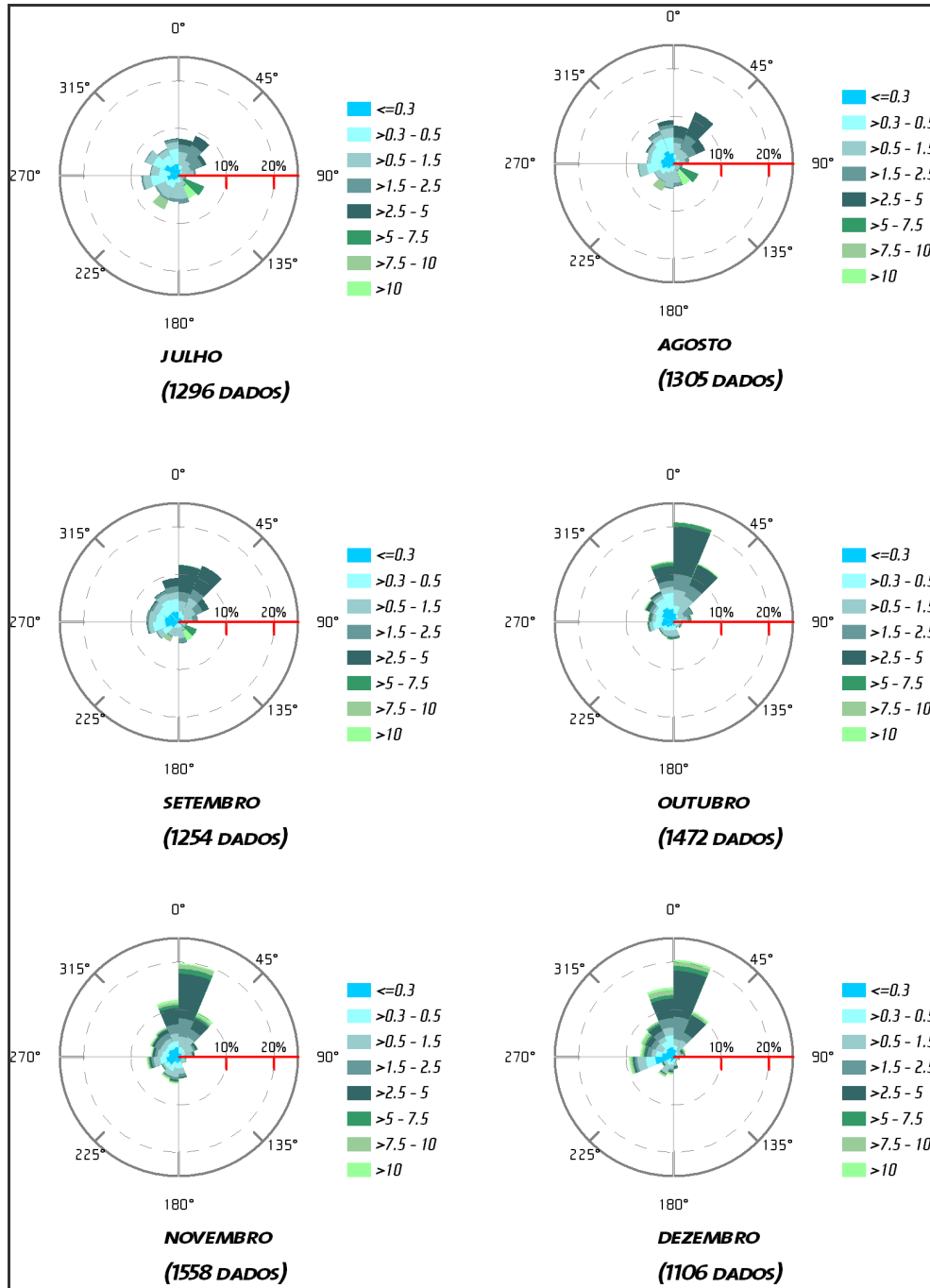


Figura II.5.1-3 - Rosa dos Ventos (m/s) elaborada com os dados do CPTEC para os meses de julho a dezembro

Observa-se ainda a predominância dos ventos de norte e nordeste ao longo de todos os meses, com a ocorrência dos ventos de sul em menor frequência, durante os meses de inverno (abril a setembro).

De maneira geral a incidência dos ventos de quadrante norte é maior nos meses de setembro a março. Deve-se ainda ressaltar que o número de observações utilizadas na análise, não foi inferior a 1000 registros em nenhum dos meses analisados.

Na **Figura II.5.1-4** é apresentada a rosa dos ventos elaborada com os dados do CPTEC para todo o período analisado (1997 a 2005), com os valores médios e máximos mensais.

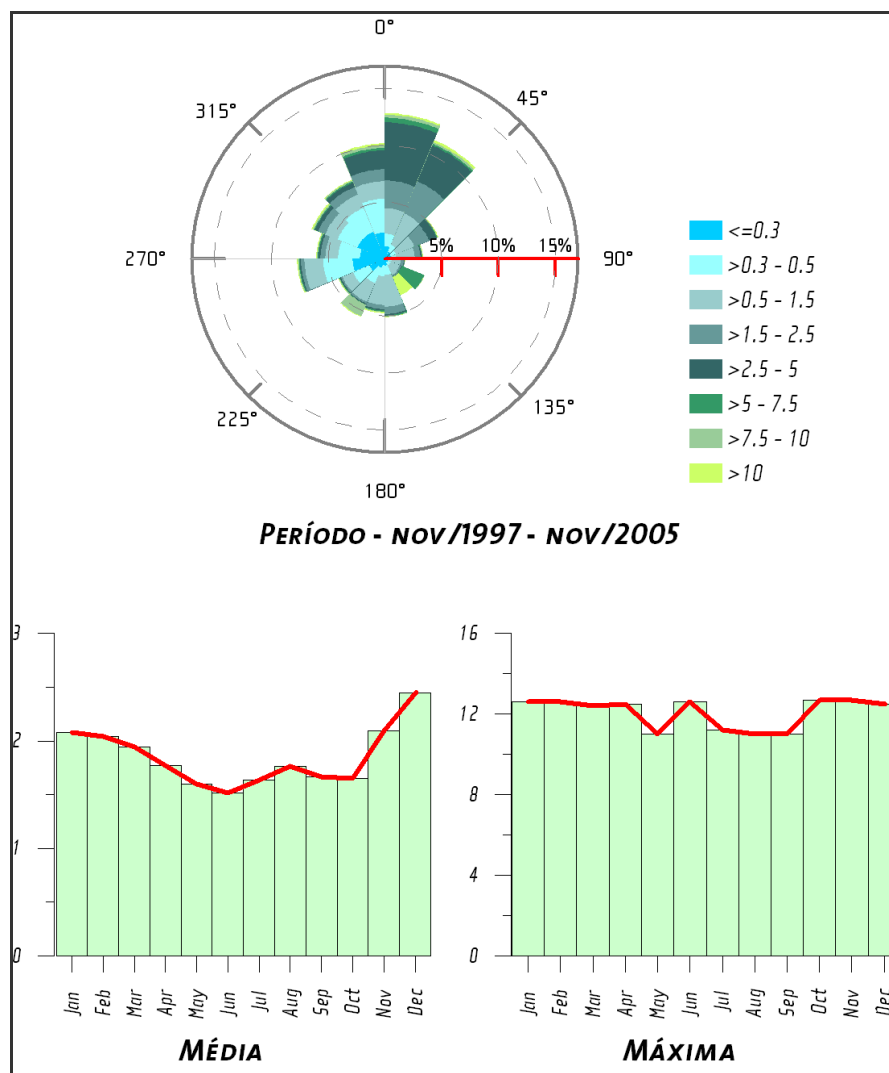


Figura II.5.1-4 - Rosa dos Ventos (m/s) elaborada com os dados do CPTEC para todo o período - Valores máximos e médios para a região

Pode-se observar a predominância dos ventos do quadrante norte. Os valores médios mais intensos ocorrem nos meses de novembro e dezembro

Nas **Figura II.5.1-5** e **Figura II.5.1-6** são apresentadas as rosas dos ventos elaboradas com os dados da Reanálise do NCEP para os períodos de janeiro a junho e julho a dezembro, respectivamente.

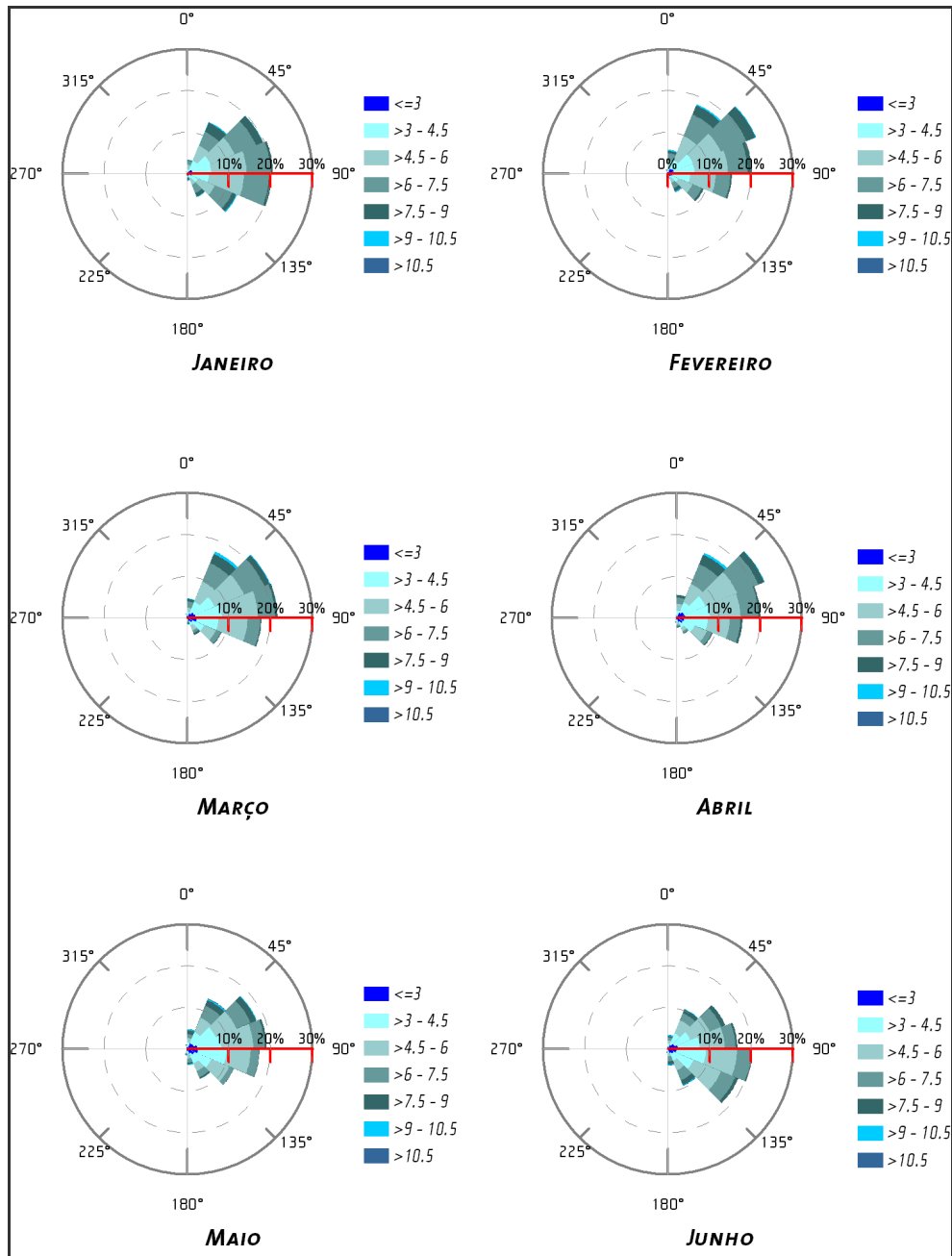


Figura II.5.1-5 - Rosa dos Ventos (m/s) elaborada com os dados da Reanálise para os meses de janeiro a junho

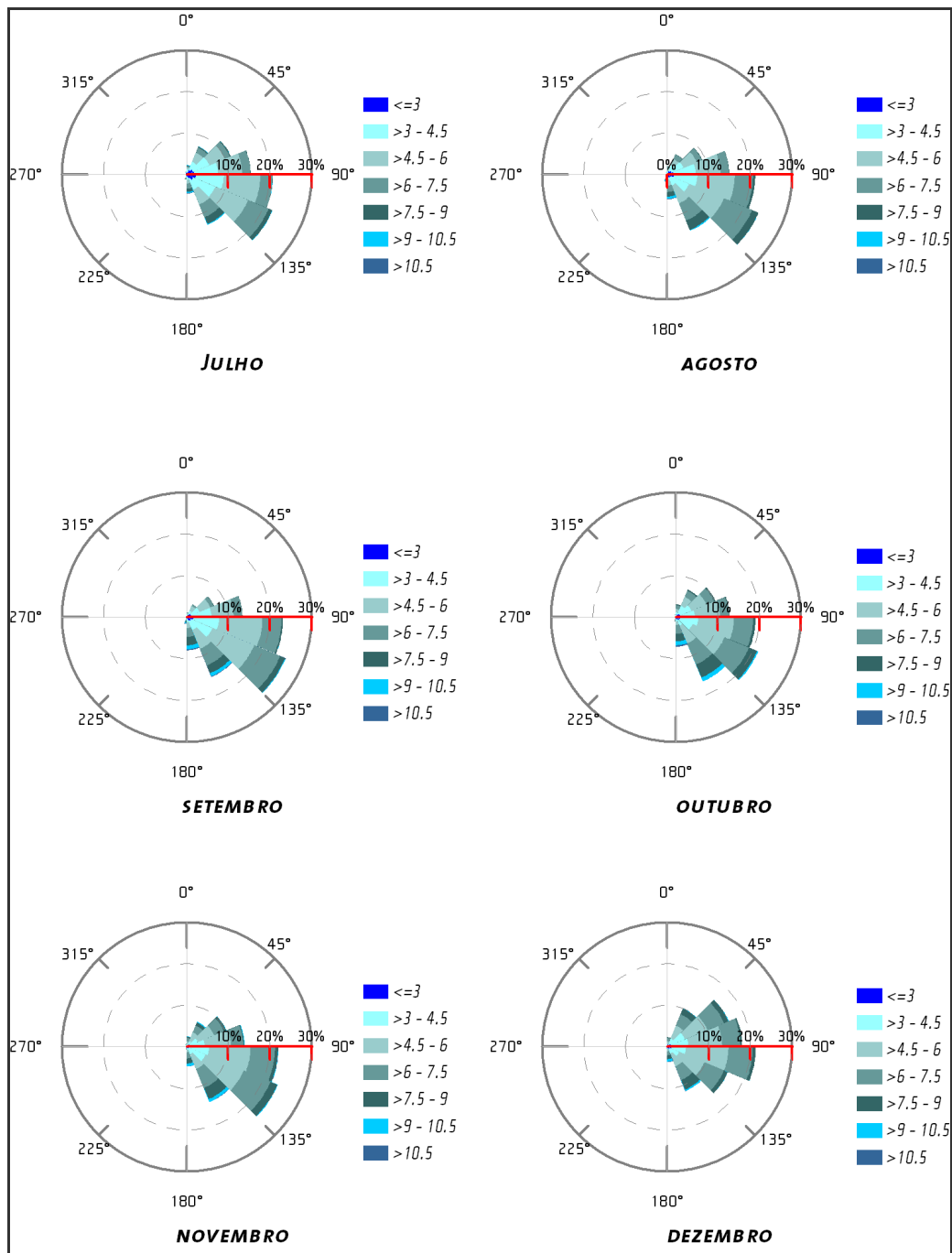


Figura II.5.I-6 - Rosa dos Ventos (m/s) elaborada com os dados da Reanálise para os meses de julho a dezembro

Pode-se observar a predominância dos ventos de nordeste a sudeste ao longo de todos os meses do ano.

No entanto, a incidência dos ventos de sul é menor ao longo de todo o ano, com o máximo verificado em setembro e associado à direção sudeste. Tal diferença pode ser creditada às

localizações das coletas. Enquanto os dados da reanálise foram extraídos sobre o oceano, os dados do CPTEC estão localizados em terra, sendo mais influenciados da interação do vento com o relevo local.

Na **Figura II.5.1-7** é apresentada a rosa dos ventos elaborada com os dados da Reanálise do NCEP para todo o período (1974 a 2004). De forma semelhante, os valores máximos e médios mensais são apresentados **Figura II.5.1-7**.

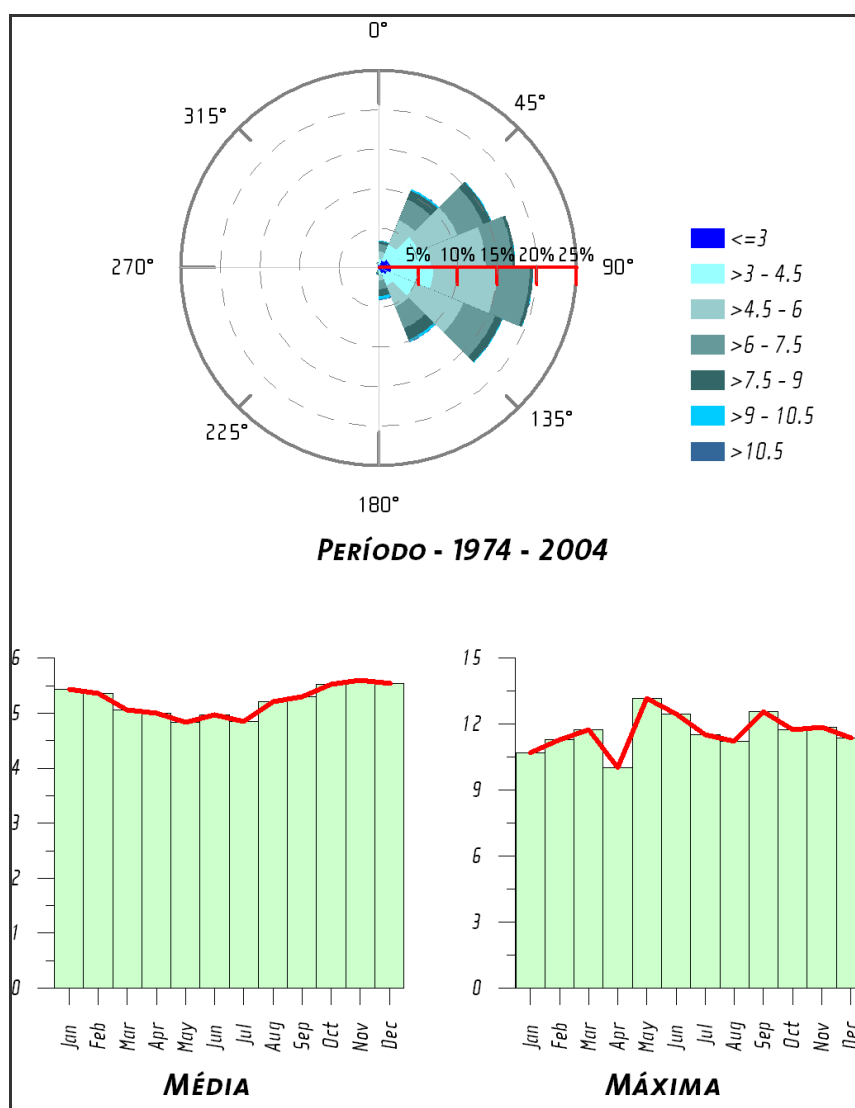


Figura II.5.1-7 - Rosa dos Ventos (m/s) elaborada com os dados da Reanálise para todo o período - Valores médios e máximos de velocidade (m/s) para a região

Analisando os valores médios e máximos, notam-se diferenças entre estes e os apresentados com os dados do CPTEC, fato que pode ser explicado pelas diferenças entre as metodologias de obtenção dos dados e também às localizações dos mesmos.

A seguir são apresentados dados medidos pela Petrobras/CENPES em região próxima ao Bloco BM-J-2 durante perfuração de poço exploratório pelo navio-sonda *Deepwater Expedition NS-20*. As coletas foram realizadas no período de abril a maio de 2004. Trata-se de um período de tempo curto para se realizar análises mais significativas a respeito do padrão do comportamento dos ventos na região. Porém, como estes dados são consistentes e como são muito raras as medições realizadas no mar (principalmente na costa leste do Brasil), decidiu-se por sua inclusão no relatório. Como houve diferenças entre os dados obtidos pela PCD e os das Reanálises, os dados medidos podem também indicar qual a base de dados que mais retém as características dos ventos atuantes na região do BM-J-2.

Na **Figura II.5.1-8** é apresentada a rosa dos ventos com os dados obtidos do CENPES para o período analisado.

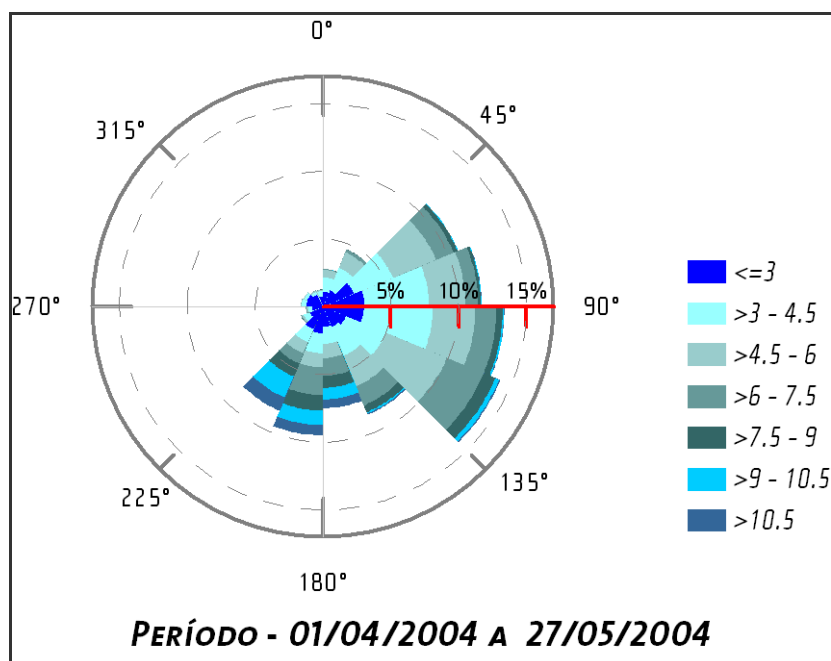


Figura II.5.1-8 - Rosa dos Ventos (m/s) elaborada com os dados do CENPES para todo o período analisado

É possível notar predomínio dos ventos dos quadrantes leste e sudeste, tanto em frequência, quanto em intensidade. Apesar do curto período de medições em relação às outras séries analisadas, nota-se uma semelhança no comportamento dos ventos medidos em relação aos dados das Reanálises (**Figura II.5.1-7**), que também apresentam predominância de ventos de nordeste, leste e sudeste, com velocidades mais frequentes entre 4,5 e 6 m/s. Essa concordância indica que os dados das Reanálises são mais adequados para representar a região, pois são obtidos sobre o mar, enquanto os dados da PCD de Ilhéus foram obtidos em terra.

II.5.1.1.4 - Temperatura

Nas **Figura II.5.1-9**, **Figura II.5.1-10** e **Figura II.5.1-11** são apresentados os valores de temperatura média, máxima e mínima, respectivamente, obtidos das Normais Climatológicas do INMET para a Estação de Salvador.

As curvas vermelhas representam as Normais calculadas para o período de 1931 a 1960, enquanto as verdes o período de 1961 a 1990.

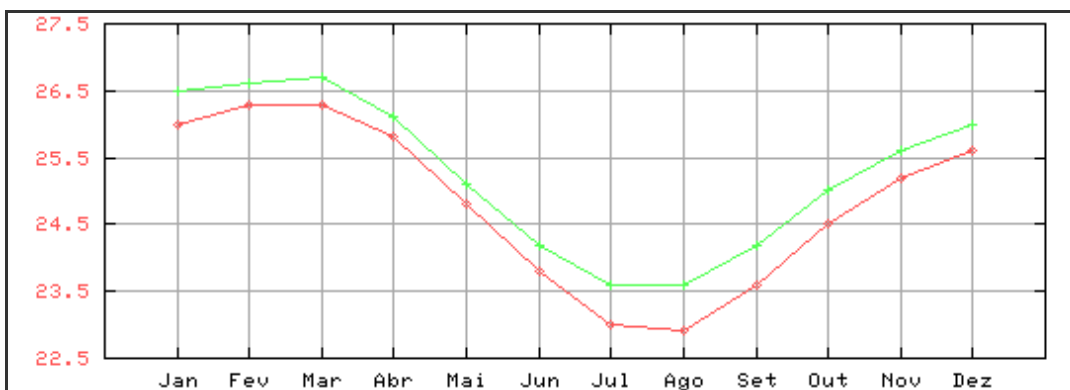


Figura II.5.1-9 - Gráficos de Temperatura (°C) Média obtidos das Normais Climatológicas do INMET (1931 a 1960 – curva vermelha e 1961 a 1990 – curva verde) para a Estação de Salvador

Fonte: INMET, acessado em 2005.

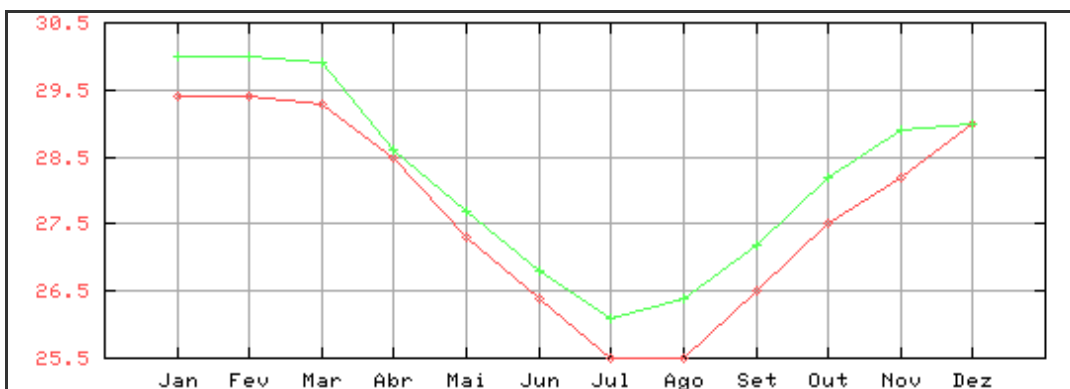


Figura II.5.1-10 - Gráficos de Temperatura (°C) Máxima obtidos das Normais Climatológicas do INMET (1931 a 1960 – curva vermelha e 1961 a 1990 – curva verde) para a Estação de Salvador

Fonte: INMET, acessado em 2005.

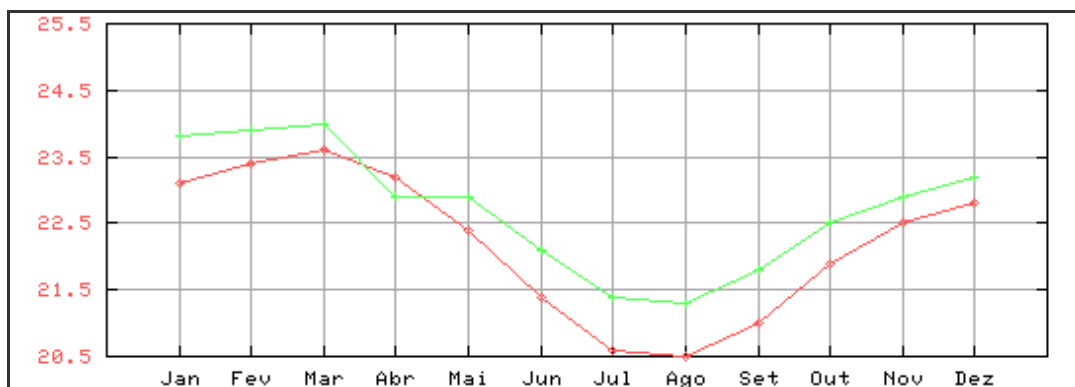


Figura II.5.1-11 - Gráficos de Temperatura (°C) Mínima obtidos das Normais Climatológicas do INMET (1931 a 1960 – curva vermelha e 1961 a 1990 – curva verde) para a Estação de Salvador

Fonte: INMET, acessado em 2005.

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

Os valores extremos ocorrem nos meses de janeiro e fevereiro para as máximas (**Figura II.5.1-10**) e em agosto para as mínimas (**Figura II.5.1-11**). Nota-se também na **Figura II.5.1-11** que os valores obtidos no período de 1931 a 1960 são maiores que os obtidos no período de 1961 a 1990, para o mês de abril.

Na **Figura II.5.1-9** pode-se observar que a amplitude anual da temperatura média é de 4°C.

II.5.1.1.5 - Umidade Relativa

Na **Figura II.5.1-12** são apresentados os valores de umidade relativa obtidos das Normais Climatológicas do INMET para a Estação de Salvador. Observa-se que a variação nos períodos de 1931 a 1960 (curva vermelha) e 1961 a 1990 não ultrapassa 2 unidades percentuais. Nota-se, no entanto, que os valores obtidos para o período mais recente são geralmente maiores que o período anterior, exceto para o mês de setembro.

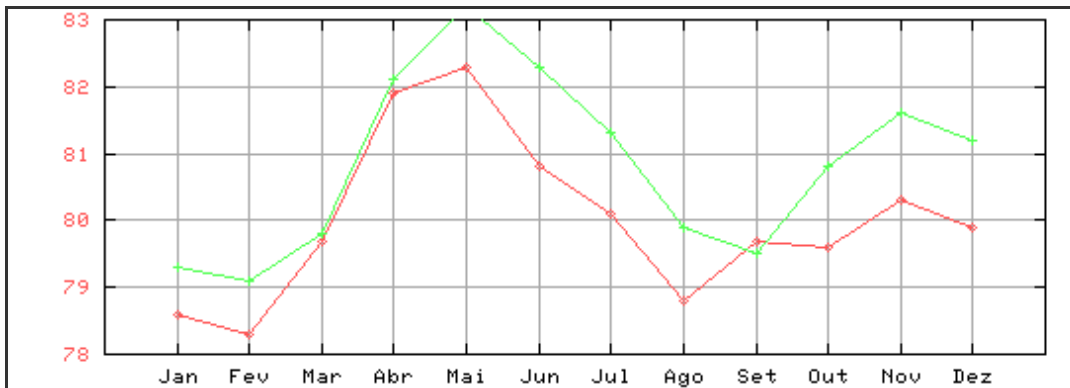


Figura II.5.1-12 - Gráficos de Umidade relativa (%) obtidos das Normais Climatológicas do INMET (1931 a 1960 – curva vermelha e 1961 a 1990 – curva verde) para a Estação de Salvador

Fonte: INMET, acessado em 2005.

II.5.1.1.6 - Evaporação

Os valores de evaporação obtidos das normais climatológicas na estação de Salvador são apresentados na **Figura II.5.1-13**, onde as colunas vermelhas representam o período de 1931 a 1960 e as verdes de 1961 a 1990.

Os valores superiores são observados no período mais antigo, acima de 100 mm de evaporação de agosto a março. Os valores mínimos, para este mesmo período, são encontrados nos meses de abril a julho. No entanto, para o período mais recente, não são notadas grandes variações nos valores de evaporação, com mínimos ocorrendo nos meses de abril e maio.

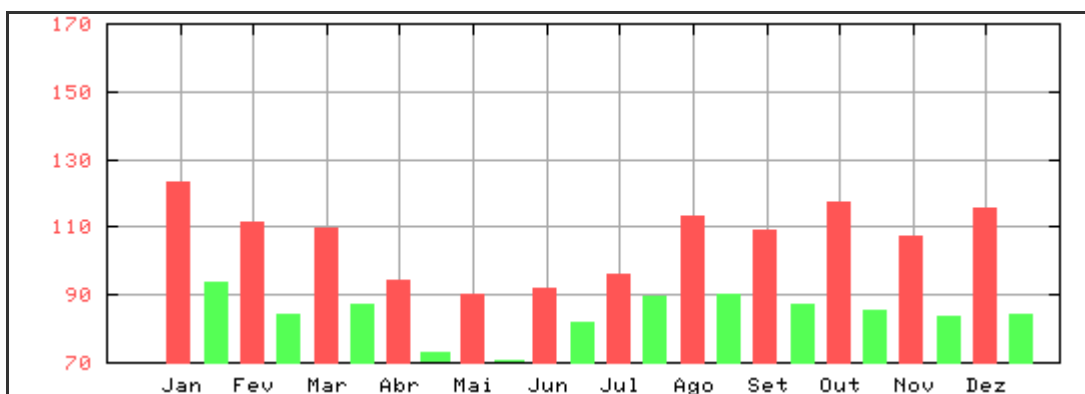


Figura II.5.1-13 - Gráficos de Evaporação (mm) obtidos das Normais Climatológicas do INMET (1931 a 1960 – colunas vermelhas e 1961 a 1990 – colunas verdes) para a Estação de Salvador

Fonte: INMET, acessado em 2005.

II.5.1.1.7 - Precipitação

Em regiões tropicais, a precipitação reflete as características e o comportamento de outros parâmetros, tais como a temperatura, a umidade relativa e o regime dos ventos.

Na **Figura II.5.1-14** pode ser observado que os valores máximos de precipitação ocorrem entre os meses de abril e julho, e os mínimos, entre agosto e março.

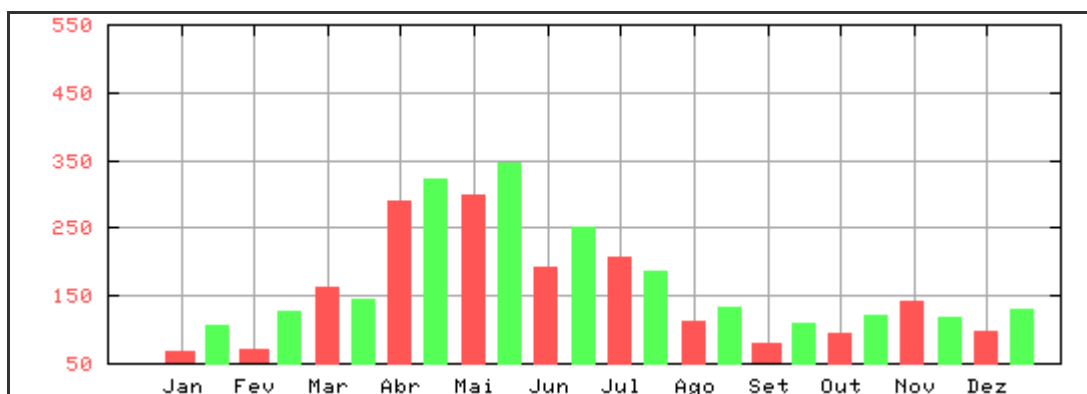


Figura II.5.1-14 - Gráficos de Precipitação (mm) obtidos das Normais Climatológicas do INMET (1931 a 1960 – colunas vermelhas e 1961 a 1990 – colunas verdes) para a Estação de Salvador

Fonte: INMET, acessado em 2005.

Também é possível observar a relação inversamente proporcional entre a precipitação e a evaporação, no que relaciona os mínimos de precipitação com os máximos de evaporação.

II.5.1.1.8 - Insolação e Nebulosidade

A insolação é o período de tempo durante o qual o feixe solar direto ilumina uma superfície, sendo portanto influenciada diretamente pela presença de nebulosidade. Já a radiação independe da presença de nuvens.

Na **Figura II.5.1-15** e na **Figura II.5.1-16** são apresentados os valores de insolação e nebulosidade, em conjunto, para o período de 1931 a 1960 e 1961 a 1990, respectivamente.

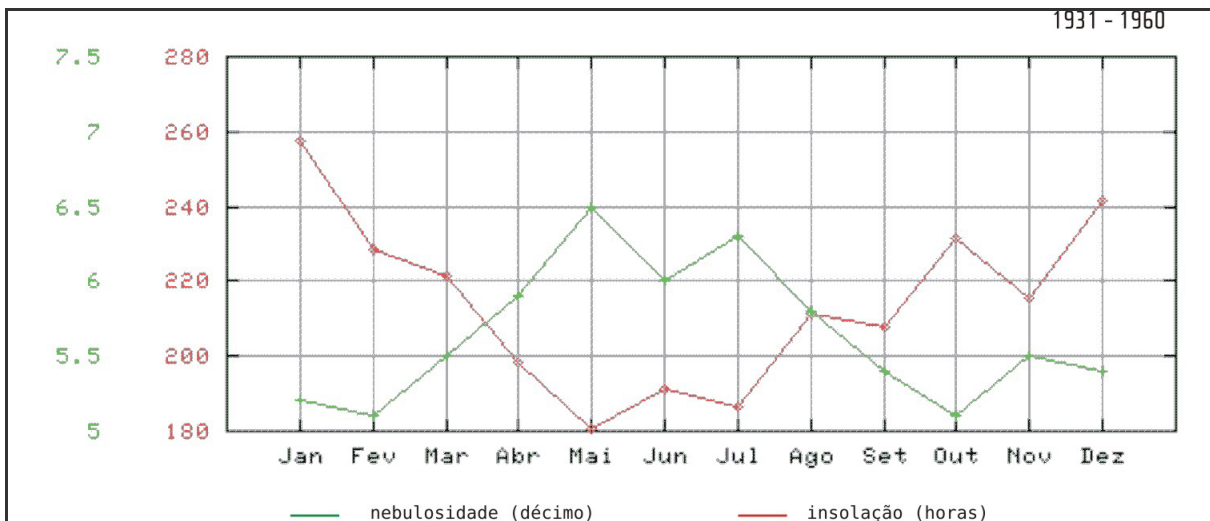


Figura II.5.1-15 - Gráficos de Insolação (horas), em vermelho, e cobertura de nuvens (décimos), em verde, obtidos das Normais Climatológicas do INMET (1931 a 1960) para a Estação de Salvador

Fonte: INMET, acessado em 2005.

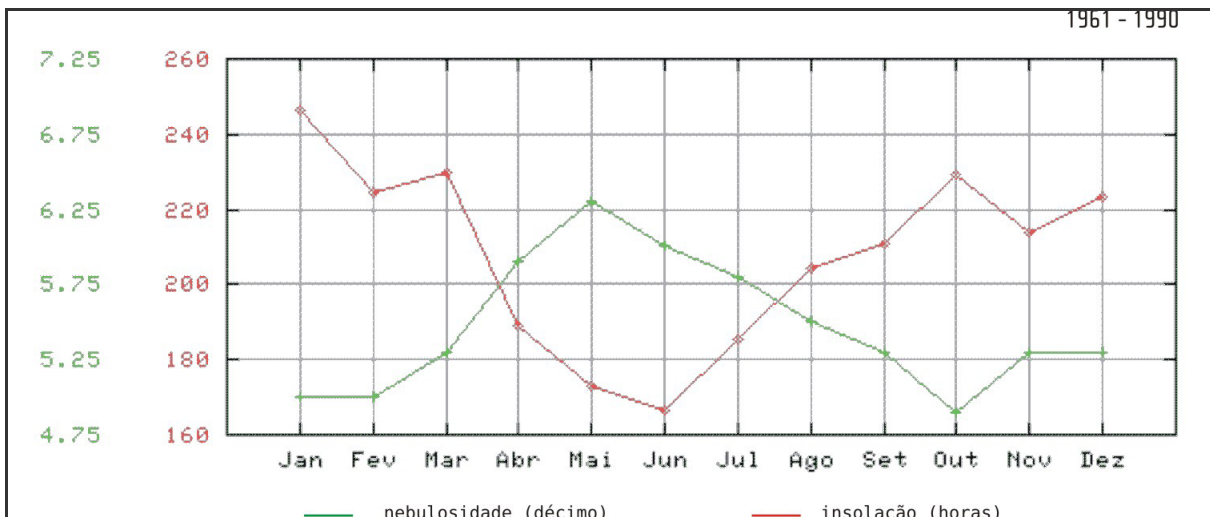


Figura II.5.1-16 - Gráficos de Insolação (horas), em vermelho, e cobertura de nuvens (décimos), em verde, obtidos das Normais Climatológicas do INMET (1961 a 1990) para a Estação de Salvador

Fonte: INMET, acessado em 2005.

Pode-se observar que de abril a agosto a menor insolação se dá pela maior cobertura de nuvens, para o período de 1931 a 1960 e de abril a julho para o período mais recente. O inverso ocorre nos demais meses para ambos períodos.

II.5.1.1.9 - 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 predominante de nordeste para noroeste com a aproximação da frente. Imediatamente após a passagem do sistema frontal, 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).

Na **Quadro II.5.1-1** é apresentada a freqüência de ocorrência de sistemas frontais na Bacia de Jequitinhonha para os anos de 1999 a 2004, obtidos do CPTEC.

Quadro II.5.1-1 - Freqüência de passagem de sistemas frontais na região de Ilhéus.

MÊS/ANO	1999	2000	2001	2002	2003	2004	TOTAL
Janeiro	0	1	0	0	0	1	2
Fevereiro	0	1	0	1	0	0	2
Março	1	2	0	0	1	1	5
Abril	2	2	1	0	0	1	6
Maió	3	4	2	1	2	2	14
Junho	1	2	2	0	2	1	8
Julho	1	1	1	0	0	2	5
Agosto	1	2	0	1	1	2	7
Setembro	1	2	1	1	3	2	10
Outubro	4	0	0	1	2	2	9
Novembro	2	1	1	1	0	2	7
Dezembro	1	0	0	1	1	0	3
Total	17	18	8	7	12	16	-

Fonte: CPTEC, acessado em 2005.

Observa-se que a freqüência de ocorrência de sistemas frontais na região foi superior nos anos de 1999, 2000 e 2004.

Os meses de dezembro a março, característicos de verão, apresentam menor incidência desses sistemas na região de estudo. O mês de maio, ao longo de todo o período analisado, apresentou a maior constância na incidência de frentes frias, totalizado o maior número de ocorrências.

II.5.1.1.10 - 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. Com uma quantidade maior energia disponível, as temperaturas do ar são maiores, como se pode verificar nos máximos registrados em fevereiro ($\sim 30^{\circ}$ C), o mesmo acontecendo com a evaporação, que também é influenciada pelos ventos dos quadrantes de N/NE/E, 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 do parâmetro registrada no mês de agosto ($\sim 20^{\circ}$ C). Aliado a isso, nessa época a passagem de sistemas frontais atmosféricos faz com que exista uma maior presença de nuvens, contribuindo para uma menor insolação do que a registrada no verão. A menor atividade convectiva nesse período faz com que os índices pluviométricos também sejam reduzidos (os mínimos registrados) nesse período.

A análise dos dados meteorológicos do Bloco BM-J-1, localizado ao norte do Bloco BM-J-2, permite separar duas estações bem marcadas com condições de inverno e verão. O primeiro indo de maio a setembro é marcado pela predominância dos ventos de leste-nordeste e sudeste, 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 na 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 os maiores índices de precipitação e evaporação observados.

Durante o período de maio a outubro (inverno) existe uma maior probabilidade de ocorrência de eventos extremos (tempestades e ressacas) na região do Bloco BM-J-2.

II.5.1.2 - Geologia e Geomorfologia

II.5.1.2.1 - Introdução

A Bacia de Jequitinhonha está localizada na margem continental leste brasileira, no litoral centro-sul do Estado da Bahia, adjacente à foz do rio Jequitinhonha. É limitada, ao norte, com a Bacia de Camamu-Almada, através do alto de Olivença e, ao sul, com a Bacia de Cumuruxatiba, através do banco vulcânico submarino de Royal Charlotte. A descrição desta seção abrange as áreas continental e marinha compreendidas entre as localidades de Serra Grande e Caravelas.

A área da Bacia corresponde a 10.100 km² dos quais cerca de 9.500 km² encontra-se na porção marinha. Desses 9.500 km²; cerca de 7.000 km² abrangem áreas com lâmina d'água até 1.000 m e os 2.500 km² restantes estão compreendidos entre 1.000 e 2.000 m (ANP, 2005).

A bacia apresentava, até 2004, 25 poços exploratórios perfurados, indicando a existência de hidrocarbonetos líquido e gasoso. Contudo, há somente uma acumulação de óleo sub-comercial (poço I-BAS-37, no Bloco BM-J-1), cuja produção atingiu cerca de 900.000 barris de óleo e 12 milhões de metros cúbicos de gás durante cinco anos. A acumulação do poço I-BAS-37 associa-se a reservatórios siliciclásticos (Membro Mucuri), situados sobre um alto do embasamento. Estes reservatórios são selados por camadas evaporíticas do Membro Itaúnas (PORTO et al., 2004).

II.5.1.2.2 - Arcabouço Estrutural

II.5.1.2.2.1 - Características Regionais

A Bacia de Jequitinhonha é predominantemente marinha estando inserida na margem continental leste brasileira, uma margem continental considerada do tipo passiva. A gênese da margem continental pode ser explicada pelos modelos de deriva continental, tectônica de placas e formação e expansão do assoalho oceânico, os quais justificam o processo de individualização das placas sul-americana e africana, a formação do oceano Atlântico e a construção das plataformas continentais. Estes processos desenvolveram-se em três fases principais: o soerguimento crustal, o fraturamento da crosta e a separação crustal por tensionamento (ASMUS, 1982).

A evolução geológica da bacia acompanhou quatro estágios da evolução do arcabouço tectono-sedimentar da margem continental leste brasileira e da sua área oceânica adjacente, conforme pode ser verificado no **Quadro II.5.1-2**.

Quadro II.5.1-2 - Evolução Tectono-sedimentar das Bacias Marginais na Costa Leste Brasileira

Estágios Evolutivos	Fase de Sedimentação	Seqüência Sedimentar	Ambiente Depositional
Oceânico	Drifte	do Mar	Marinho regressivo/transgressivo Plataforma rasa
Proto-oceânico	Transicional	do Golfo	Marinho restrito/lagunar
Rifte	Rifte	dos Lagos	Deltaico-lacustre
Pré-rifte	Continental	do Continente	Flúvio-lacustre-eólico

Fonte: Modificado de PONTE et al. (1979) apud ASMUS, H.E. (1984).

O Estágio Pré-Rifte, ocorrido durante o Neojurássico, se caracterizou pelo soergimento da margem continental, originando áreas positivas e a criação de falhas incipientes na crosta superior. O processo de soergimento teve origem térmica devido às condições subcrustais, tais como anomalias térmicas e anomalias/descontinuidades da espessura da crosta (ASMUS e PORTO, 1980).

Apesar da área situada entre os Estados do Espírito Santo e Alagoas ter apresentado uma situação estrutural semelhante à das áreas adjacentes, os efeitos do soergimento que nela ocorreram foram, em menor escala, transformando-a numa margem interdômica com a presença de soergimentos menores (ASMUS e FERRARI, 1978; ASMUS, 1984). Essas áreas elevadas representaram áreas-fonte de sedimentos para as bacias interiores periféricas no entorno dos altos (área continental), mais especificamente, na Depressão Afro-brasileira (ASMUS e PORTO, op. cit.).

Quando da instalação do estágio Rifte, a partir do Eocretáceo, a ocorrência de estiramentos e afinamentos da crosta desencadeou seu fraturamento, abatimento e abertura, com ocorrência de vulcanismo local (GUAZELLI e CARVALHO, 1981), sendo exemplo de extrusão de material vulcânico o banco Royal Charlotte (CHAGAS, 2005).

Nessa fase, instalaram-se sistemas de vales em rifte (rift valleys) e deu-se a orientação das estruturas e a formação de feições do tipo horst, graben e meio-graben. Tais feições limitam-se por falhas sintéticas e antitéticas, com rejeitos que variam de dezenas a centenas de metros. Feições estruturais importantes como falhas normais, linhas de charneiras ou flexuras e estruturas transversais (zonas de fraturas) também foram produzidas durante esse período (ASMUS, 1982).

No decorrer do Estágio Proto-Oceânico, desenvolveram-se lineamentos nos limites entre áreas soerguidas e subsididas, associados, provavelmente, aos esforços tracionais decorrentes das diferenças de espessuras crustais. Nestes lineamentos, ocorreu vulcanismo, com a consequente formação de edifícios vulcânicos. Essas feições restringiram a circulação das águas oceânicas, que, associadas a uma condição climática mais árida, propiciou a precipitação e a formação de bacias evaporíticas (ASMUS, op. cit.).

Com a instalação do Estágio Oceânico, que se estende desde o Albiano-Cenomaniano até os dias atuais, ocorre a separação progressiva entre a porção sul do continente americano e do continente africano, decorrente da criação do piso oceânico do Atlântico. Nesse estágio vêm sendo definidas as feições estruturais e morfológicas da margem continental e das bacias oceânicas adjacentes, apesar da condição de relativa quietude tectônica, onde predominam movimentos crustais de subsidência e soergimento de blocos (movimentos verticais) na área costeira (ASMUS, 1982).

a) Área Emersa

A área emersa adjacente à Bacia de Jequitinhonha, entre Serra Grande e Caravelas, engloba coberturas dobradas do Cráton de São Francisco e os metassedimentos da Faixa de Araçuaí (Figura II.5.1-17).

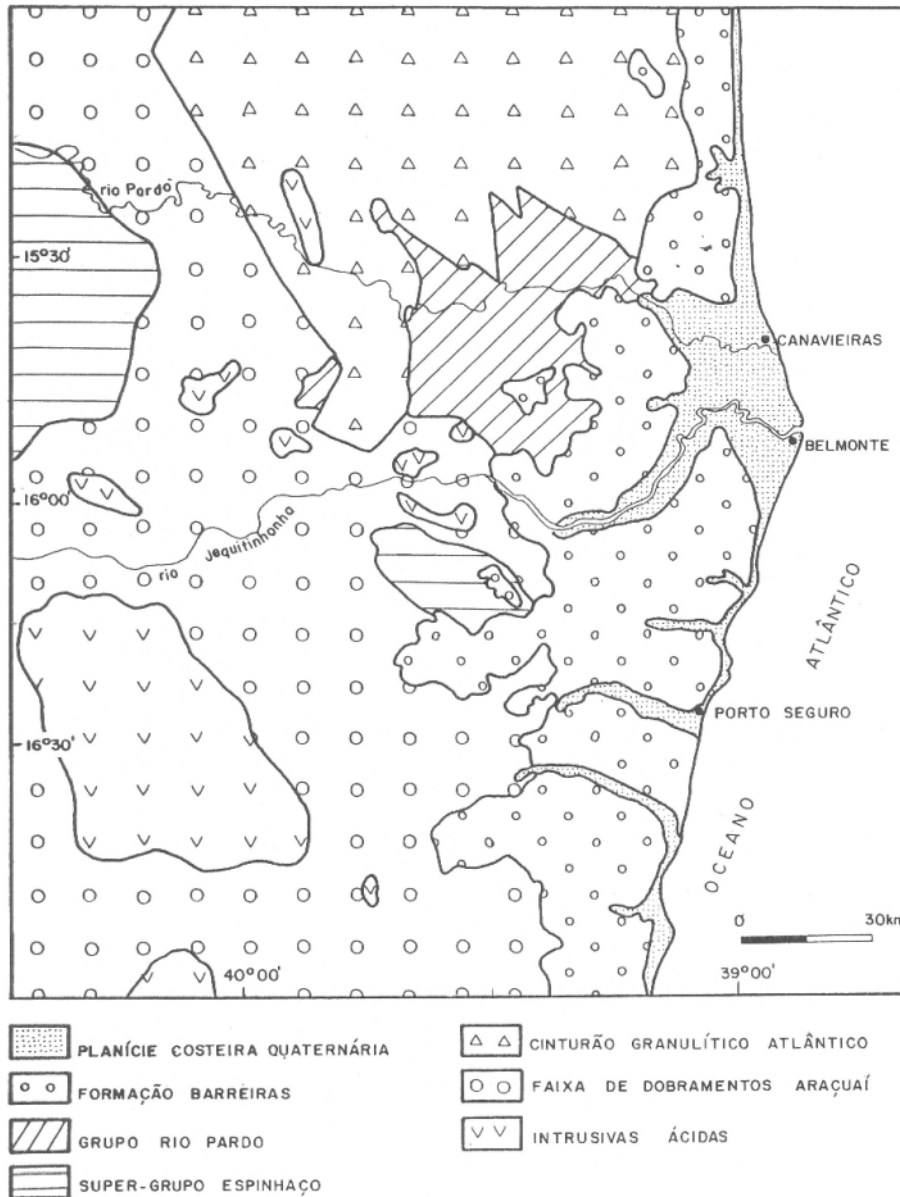


Figura II.5.1-17 - Figura II.6-X – Mapa Geológico da Região Centro-Sul da Bahia

A porção sudeste do Cráton de São Francisco, mais precisamente o Cinturão Móvel Costeiro Atlântico, tem uma origem policíclica, cujas alterações teriam se iniciado a partir do retrabalhamento da crosta primitiva no Ciclo Guriense-Jequié (2.300 a 2.600 Ma.). No Ciclo Transamazônico (2.000 Ma.), este cinturão sofreu parcialmente uma intensa remobilização, tendo ocorrido processos de granitização e gnaissificação, com a possibilidade de granulitização. Durante o Ciclo Brasileiro (450 a 700 Ma.), foi estabelecida uma faixa de dobramento sobre o cinturão móvel (MASCARENHAS, 1981; CORDANI et al., 1984).

Segundo MASCARENHAS (op.cit.), o embasamento do cráton constitui-se de rochas granulíticas ácidas, básicas e intermediárias (origem sedimentar e magmática), com orientação NNE-SSW, representando rochas arqueanas retrabalhadas durante o Ciclo Transamazônico, que compõem o chamado Cinturão Granulítico Atlântico ou de Itabuna.

De acordo com SAMPAIO FILHO e SILVA FILHO (1986), esse cinturão é composto de rochas supracrustais granulitizadas, predominantemente básicas, representadas por basalto toleítico a calcoalcalinos. Sobre o cinturão, ocorre cobertura fanerozóica, que é representada por rochas mesozóicas (jurássicas), as quais são recobertas por sedimentos médios a finos. Tectonicamente, a área apresenta estilos estruturais distintos, sendo observadas dobras isoclinais verticais, com estruturas bandadas e situações de transposição.

Na Bacia de Jequitinhonha, o embasamento granulítico do Cráton de São Francisco ocupa desde o Alto de Olivença até proximidades da localidade de Una, onde há uma zona de transição entre este embasamento e a Faixa de Araçuaí.

A oeste do cráton de São Francisco e na direção da margem continental, ocorre a Faixa de Araçuaí, que representa uma faixa móvel marginal. Esta faixa é formada por metassedimentos constituídos, principalmente, por quartzitos e xistos (CORDANI et al., 1984). Em termos estruturais, essas áreas apresentam falhas inversas e de empurrão.

Na Faixa de Araçuaí, na porção sul da bacia, o embasamento é composto por gnaisses e migmatitos, intercalados de anfíbolitos, quartzitos, xistos e rochas calcissilicáticas (PEDREIRA, 1999).

Associado à Faixa de Araçuaí, ocorre o Grupo Rio Pardo, que está localizado no sudeste do Estado da Bahia, compreendendo uma área aproximada de 3.600 km². O Grupo Rio Pardo é composto por granulitos quartzo feldspáticos e granulitos básicos. Esse embasamento possui intrusões de gabros e diques de diabásio com idades entre 800-1.100 Ma (**Figura II.5.1-18**).

Do ponto de vista estrutural, a Bacia do Rio Pardo apresenta três fases de deformações produzidas por esforços compressivos ocorridas pós-deposição dos sedimentos na bacia. A primeira fase produziu dobras a nordeste do rio Pardo; a segunda, ocorrida ao sul do rio Pardo, foi superimposta à primeira, podendo ter sido uma reativação dela mesma. Tal fase promoveu um encurtamento entre 35 e 45% do pacote sedimentar. A terceira fase se deu através de compressão da bacia para leste, estando associada às falhas inversas (PEDREIRA, 1999).

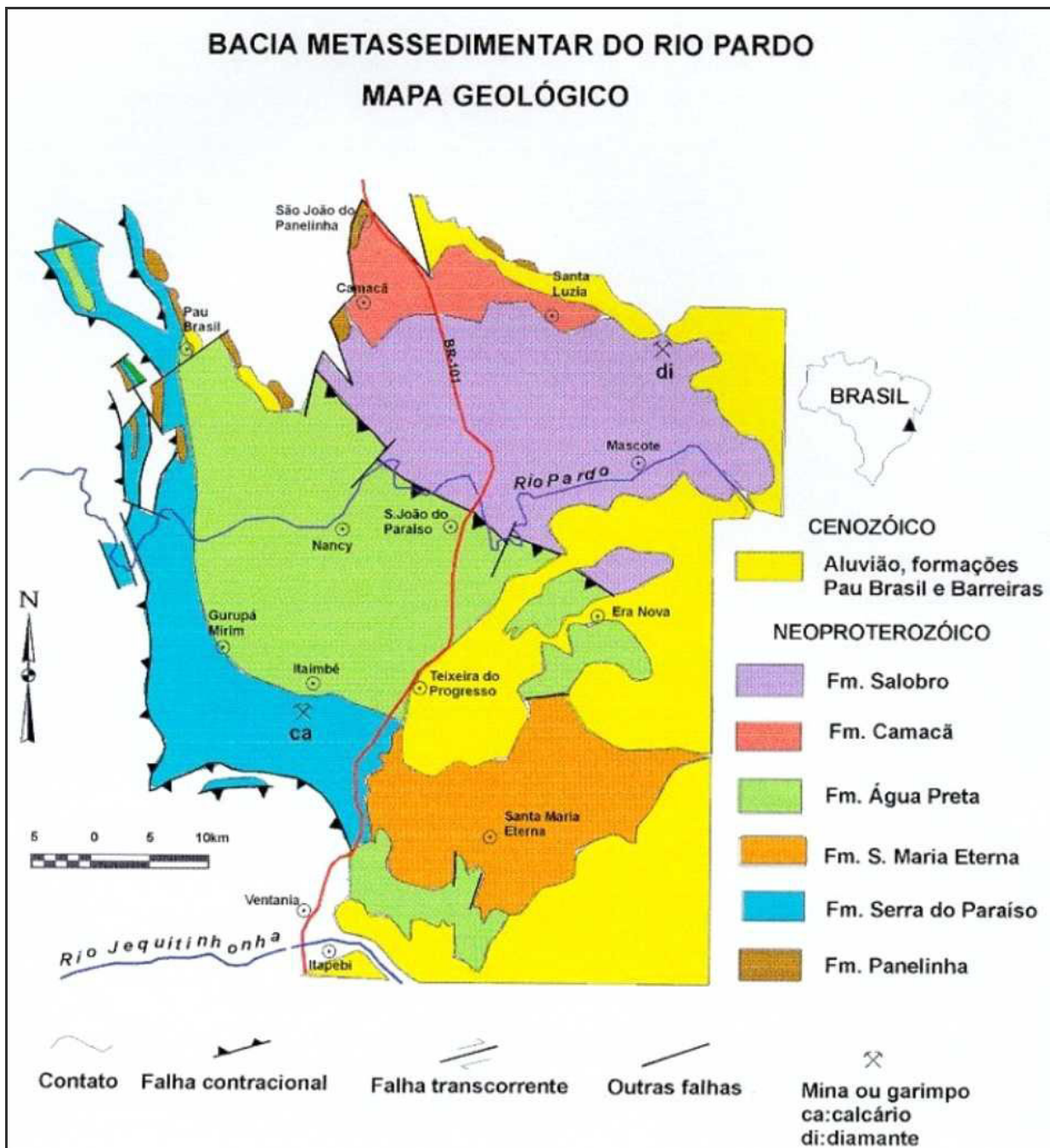


Figura II.5.1-18 - Mapa Geológico da Bacia do Rio Pardo

Fonte: http://www.sbgeo.org.br/bacia_rio_pardo.htm (acessado em 23/01/2006)

As rochas metassedimentares desse grupo não apresentam um consenso quanto à idade de deposição dos sedimentos que o compõe. Estudos geocronológicos divergem e apontam para idades entre 1.100-450 Ma. O Grupo Rio Pardo é constituído, da base para o topo, pelas seguintes unidades (**Quadro II.5.1-3**).

Quadro II.5.1-3 - Formações Geológicas e suas Características no Grupo Rio Pardo

Formação	Espessura (m)	Constituição	Ambiente Depositional
-	?	Areias	Depósitos costeiros
Barreiras e Pau Brasil	?	Areias, argilas e níveis de seixos	Depósitos continentais terciários e recentes
Salobro	5.000	Conglomerados polimíticos com seixos alongados	Leque aluvial
		Conglomerados oligomíticos e metagrauvas arcoseanas	Barras longitudinais em sistema fluvial
		Conglomerados polimíticos diamantíferos	Leques aluvias
		Conglomerados com clastos de carbonato	Leques aluvias
		Areia e pelitos alternados	Turbidito (com seqüência de Bouma)
Camacã	2.000	Argilitos, folhelhos, siltitos e lentes de carbonato	Planície de maré
Água Preta	2.300	Filitos com lentes de carbonato, arenito e siltito	Turbiditos
Santa Maria	?	Quartzitos	Depósitos de praia
Serra do Paraíso	1.000	Calcários dolomíticos e dolomitos	Planície de maré carbonática com deposição nas zonas intermaré e submaré
Panelinha	200	Conglomerados, bechas, arcóseos e grauvas	Leque aluvial e sistema fluvial anastomosado

Fonte: Adaptado de PEDREIRA (1999)

Recobrimdo porções do Cráton de São Francisco e os metassedimentos da Faixa de Araçuaí ocorre a "Unidade Sedimentar" Barreiras, podendo existir resquícios desta unidade na plataforma continental interna.

Na Bacia do Recôncavo a Formação Barreiras é constituída por conglomerados, sendo constituídos por grãos de quartzo leitosos, arredondados, fenoclastos de gnaiss alterados, arenitos e seixos de argila, todos em meio a uma matriz arenosa, por vezes, ferruginosa (INDA e BARBOSA, 1978).

Nessa região, os conglomerados gradam para arenitos grossos, mal selecionados, subangulares a subarredondados, com cores que variam de acordo com a argila da matriz (vermelha, amarela, violeta e branca). A presença de canga de óxido é freqüente, podendo impregnar os arenitos por mais de 1 m de espessura (INDA e BARBOSA, op. cit.).

Estudos sedimentológico e estratigráfico na região do Recôncavo, mostraram duas unidades separadas por uma discordância erosiva, que foram depositadas em condições climáticas distintas. A unidade basal foi depositada sob um sistema de rios de sinuosidade moderada,

havendo evidência de paleopedogênese e outras feições relacionadas ao clima úmido. A unidade superior foi depositada sob condições de fluxos gravitacionais de sedimentos, por meio de leques coluviais coalescentes, associados a clima semi-árido a árido.

No setor da costa baiana entre os rios Pardo e Jequitinhonha, o Barreiras recobre os metassedimentos da Faixa Araçuaí. É constituído por areias, argilas, camadas e lentes de cascalhos, terraços formados por conglomerados inconsolidados (Formação Pau-Brasil) e aluviões arenosos e argilosos recentes (PEDREIRA, 1999).

Recobrimo total ou parcialmente o Barreiras e a parte da plataforma continental atual, ocorrem sedimentos praias e aluviais, que se relacionam a processos deposicionais recentes.

b) Área Submersa

Na Bacia de Jequitinhonha, o embasamento na área submersa resulta da projeção do embasamento continental mar adentro. Ao largo do Estado da Bahia, o embasamento é composto, predominantemente, por gnaisses pré-cambrianos ou metassedimentos eocambrianos.

A projeção do embasamento continental forma uma plataforma rasa que se estende em direção ao sul, até poucos quilômetros ao norte de Canavieiras, onde penetra em direção ao continente. Tal fato faz com que a porção norte da bacia se diferencie da porção ao sul devido a sua ausência desta plataforma (ANP, 2002; CASTILHO, 2005).

As características estruturais mostram que a Bacia de Jequitinhonha dispõe-se transversalmente às estruturas brasileiras, fato que pode ter condicionado a ocorrência de movimentos verticais heterogêneos, através de reativações de antigas linhas estruturais existentes no embasamento Pré-Cambriano, ocorridas durante e após os ciclos tecto-sedimentares mesocenozóicos (CORDANI et al., 1984).

Segundo MILANI e THOMAZ FILHO (2000), nessa bacia o arcabouço estrutural se organiza a partir da fase rifte, sendo representado por falhas normais sintéticas com direções predominantes N-S e NE-SW, interrompidas por falhas de transferência e zonas de acomodação com sentido NW-SE.

As feições estruturais da plataforma continental e talude continental na Bacia de Jequitinhonha equivalem àquelas conhecidas para a margem continental leste brasileira. Em geral, essas estruturas são representadas por falhas normais, linhas de charneira e estruturas transversais (zonas de fraturas).

As estruturas na Bacia de Jequitinhonha apresentam uma direção predominante N-S. Secundariamente ocorrem direções E-W e NW-SE. As estruturas de direção E-W resultaram da reativação de antigas falhas transformantes enquanto os de direção NW-SE se relacionariam a reativação de faixas de cisalhamento referentes ao Ciclo Brasileiro e Evento Sul-Atlântico.

Na plataforma continental, as falhas normais ocorrem em traços de longa extensão (centenas de quilômetros), com rejeitos em torno de 2.000 m e mergulhos dos planos de falhas coincidentes com as direções estruturais do embasamento Pré-Cambriano (ASMUS e PORTO, 1980; ASMUS, 1984). As rochas do embasamento são bastante deformadas pelos falhamentos normais que ocorrem, em geral, paralelamente aos principais alinhamentos das rochas pré-cambrianas da área costeira emersa adjacente (GUAZELLI e CARVALHO, 1984).

Essas falhas são importantes na definição e determinação das bacias tectônicas mesozóicas, onde, localmente, seus arranjos constituem-se em blocos elevados, que separam as bacias formando altos estruturais, como o alto de Olivença, que se estende longitudinalmente à linha de costa entre Ilhéus e Canavieiras (ASMUS e PORTO, 1980).

O basculamento da bacia marginal na direção do oceano desencadeou a ocorrência de movimentos verticais opostos, com a conseqüente subsidência e soerguimento de blocos, a partir da reativação de antigas linhas de fraqueza preexistentes no embasamento. A disposição estrutural, sob a forma de blocos rebaixados em direção ao sopé continental, permitiu, nas áreas atuais do talude e sopé continental, o armazenamento de espessos pacotes sedimentares (GUAZELLI e CARVALHO, 1981).

Conseqüentemente, os altos estruturais existentes apresentam uma disposição longitudinal ou oblíqua à linha de costa, atuando como elementos de delimitação das bacias marginais, como o alto de Olivença. As informações disponíveis apontam para a presença desses altos somente na plataforma continental, sem o registro desses em direção ao sopé continental.

É observada a ocorrência de baixos estruturais traduzidos pela Calha Rifte Principal (Fossa de Jequitinhonha) e pela Calha Secundária (Graben de Jequitinhonha), ambos dispostos paralelamente à linha de costa (**Figura II.5.1-19**).

As estruturas transversais correspondem às zonas de fraturas, orientadas predominantemente no sentido E-W. Essas estruturas se prolongam da área marinha em direção ao continente, por vezes, mantendo a sua continuidade (ASMUS, 1984).

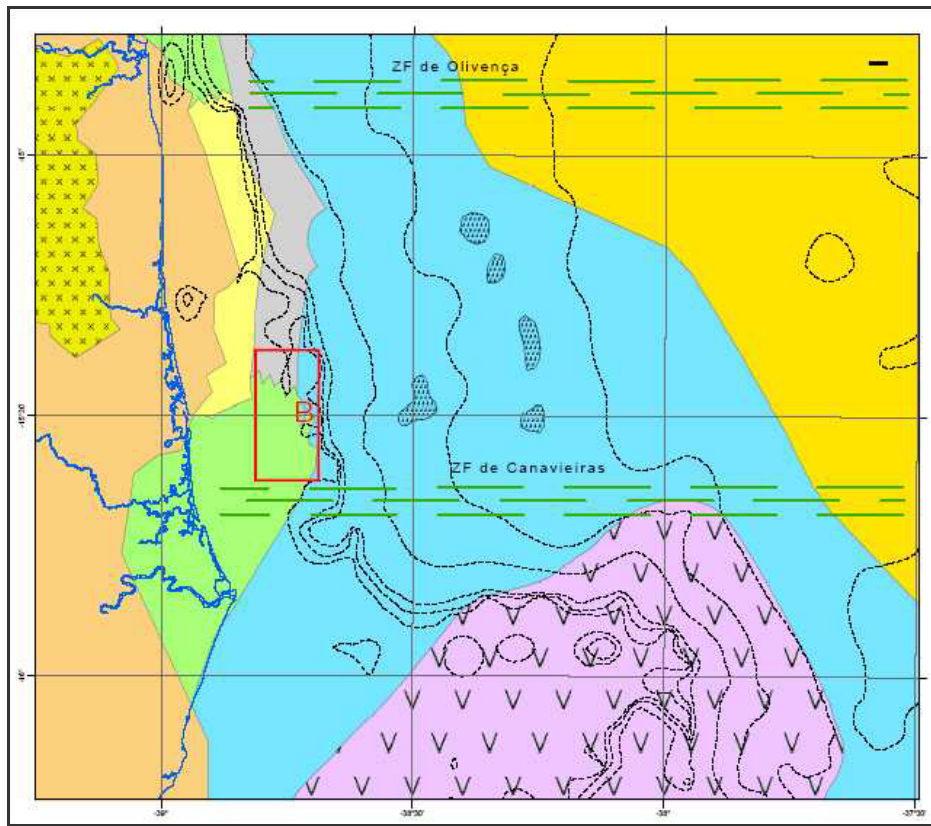


Figura II.5.1-19 - Mapa do arcabouço estrutural da Bacia e do Bloco BM-J-2

Fonte: QUEIROZ GALVÃO (2006)

Essas zonas de fraturas, na área continental, aparecem como zonas de perturbação tectônica, de atividades sísmicas e vulcânicas (ASMUS, 1984; ASMUS e PORTO, 1980). No contato com a linha de costa, mostram uma disposição ortogonal ou oblíqua, sendo definidas por REZENDE (1978), para a Bacia de Jequitinhonha, como Zona de Fraturas de Olivença (ZFO) e Canavieiras (ZFC). Na margem continental aparecem como altos do embasamento ou altos vulcânicos, os quais dividem transversalmente os depocentros de bacias.

Estruturas vulcânicas são observadas na plataforma continental, ocorrendo uma ausência de focos magmáticos, em direção ao norte, a partir de 16oS. Uma perfuração realizada pelo Deep Sea Drilling Project (DSDP), a 850 km da costa da Bahia e ao largo do banco Royal Charlotte, registrou a presença de basalto toleítico, com idade ± 78 Ma., sotoposto a sedimentos campanianos. O basalto foi interpretado como sendo o embasamento oceânico (GUAZELLI e CARVALHO, 1981).

CORDOBA (1990) apud CASTILHO (2005) propôs uma divisão informal para a Bacia de Jequitinhonha em compartimentos estruturais a partir do comportamento das falhas normais (falha de borda). São definidos os compartimentos Norte e Sul.

No compartimento Norte, a falha de borda define o início de uma seqüência de blocos escalonados com mergulho preferencial para E. No compartimento Sul, a falha de borda apresenta grande rejeito.

CASTILHO (2005) realizou mapeamento estrutural da bacia com base em mapas de anomalias de Bouger (**Figura II.5.1-20**). Esse mapeamento permitiu a delimitação, definição e redefinição de elementos estruturais e compartimentos tectônicos no nível do embasamento; os limites do Complexo Vulcânico de Royal Charlotte e o limite crosta continental/crosta oceânica. Perfis gravimétricos transversais à Bacia de Jequitinhonha esboçam tais compartimentos estruturais (**Figura II.5.1-21**, **Figura II.5.1-22** e **Figura II.5.1-23**).

Segundo os mapeamentos da *Queiroz Galvão*, a Calha Principal do rifte possui uma disposição N-S, com aproximadamente 38 km de largura e 135 km de extensão. Esta calha é limitada a oeste pela Linha de Charneira, na porção norte da bacia, e pelo Horst Central, na porção central da bacia. Na porção sul, a calha é limitada pelo Complexo Vulcânico Royal Charlotte e a leste, provavelmente, por um alto do embasamento.

O Horst Central situa-se na porção centro-sul da bacia, com disposição N-S. Limita uma pequena calha a oeste, formando uma sub-bacia sedimentar com cerca de 25 km de largura e 85 km de extensão.

O Alto de Olivença limita a Bacia de Jequitinhonha com a Bacia de Almada. Este alto se prolonga por quase 15 km mar adentro, estendendo-se como uma plataforma rasa para sul, onde penetra em direção ao continente. O sul da bacia é delimitado pelo o Banco Vulcânico Royal Charlotte.

O Banco Vulcânico Royal Charlotte apresenta uma disposição E-W que, possivelmente, pode estar relacionada a direção das falhas transformantes antigas produzidas na fase de abertura do Oceano Atlântico. Associado a esta fase ocorreu magmatismo eocênico.

A Plataforma Rasa apresenta um limite com características de falha de borda, que divide a parte rasa, a oeste, da parte mais profunda a leste, representando o limite de deposição em bacia cretácea. A parte rasa é recoberta pelos sedimentos cretáceos/terciários, enquanto a área profunda possui o pacote sedimentar mais completo da bacia.

A Linha de Charneira tem direção N-S e as demais falhas principais e os falhamentos relacionados a movimentos transcorrentes possuem direção NW-SE. Essas estruturas afetam desde o embasamento até os sedimentos da seção albo-cenomaniana e terciários inferiores. Coincidindo com a Linha de Charneira ocorre uma falha de borda, na qual penetra na porção continental da Bacia de Jequitinhonha, formando um baixo que coincide com os limites da planície costeira do rio Jequitinhonha. É verificado, ainda, que os muros (footwalls) relacionados a grandes falhas de borda funcionam com limites da bacia.

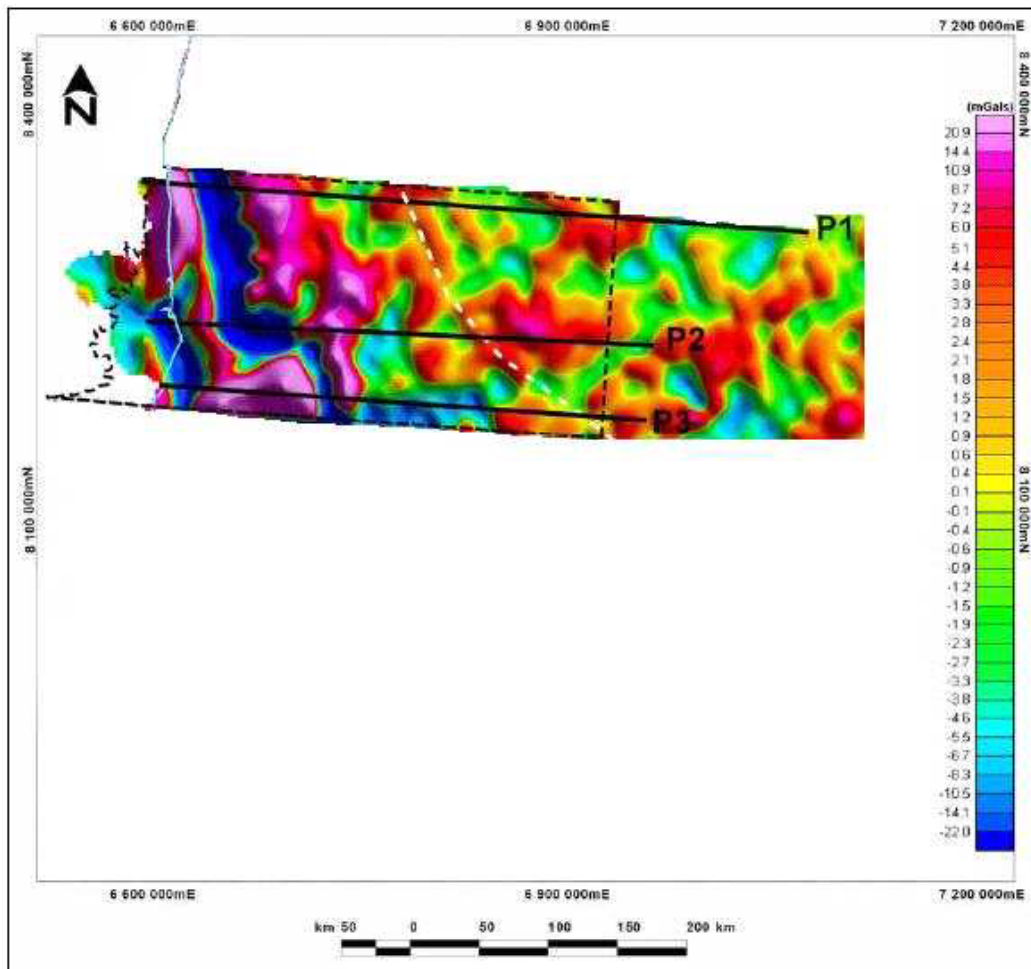


Figura II.5.1-20 - Mapa de anomalia de Bouguer apresentando os perfis gravimétricos realizados na Bacia de Jequitinhonha. A linha tracejada em branco representa o limite crosta continental/oceânica

Fonte: Modificado de CASTILHO (2005)

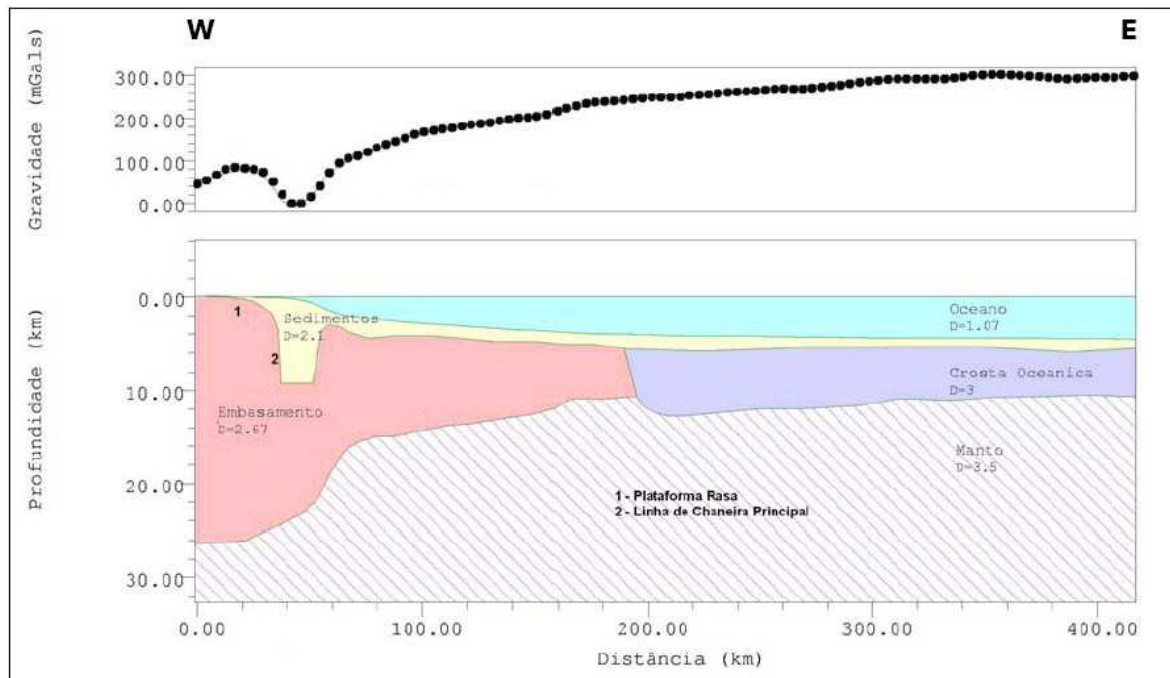


Figura II.5.1-21 - Perfil I. Situado na porção norte da Bacia de Jequitinhonha, onde são observados os limites das crostas continental e oceânica, o manto, o embasamento e o pacote sedimentar

Fonte: CASTILHO (2005)

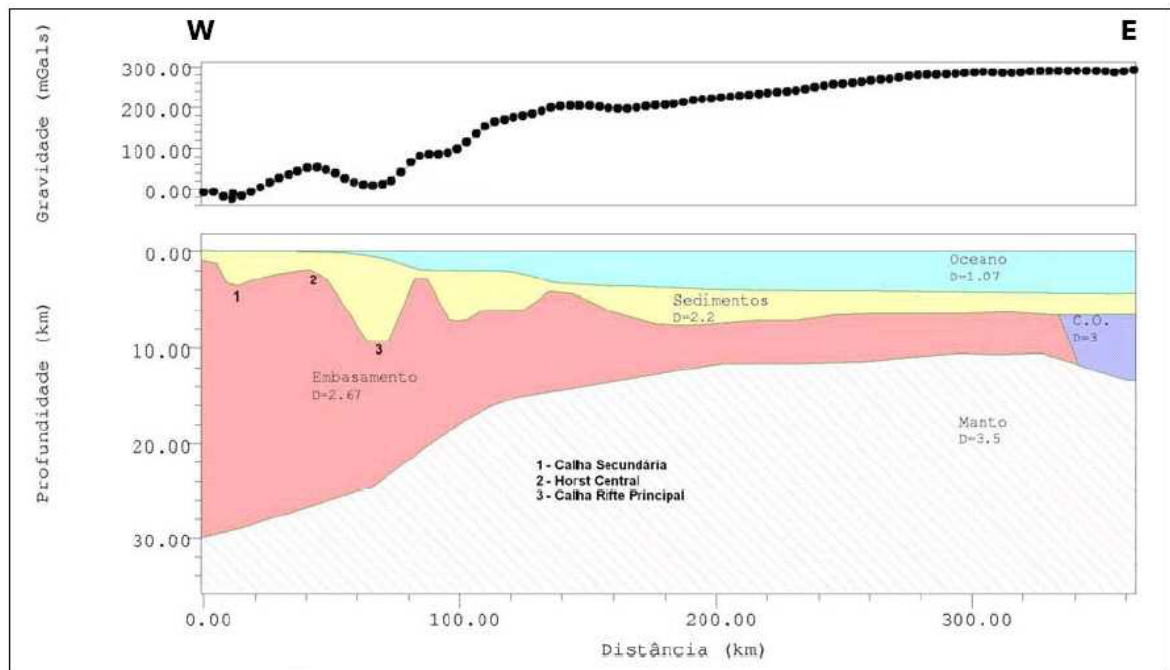


Figura II.5.1-22 - Perfil 2. Situado na porção central da Bacia de Jequitinhonha, onde são observados os limites das crostas continental e oceânica, o manto, o embasamento e o pacote sedimentar

Fonte: CASTILHO (2005)

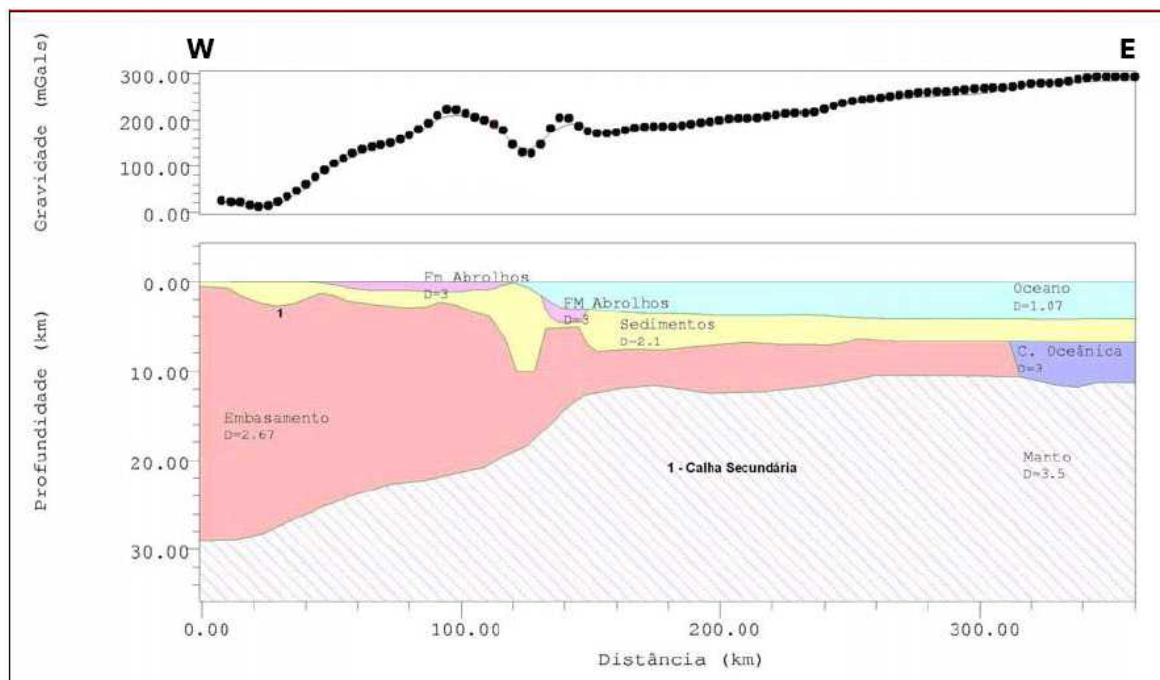


Figura II.5.1-23 - Perfil 3. Situado na porção sul da Bacia de Jequitinhonha, onde são observados os limites das crostas continental e oceânica, o manto, o embasamento e o pacote sedimentar e a Fm Abrolhos

Fonte: CASTILHO (2005)

Além das estruturas tectônicas, a Bacia de Jequitinhonha apresenta estruturas atectônicas, associadas aos processos halocinéticos. Essas estruturas são responsáveis pelo controle da deposição, pela deformação dos pacotes sedimentares e acúmulo de petróleo e gás. As estruturas salinas se concentram principalmente na porção centro-nordeste da bacia, associadas a basculamentos, podendo, por vezes, aflorar no fundo marinho, constituindo pequenas elevações (**Figura II.5.1-19**).

A ocorrência de neotectônica na região é mencionada por MARTIN et al. (1984) e SUGUIO e MARTIN (1996), em áreas situadas mais ao norte, entre Camamu e a cidade de Salvador. Porém, a possibilidade de existência atual de zonas de falhas ativas na porção leste do Escudo Oriental é mencionada por MIOTO (1993), permitindo considerar também a probabilidade de sismicidade na região da Bacia de Jequitinhonha, diante dos registros sísmicos ocorridos em localidades na porção centro-sul do Estado da Bahia (SADOWSKI et al., 1978; BERROCAL; 1984; MIOTO; op. cit.).

Os sismos mais importantes nessa região deram-se em 1912 e 1955 (SADOWSKI et al.;op. cit.), ambos situados a NW da bacia (**Quadro II.5.1-4**), entretanto, a ocorrência de sismicidade na área não apresenta intervalo de recorrência definido e, até o momento, não há relatos de sismos na área oceânica.

Quadro II.5.1-4 - Ocorrência de Sismos na Porção Centro-sul da Costa do Estado da Bahia

Data	Localidade	Intensidade (Mercalli Modificada)	Observações
19/04/1912	Jiquiriçá	VII	---
19/04/1912	NI	NI	---
23/02/1913	NI	NI	---
01/09/1914	NI	NI	---
01/06/1917	NI	NI	---
08/12/1917	Cachoeira	NI	Recôncavo
01/01/1955	Jiquiriçá	VII	---
19/04/1976	Ibicaraí	NI	60km a E de Ilhéus
19/04/1976	Ibicaraí	NI	
22/04/1976	Ibicaraí	NI	
23/04/1976	Ibicaraí	NI	
30/04/1976	Ibicaraí	NI	

Fonte: Modificado de SADOWSKI et al. (1978)

Observação: NI = Não Identificado

II.5.1.2.2.2 - Características Locais

O principal mapa de suporte ao prospecto QG-5 é o embasamento rastreado em toda a área da sísmica 3D e integrado com os levantamentos anteriores 2D.

A área do Bloco é cortada na sua porção central predominantemente por falhas normais sintéticas dispostas no sentido N-S, que são paralelas à falha de borda situada a oeste (ANP, 2002, PORTO et al., 2004). São observadas, com disposição sub-paralelas às falhas sintéticas, estruturas anticlinais do tipo casco de tartaruga (**Figura II.5.1-24**)

A presença de falhas normais com blocos baixo para leste (down-to-the-basin) rumo às partes profundas da bacia com direção preferencial NNE-SSW. No Centro Leste do bloco ocorre uma significativa feição do tipo horst com direção quase N-S com aproximadamente 5 km de largura e cerca de 30 km de extensão. O horst mergulha para Norte tornando-se mais profundo naquele rumo e separando no bloco dois depocentros: a Oeste – também denominado calha central e a Leste o grande depocentro basinal que se estende rumo às áreas de águas profundas da bacia (*vide* **Desenho 2263-00-EIA-DE-2001 – Mapa do Arcabouço Estrutural**).

O horst na sua extensão longitudinal apresenta dois altos um a Norte e outro a Sul separados por uma zona baixa. Estes altos formam estruturas fechadas a Leste e Oeste pelas falhas do horst e a Norte e Sul, por mergulhos.

A locação I-QG-5-BAS foi escolhida no alto situado na parte Norte do horst. O alto tem área aproximada de 20 km² a nível do embasamento e fechamento da ordem de 80 m.

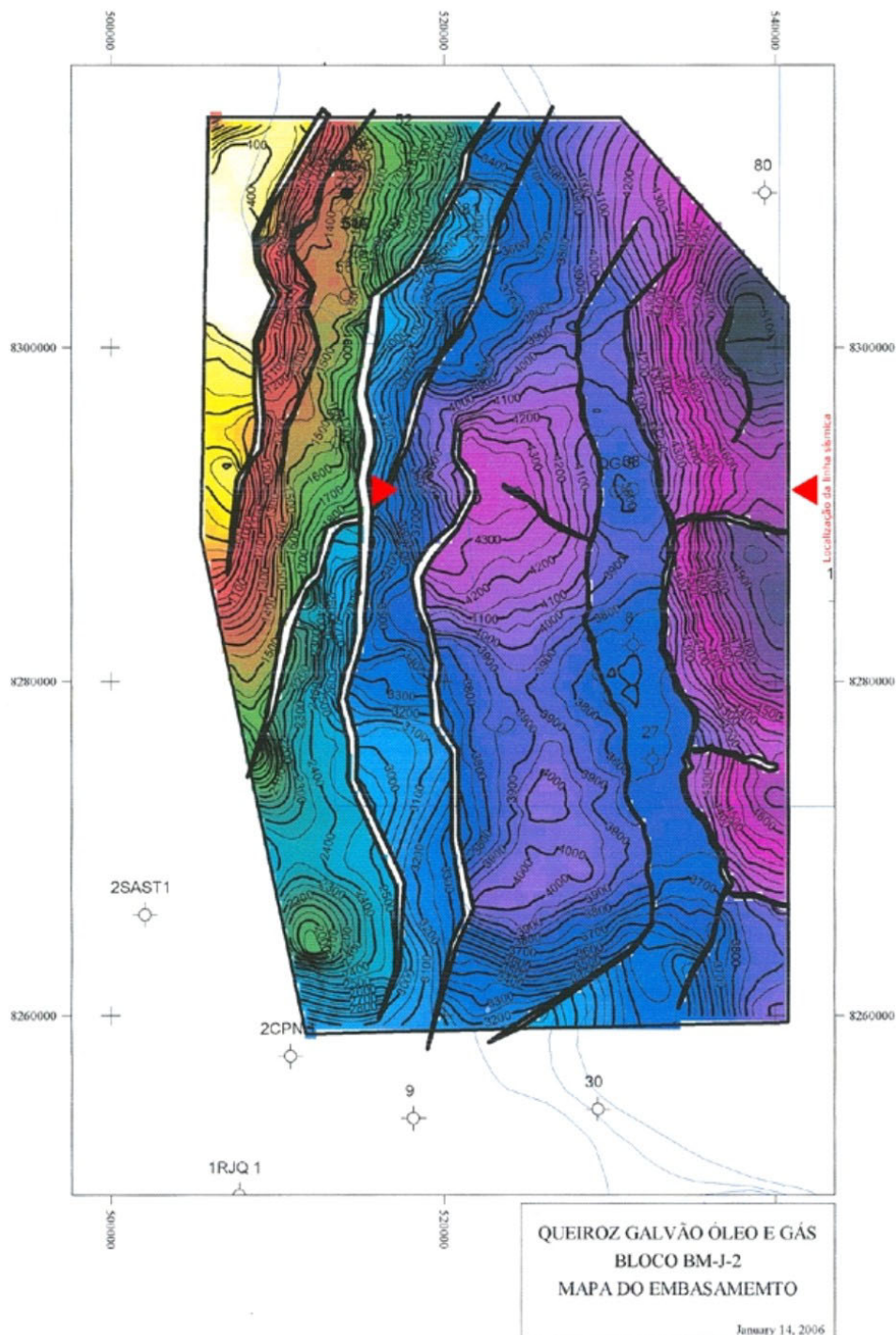


Figura II.5.1-24 - Mapa Sísmico do embasamento no Bloco BM-J-2 destacando-se os altos estruturais na área do Bloco (Ic= 100ms)

Fonte: QUEIROZ GALVÃO (2005)

II.5.1.2.3 - Estratigrafia

II.5.1.2.3.1 - Características Regionais

O arcabouço estratigráfico da Bacia de Jequitinhonha é formado por rochas de natureza cristalina e sedimentar. O embasamento cristalino é constituído por gnaisses e granitos pré-cambrianos, sendo sobreposto por rochas sedimentares com início de deposição no Cretáceo Inferior (**Figura II.5.1-25**).

A sedimentação na bacia de Jequitinhonha apresenta definidas três megasseqüências (RODARTE e COUTINHO, 1999).

A Megasseqüência Rifte ou Continental possui idade do Cretáceo Inferior, seqüência esta representada por deposição sin-tectônica associada ao Barremiano e Aptiano.

A Megasseqüência da Fase de Deriva ou Marinho-Transgressiva tem idade entre o Aptiano superior ao Eoceno inferior, compreendendo as seqüências basal (evaporitos - fase regressiva), intermediária (siliciclásticos - fase transgressiva) e do terciário inferior (siliciclásticos - fase transgressiva).

A Megasseqüência Marinho-Regressiva com idade entre o Eoceno médio e o Mioceno, é representada por uma sedimentação siliciclástica, possuindo um caráter progradante.

Na Bacia de Jequitinhonha são identificadas as seqüências rifte e margem passiva (proto-oceânico e oceânico), representadas por três Grupos: Nativo, Barra Nova e Espírito Santo (**Quadro II.5.1-5 e Figura II.5.1-26**).

O Grupo Nativo é, predominantemente, constituído por sedimentos clásticos, sendo representado pela Formação Mariricu. A Formação Mariricu se compõe de rochas clásticas e evaporíticas, sendo formada por dois Membros: o Mucuri e o Itaúnas. O Membro Mucuri possui idade Alagoas (Aptiano), sendo constituído por rochas clásticas grossa e fina com sedimentação proveniente de ambiente flúvio-marinho. O Membro Itaúnas, com idade neoalagoas, é representado por evaporitos cuja origem se associa a paleoambiente marinho de circulação restrita (SANTOS et al., 1994).

O Grupo Barra Nova é formado por uma unidade clástica e outra carbonática, denominadas, respectivamente, como Formação São Mateus e Regência. A Formação São Mateus, que possui idade Albiana, é composta por rocha clástica grossa originada a partir de leques deltaicos. A Formação Regência é constituída de rochas carbonáticas que se originaram em paleoambiente nerítico de baixa e alta energia (SANTOS et al., op. cit.).

O Grupo Espírito Santo compreende as Formações Rio Doce, Caravelas e Urucutuca. A Formação Rio Doce é composta de arenitos grossos, os quais se originaram da deposição de leques costeiros terciários. A Formação Caravelas, datada do Terciário, é constituída por carbonatos de origem nerítica relacionados à baixa e alta energia. A Formação Urucutuca, com idade situada entre o Neocretáceo e o Terciário, se compõe de espessas camadas de pelitos e arenitos finos, associados a paleoambientes de talude e bacia (SANTOS et al., 1994). A presença de calcilutitos nesse Grupo, mais precisamente no Oligoceno, é similar ao que ocorre no denominado “Marco Azul”, na Bacia de Campos (CARVALHO e ANTUNES, 1988).

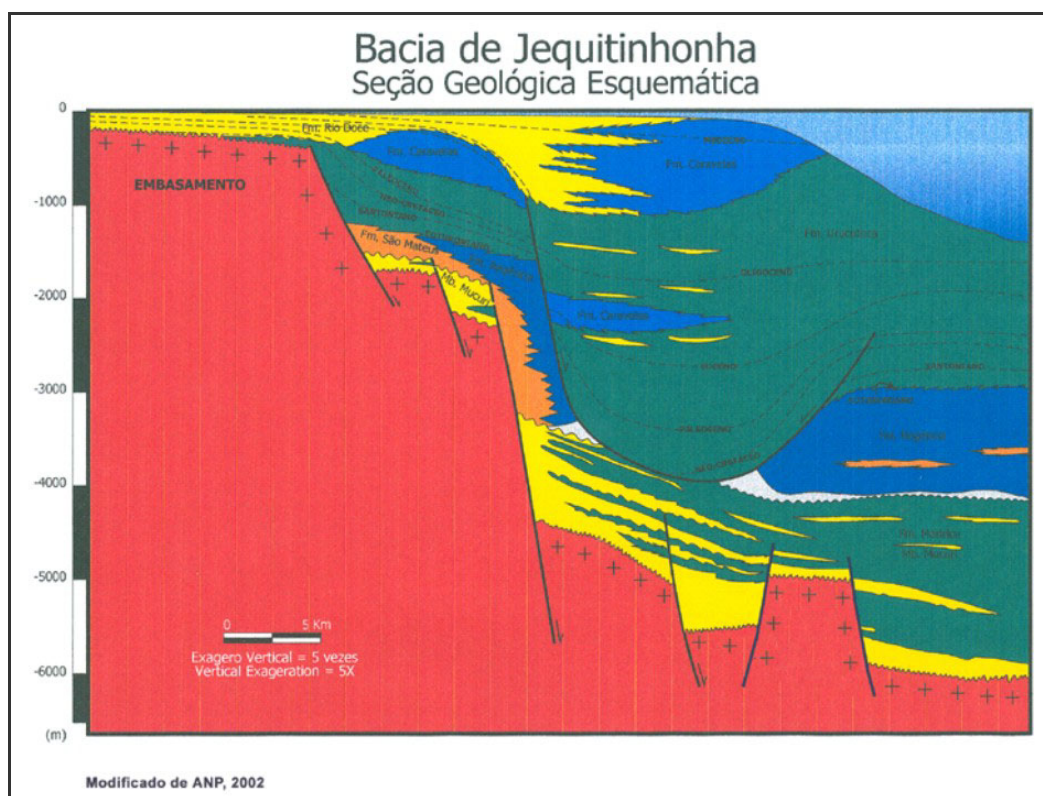


Figura II.5.1-25 - Seção geológica da Bacia de Jequitinhonha

Fonte: <http://www.cprm.gov.br> (acessado em 28/09/2005)

Quadro II.5.1-5 - Quadro-Resumo da Estratigrafia da Bacia de Jequitinhonha.

Grupo	Formação	Membro	Idade	Litotipo
Espírito Santo	Rio Doce	-	Terciário	Arenitos grossos
	Caravelas	-	Terciário	Carbonatos de origem nerítica
	Urucutuca	-	Neocretáceo e Terciário	Pelitos e arenitos finos
Barra Nova	Regência	-	Turoniano-Albiano	Rochas carbonáticas
	São Mateus	-		Rocha clástica grossa
Nativo	Mariricu	Itaúnas	Aptiano Superior	Evaporitos
		Mucuri	Aptiano-Barremiano	Rochas clásticas grossa e fina

Fonte: SANTOS et al. (1994)

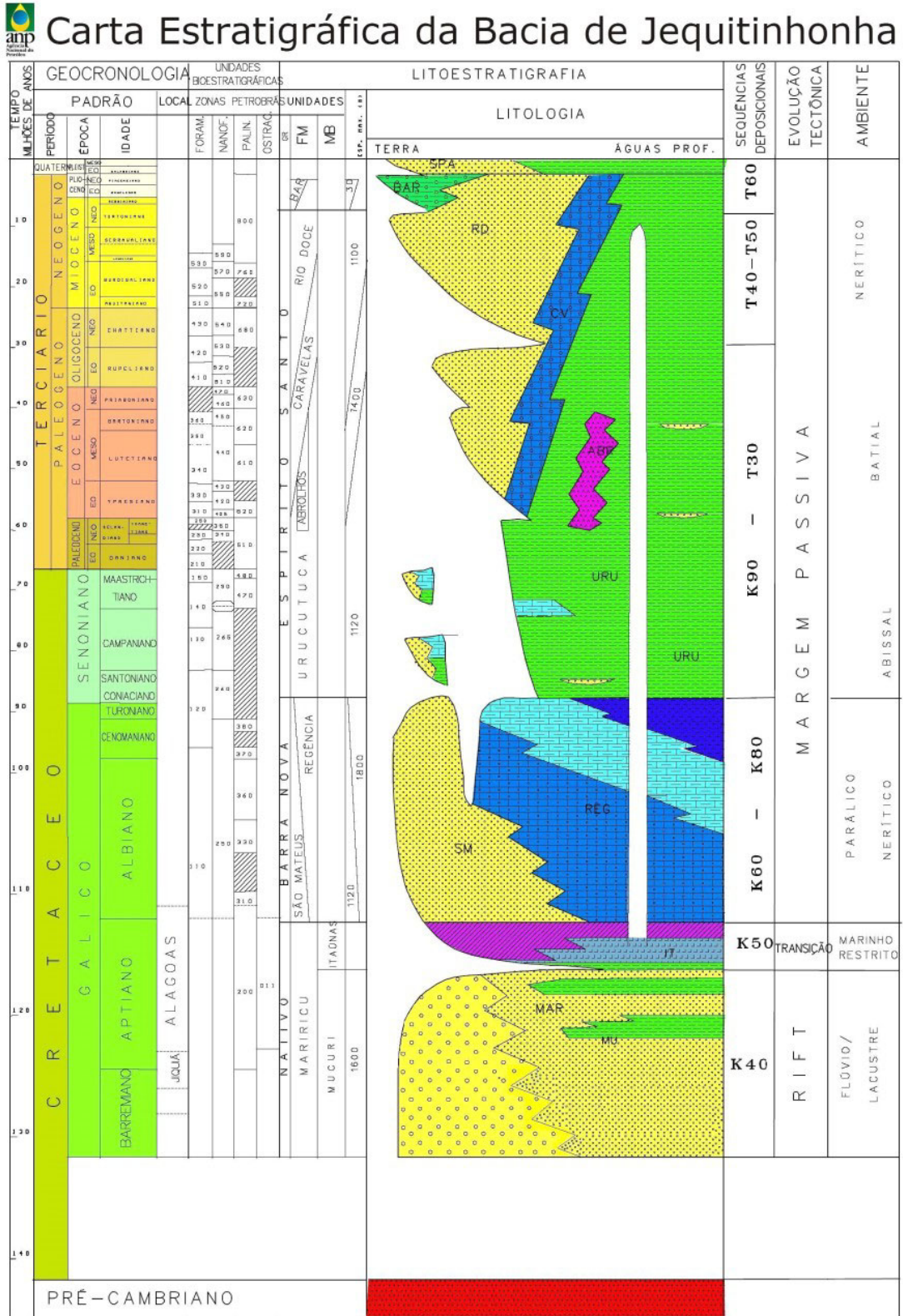


Figura II.5.I-26 - Carta Estratigráfica da Bacia de Jequitinhonha

Fonte: Modificado de <http://www.anp.gov.br> (acessado em 28/09/2005)

a) Sistemas Petrolíferos

MELLO et al. (1993) apud GONÇALVES et al. (1994) com base em dados de Pirólise e Teores de Carbono Orgânico (TOC) indicaram a ocorrência de níveis potencialmente geradores de petróleo nas bacias do sul do Estado da Bahia (Camamu, Almada, Jequitinhonha e Cumuruxatiba). Os níveis estariam relacionados às seqüências rifte (idade Rio da Serra-Jiquiá) e marinha (idades Aptiano-Albiano).

A seqüência rifte, na Bacia de Jequitinhonha, GAGLIANONE et al. (1987), com base em estudo geoquímico, identificaram nesta Bacia níveis com grande quantidade de matéria orgânica correlacionados aos óleos recuperados.

Com cerca de 25 poços exploratórios perfurados até o momento, a bacia de Jequitinhonha apresenta indicações de hidrocarbonetos líquidos e gasosos esparsos em diversos poços, mas apenas uma acumulação de óleo sub-comercial, descoberta pelo poço I-BAS-37. Nesta acumulação, a trapa compreende reservatórios siliciliclásticos (arenitos e conglomerados) do Membro Mucuri, depositados sobre um alto do embasamento e selados por camadas evaporíticas do Membro Itaúnas, ambos da Formação Mariricu (GAGLIANONE et al., op. cit.). Este poço produziu cerca de 900.000 barris de óleo e 12 milhões de metros cúbicos de gás em um período de cinco anos.

Dados geoquímicos sobre Teor de Carbono Total (TOC) e pirólise Rock-Eval lito e cronoestratigráficos de doze poços disponibilizados pela ANP para licitação dos Blocos BM-J-1, J-2 e J-3, indicaram a presença de intervalos potencialmente geradores, tanto na seção Rifte quanto Pós-Rifte.

Os maiores teores de TOC e potenciais geradores de hidrocarbonetos são encontrados na seção Cretácea pós-sal (Albo-Turoniano). Na seção do cretáceo pré-sal (Aptiano), embora predominem valores mais baixos, estão presentes amostras com TOC entre 1,5 e 2,5% e potenciais geradores superiores a 2mgHC/gRocha. Já na seção terciária os potenciais geradores são significativamente mais baixos. Os dados de Índice de Hidrogênio (IH) e de Índice de Oxigênio (IO) mostraram que na seção do Cretáceo pós-sal predominam querogênios do tipo II. Na seção cretáceo pré-sal ocorre uma mistura de querogênios dos tipos II e III, enquanto no Terciário há um franco predomínio de querogênios do tipo III. No caso da seção pré-sal, os níveis com TOC e IH mais elevados estão dispersos, não constituindo um pacote gerador de hidrocarbonetos significativamente espesso e lateralmente contínuo. No caso do intervalo Cretaco pós-sal, os níveis ricos em matéria orgânica apesar de mais freqüentes e espessos, também mostram uma baixa continuidade lateral.

Para o grau de evolução térmica os valores de Temperatura Máxima (T_{max}) em função da profundidade de soterramento indicam que condições adequadas para o início da geração de óleo (T_{max} de 435-440°C) são alcançadas com uma sobrecarga da ordem de 3.000-3.500 m de profundidade. Tais condições foram atingidas apenas pelos intervalos potencialmente geradores do Aptiano e da base do Albiano.

O óleo produzido no poço I-BAS-37 caracteriza-se pela alta proporção de parafinas (77%), baixa densidade (39°API), relação Pristano/Fitano em torno de 1 e relação isotópica $\delta^{13}C$ igual a -23,1‰ (GAGLIANONE et al., 1987). Tais características geoquímicas sugerem uma origem a partir de rochas geradoras depositadas em condições marinhas ou lacustres restritas (alta salinidade), compatíveis com as encontradas na porção superior do Aptiano em diversas bacias da margem continental brasileira (ex: Espírito santo, Sergipe-Alagoas, Potiguar).

Quanto ao selo, dados mostram que os arenitos da Formação Urucutuca (Neocretáceo) são selados pelos folhelhos intercalados da mesma formação. O mesmo se dá com relação aos reservatórios da Formação São Mateus, que também são selados por folhelhos intraformacionais. No caso dos carbonatos da Formação Regência, o selo é representado por calcilitos e margas. No caso dos reservatórios da fase rifte, o selo corresponde aos folhelhos intercalados aos conglomerados da Formação Mariricu (ANP, 2002).

As trapas da seção rifte são predominantemente estruturais, estando associadas às falhas que formam horsts e grabens, além de blocos basculados. Na seção drifte as trapas principalmente estratigráficas ou mistas, estando tanto associadas aos arenitos turbidíticos neocretáceos da Formação Urucutuca, quanto para os arenitos e carbonatos do Grupo Barra Nova (ANP, 2002).

Os plays da seqüência rifte são constituídos pelos conglomerados da Formação Mariricu, os quais são selados por folhelhos em trapas estruturais. Estes conglomerados são portadores de óleo no poço I-BAS-37. Os plays da seqüência drifte são representados pelos arenitos turbidíticos da Formação Urucutuca, os quais se intercalam em meio a folhelhos de talude e constituem trapas estratigráficas e mistas. Este tipo de play é do mesmo tipo que ocorre em ambiente de águas profundas em muitas bacias da margem leste brasileira. Os arenitos da Formação São Mateus são selados por folhelhos e os carbonatos da Formação Regência são selados por calcilitos e margas. Ambos plays são esperados na bacia (ANP, 2002).

b) Exsudações

A possibilidade sobre a ocorrência de exsudações de hidratos de gás e de óleo em algumas áreas da margem continental brasileira (Bacias de Campos, Espírito Santo e Cumuruxatiba) é apontada por CLENNELL (2000).

Para a Bacia de Jequitinhonha, CASTILHO (2005) coloca sobre a possibilidade de ocorrência de exsudações. A partir da utilização de imagens de RADAR (RADARSAT) e sua associação com os aspectos tectônicos da bacia e com manchas de óleo na superfície do mar, foram definidos prováveis domínios para a geração e migração de óleo na Bacia de Jequitinhonha (**Figura II.5.1-27**) e pontos de exsudações (**Figura II.5.1-28**).

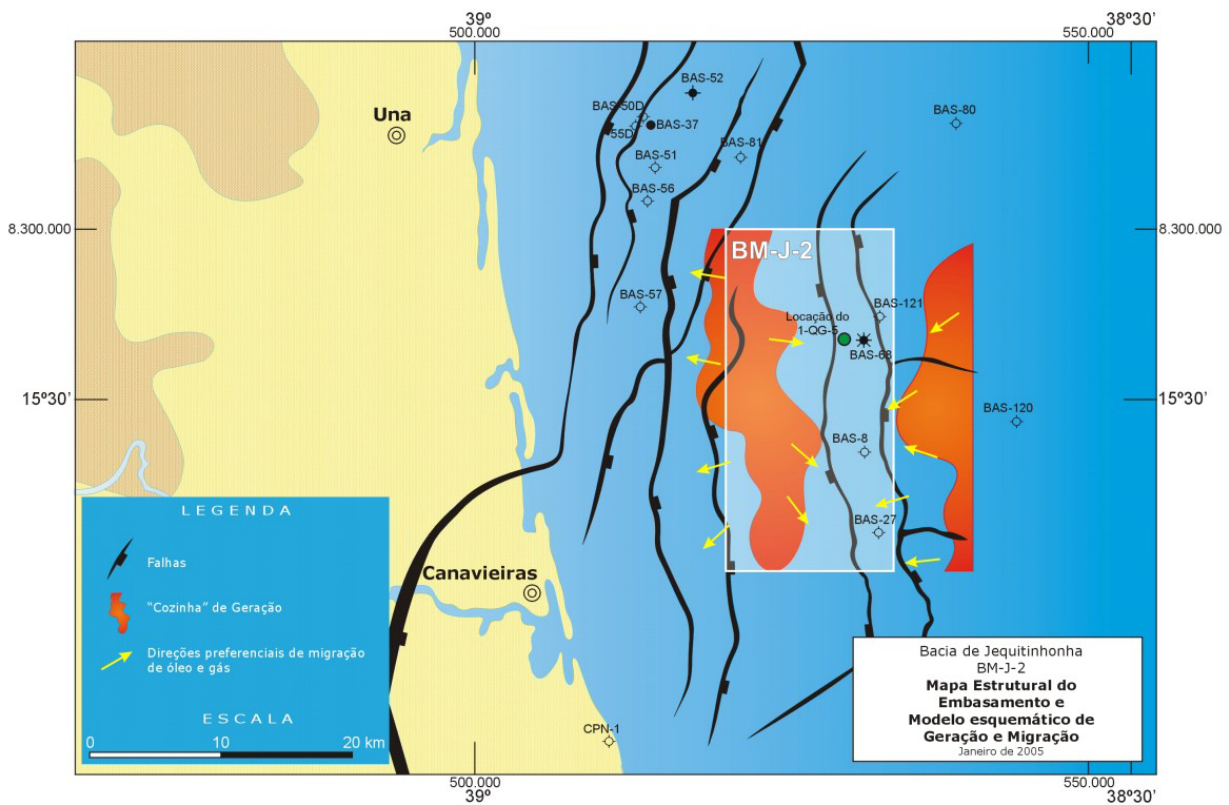


Figura II.5.1-27 - Mapa mostrando as possíveis direções preferências de migração de óleo e gás no Bloco BM-J-2

Fonte: Queiroz Galvão (2006)

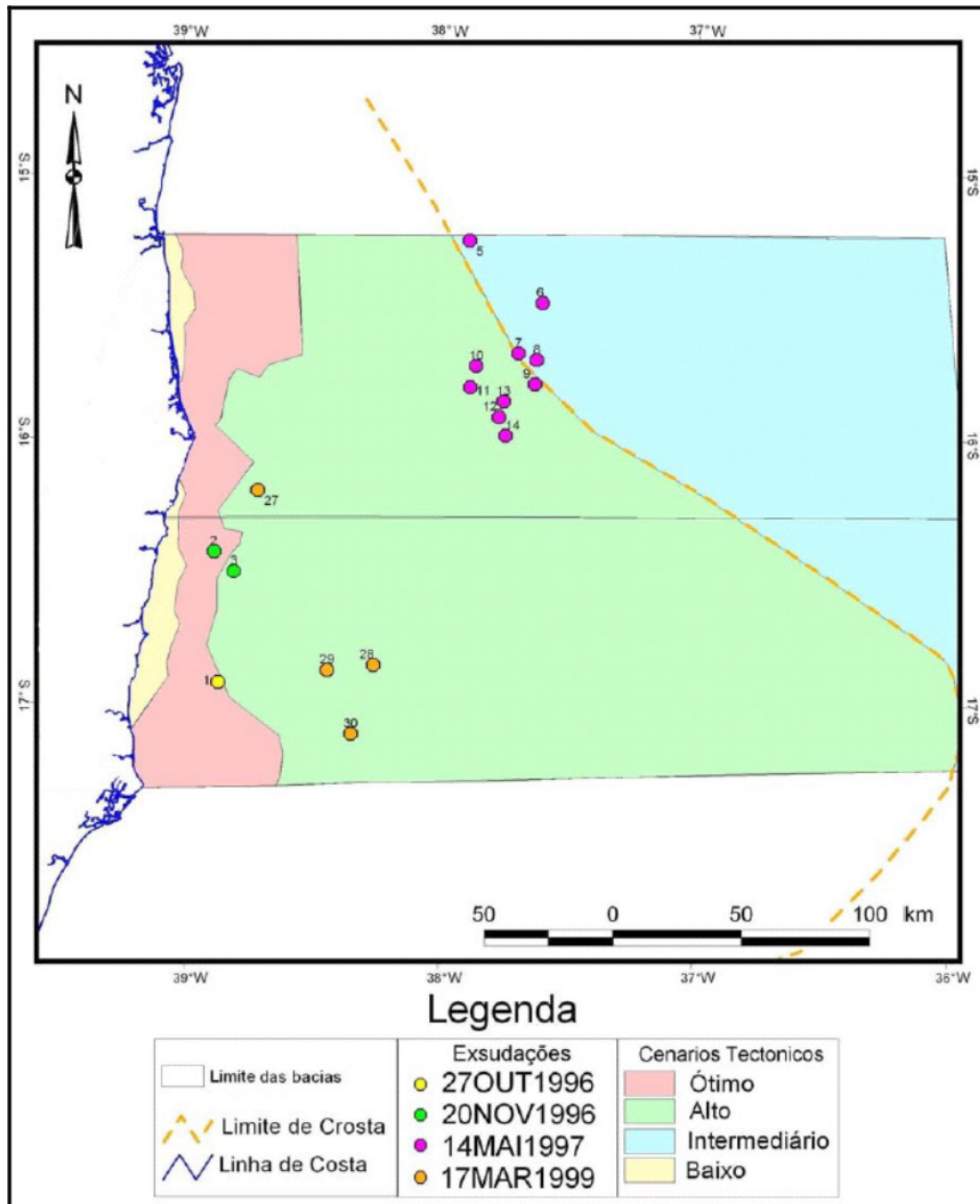


Figura II.5.1-28 - Mapa dos cenários tectônicos e possíveis exsudações identificadas na área das Bacias de Jequitinhonha e Cumuruxatiba

Fonte: Castilho (2005)

Na Bacia de Jequitinhonha os focos estariam situados em águas profundas, na direção ao limite crosta continental/oceânica. Na Bacia de Cumuruxatiba os focos se encontrariam nas plataformas interna e externa próximo a quebra da plataforma, associadas a falhas com sentido E-W.

Na Bacia de Jequitinhonha, CASTILHO (op. cit.) identificou uma área de exsudações em águas profundas em torno de 4.000 m de profundidade. Tal área representaria uma fronteira exploratória, próxima ao limite crosta continental/oceânica. Embora localizada em águas ultraprofundas, as áreas de exsudações estão relacionadas a altos do embasamento nela presente. Não é observada na literatura a ocorrência de exsudações de gás e óleo na plataforma continental da Bacia de Jequitinhonha.

II.5.1.2.3.2 - Características Locais

Informações sobre as características estratigráficas e do petróleo no Bloco BM-J-2 são descritas detalhadamente em ANP (2002) e PORTO et al. (2004) e QUEIROZ GALVÃO (2006).

O Bloco BM-J-2 está situado na porção central da Bacia de Jequitinhonha defronte as localidades de Una e Canavieiras. Esse bloco estende-se entre as profundidades de 25 e 200 m, ocupando uma área de 371 km² (ANP, 2005). PORTO et al. (2004) produziram, até o momento, estudo mais detalhado sobre as condições geológicas na área do Bloco BM-J-2, que está "assentado" sobre as principais unidades estratigráficas da Bacia de Jequitinhonha (**Figura II.5.1-29 e Figura II.5.1-30**).

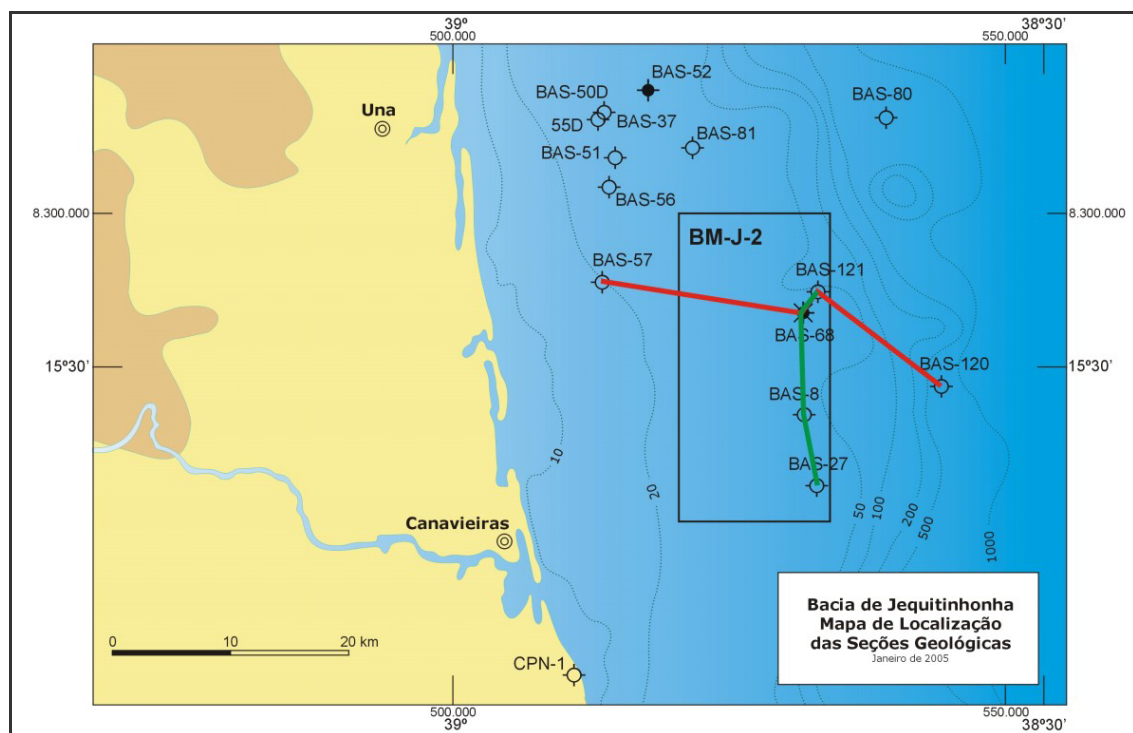


Figura II.5.1-29 - Mapa de localização das Seções Geológicas. Bacia de Jequitinhonha

Fonte: Queiroz Galvão (2006)

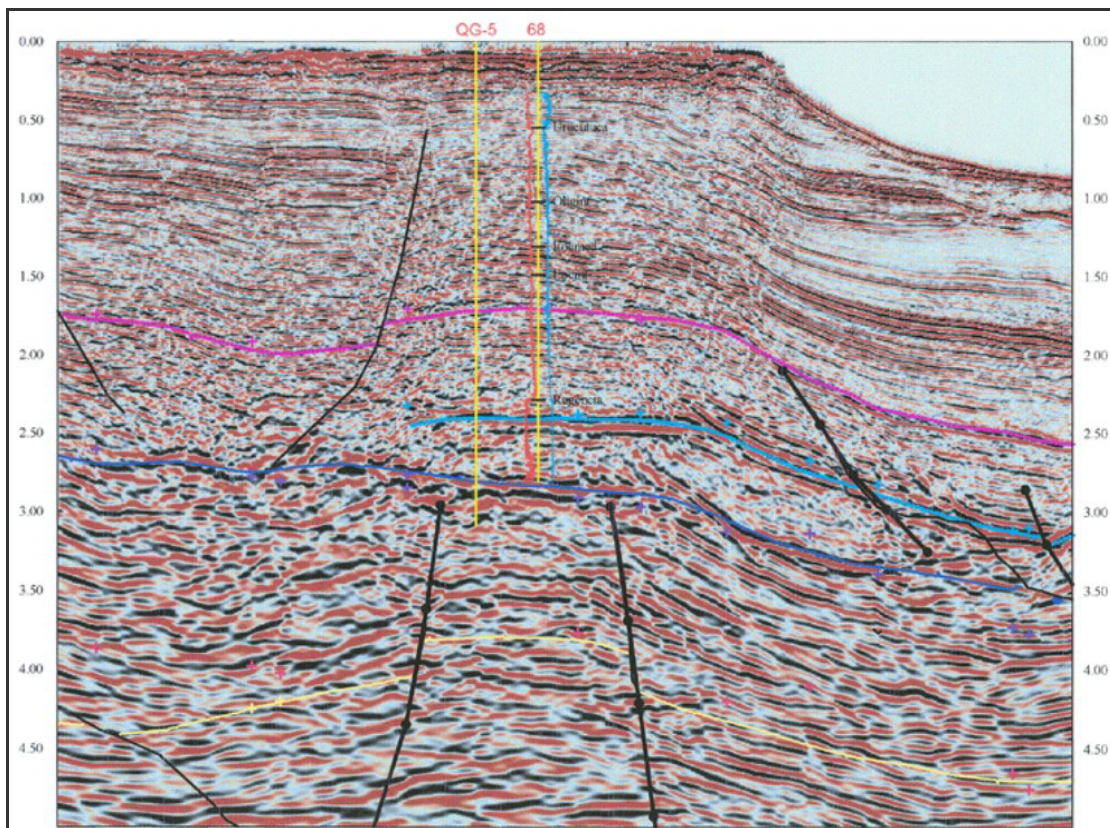


Figura II.5.1-30 - Seção sísmica mostrando a localização do poço I-BAS-68 e a localização do poço a ser perfurado, com as respectivas unidades estratigráficas a serem atravessadas

Fonte: Queiroz Galvão (2006) Projecto QG-5

O prospecto QG-5 onde será perfurado o poço I-QG-5-BAS situa-se na parte Noroeste do Bloco BM-J-2, a aproximadamente 1 km a Oeste do poço I-BAS-68. O I-QG-5 está situado nas coordenadas 15°27'14" W e 38°42'57" S, sendo a cota batimétrica de aproximadamente 50 m. A locação do I-QG-5 dista 27 km da linha de costa e 33 km da cidade de Canavieiras (**Figura II.5.1-29**).

A finalidade do QG-5 será testar o potencial petrolífero do horst na sua estrutura melhor controlada e o potencial de gerador dos depocentros da Calha Central e do grande depocentro Leste da bacia (**Figura II.5.1-30**, **Figura II.5.1-31** e **Figura II.5.1-32**).

Os reservatórios principais objetivos do poço I-QG-5 serão os arenitos da seqüência pré-sal do Aptiano da Formação Mariricu (Mb Mucuri); são arenitos arcossianos, cimentados com características de reservatório regulares. A previsão é de que estes arenitos sejam penetrados a partir de 4.550 m e o prognóstico de que estejam fraturados / falhados.

Os objetivos secundários são os calcários da Formação Regência que apresentaram excelentes indícios de hidrocarbonetos no vizinho poço BAS-68.

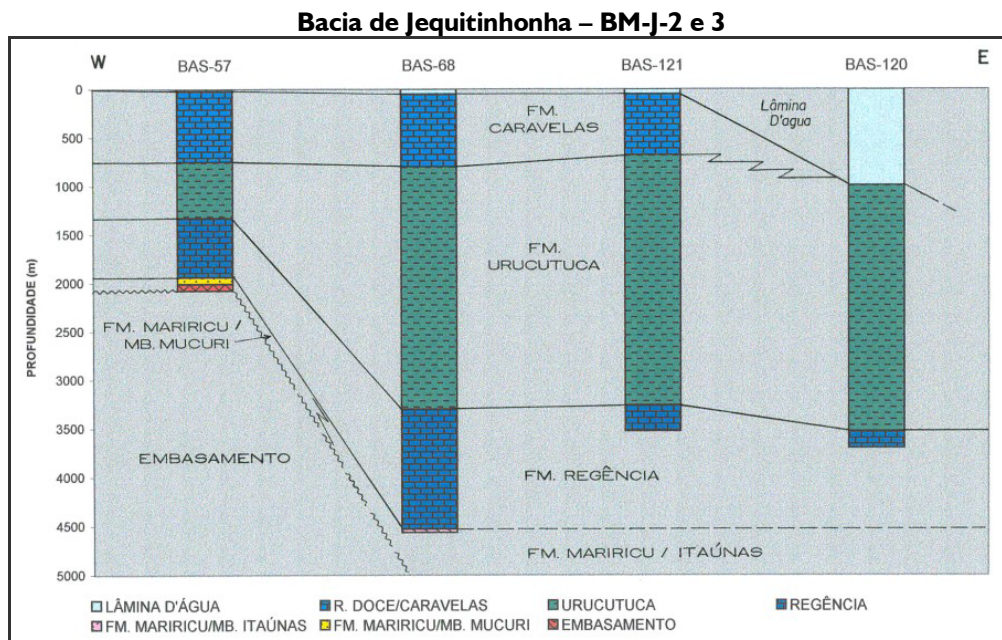
Quanto as condições de geração e selo, evidências diretas de hidrocarboneto (HC) gerado na área, particularmente aqueles produzidos no poço BAS-37, atestam a potencialidade desta parte da bacia, onde está situado o bloco BM-J-2 e a locação proposta QG-5.

A presença de dois depocentros - a Leste e Oeste – situados nas bordas do horst são fatores significativos da capacidade de geração na bacia. A modelagem de bacia e de sistemas petrolíferos realizado no bloco BM-J-2 mostraram que caso haja geradores espessos nestes depocentros a geração de HC certamente terá sido eficiente. Outro fator positivo na área é a presença do horst que atua como polo concentrador do HC migrado dos depocentros.

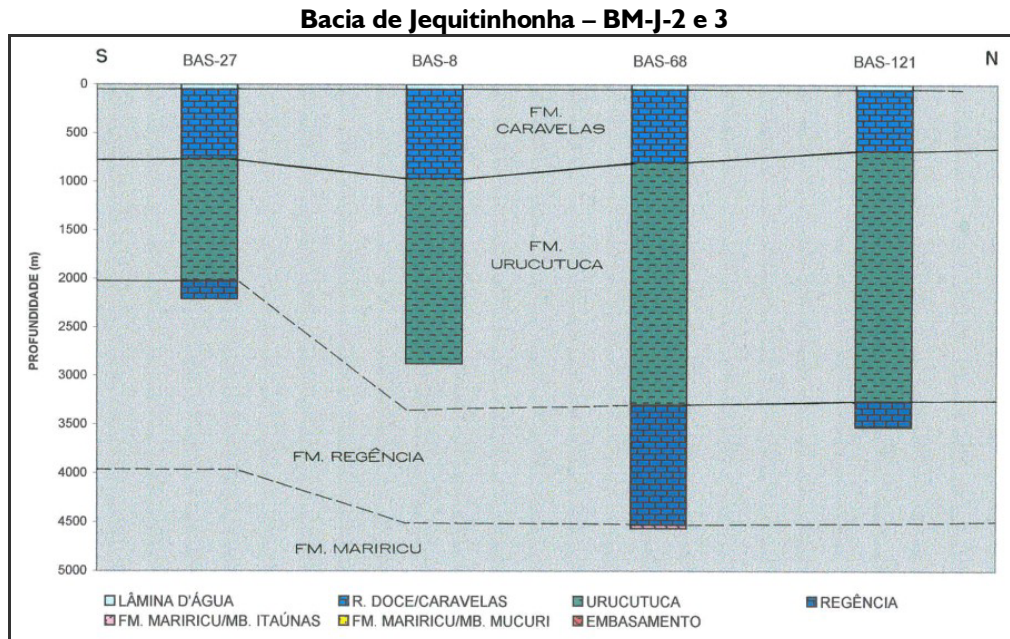
As camadas selos na área do prospecto são as anidritas e/ou folhelhos pré-sal que recobrem a área.

Quanto ao prognóstico do tipo de hidrocarboneto, considerando o gradiente geotérmico médio de 27 a 31°C/km e a existência de depocentro a Leste com soterramentos das rochas geradoras da ordem de 6.000 a 7.000 m, é de que o prospecto QG-5 será gas prone com a presença também de óleo condensado de 45° API.

Na plataforma continental onde está situado a área do Bloco BM-J-2 não é observada, até o momento, a existência de focos de exsudações de gás ou óleo em superfície.



Fonte: QUEIROZ GALVÃO (2005)



Fonte: QUEIROZ GALVÃO (2005)

O quadro de previsões do poço pioneiro I-QG-5-BAS atravessa seqüências do Aptiano ao Mioceno, atingindo a profundidade máxima de 5.200 m (**Figura II.5.1-33**).

O poço I-QG-5-BAS deverá perfurar as seguintes unidades estratigráficas.

- a) A Formação Rio Doce constitui o topo da coluna geológica prevista para o poço I-QG-5, com espessura de cerca de 50 m. Possui idade pliocênica e é composta por arenitos.
- b) Sobreposta à Formação Rio Doce encontra-se a Formação Caravelas, situada a 200 m de profundidade. Possui idade miocênica, sendo constituída, predominantemente, por carbonatos (calcarenitos e secundariamente calcilitos alternados por arenitos).
- c) A Formação Urucutuca, situada a cerca de 800 m de profundidade, é composta predominantemente por folhelhos, intercalados com níveis de carbonatos, margas e arenitos. A idade desta seqüência varia do Coniaciano ao Oligoceno.
- d) A Formação Regência é uma unidade pós-sal situada na profundidade de 3.300 m, sendo constituída por carbonatos de alta e baixa energia, relacionados a ambiente nerítico, com idades albiana-cenomaniana-turoniana. É observada a alternância entre seqüências carbonáticas: calcilitos e calcarenitos. Os alvos secundários estão situados nas seqüências de calcarenitos.
- e) O Membro Mucuri (Formação Mariricu) se encontra a cerca de 4.550 m de profundidade a partir nível do mar, abaixo do Membro Itaúnas (anidrita) - espessura próxima a 50 m.

- f) O membro Mucuri é constituído por arenitos alternados por folhelhos flúvio-lacustres do Aptiano. Os alvos principais estão localizados nesta seqüência.

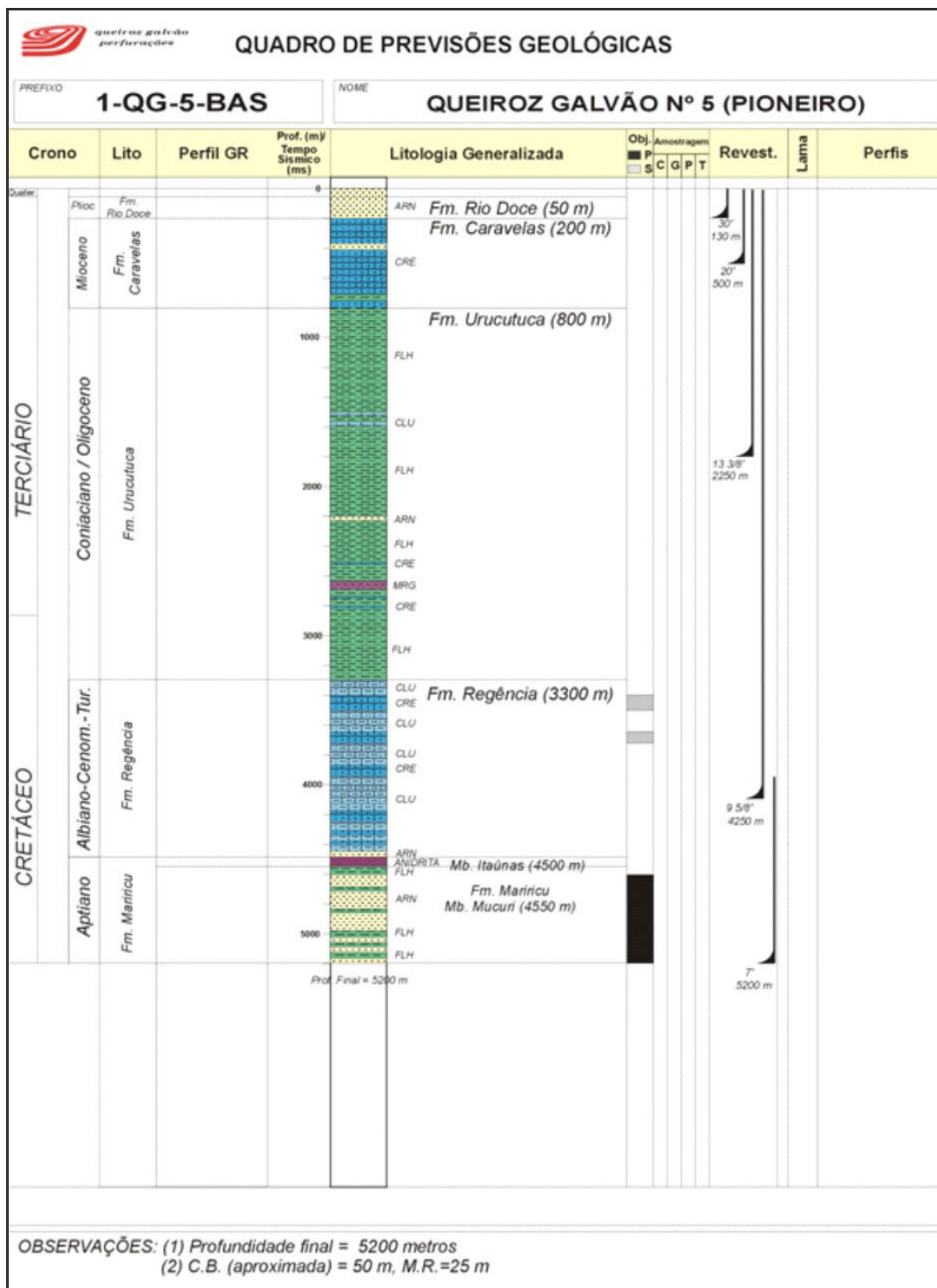


Figura II.5.1-33 - Quadro de Previsão Geológica do poço pioneiro I-QG-5-BAS no Bloco BM-J-2

Fonte: QUEIROZ GALVÃO (2005)

II.5.1.2.4 - Fisiografia

II.5.1.2.4.1 - Características Regionais

A Bacia de Jequitinhonha está inserida no Litoral Oriental, no macrocompartimento costeiro "Bancos Royal Charlotte e Abrolhos", como proposto por SILVEIRA (1964) e redefinido por MUEHE (1998). O Macrocompartimento Bancos Royal Charlotte e Abrolhos se estende entre Ilhéus (BA) e a desembocadura do Rio Doce (ES). Esse trecho da costa é dominado pelos depósitos do Grupo Barreiras, representado por um relevo em forma tabular, que podem atingir do litoral em direção ao interior cerca de 110 km (MUEHE, op. cit.).

Nesse macrocompartimento são observadas as planícies costeiras associadas aos rios Jequitinhonha, Caravelas e Doce, as quais representam as principais progradações da linha de costa atual, estando diante às falésias dos tabuleiros. Entre Ilhéus e Pedra de Una, os tabuleiros atingem a costa podendo, em alguns pontos, formar falésias ativas. A partir da porção sul da planície do Jequitinhonha até Prado voltam a ocorrer os tabuleiros e a linha de costa passa a presenciar as construções recifais. A partir de Prado os tabuleiros são substituídos pela planície progradacional do rio Caravelas, que entre Alcobaça e Nova Viçosa se destaca. Ao largo de Alcobaça e Caravelas ocorre um conjunto de construções recifais.

a) Área Emersa

Na área continental relacionada ao compartimento "Bancos Royal Charlotte e Abrolhos", a zona costeira, entre a ponta da Serra Grande e a Caravelas, apresenta três unidades fisiográficas: morros e serras, os tabuleiros e a planície flúvio-marinha e aluvial (GOUVÊA, 1970; SGRM, 1986) (**Figura II.5.1-34 e Desenho 2263-00-EIA-DE-2003**).

A unidade fisiográfica morros e serras está estabelecida tanto na porção SE do cráton de São Francisco quanto na Faixa de Araçuaí (bacia metassedimentar), correspondendo, respectivamente, ao embasamento cristalino e aos sedimentos metamórficos da bacia metassedimentar do sul da Bahia. Essa unidade se situa em posição mais interiorizada, a oeste da linha de costa, sendo caracterizada pela presença de um relevo mais acidentado, constituído por morros e serras com cristas assimétricas, cuja orientação é NW–SE (GOUVÊA, op. cit.).

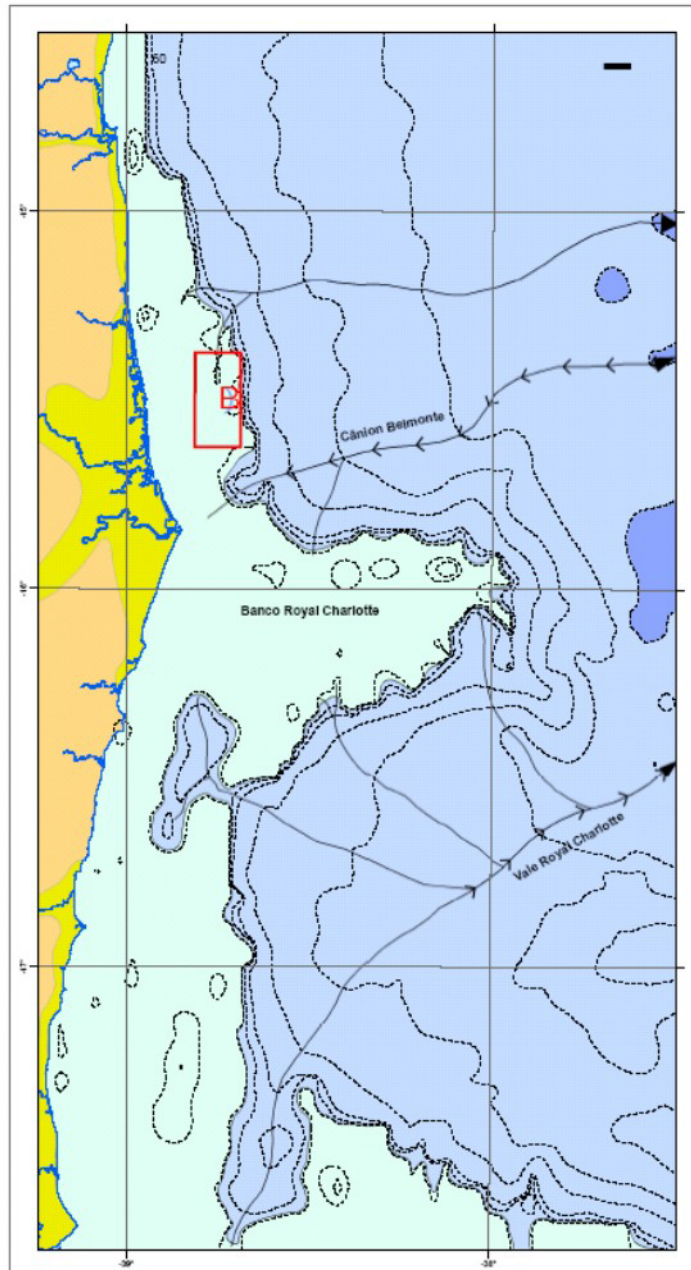


Figura II.5.1-34 - Mapa fisiográfico da Bacia e do Bloco BM-J-2

Fonte: QUEIROZ GALVÃO (2006)

A unidade fisiográfica dos tabuleiros localiza-se a leste da unidade metassedimentar. É caracterizada por uma superfície uniforme, com variação média de altitude em torno de 50 e 100 m, tendo a presença de depressões fechadas nos topos. A drenagem é densa e tende a um padrão dendrítico, sendo que os rios, em geral, se encaixam nos tabuleiros, sofrendo controle estrutural através da interferência de linhas de fraturas. Os rios que drenam a área dos

tabuleiros deságuam diretamente nas áreas das planícies aluvial e flúvio-marinha, possuindo vales amplos e com fundos chatos em forma de “U” (GOUVÊA, op. cit.).

A unidade planície flúvio-marinha e aluvial se estende desde a margem esquerda do rio Jequitinhonha até Pedra de Una, área de domínio da planície costeira flúvio-marinha do Jequitinhonha, formada a partir dos últimos 120.000 anos. A característica marcante dessa planície é a presença de feixes de cordões litorâneos arenosos ao longo da costa, entre Ilhéus e Canavieiras, sendo que sua distribuição não é uniforme. Tais feixes de cordões são paralelos à linha atual de litoral (direção N–S), sendo arqueados, com curvatura voltada para o oceano, e intercalados por depressões intracordões, que podem ser inundadas, formando pequenas lagoas. Uma drenagem secundária corre paralela à linha de litoral, alinhada com os cordões arenosos (SGDM, op. cit.).

À retaguarda dos cordões arenosos, ocorre a unidade da planície aluvial constituída por sedimentos carreados e transbordados pelo rio Jequitinhonha. Essas áreas assumem configurações, tais como pequenas baixadas, baixios, lagoas e brejos, as quais podem ou não sofrer inundações periódicas na época das cheias (GOUVÊA, 1970). Na área de contato entre a planície flúvio-marinha e aluvial com os tabuleiros, ocorrem escarpas esculpidas durante a fase transgressiva marinha (120.000 anos), que se traduzem por paleofalésias (DOMINGUEZ et al., 1982).

b) Condições Morfodinâmicas e Instabilidade da Linha de Costa

Nas porções frontais dos cordões litorâneos são observados problemas de estabilidade da linha de costa, que são descritos em estudos sobre diversas áreas da costa do Estado da Bahia.

APOLUCENO (1998), estudando a linha de costa na região de Ilhéus e sua relação com o porto de Ilhéus, constatou, através da comparação de fotografias aéreas (1963, 1973, 1992), uma taxa média de erosão na praia do Norte (20 km ao norte de Ilhéus), entre 3,5 m/ano e 4,8 m/ano, e um crescimento de 400 m para sudeste do pontal arenoso situado na desembocadura do rio Almada. A praia de São Sebastião, situada a barlar do porto, sofreu uma acresção entre 211 m e 350 m, representando uma taxa média de avanço da linha de costa entre 7,3 m/ano e 12 m/ano. A praia do Cristo, situada no pontal da desembocadura do rio Almada, foi “construída” entre 1973 e 1992, em decorrência da erosão da praia do Norte e a conseqüente migração dos sedimentos em direção ao pontal.

Com relação às características morfodinâmicas, as praias situadas até 7 km ao norte do porto de Ilhéus, a partir da desembocadura do rio Almada, apresentam estágio intermediário; a partir desse ponto, elas se tornam dissipativas. Ao sul do porto, as praias são classificadas como dissipativas.

SILVA et al. (2005) estabeleceram o potencial de danos econômicos (PDE) na chamada Costa do Descobrimento, que se estende de Belmonte até Trancoso, com base na sensibilidade ambiental das praias. A relação considera o comportamento morfológico das praias e o nível de ocupação humana das áreas a elas relacionadas. Indiretamente, são apontadas as áreas que sofrem erosão ao longo do trecho estudado (**Quadro II.5.1-6**)

RODRIGUES et al. (2005) buscaram identificar as mudanças ocorridas na linha de costa a partir da década de 1950 até 2003 no município de Ilhéus, sendo definidas três categorias de classificação: linha de costa em erosão (reco), linha de costa em acumulação (progradação) e linha de costa em equilíbrio. A primeira categoria engloba as praias a norte do porto de Malhado em dois trechos um de 2 km e outro de 11 km. A segunda categoria abrange o litoral norte (próximo à ponta do Ramo) e praia da Avenida (Ilhéus). A terceira categoria relaciona as praias de Marciano, Malhado e praia do Norte).

NASCIMENTO et al. (2005) classificam as praias da Costa do Cacau, que abrange o trecho de costa entre Itacaré e Canavieiras, sob o ponto de vista morfodinâmico. As praias dissipativas são mais frequentes entre as desembocaduras dos rios Pardo e Jequitinhonha e entre a barra do rio Itaípe e os afloramentos rochosos de Serra Grande.

Quadro II.5.1-6 - Potencial de Danos Econômicos e Erosão Costeira na Costa do Descobrimento (Litoral Sul da Bahia)

Potencial de Danos Econômicos	Praias	Percentual de Ocorrência
Nulo	Entre Belmonte e Santo André	35
Baixo	Maioria das praias entre Trancoso e Corumbau	25
Médio	Praias entre Santo André e Trancoso e entre Cumuruxatiba e Prado	30
Alto	Praias próximas a desembocaduras fluviais dos rios Santo Antônio e João de Tiba, nas praias de Taperapuã e Mundaí (Foz do rio Buranhém), Arraial d'Ajuda e em Prado	10

Fonte: SILVA et al. (2005)

Na zona marinha, a evolução das isóbatas contíguas à praia de São Sebastião, entre 0 m e 5 m, apresentou taxas de acumulação de sedimentos com valores entre 35.700 m³/ano e 45.500 m³/ano. Quanto às áreas de proveniência dos sedimentos da ante-praia, ao norte do

porto de Ilhéus, esses provêm de correntes de deriva, com sentidos N-S e S-N, e da erosão da linha de costa. Na área do porto, os sedimentos são fornecidos parcialmente pela descarga do rio da Cachoeira e da erosão dos afloramentos do embasamento cristalino na área. Ao sul do porto, na praia do Sul, os sedimentos resultam da deriva litorânea, que se dirige para N (APOLUCENO, op. cit.).

c) Deriva Litorânea

O trecho entre o rio Jequitinhonha até próximo a latitude de 18oS, foi estudado por SILVA (1998), BITTENCOURT et al. (2000) e SILVA et al. (2001). Esses estudos, realizados com base na análise de diagramas de refração de ondas e na caracterização do sentido da deriva litorânea efetiva, permitiram identificar várias áreas associadas, tanto a um balanço sedimentar deficitário quanto à ocorrência de erosão costeira.

BITTENCOURT et al. (2000) estabeleceram, a partir de modelos de clima de ondas, o padrão de dispersão de sedimentos na costa do Estado da Bahia. A costa foi dividida sob o aspecto fisiográfico em cinco setores. A área da Baía de Jequitinhonha abrange os setores IV e V.

O setor IV abrange de Itacaré a Ilhéus. A plataforma continental e o talude são estreitos e com rápida declividade a partir da quebra da plataforma continental. A plataforma passa a se alargar em direção ao sul (Banco Royal Charlotte). O setor V se estende de Ilhéus até imediatamente após o sul de Caravelas (18oS). A plataforma continental se alarga até atingir o Banco Royal Charlotte, quando atinge a maior extensão na área ao sul da Baía de Jequitinhonha.

A construção do modelo considerou ondas de NE e E (período de 5 seg. e altura da onda 1 m) e ondas de SE e SSE (período de 6,5 seg. e altura da onda 1,5 m). Os resultados mostram que as frentes de ondas provenientes de SE e SSE refratam de modo mais intenso que as provenientes de NE e E. Tal fato é verificado pelo grande número de extensões da costa que mostram a divergência e convergência dos raios de ondas associados a ondas de SE-SSE. São exemplos as áreas entre a ponta de Catoeiro-Itaquena (SE), ponta da Baleia e ponta de Santo Antonio (SSE). Com exceção da área ao sul da ponta da Baleia, os demais trechos apresentam divergência de raios-de-ondas em relação às ondas de NE e E, que não são muito efetivas (**Figura II.5.1-35**).

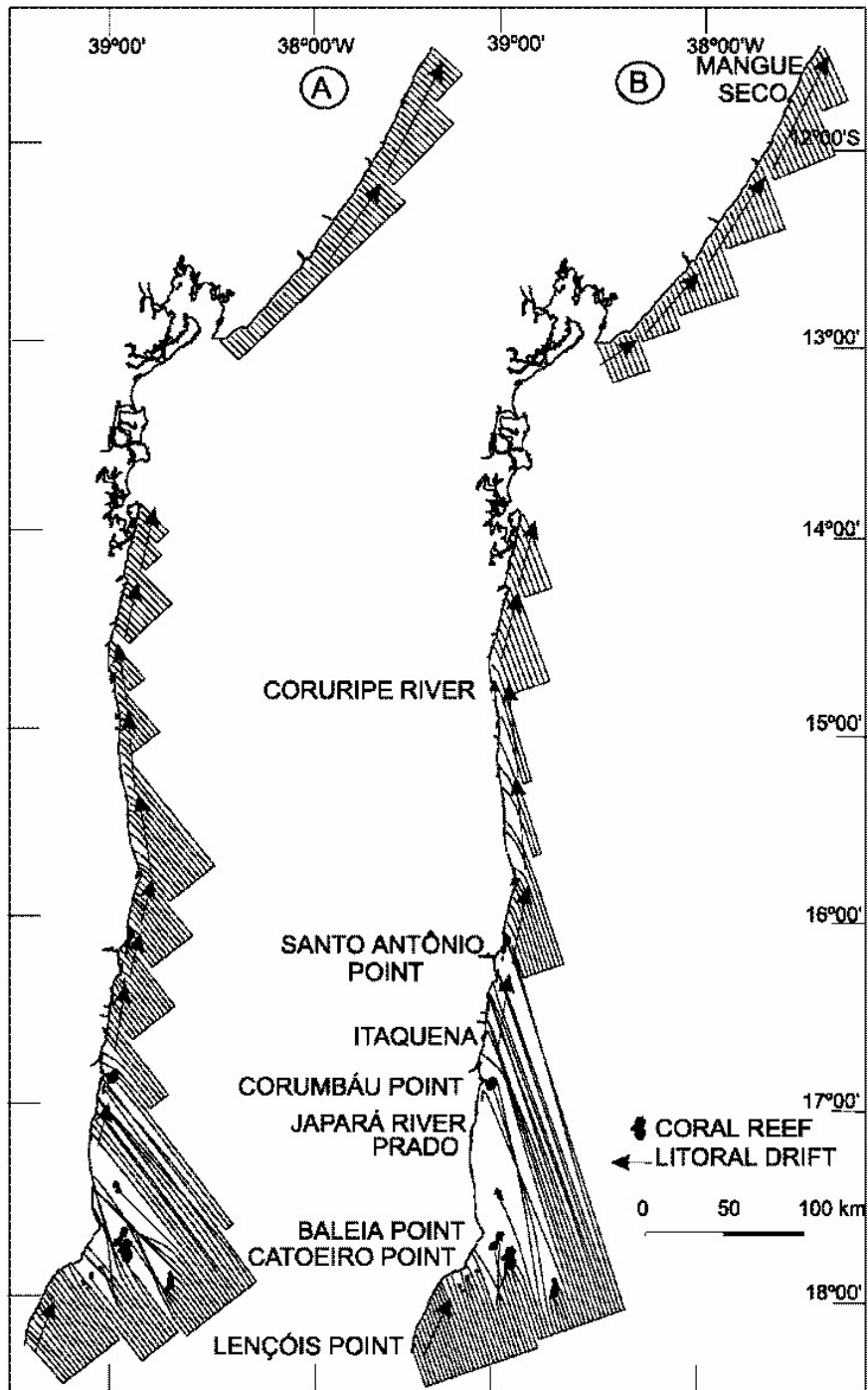


Figura II.5.1-35 - Diagrama de refração para ondas com período de 6,5 seg. e direções de SE e SSE

Fonte: BITTENCOURT et al. (2000)

Os trechos com convergência de raios-de-ondas ocorrem somente com a direção SE e SSE, nos trechos entre Itaquena e ponta de Santo Antonio (SSE) e entre Prado e ponta de Corumbá (SE) (Figura II.5.1-36).

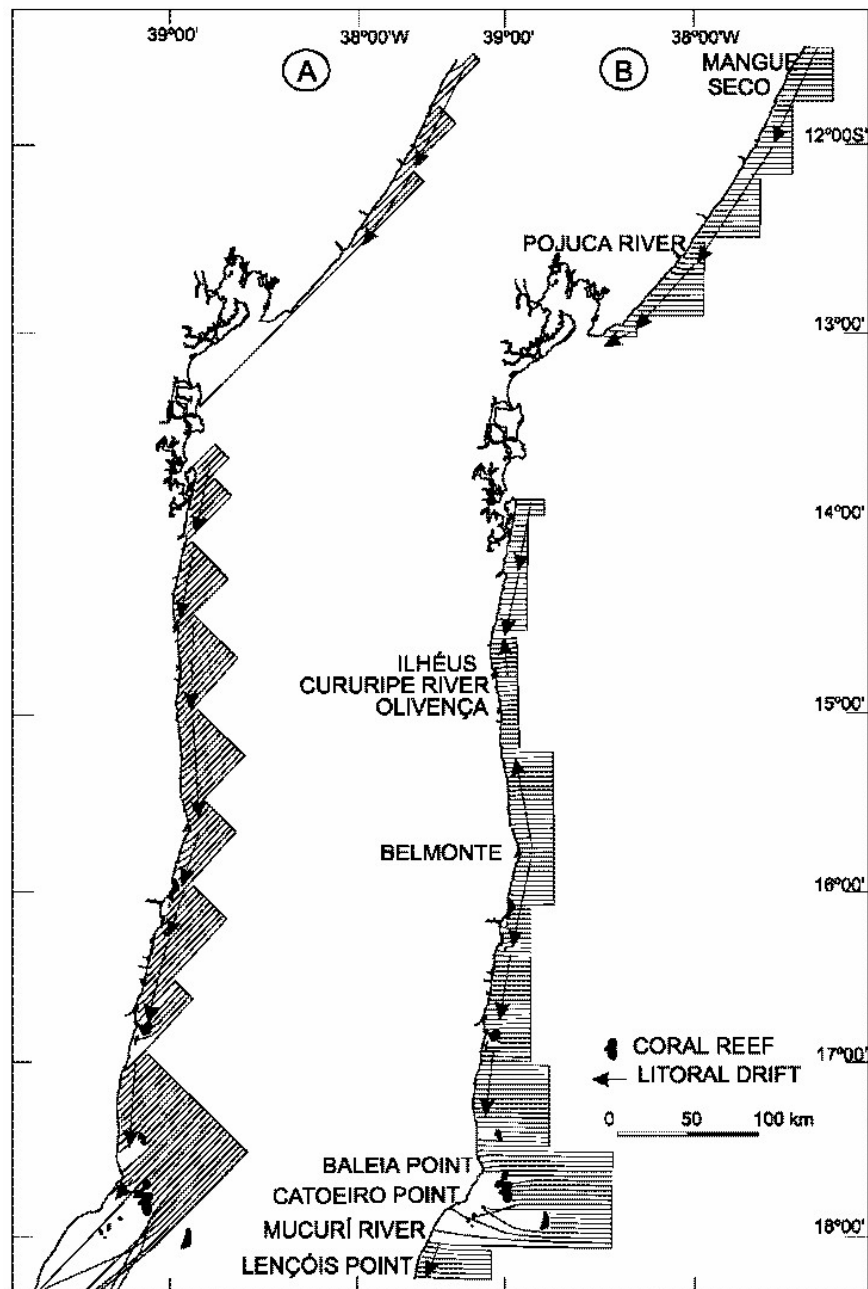


Figura II.5.1-36 - Diagrama de refração para ondas com período de 5 seg. e direções de NE e E

Fonte: BITTENCOURT et al. (2000)

As direções das derivas litorâneas efetiva não foram deduzidas para os trechos: ponta do Catoeiro - Itaquena (SSE); ponta do catoeiro - Prado (SE) e rio Mucuri - ponta da Baleia (E). Essas regiões se caracterizam pela ocorrência de baixos níveis de energia em relação aos demais trechos mencionados. Em geral, essas regiões são áreas de sombra de ondas ou de divergência de raios-de-ondas significativos, chegando a uma grande dispersão de energia de ondas (Figura II.5.1-37).

Os recifes de corais propiciam a proteção das ondas que abordam a linha de costa. A presença destes recifes de corais explica a predominância de uma deriva litorânea induzida por ondas fracas de NE e E entre Itaquera e ponta da Baleia. Esta reversão de derivas origina duas zonas de divergências de deriva litorânea nesta região, sendo elas o uma consequência direta da proteção promovida pelos recifes que inibem as ondas mais fortes provenientes de SE e SSE.

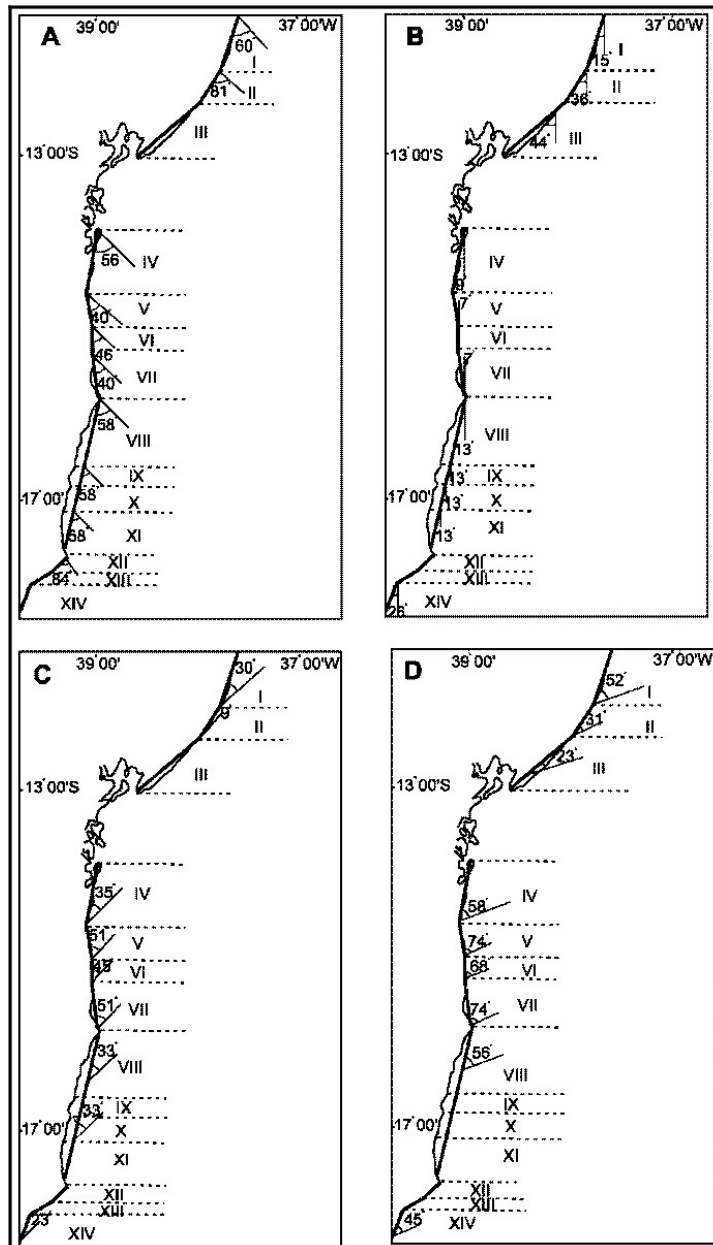


Figura II.5.1-37 - Ângulos de incidências formados pela frentes de ondas de NE (A), E (B), SE (C) e SSE (D), em relação as diferentes direções mostradas pela linha de costa do estado da Bahia, representada pelos diversos segmentos

Fonte: BITTENCOURT et al. (2000)

A modelagem de refração de ondas gerada para este estudo, apresentada no item II.5.1.3, aponta que as ondas provenientes da direção SE tem sua direção alterada para a direção E-SE em consequência da redução de profundidade. As ondas provenientes da direção S apresentam o mesmo comportamento sendo alteradas para a direção SE. Foi verificado em ambos os casos que a divergência se amplia a medida que há um aumento no período das ondas, fato relacionado a uma influência do fundo. Ocorre, ainda, um aumento das alturas das ondas. As ondulação provenientes da direção NE mostraram que há uma divergência para a direção E-NE e baixas alturas de ondas, fato relacionado a configuração das isóbatas que promovem a dispersão de energia das ondas oriundas de NE.

O padrão de dispersão observado em BITTENCOURT et al. (2000) favoreceu a formação de diferentes tipos de formas de acumulação. Esses padrões são responsáveis pela existência de grandes extensões da linha de costa sob erosão.

Dentre as formas erosivas estão diversos tipos de formas de acumulação dentre elas as cúspides na área de Caravela e Belmonte. No caso de Caravelas, a forma em cúspide está relacionada aos padrões de convergência da deriva litorânea que ocorre nesta área. No caso de Belmonte, o processo de acumulações resulta do efeito de espigão induzido pelo rio Jequitinhonha, que obstrui o fluxo de sedimentos provenientes de sul.

Trechos da costa mostrando severas erosões são observadas entre ponta de Corumbaú e Prado e acima de Boa Vista, com extensões de aproximadamente 40 km e 10 km de distância.

Em ambos setores estão presentes falésias ativas da Formação barreiras. A existência dessas falésias está relacionada às divergências da deriva litorânea que ocorrem nessas regiões, que são locais com balanço sedimentar deficitário.

Indicadores geomórficos ao longo da costa do Estado da Bahia corroboram as direções da deriva litorânea observadas na modelagem, sendo exceção o trecho de costa entre as pontas da Baleia e Catoeiro.

Nas planícies costeiras de Caravelas e Jequitinhonha mostram nos alinhamento das cristas de praias importantes truncamentos (erosão) intercalados a um processo geral de progradação (acresção) resultantes da inversão nas direções das derivas litorâneas ao longo da formação dessas planícies (**Figura II.5.1-38**).

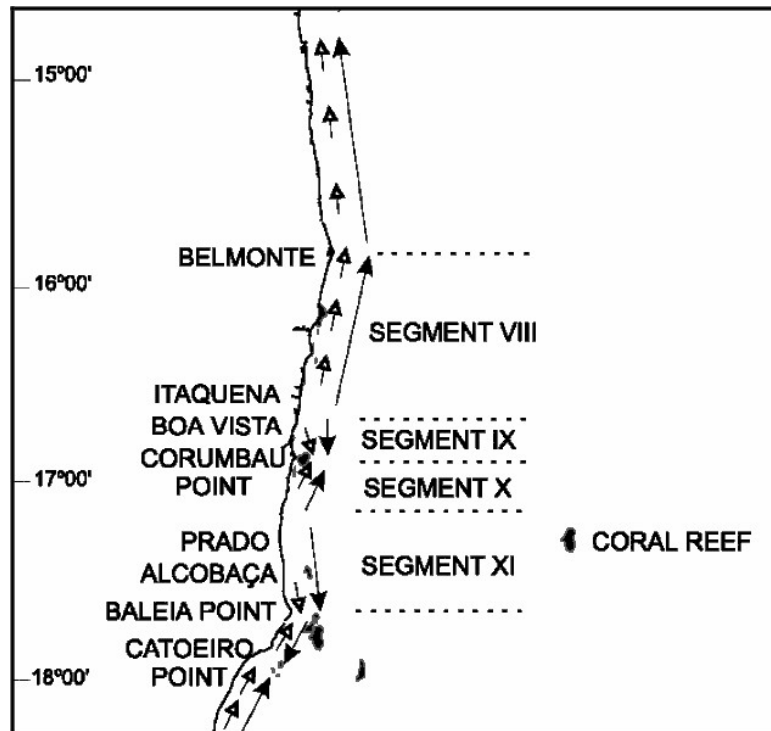


Figura II.5.1-38 - Comparação entre as direções de derivas litorâneas efetivas estimadas (setas grandes) e as inferidas através de feições geomórficas ao longo da costa do estado da Bahia. São observados os segmentos ao longo da costa

Fonte: BITTENCOURT et al. (2000)

d) Drenagem Fluvial

O sistema de drenagem fluvial da área entre a ponta da Serra Grande e Santa Cruz de Cabralia, os rios atravessam as três unidades fisiográficas e deságuam no litoral. O sistema de drenagem é representado pelos rios Almada, da Cachoeira, Una, Pardo e Jequitinhonha. Esses dois últimos destacam-se e são os que deságuam diretamente no oceano, a menos de 20 km um do outro.

Os demais rios são trapeados, parcialmente, próximo ao litoral pelos cordões ou esporões arenosos. Segundo BACOCOLI (1971), o rio Jequitinhonha, juntamente com o rio Pardo, forma o complexo “deltáico” do Jequitinhonha, que prograda, a partir das paleofalésias, por cerca de 15 km em direção ao oceano. Tal “delta” seria classificado como sendo altamente destrutivo e dominado por ondas. Destaca-se que a desembocadura do Jequitinhonha, na cidade de Belmonte, acha-se colmatada em função do aporte de material carreado dos altos e médios cursos, comprometendo as atividades de navegação nos canais que dão acesso à cidade de Canavieiras (GONÇALVES, 1997).

Dentre esses rios, as descargas fluviais mais representativas são as dos rios Pardo e Jequitinhonha, não sendo observadas informações sobre a descarga sólida (sedimentos) deles. Contudo, MILLIMAN (1975) aponta que material terrígeno em suspensão ao largo da foz do rio Jequitinhonha atinge 1mg/L. Não existem informações quanto às descargas líquidas e sólidas do rio Una (**Quadro II.5.1-7**).

Quadro II.5.1-7 - Descarga Fluvial Média dos Principais Rios entre Serra Grande e Ponta da Baleia

Rio	Período de Observação	Estação de Registro	Descarga Média Mensal (m ³ /s)
Almada	1977- 2003	Provisão II	17,32
da Cachoeira	1973 - 2005	Cont. da BR-101	25,08
Una	-	-	-
Pardo	1937-2003	Mascote	80,06
Jequitinhonha	1937-2004	Itabebi	420,30

Fonte: www.ana.gov.br (acessado em 01/12/05).

A análise das séries temporais dos rios Almada, Cachoeira, Pardo (**Figura II.5.1-39**) mostra que rios Almada, Pardo e Jequitinhonha apresentam maiores valores de vazão nos meses de dezembro e janeiro, enquanto o rio Cachoeira as máximas ocorrem em fevereiro e março.

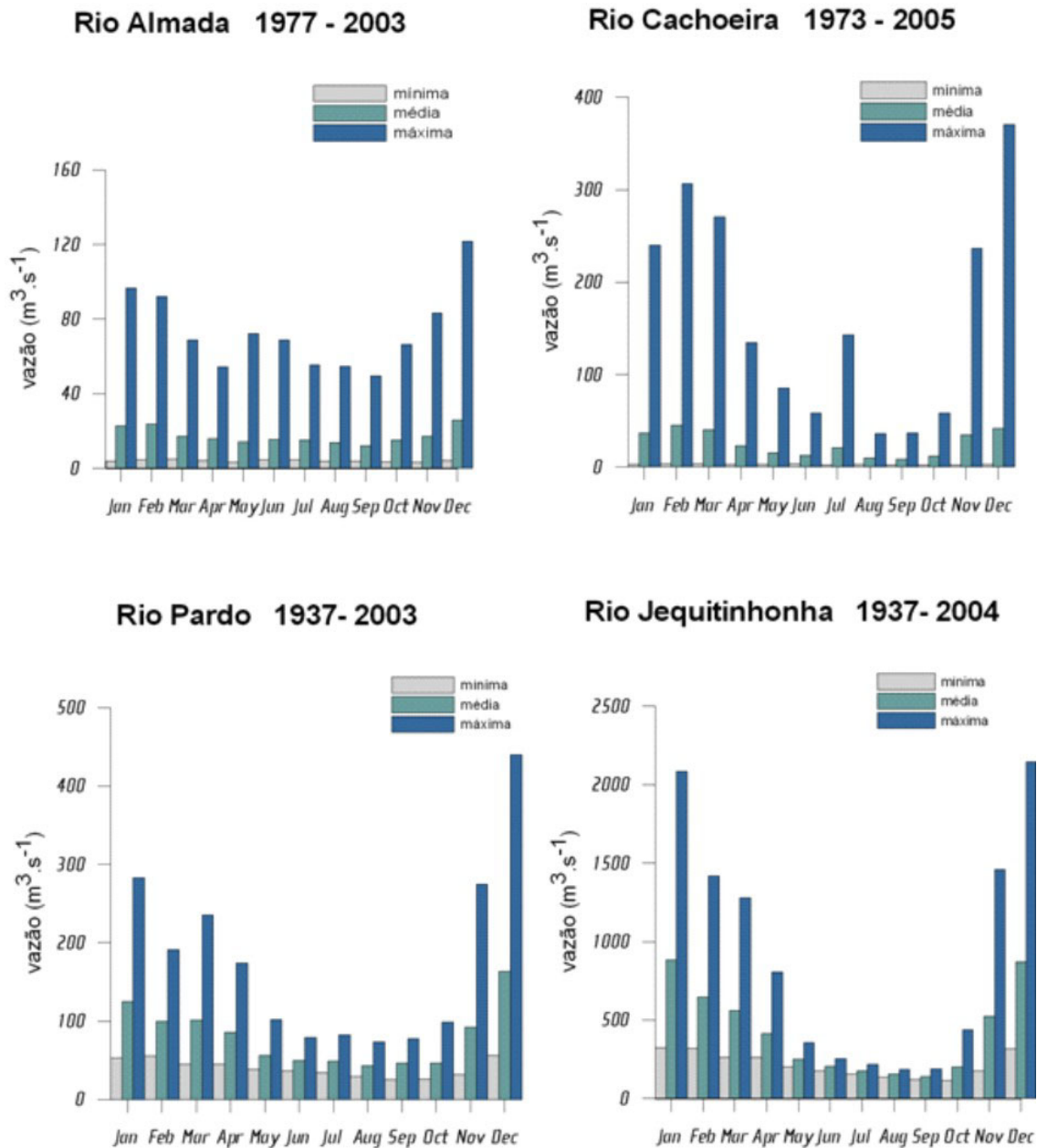


Figura II.5.1-39 - Séries Temporais de Descarga Fluvial dos Principais Rios entre Serra Grande e Ponta da Baleia

e) Área Submersa

Na área marinha, a margem continental compreendida entre a ponta da Serra Grande e Caravelas engloba três zonas fisiográficas: a plataforma continental, o banco Royal Charlotte e o talude continental (**Figura II.5.1-34**).

A plataforma continental pode ser dividida em dois trechos bem definidos. Ao norte de Ilhéus, a plataforma é estreita, mostrando um forte gradiente batimétrico, cujas isóbatas se dispõem de modo quase paralelas entre si e a linha de costa. Ao sul, a plataforma passa a se alargar, atingindo uma extensão expressiva ao largo de Belmonte e Caravelas. Os gradientes são baixos, com as isóbatas mostrando contornos irregulares.

A plataforma continental entre Serra Grande e Ilhéus, é bastante estreita, com as isóbatas alinhadas paralelamente à linha de costa, com direção N–S, e declividade acentuada até os 20 m de profundidade. A partir desse ponto até a quebra da plataforma (aproximadamente 60 m de profundidade), a declividade é relativamente mais suave (**Figura II.5.1-34**).

A configuração das isóbatas facilita a ocorrência de canais, que a atravessam em direção ao talude onde, segundo FRANÇA (1979), sobressai o canal de Ilhéus, situado a 8 km ao norte da cidade homônima, que se destaca entre 40-80 m de profundidade, e o canal Una, situado adjacente ao deságüe do rio Una, a 60 km de Ilhéus, apresentando um desenvolvimento expressivo também entre 40-80 m de profundidade e com comprimento de cerca de 10 km. Ocorrem, ainda, feições similares aos canais, porém, com menor expressão entre Ilhéus e a foz do rio Pardo, principalmente entre as isóbatas de 40 60 m.

A plataforma continental entre Ilhéus e Caravelas pode ser subdividida, com base nas suas características geomorfológicas, em dois setores: Ilhéus-Canavieiras e Belmonte-Caravelas (DOMINGUEZ, 1985).

O setor entre Ilhéus-Canavieiras apresenta uma plataforma com largura média de 26 km, sendo que ao largo de Ilhéus esta é de 20 km, alargando-se em direção ao sul, onde passa a 32 km largo de Canavieiras. A declividade média é de 3 m/km, com a quebra da plataforma ocorrendo entre as isóbatas de 60-80 m. A principal feição morfológica nesse trecho é o cânion Belmonte, que se dispõe paralelamente ao flanco norte do banco Royal Charlotte e cuja "cabeceira" encontra-se entre os rios Pardo e Jequitinhonha. Vales associados a curtas incisões na plataforma continental se apresentam lamosos (COSTA et al., 2005) (**Figura II.5.1-34**).

No setor Belmonte-Caravelas, há um alargamento da plataforma atingindo um máximo de 246 km, adjacente a Caravelas. Nessa região, destaca-se, como feição morfológica principal, o Banco Royal Charlotte, que apresenta uma área de 8.400 km², com forma quase retangular, e distâncias E–W de mais de 115 km e N–S abaixo de 50 km. Esse banco apresenta superfície plana, com uma declividade de 40 cm/km. No interior dessa feição, estão presentes canais com profundidades entre 30 e 40 m. O principal situa-se entre 40 e 60 m de profundidade e possui

um comprimento de cerca de 40 km e orientação NW, sendo coincidente com o deságüe do rio Santo Antônio (COUTINHO, 2005).

A presença de feições recifais areníticas ou coralíneas torna-se escassa a partir do 16oS em direção à latitudes mais ao norte (LEÃO, 1982), não havendo, para a área em questão, menções sobre a existência dessas feições. Contudo, não é descartada a hipótese de ocorrência dos recifes, tendo em vista a presença de sedimentos biogênicos na área. Segundo LEÃO (1996) apud BDT(2001), entre a cidade de Salvador e Abrolhos, ocorrem zonas diversificadas de recifes costeiros (biogênicos e comunidades em bancos de arenitos) e bancos isolados ao largo.

A ausência dos recifes entre Serra Grande e Ilhéus pode estar relacionada ao lançamento de sedimentos fluviais pelo rio Jequitinhonha e outras linhas de drenagem em direção à plataforma continental. No caso do rio Jequitinhonha, a descarga de águas e sedimentos exerce influência a 200 km ao sul da sua foz na plataforma continental. Apesar disso, são verificadas, mais ao sul, entre Ponta do Guaiú e Santa Cruz de Cabrália, as formações recifais de Araripe, Angaba e Coroa Alta.

Diversas formas de impactos sobre os recifes são verificados ao longo da Bahia. LESSA et al. (2005) verificaram a possibilidade de interferência da atividade de dragagem do canal do Tomba e seu material de descarte interferir sobre os recifes de corais. Concluem que a atividade promoveria um aumento da turbidez próximo a linha de costa e principalmente no entorno dos locais da dragagem. O aumento estaria relacionado à influência dos agentes naturais.

O talude continental nessa área acompanha a configuração e direção da plataforma continental, apresentando uma largura uniforme próxima a 100 km, tendo sua base pouca variação com relação à profundidade na qual se situa, em média, a 3.500m, e uma orientação de sua escarpa para E. A declividade entre 200 m e 2.000m é, em média, de 1:16 (3030' ou 62 m/km) e 1:46 (1030' ou 22 m/km); em direção ao sul, esses gradientes se suavizam.

Nessa unidade fisiográfica há a presença de terraços estruturais que se encontram relacionados a um expressivo sistema de falhas escalonadas (ZEMBRUSCKI et al., 1972) (**Figura II.5.1-34**).

Não se identifica na literatura, a princípio, nenhuma feição fisiográfica expressiva para área do talude. Indica-se, somente, o cânion de Belmonte, situado ao largo da foz do rio Jequitinhonha (FRANÇA, 1979).

II.5.1.2.4.2 - Características Locais

Informações locais do Bloco BM-J-2 (QUEIROZ GALVÃO, 2006) mostram que este está situado, predominantemente, na área da plataforma continental, atingindo parte do talude continental superior. A feição morfológica de destaque é o cânion de Belmonte, que passa ao sul da área do bloco (**Figura II.5.1-34**).

Do ponto de vista fisiográfico do fundo do mar a locação está situada em uma área relativamente plana recortada a Norte do bloco pelas cabeceiras do canyon – provavelmente originado pelo complexo do rio Una e a Sul do bloco pelas cabeceiras do canyon do rio Jequitinhonha (**Figura II.5.1-34**).

II.5.1.2.5 - Faciologia

II.5.1.2.5.1 - Características Regionais

A faciologia dos sedimentos superficiais na plataforma continental e parte do talude continental, entre Serra Grande (Itacaré) e Caravelas, incluindo a área da Bacia de Jequitinhonha, congrega dois grandes grupos de fácies sedimentares: as fácies terrígenas e as carbonáticas (**Desenho 2263-00-EIA-DE-2002 – Mapa Faciológico**).

As fácies terrígenas são representadas pelos sedimentos dispostos principalmente na plataforma continental interna, sendo compostas por areias siliciclásticas de origem não determinada e lamas. A fácies arenosa encontra-se confinada à região costeira, estendendo-se até próximo da isobata de 30 m. A origem dos sedimentos que compõem a fácies arenosa pode estar associada à erosão do embasamento cristalino, dos afloramentos metassedimentares e dos sedimentos do Grupo Barreiras. Areias fluviais ocorrem em forma de manchas na plataforma continental constituída por areias ortoquartzíticas e biodetritos, estando associadas ao deságüe dos principais rios da região, podendo atingir a profundidade de 40 m, como observado entre rio Pardo e Santa Cruz de Cabralia.

Essa descrição é corroborada por estudos de SANTOS e DOMINGUEZ (2005), que caracterizaram a cobertura sedimentar do fundo marinho na plataforma continental entre Serra Grande e Olivença. Os sedimentos terrígenos são mais abundantes próximo à linha de costa. Os sedimentos bioclásticos são mais comuns onde se destacam os fragmentos de moluscos, algas coralíneas (principais), foraminíferos e briozoários. Os teores de biodetritos sofrem um aumento em direção a borda da plataforma continental.

A concentração de lamas próxima à linha de costa, possivelmente, é controlada pela cabeceira do cânion Almada. O fato das isóbatas deste cânion infletirem na direção da linha de costa, origina uma "depressão" próxima a costa que propicia a concentração de detritos em suspensão e a sua posterior deposição (SANTOS e DOMINGUEZ, op. cit.)

Na plataforma continental, na zona marinha contígua ao porto de Ilhéus, estariam presentes os seguintes tipos de fácies (APOLUCENO, 1998):

- areias / lamas arenosas siliciclásticas quartzosas
- areias / lamas siliciclásticas mistas
- areias biodetríticas
- lamas siliciclásticas
- lamas biodetríticas

As areias/lamas arenosas siliciclásticas quartzosas e areias/lamas siliciclásticas mistas ocorrem, predominantemente, até 10 m de profundidade. As areias biodetríticas encontram-se associadas a bancos rochosos situados a 20 m de profundidade e a área de quebra da plataforma continental. As lamas siliciclásticas se distribuem entre as isóbatas de 10 e 20 m, ao posto que as lamas biodetríticas ocorrem nas profundidades superiores a 20 m, estendendo-se, possivelmente, até bem próximo à quebra da plataforma.

Atualmente, há uma ausência de aporte representativo de detritos provenientes do continente em direção a área marinha, fato que, associado às temperaturas elevadas das águas, promove a produção de sedimentos autóctones, pela acumulação in situ de restos de organismos marinhos.

Em direção ao mar, ocorre uma faixa bioclástica de transição, seguida por uma zona com intenso desenvolvimento de fácies organógena, esta composta, principalmente, por algas.

Os sedimentos carbonáticos presentes na região são resultantes da atividade organógena ocorrida a partir do Pleistoceno e Holoceno, sendo responsável pela formação de depósitos calcários, que são representados por fácies de algas calcárias, de texturas e composição variadas (MARTINS et. al., 1972). O predomínio de sedimentos carbonáticos é atestado em alguns estudos sedimentológicos realizados em águas rasas na área entre Ilhéus e Caravelas (**Quadro II.5.1-8**).

Quadro II.5.1-8 - Campanhas de coleta e características dos sedimentos superficiais ao longo da plataforma continental entre Ilhéus e Caravelas

Estações de Coleta de Sedimentos Realizadas Durante Atividades Geológicas entre Ilhéus e Caravelas						
Estação	Data	Coordenadas Geográficas		Profundidade (m)	Tipo de Fundo	
		Latitude	Longitude		Granulometria	Fácies
Almirante Saldanha: 37° Comissão Oceanográfica						
69	27.11.61	15°37'0 S	38°44'0 W	39	-	Algas calcárias
72*	27.11.61	16°01'0 S	38°45'0 W	24-32	-	Algas calcárias
73*	27.11.61	16°01'0 S	38°45'0 W	24	desconhecida	Areia e Lama
74	27.11.61	16°26'0 S	39°02'0 W	12	desconhecida	Areia e Lama
75	27.11.61	16°46'0 S	38°53'0 W	27	-	Algas calcárias
76	27.11.61	16°47'0 S	38°53'0 W	27	-	Algas calcárias
Calypso : SME Marseille						
1825	12.02.62	17°54'0 S	38°55'0 W	22	-	Areia e Lama
1826	12.02.62	17°52'5 S	38°49'0 W	21	-	Areia e Lama
1827	12.02.62	17°45'0 S	38°48'0 W	24	-	Algas calcárias
1828	12.02.62	17°46'0 S	38°51'5 W	16	-	Areia, Lama, Algas calcárias
1830	12.02.62	17°16'0 S	38°30'5 W	100-130	-	Algas calcárias
Almirante Saldanha: 35° Comissão Oceanográfica						
D.9	26.09.67	17°00'0 S	38°40'0 W	47	-	Algas calcárias
D.10	27.09.67	16°02'3 S	38°24'5 W	40	-	Algas calcárias
D.11	27.09.67	14°51'6 S	38°55'1 W	43	-	Algas calcárias
Almirante Saldanha: DG 26 XI						
A.4	12.12.67	16°08'2 S	38°09'5 W	45	-	Algas calcárias
A.4a	12.12.67	16°07'2 S	38°11'0 W	42	-	Algas calcárias
A.5	13.12.67	16°10'7 S	38°32'9 W	35	-	Algas calcárias
A.5a	13.12.67	16°12'5 S	38°33'4 W	32	-	Algas calcárias
Almirante Saldanha: Leste I						
1966	17.09.68	17°55'0 S	37°30'0 W	47	-	Algas calcárias
1967	18.09.68	16°02'0 S	38°28'5 W	47	Cascalho e areia	Algas calcárias
1987a	01.10.68	17°42'0 S	37°30'0 W	50	-	Algas calcárias

*Amostras de Pesca

Fonte: KEMPF (1972); COUTINHO e KEMPF (1972), MILLIMAN (1975)

As fácies de sedimentos bioclásticos são constituídas por cascalho, areias e lamas. Tais fácies avançam de modo gradual e lateral em direção ao mar, passando a um fundo biogênico de algas e corais na plataforma externa (MARTINS et. al., 1972). O teor de carbonato é superior a 50% (SGRM, 1986), podendo, de acordo com MILLIMAN et al. (1972), variar entre 75 e 95%. Essas fácies recobrem parcialmente a plataforma continental média e externa, sendo observadas os tipos: cascalhos, areia, calcarenito retrabalhado, lama carbonática e recifes.

As fácies cascalho, areia e calcarenito retrabalhado representam facies antigas, sendo mais abundante. Apresenta grãos retrabalhados e com película de ferro. A fácies lama carbonática é formada por sedimentos carbonáticos nas frações silte e argila, sendo sua ocorrência em forma

de manchas (SGRM, op. cit.). Essa fácies se distribui ao largo de Serra Grande até a sudeste de Ilhéus, abrangendo profundidades entre 100 m e 1.200 m. Entre Una e Canavieiras essa fácies se distribui entre 20 e 40 m de profundidade (**Desenho 2263-00-EIA-DE-2002 – Mapa Faciológico**). O Mapa Faciológico do Projeto REMAC (1979) indica, ainda, a ocorrência de fácies de lamas carbonáticas holocênica a moderna não retrabalhada entre as isóbatas de 40 m e 200 m, entre Porto Seguro e Prado.

Quanto à cor dos sedimentos superficiais dispostos na área de estudo, de acordo com COSTA (1974), predominam sedimentos com cores marrom-amarelado-escuro (dusky yellowish brown), oliva-pálido a oliva-acinzentado (pale olive to grayish olive), amarelo-ocre (yellow ochre) e marrom-claro (light brown).

No talude continental, entre a quebra da plataforma (60 m) e a profundidade de 3.500 m, ocorre três fácies relacionadas à sedimentação de oceano profundo, que expressam os seus processos genéticos, sendo elas: fácies mascaradas por afloramentos rochosos, fácies de desmoronamento e deslizamento e fácies turbidítica (KOWSMANN e COSTA, 1979) (**Desenho 2263-00-EIA-DE-2002 – Mapa Faciológico**).

A fácies mascarada por afloramentos rochosos se distribui paralelamente a plataforma continental, no sentido N-S, podendo atingir 2.800 m de profundidade. Sucedendo essa fácies, ocorre a turbidítica, que se distribui numa faixa estreita com direção NW-SE, ao largo de Ilhéus, a 2.000 m de profundidade, até ao largo de Canavieiras, quando atinge 4.200 m de profundidade. A fácies desmoronamento e deslizamento situa-se a leste da turbidítica, ao largo de Ilhéus, na isóbata de 2.000 m, estendendo-se até 4.400 m. Na altura de Porto Seguro e Alcobaça essa fácies se desenvolve num embaiamento formado entre os Bancos Royal Charlotte e Abrolhos, até a profundidade em torno de 3.800 m.

Ressalta-se que os materiais que compõem a sedimentação de oceano profundo tendem a sedimentos finos; porém, os processos relacionados a ambientes turbidíticos, desmoronamento e deslizamento podem promover uma mistura dos sedimentos (grossos e finos) em profundidade (**Desenho 2263-00-EIA-DE-2002 – Mapa Faciológico**).

II.5.1.2.5.2 - Características Locais

O mapa faciológico do Bloco BM-J-2 foi gerado a partir de informações de dados de coletas realizadas para este estudo com dados do projeto REMAC. As informações contidas no mapa faciológico permite definir três fácies sedimentares principais no fundo marinho na área do Bloco BM-J-2 (**Desenho 2263-00-EIA-DE-2002**).

Na porção sudeste do bloco ocorre a presença de fácies arenosa terrígena até a isóbata próximo de 30 m.

A fácies lama carbonática ocorre na porção centro-oeste e no limite leste do bloco. Na primeira porção as lamas se estendem próximo a 40 m, reaparecendo na porção leste a partir da isóbata de 50 m.

A fácies areias bioclásticas e calcarenitos retrabalhados se estende em forma de faixa contínua na porção centro-leste área do bloco, entre a fácies lama carbonática. Esta fácies se distribui entre as profundidades de 30 até 50 m.

Quanto aos aspectos faciológicos da locação do poço I-QG-5-BAS, o mapa aponta para uma localização na fácies areias bioclásticas e calcarenitos retrabalhados. Não é evidenciada a presença de complexos recifais na área do bloco.

II.5.1.2.6 - Condições Geotécnicas

Na literatura especializada, não é observada a existência de informações sobre as características geotécnicas, tanto para a área da bacia quanto para a área do Bloco BM-J-2. A ausência de dados e informações sobre os tipos de materiais e comportamento geotécnico destes não permite uma caracterização das condições geotécnicas do piso oceânico.

II.5.1.3 - Oceanografia

II.5.1.3.1 - Introdução

A seguir é apresentada uma descrição das condições oceanográficas vigentes na região do Bloco BM-J-2, na Bacia de Jequitinhonha - BA, atendendo às exigências do Termo de Referência N° 020/05, emitido pelo Escritório de Licenciamento de Petróleo e Nuclear do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis (ELPN/IBAMA).

II.5.1.3.2 - Caracterização dos Dados

Para a caracterização oceanográfica da região foram utilizados os dados de parâmetros oceanográficos de variadas fontes:

- (a) Dados de temperatura e salinidade contidos no Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) da Marinha do Brasil e no comunicado técnico elaborado pelo Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello (CENPES), disponibilizado pela Petrobras à Queiroz Galvão Perfurações;
- (b) Dados de correntes coletados pelo CENPES /PETROBRAS;
- (c) Dados de constantes de estações maregráficas obtidos da Fundação de Estudos do Mar (FEMAR);
- (d) Dados do Projeto Nacional de Bóias (PNBOIA), integrante do *Global Ocean Observing System* (GOOS);
- (e) além de dados bibliográficos existentes para a região.

Nos itens a seguir são apresentadas as análises dos parâmetros oceanográficos de maior interesse para essa caracterização, a saber:

- Temperatura;
- Salinidade;
- Massas d'água;
- Regime de Ondas;
- Regime de Marés; e
- Regime de Correntes.

II.5.1.3.3 - Temperatura e Salinidade

Para a análise das propriedades físico-químicas da água do mar na região do bloco BM-J-2 foram utilizados os dados de temperatura e salinidade disponíveis no Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO, 2005) da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) e os dados constantes no comunicado técnico elaborado pelo CENPES/PETROBRAS (2004). Os dados do BNDO são correspondentes às campanhas realizadas no período entre os anos de 1957 e 1987 e aqueles do comunicado técnico, referentes ao período de abril a maio de 2004.

Na **Figura II.5.1-40** é apresentada a localização das estações de coleta utilizadas nas análises.

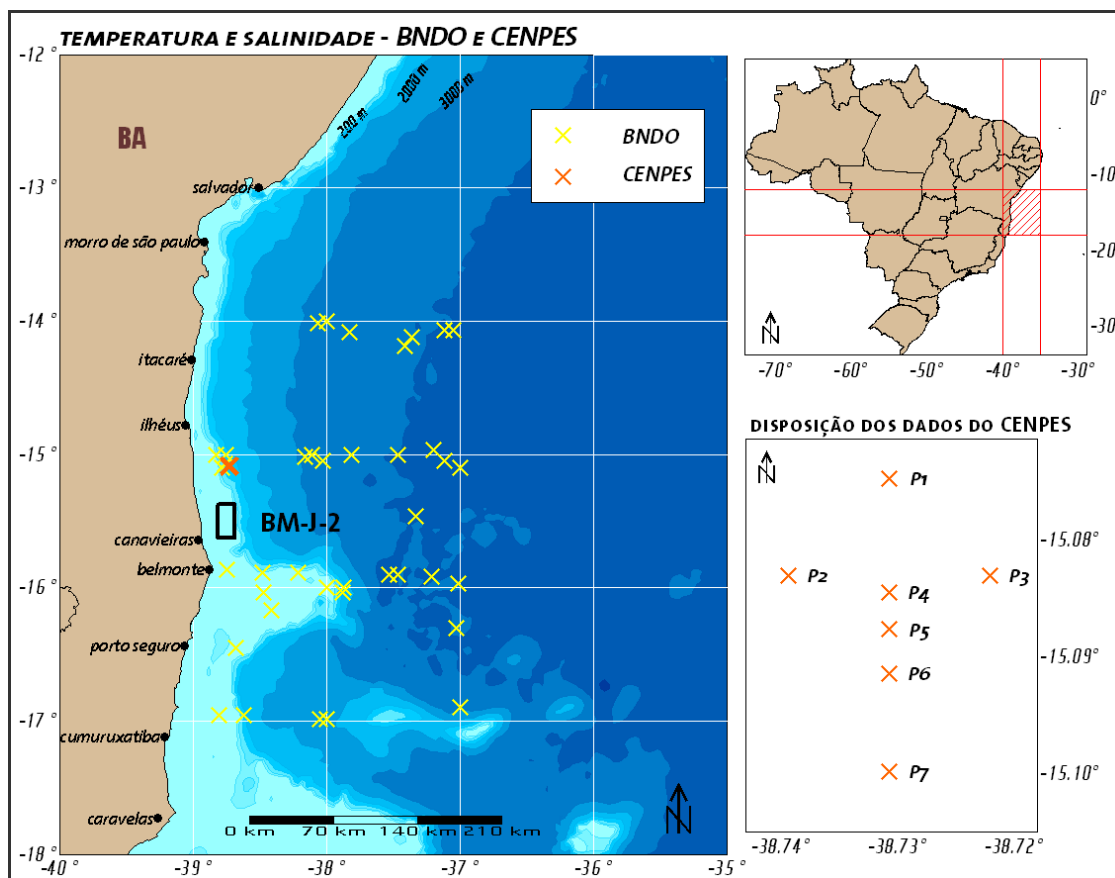


Figura II.5.1-40 - Mapa com a localização dos dados do BNDO e do CENPES utilizados

Na **Figura II.5.1-41** são apresentados os perfis verticais de temperatura e salinidade para os períodos de verão e outono, bem como o número de amostragens disponíveis para cada período. Da mesma maneira para o período de inverno e primavera na **Figura II.5.1-42**. Estes perfis são referentes aos dados do BNDO.

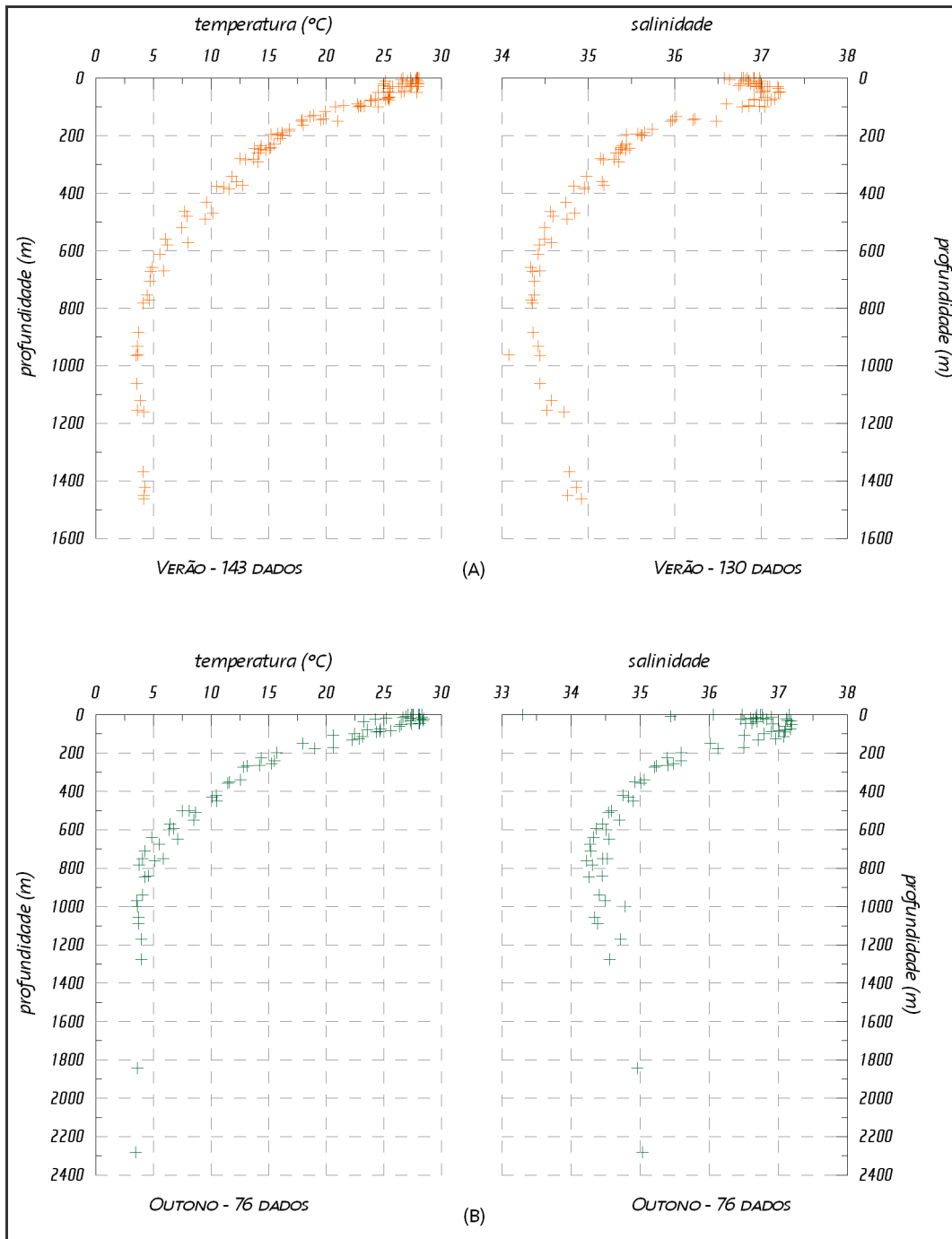


Figura II.5.1-41 - Perfis de temperatura e salinidade para os períodos de verão (a) e outono (b)

Fone: BNDO

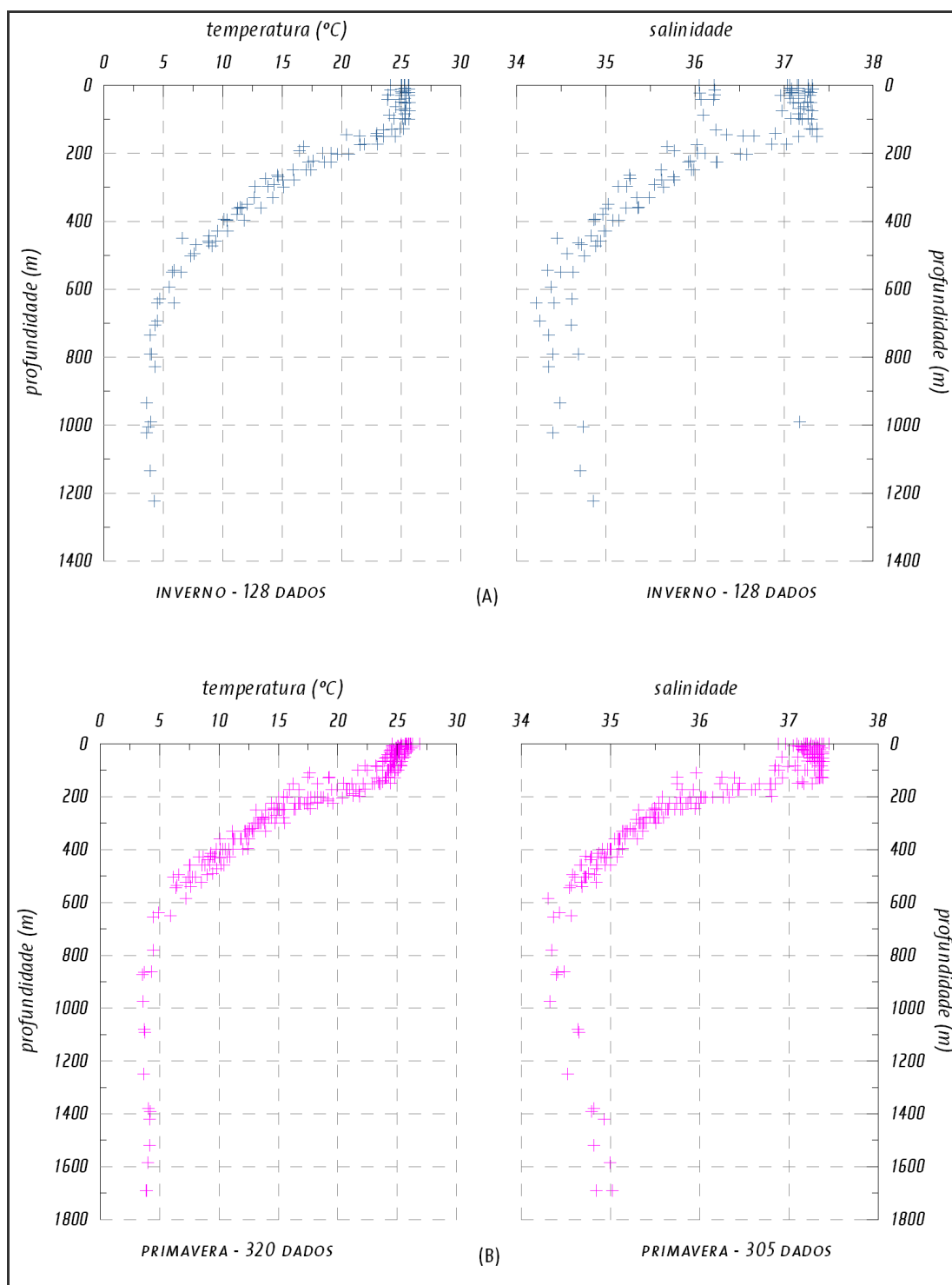


Figura II.5.1-42 - Perfis de temperatura e salinidade para os períodos de inverno (a) e primavera (b)

Fonte: BNDO

Analisando o perfil vertical de distribuição de temperatura da água do mar, no período de verão (Figura II.5.1-40 (a)), observa-se que a temperatura em superfície varia aproximadamente

entre 24°C e 28°C. De 100 a 600m, a temperatura varia de 23°C a 5 °C, e abaixo de 800 m, o valor médio mantém-se próximo a 4 °C.

A salinidade em superfície varia entre 36,5 e 37,5. Entre 200 e 600 m os valores decrescem quase que linearmente, de 35,5 a 34,5. De 600 a 800m, mantêm-se constantes em torno de 34,5 e abaixo dos 800 m, apresentam uma ligeira elevação (entre 34,5 e 35), como pode ser observado na **Figura II.5.1-40** (b).

No período de outono os valores de temperatura superficiais são comparativamente menores em relação ao verão, variando entre 22°C a 28°C (**Figura II.5.1-40** (b)). A diminuição dos valores em profundidade, no entanto, ocorre da mesma forma, com o final da termoclina em torno dos 700 m.

O perfil de salinidade para o outono, **Figura II.5.1-40** (b), apresenta um comportamento de curva semelhante ao período de verão, no entanto os valores em superfície possuem uma variação maior (de 35,4 a 37,3). A partir dos 200 m sofrem um ligeiro decréscimo e abaixo dos 800m, observa-se novamente uma elevação chegando a 35.

Para o período de inverno, a temperatura superficial varia entre 23°C e 25,1°C e a salinidade entre 36 a 37,5.

Os perfis de temperatura e salinidade para a primavera apresentam valores mais concentrados em superfície com posterior decréscimo abaixo dos 100m. Em torno de 600m, o perfil de temperatura apresenta constância em torno de 4°C e o perfil de salinidade, um aumento chegando a 34,2.

Da **Figura II.5.1-43** a **Figura II.5.1-49** são apresentados os perfis de temperatura e salinidade obtidos a partir do processamento dos dados do comunicado técnico elaborado pelo CENPES para a área do Bloco BM-J-1. Os perfis são referentes aos pontos de coleta ilustrados na **Figura II.5.1-40**, no período de março a maio de 2004. Para cada dia de coleta foi associada uma cor: azul para 27/Março, vermelho para 02/Abril, verde para 08/Abril, amarelo para 15/Abril, magenta para 21/Abril, cian para 10/Maio e preta para 17/Maio/2004.

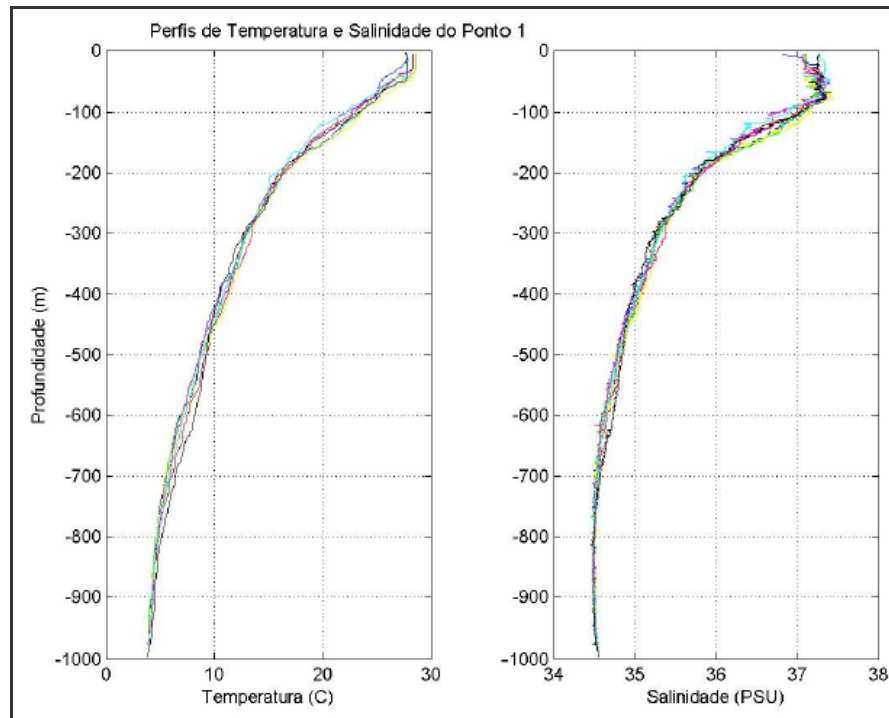


Figura II.5.1-43 - Perfil de temperatura e salinidade no ponto P1

Fonte: CENPES/PETROBRAS, 2004

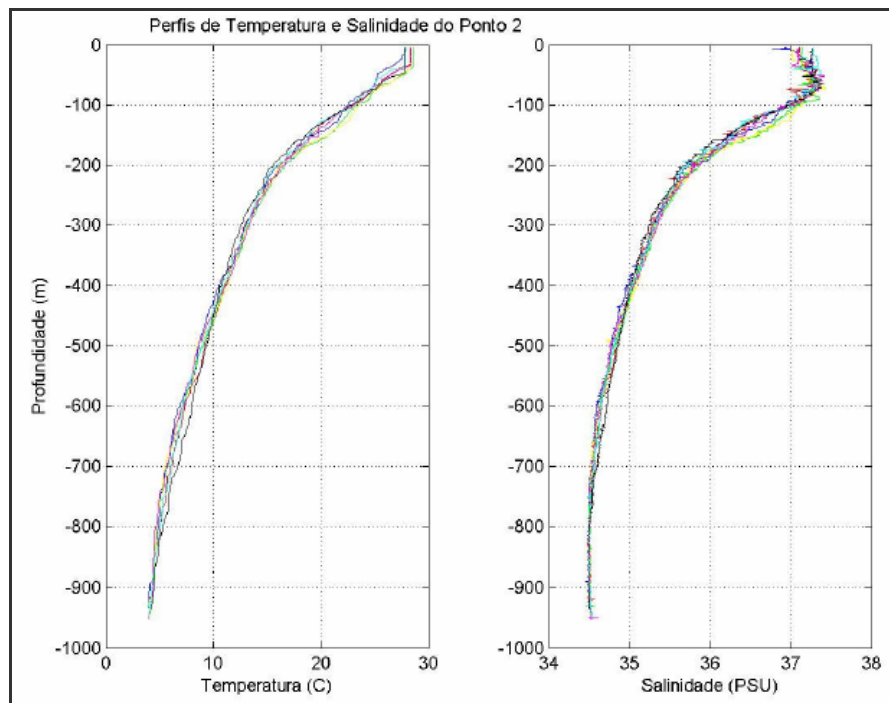


Figura II.5.1-44 - Perfil de temperatura e salinidade no ponto P2

Fonte: CENPES/PETROBRAS, 2004

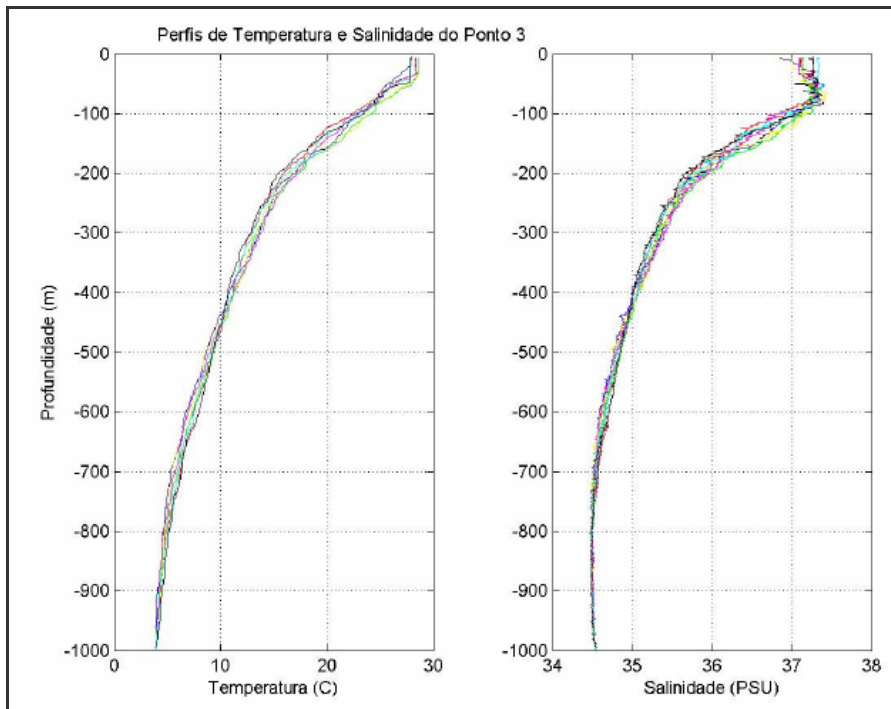


Figura II.5.1-45 - Perfil de temperatura e salinidade no ponto P3

Fonte: CENPES/PETROBRAS, 2004

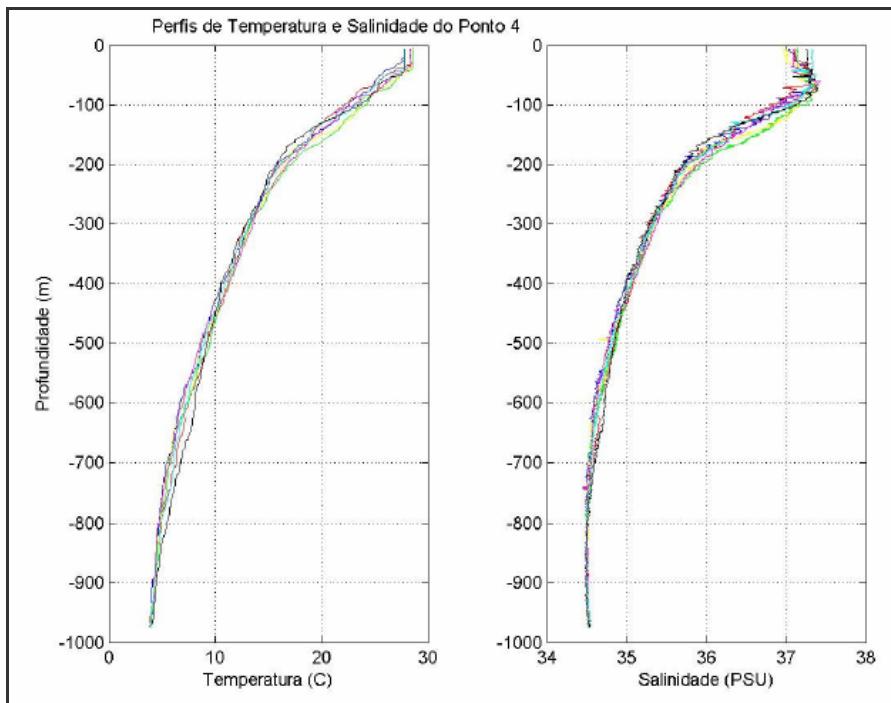


Figura II.5.1-46 - Perfil de temperatura e salinidade no ponto P4

Fonte: CENPES/PETROBRAS, 2004

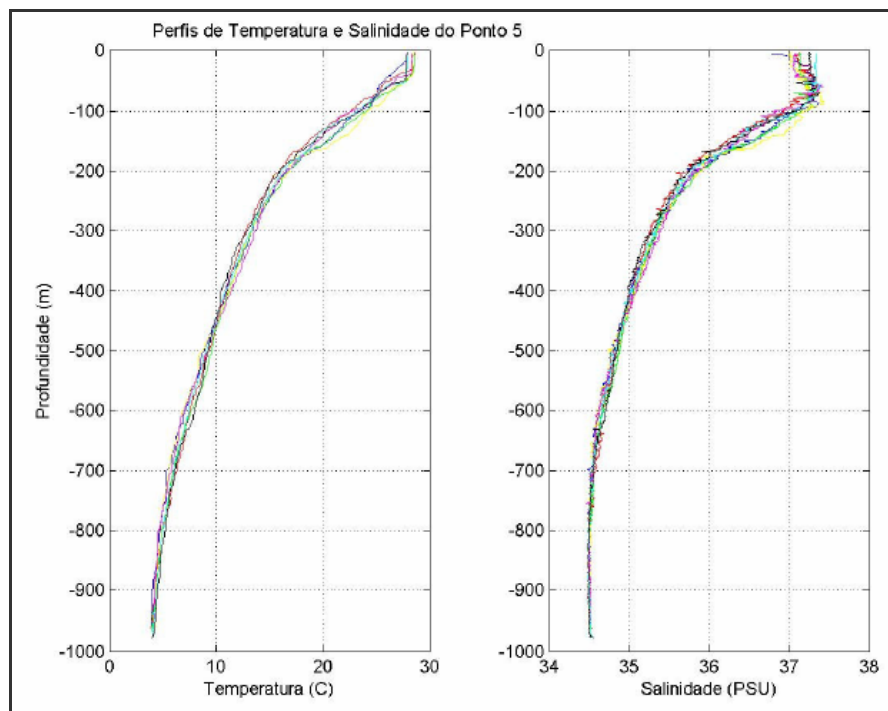


Figura II.5.I-47 - Perfil de temperatura e salinidade no ponto P5

Fonte: CENPES/PETROBRAS, 2004

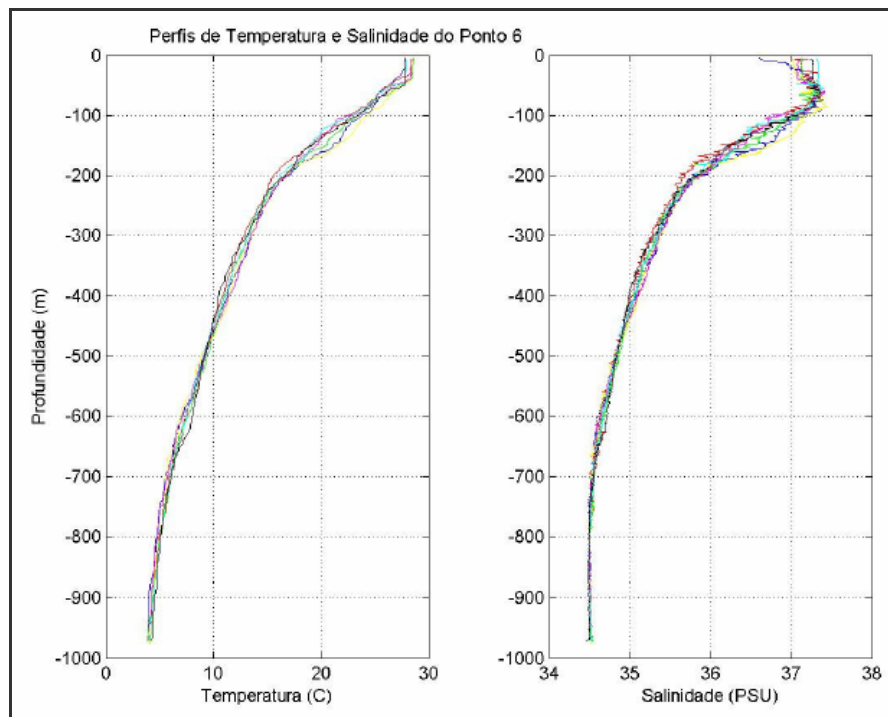


Figura II.5.I-48 - Perfil de temperatura e salinidade no ponto P6

Fonte: CENPES/PETROBRAS, 2004

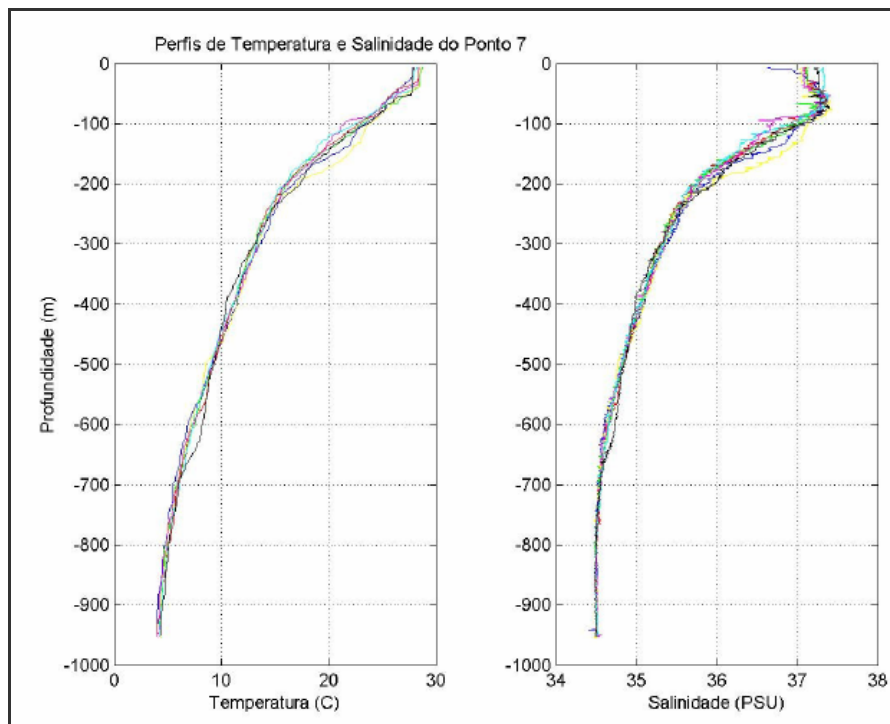


Figura II.5.1-49 - Perfil de temperatura e salinidade no ponto P7

Fonte: CENPES/PETROBRAS, 2004

Todos os perfis possuem as mesmas características, tanto para os de temperatura, quanto para os de salinidade: maior variação em subsuperfície, presença de uma termoclina bem demarcada entre as profundidades de 200 e 700 metros e, abaixo dos 800 m, valores praticamente constantes.

II.5.1.3.4 - Massas D'água

As massas d'água são corpos hídricos com história comum de formação, definidos por suas características de temperatura e salinidade, que por sua vez definem sua densidade. Este último parâmetro é responsável pela determinação da posição que estes corpos irão ocupar na coluna d'água.

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

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

Água Costeira (AC) – água de salinidade abaixo de 33 devido à influência de descarga fluvial;

Água Tropical (AT) – definida por valores de salinidade maiores que 36 e de temperatura maiores que 18°C. Esta massa d'água é transportada para o sul pela Corrente do Brasil, ocupando a camada mais superficial;

Água de Mistura (AM) – apresenta salinidade variando entre 33 e 36 e valores de temperatura acima de 18°C. Massa d'água proveniente da mistura entre AT e AC;

Água Central do Atlântico Sul (ACAS) – apresenta um mínimo de temperatura de 6°C e um máximo de 18°C; e a salinidade oscilando entre 34,5 e 36. Massa d'água situada entre a Água Tropical e a Água Intermediária Antártica. É formada na Convergência Subtropical;

Água Intermediária Antártica (AIA) – apresenta valores de temperatura entre 2,75°C e 5°C e de salinidade entre 34,1 e 34,5. É proveniente da Convergência Antártica e apresenta um mínimo de salinidade entre 700 e 1100 m de profundidade; e

Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) – apresenta valores de temperatura entre 2,0°C e 4,0°C e de salinidade entre 34,7 e 35,0. É formada no Hemisfério Norte na junção das Correntes da Groelândia e do Labrador.

Na **Figura II.5.1-50** é apresentado o diagrama TS espalhado elaborado com os dados do BNDO em conjunto com o gabarito desenvolvido Silva *et al* (1982), uma vez que ainda não existem na literatura estudos abrangente à região de interesse. As cores são referentes às profundidades dos dados.

As isolinhas do diagrama T-S presentes nesta figura indicam os valores de sigma-teta (σ_θ). Este parâmetro é normalmente utilizado para expressar variações de densidade especialmente em análise de massa d'água, pois desconsidera a influência da pressão, e é obtido por: $\sigma_\theta = \rho_\theta - 1000$ (POND e PICKARD, 1978), onde ρ_θ é a densidade da água do mar em kg m⁻³.

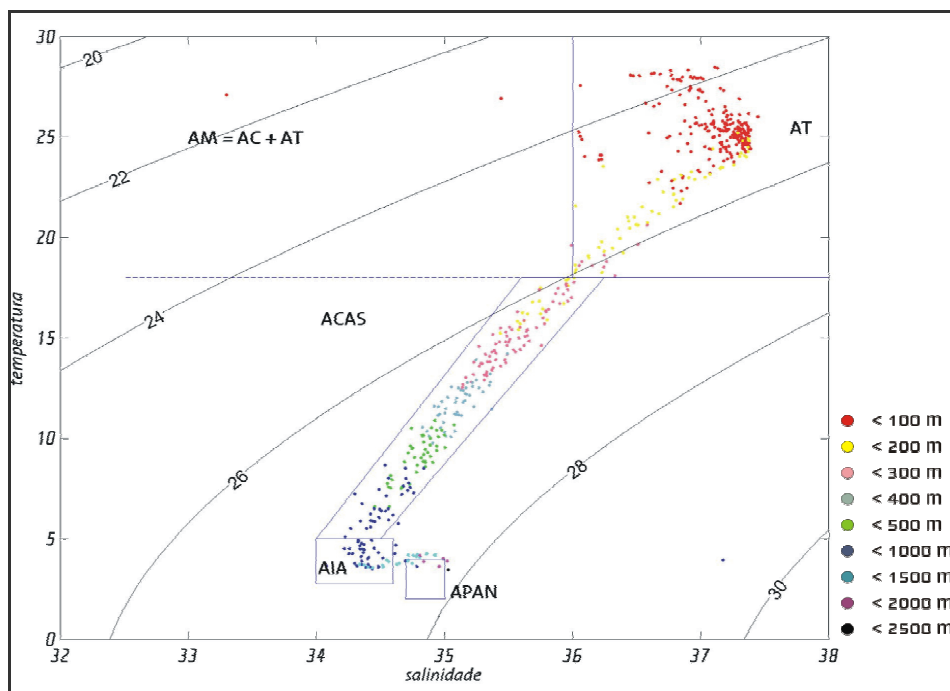


Figura II.5.1-50 - Diagrama TS espalhado para a região do bloco BM-J-2 elaborado com os dados do BNDO.

Fonte: BNDO

Observando a escala de cor da figura, nota-se que na maior parte das amostras a densidade da água superficial (entre 0 e 200 metros) encontra-se entre 1024 e 1026 kg m⁻³. Os pontos de profundidade entre 200 e 1000 metros estão dispostos de forma aproximadamente paralela às isopícnas (linhas de mesma densidade), evidenciando que fazem parte de uma mesma massa d'água, a ACAS. A disposição dos pontos amostrados a partir de 1000 metros mostra um aumento mais acentuado da densidade em direção ao valor de 1028 kg m⁻³, correspondendo às massas d'água AIA e APAN.

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 da 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 e 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) de maior resolução que a disponível no BNDO. Os dados constantes no BNDO são oriundos de diversas

companhas oceanográficas realizadas entre o período de 1957 a 1987. Tais campanhas possuem objetivos distintos, em regiões e épocas variadas, o que prejudica análises mais refinadas, como o estudo da sazonalidade de áreas mais restritas.

II.5.1.3.5 - Regime de Ondas

A caracterização do clima de ondas de uma região depende de uma coleta de dados representativa, abrangendo as diferentes condições meteorológicas a que a referida região esteja submetida.

Esforços nesse sentido ainda são muito escassos ao longo do litoral brasileiro. Frequentemente, o que se observa são iniciativas localizadas, comumente projetadas para fins bastante específicos e quase sempre situadas muito próxima à costa, local onde as ondas já sofreram muitas transformações devido à física que envolve sua propagação (Candella, 1997). Uma forma de minimizar o problema é a utilização de modelos numéricos juntamente com a análise de dados.

Considerando-se que na região de estudo não existem coletas representativas de dados de ondas, a análise apresentada a seguir é baseada em resultados de experiências com simulações numéricas.

Na descrição abaixo serão utilizados alguns termos como vaga, marulho, mar local, mar quase local e *swell*. Entende-se por vaga aquelas ondas que ainda estão sofrendo influência do vento que as gerou. Em outras palavras, ainda estão em suas áreas de geração. Os marulhos ou *swell* são aquelas ondas que não mais estão sobre a influência do vento que as gerou, ou seja, estão fora da área de geração. Um mar local é caracterizado pelas ondas que estão sendo geradas pelo vento local (vagas).

A caracterização dos estados de mar é feita em função de três parâmetros: altura significativa (H_s), direção e período de pico (T_p). A altura significativa, tomada no domínio do tempo, é uma medida estatística obtida separando-se o registro de onda em três partes iguais e fazendo-se uma média da parte do registro onde estejam as maiores alturas. Corresponde, aproximadamente, à altura relatada por um observador experiente. A direção é o rumo seguido pela onda significativa e a frequência de pico é aquela na qual a maior quantidade de energia da ondulação está concentrada.

As condições de mar ocorrentes no litoral brasileiro são bastante variáveis do ponto de vista dos fenômenos meteorológicos responsáveis por sua formação.

Segundo INOCENTINI *et al.* (1999), a costa da região nordeste, de Natal até Vitória, no Espírito Santo, é atingida por ondas que chegam geralmente de sudeste e nordeste, formadas por ventos do flanco esquerdo do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. Devido à orientação do litoral, ondas geradas por ventos oriundos de frentes frias, que contém mais energia e direção entre SW/S, não têm impacto significativo no litoral.

A situação anteriormente descrita pode ser observada graficamente nos resultados de modelagem do Projeto Atlasul para os parâmetros altura significativa e período, ambos relacionados a direção, apresentados nas **Figura II.5.1-51** e **Figura II.5.1-52**.

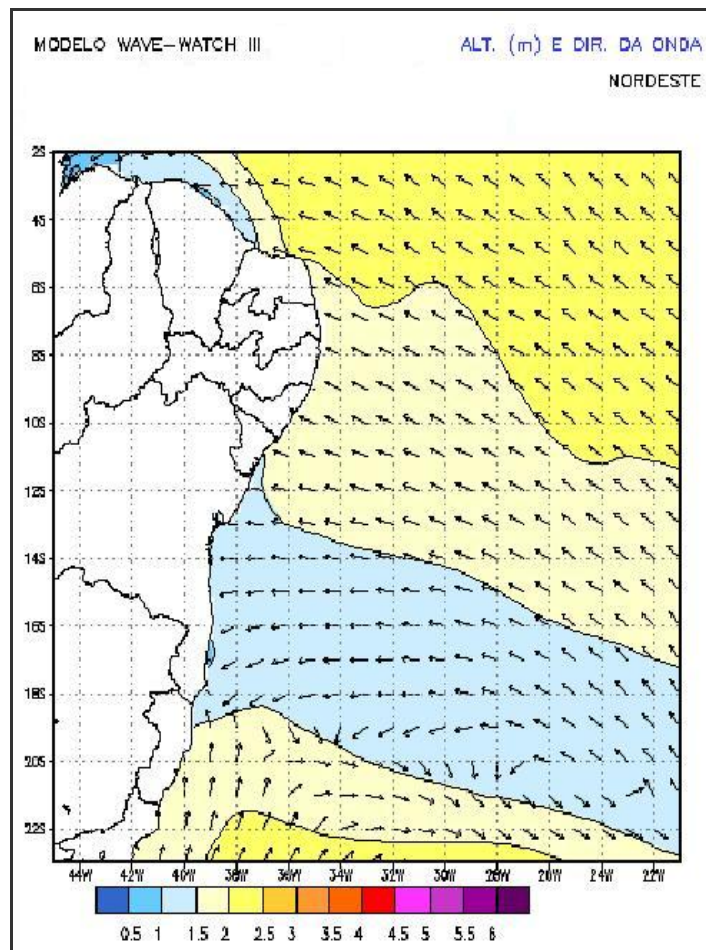


Figura II.5.1-51 - Campo de altura significativa e direção para a região nordeste do oceano Atlântico Sul, segundo modelagem do Projeto Atlasul/UFRJ

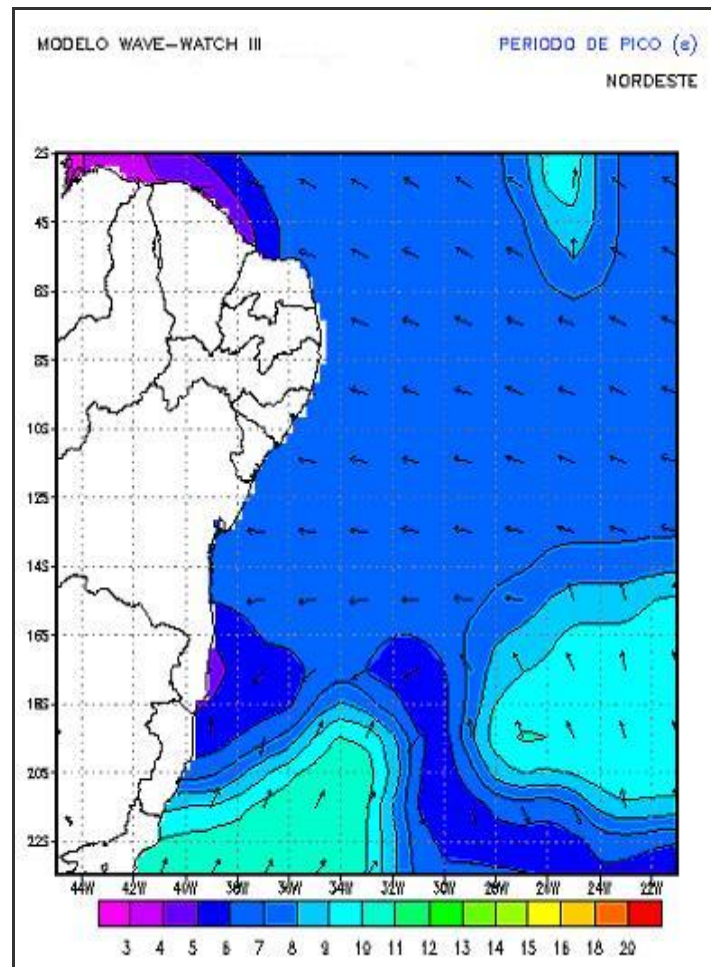


Figura II.5.1-52 - Campo de período de pico e direção para a região nordeste do oceano Atlântico Sul, segundo modelagem do Projeto Atlasul/UFRJ

Observa-se nestas Figuras valores de altura significativa em torno de 1,5 metros, com períodos de pico em torno dos 7 segundos, provenientes da situação de mar descrita acima.

Em algumas situações, essa região está sujeita ainda à influência de pistas enormes com ventos de sudeste, modificando o padrão apresentado anteriormente (**Figura II.5.1-53**).

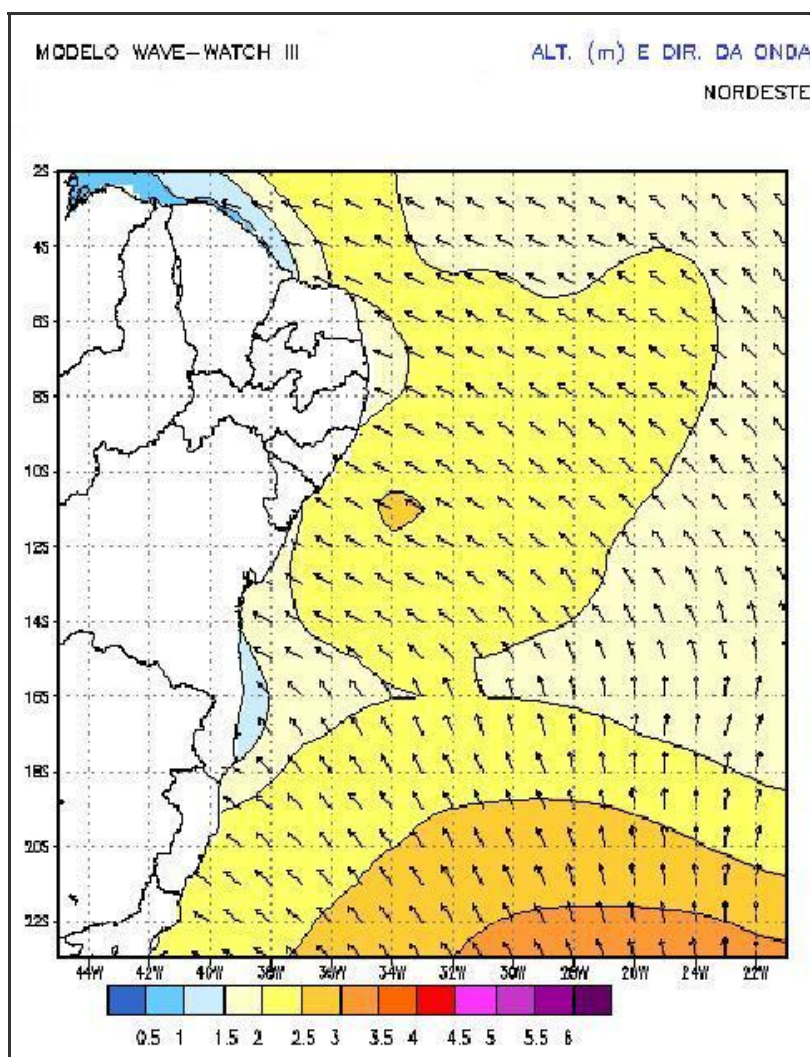


Figura II.5.1-53 - Campo de altura significativa e direção para a região nordeste do oceano Atlântico Sul para situações de influência de pista para ventos de SE, segundo modelagem do Projeto Atlasul/UFRJ

Nas **Figura II.5.1-53** e **Figura II.5.1-54** podem ser observados valores típicos da situação descrita anteriormente, com alturas significativas em torno de 2 a 2,5 metros e períodos de pico de 10 a 15 segundos, com a ondulação vinda de sudeste.

Na **Figura II.5.1-54** pode-se observar o espectro direcional na região de Salvador, local sujeito a condições de mar semelhantes ao do ponto analisado (área do BM-J-2). Verifica-se a presença de energia vinda de leste e sul/sudeste, sendo desta última direção a mais notável. No entanto, como já mencionado, não atingirá o litoral de maneira significativa.

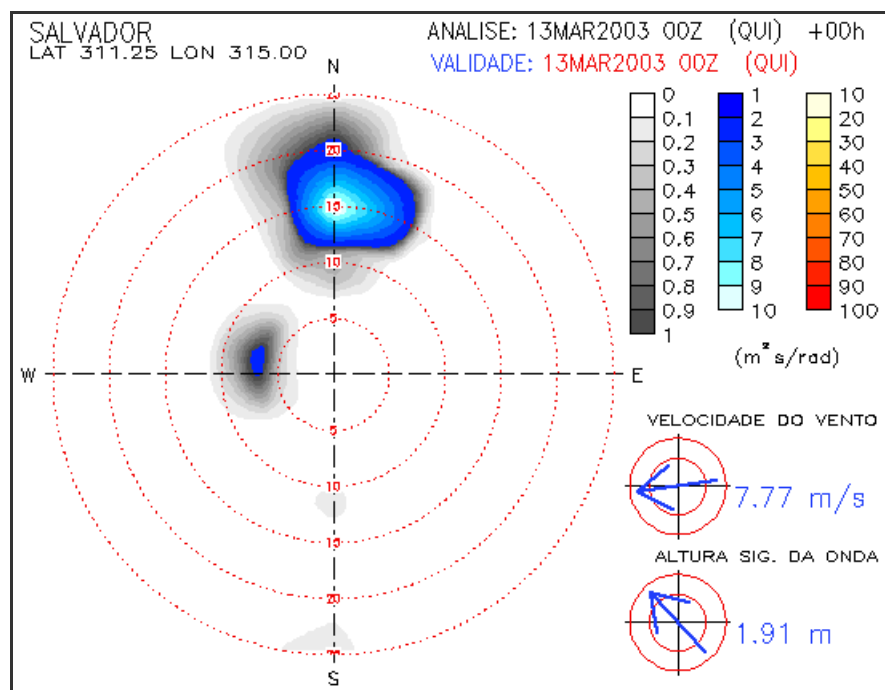


Figura II.5.1-54 - Espectro direcional de ondas para um ponto próximo a Salvador

Fonte: Projeto Atlasul/UFRJ.

II.5.1.3.5.1 - Mapa de Refração de Ondas

À partir das ondulações presentes na região ao largo do Bloco BM-J-2, apresentadas anteriormente, foram elaborados mapas de refração de ondas, com objetivo de caracterizar a propagação dessas ondulações à medida em que as mesmas atingem regiões com menores profundidades e, conseqüentemente, têm suas características alteradas pela influência do relevo submarino.

Para tal propósito foi utilizado o modelo SWAN (*Simulating WAves Nearshore*). É um modelo numérico criado para obter espectros de onda em regiões costeiras, lagos e estuários, a partir de condições de vento, batimetria, corrente e ondas nas fronteiras abertas.

Foram realizadas dez simulações com o SWAN para o domínio compreendido entre 16,5° S a 14,5° S e 039,5° W a 037,5° W (área costeira adjacente à costa sul da Bahia, entre Ilhéus e Santa cruz de Cabrália), com 2' de resolução espacial. As condições de contorno utilizadas são descritas na **Quadro II.5.1-9**. Os resultados obtidos são apresentados nas **Figura II.5.1-55** a **Figura II.5.1-64**.

Quadro II.5.1-9 - Condições de Mar Simuladas

Simulação	Direção	Altura Significativa (m)	Período de Pico (s)
1	SE	1,5	7
2	SE	2,0	10
3	SE	2,0	15
4	SE	2,5	10
5	SE	2,5	15
6	S	2,0	10
7	S	2,0	15
8	S	2,5	10
9	S	2,5	15
10	NE	1,5	7

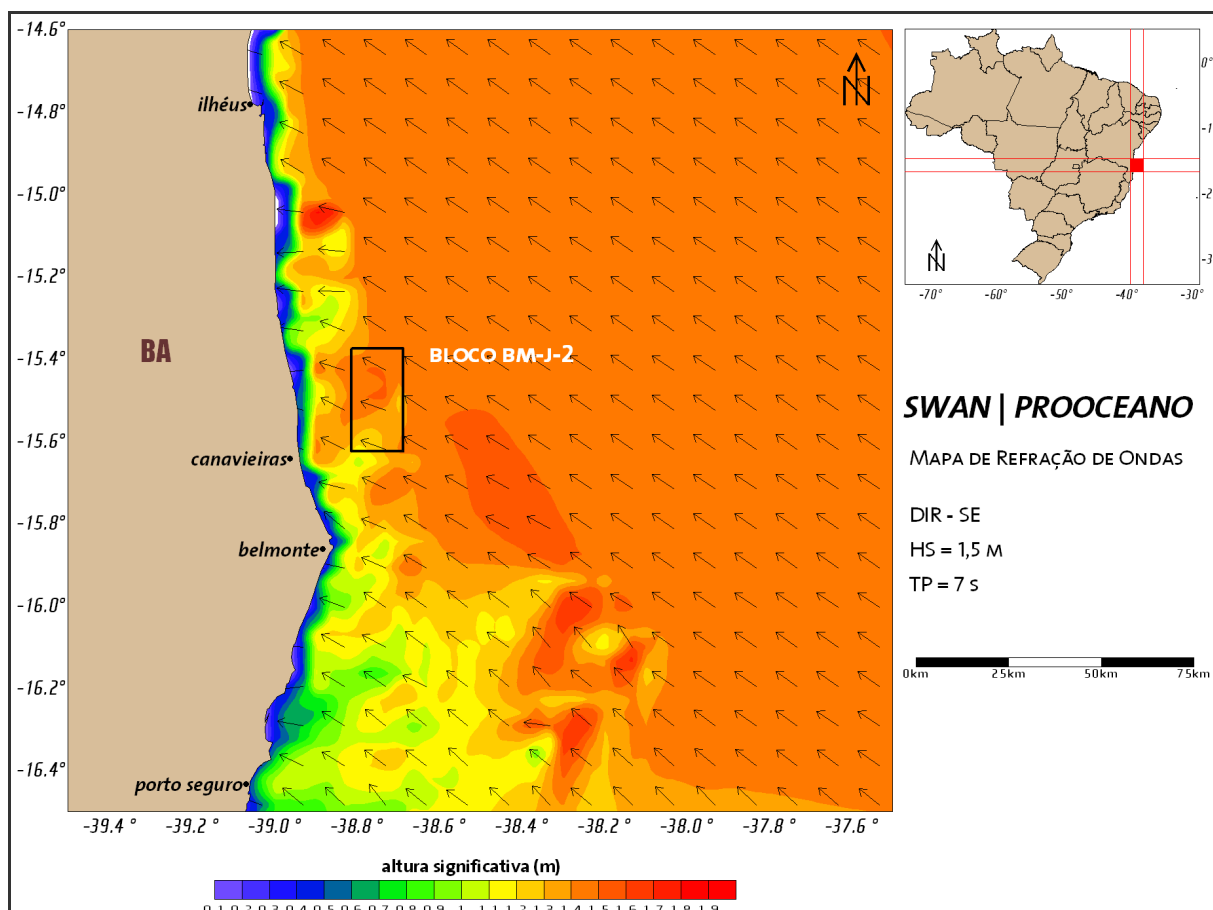


Figura II.5.1-55 - Mapa de refração de ondas elaborado para ondulação de SE, com 1,5 m de altura significativa e 7 s de período de pico, para a região adjacente ao bloco BM-J-2. As setas representam a direção das ondas

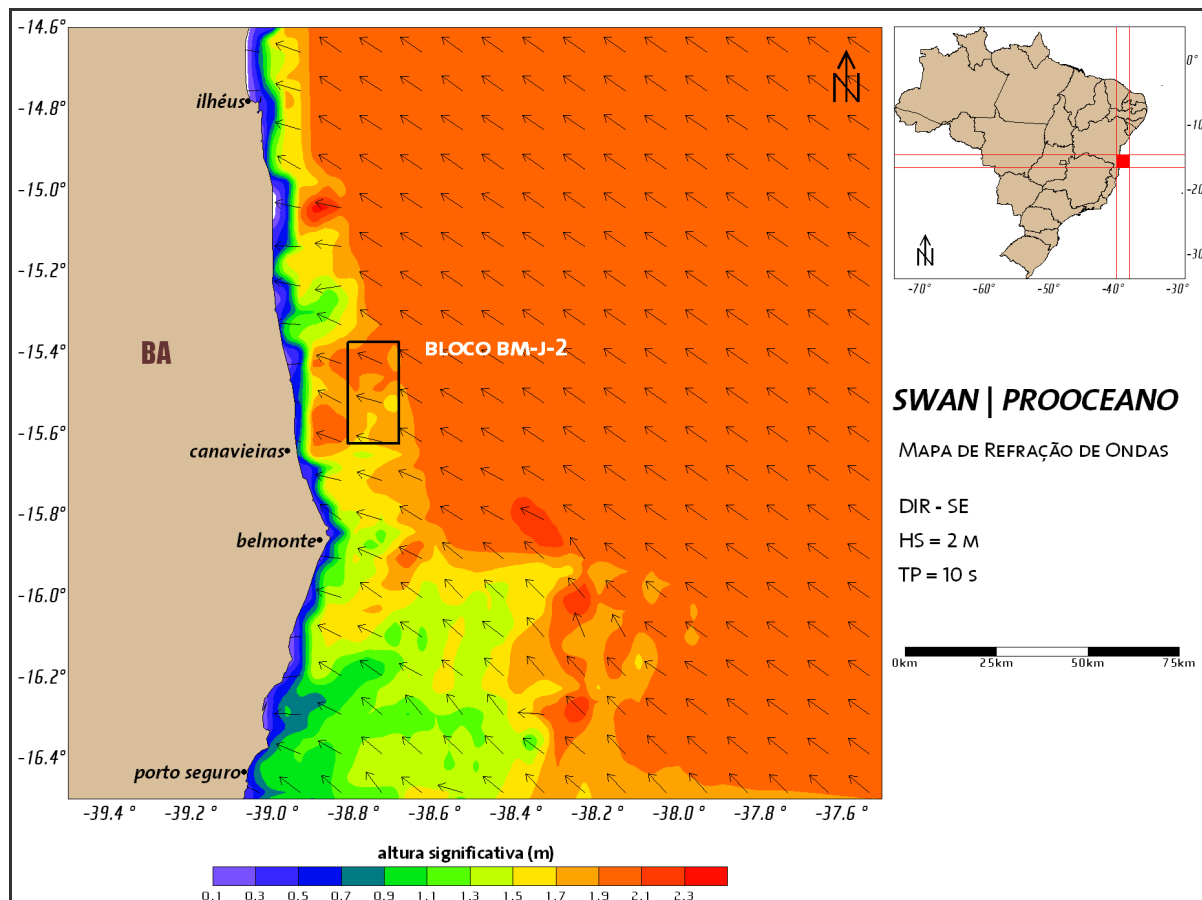


Figura II.5.1-56 - Mapa de refração de ondas elaborado para ondulação de SE, com 2 m de altura significativa e 10 s de período de pico, para a região adjacente ao bloco BM-J-2. As setas representam a direção das ondas

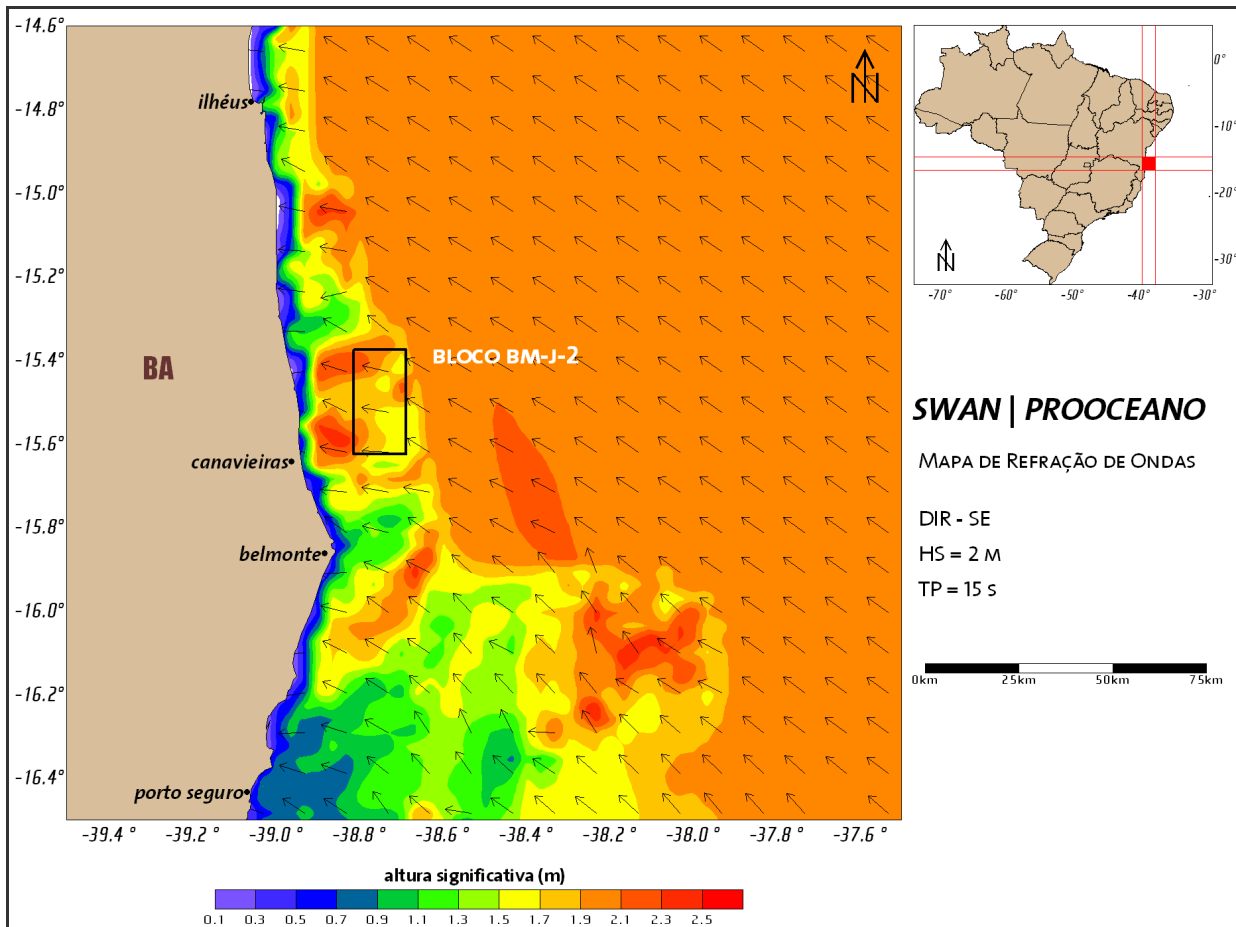


Figura II.5.1-57 - Mapa de refração de ondas elaborado para ondulação de SE, com 2 m de altura significativa e 15 s de período de pico, para a região adjacente ao bloco BM-J-2. As setas representam a direção das ondas

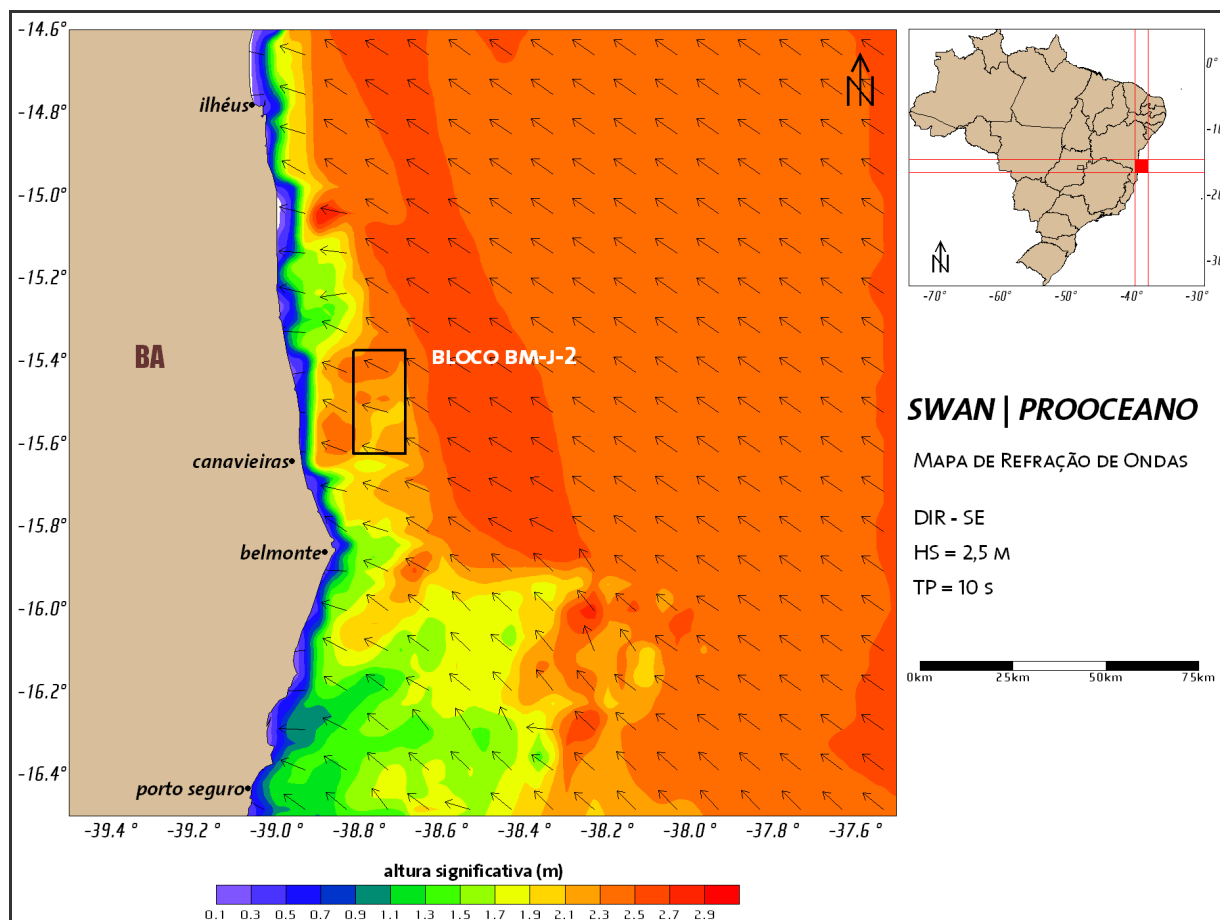


Figura II.5.1-58 - Mapa de refração de ondas elaborado para ondulação de SE, com 2,5 m de altura significativa e 10 s de período de pico, para a região adjacente ao bloco BM-J-2. As setas representam a direção das ondas

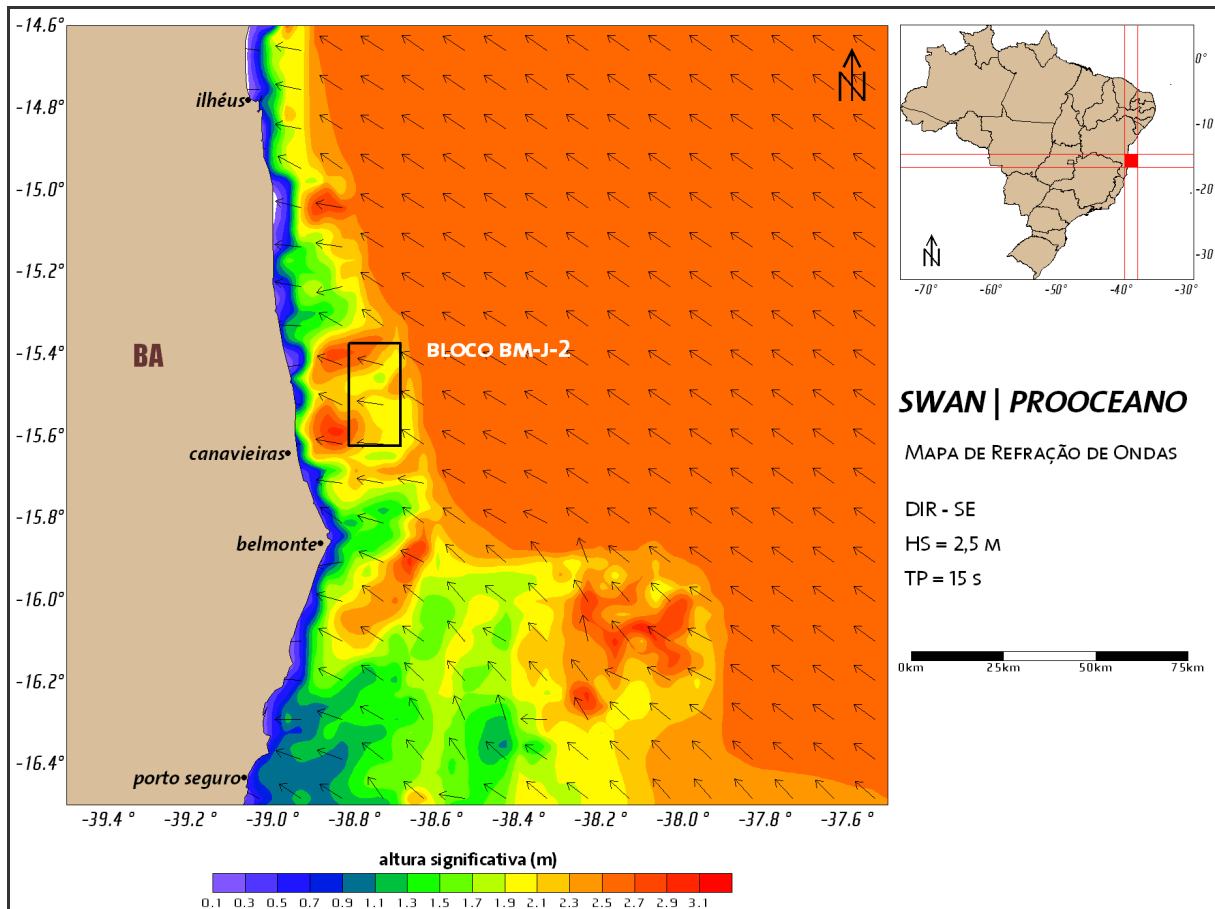


Figura II.5.1-59 - Mapa de refração de ondas elaborado para ondulação de SE, com 2,5 m de altura significativa e 15 s de período de pico, para a região adjacente ao bloco BM-J-2. As setas representam a direção das ondas

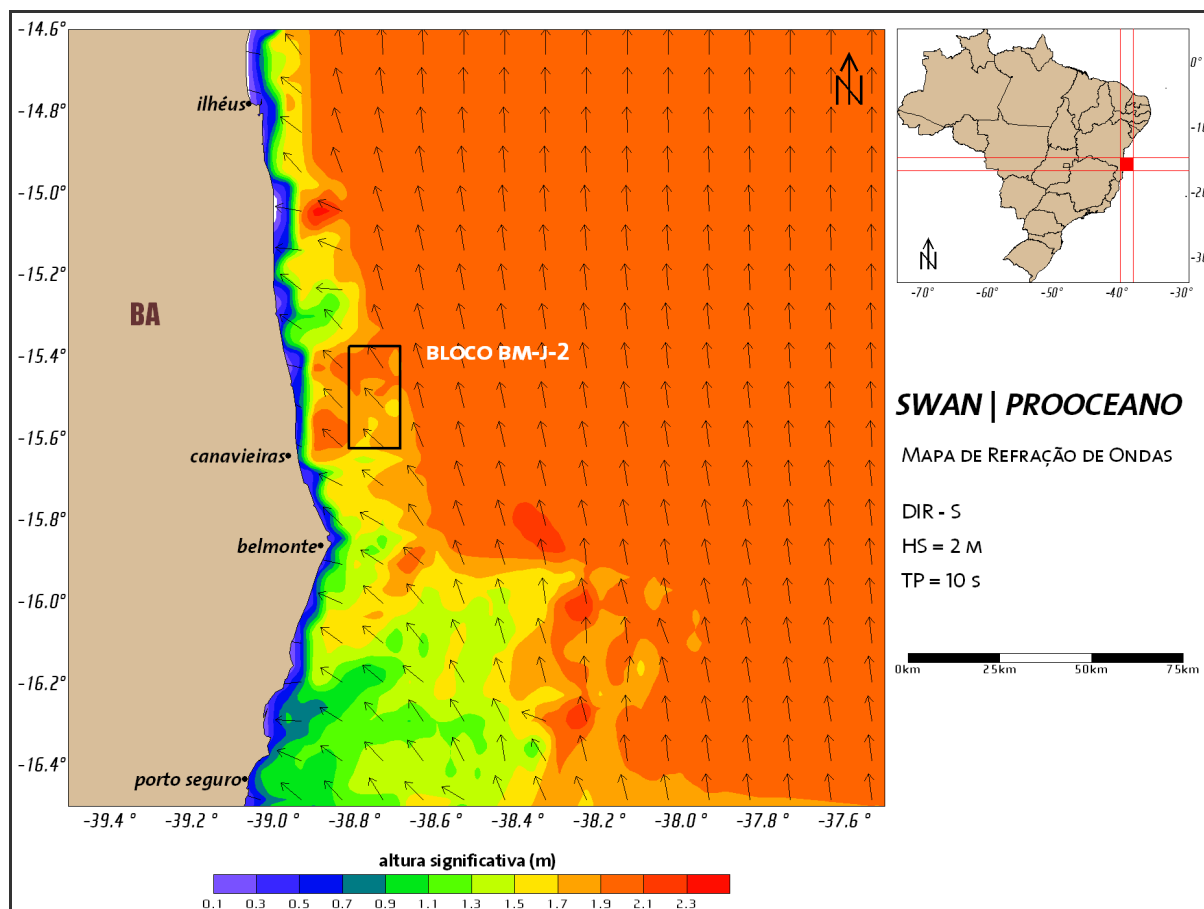


Figura II.5.1-60 - Mapa de refração de ondas elaborado para ondulação de S, com 2 m de altura significativa e 10 s de período de pico, para a região adjacente ao bloco BM-J-2. As setas representam a direção das ondas

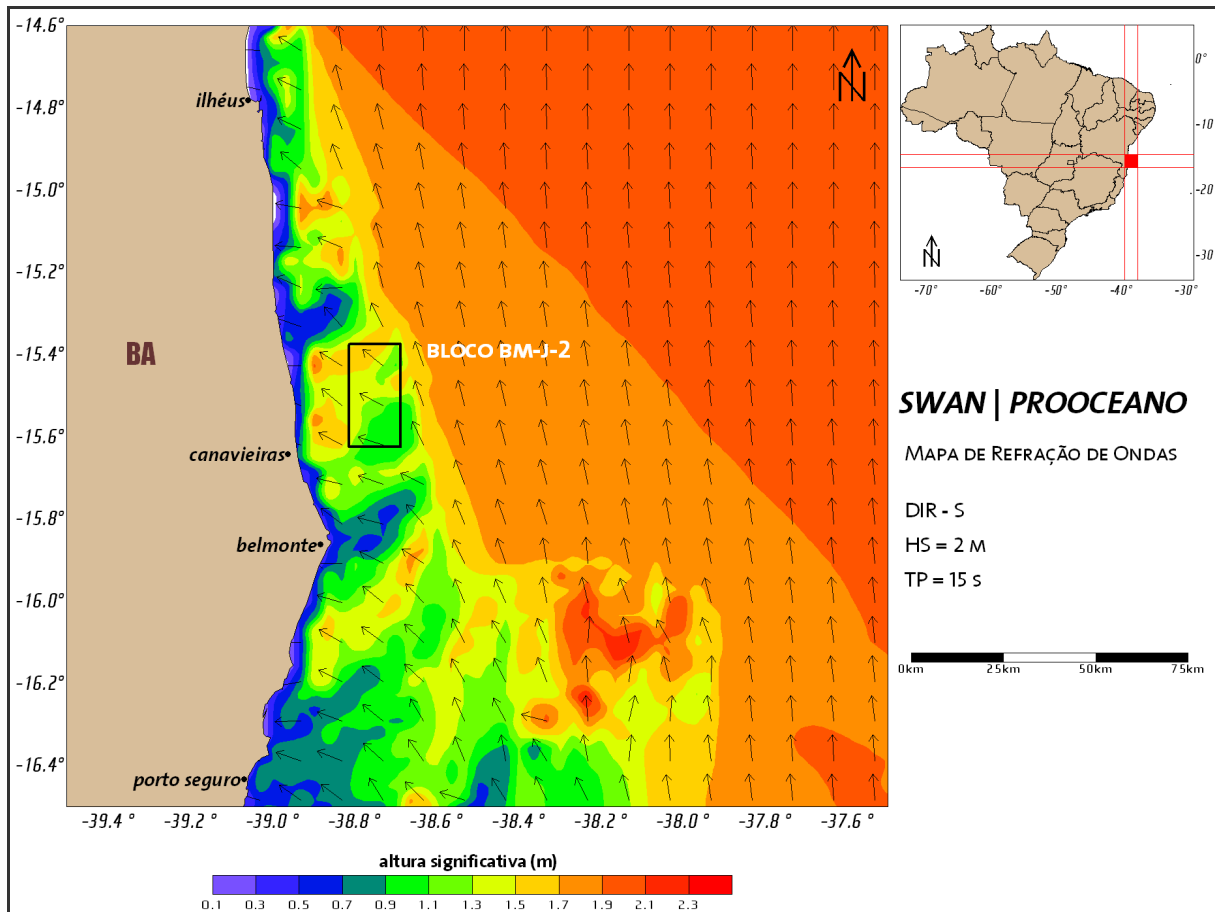


Figura II.5.1-61 - Mapa de refração de ondas elaborado para ondulação de S, com 2 m de altura significativa e 15 s de período de pico, para a região adjacente ao bloco BM-J-2. As setas representam a direção das ondas

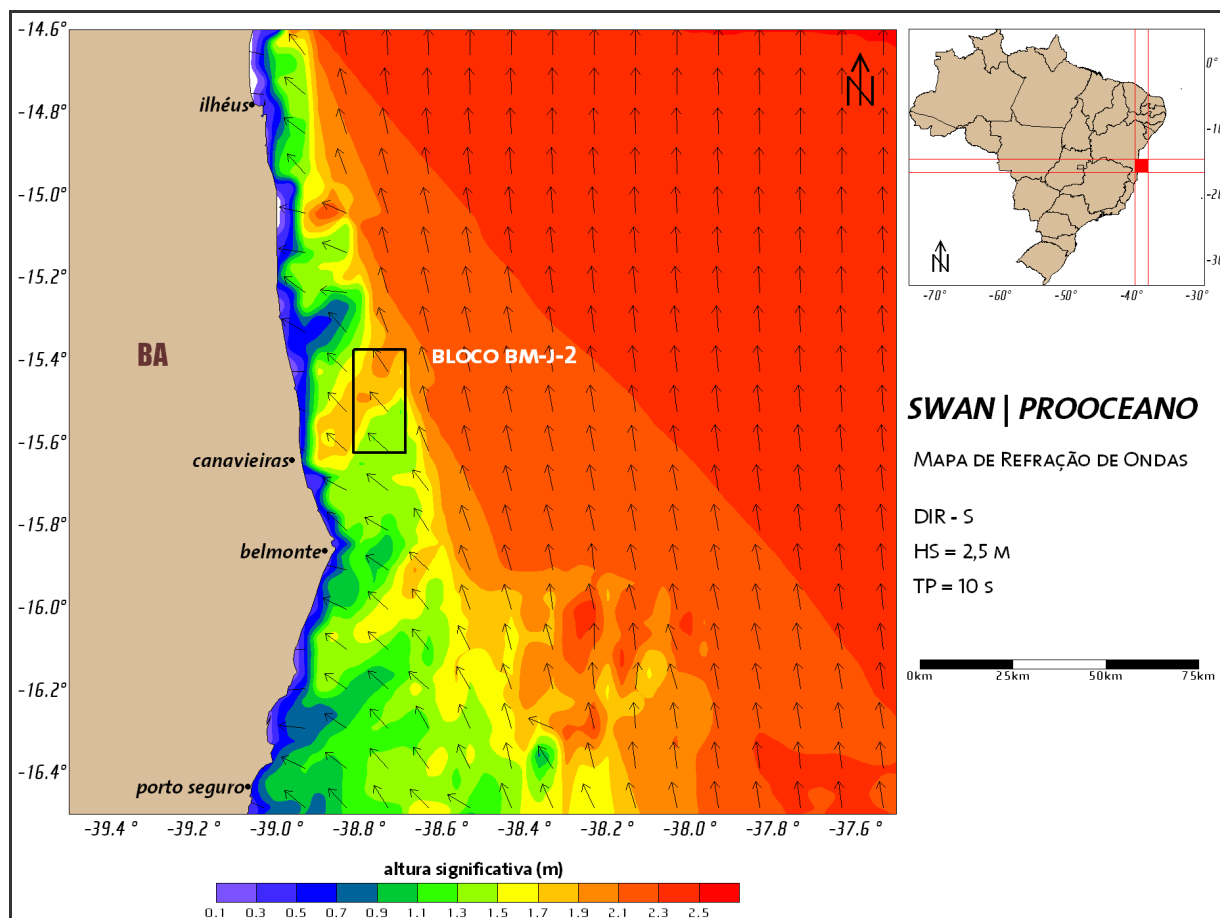


Figura II.5.1-62 - Mapa de refração de ondas elaborado para ondulação de S, com 2,5 m de altura significativa e 10 s de período de pico, para a região adjacente ao bloco BM-J-2. As setas representam a direção das ondas

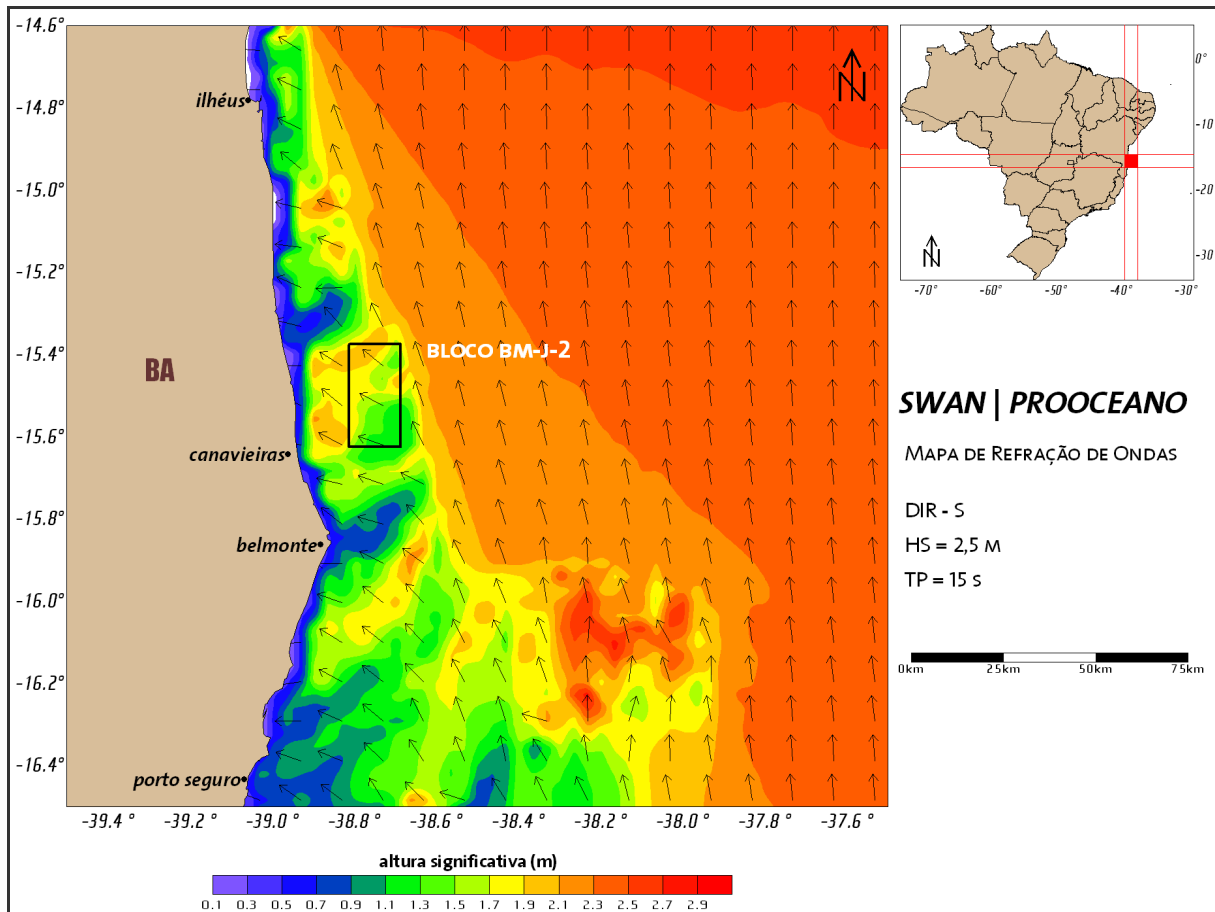


Figura II.5.1-63 - Mapa de refração de ondas elaborado para ondulação de S, com 2,5 m de altura significativa e 15 s de período de pico, para a região adjacente ao bloco BM-J-2. As setas representam a direção das ondas

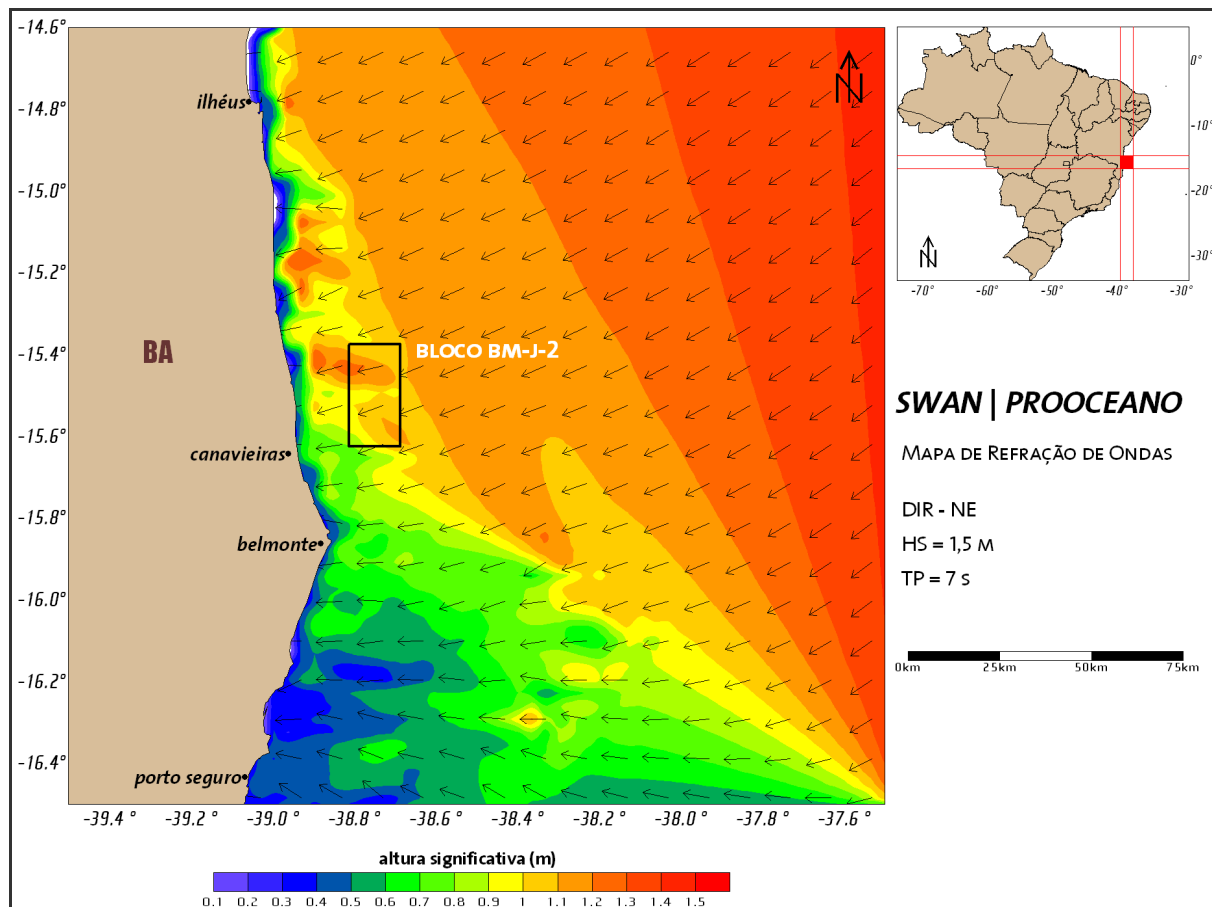


Figura II.5.1-64 - Mapa de refração de ondas elaborado para ondulação de NE, com 1,5 m de altura significativa e 7 s de período de pico, para a região adjacente ao bloco BM-J-2.
As setas representam a direção das ondas

As ondas de sudeste, ao se propagarem na região de estudo, tendem a ter sua direção alterada para leste-sudeste à medida que encontram regiões mais rasas. Na região do bloco BM-J-2, estas ondas, além de sofrerem essa mudança de direção, têm suas alturas aumentadas, em função do efeito do *shoaling*.

O mesmo tipo de situação também é observado para as ondas vindas de sul. A sua direção é alterada para sudeste e as alturas são aumentadas, havendo concentração de energia na região do bloco. Ressalta-se que esse fenômeno é tão mais efetivo quanto maior for o período das ondas. Esse fenômeno é explicado pelo fato das ondas de maior período sofrerem a influência do fundo antes daquelas de menor período.

Para a ondulação de nordeste pode-se observar que, ao atingirem a região do bloco, sua direção é alterada para leste-nordeste. No entanto, as alturas apresentam-se menores, uma vez que a conformação das linhas batimétricas faz com que haja dispersão de energia nesse local para as ondas deste quadrante direcional.

II.5.1.3.6 - 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 e 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:

$$F = \left(\frac{(K_1 + O_1)}{(M_2 + S_2)} \right), \text{ (POND e PICKARD, 1978).}$$

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 do bloco BM-J-2 foram utilizadas as constantes harmônicas calculadas na estação maregráfica de Canaveiras do IAGS/DHN, na Baía de Jequitinhonha, localizada em $15^{\circ} 41' S$ e $038^{\circ} 58' W$. A localização dessa estação em relação ao bloco BM-J-2 pode ser observada na **Figura II.5.1-65** e as constantes harmônicas encontram-se listadas na **Quadro II.5.1-10**.

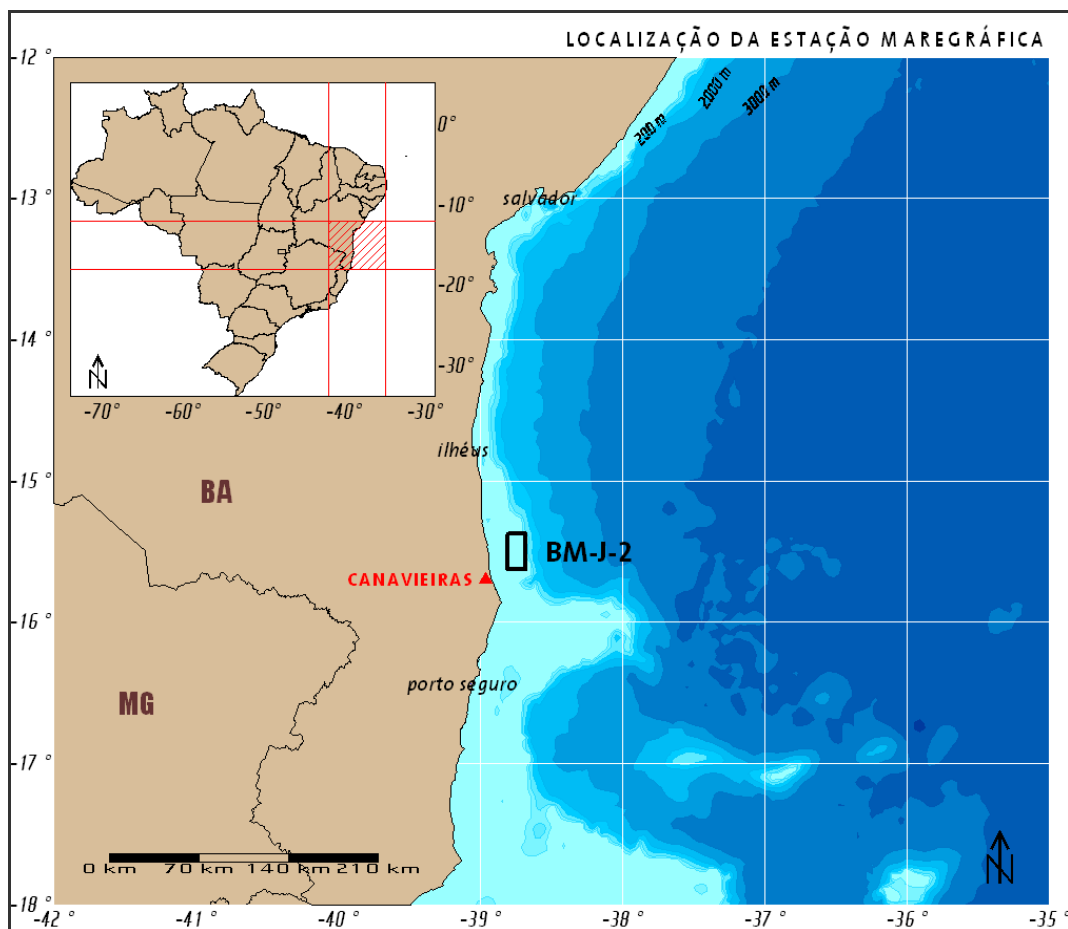


Figura II.5.1-65 - Posicionamento da estação maregráfica de Canavieiras

Quadro II.5.1-10 - Valores de amplitude e fase das principais componentes harmônicas, calculadas para as estações maregráficas utilizadas. Fonte: FEMAR, acessado em 2005

Componente	Estação de Canavieiras - BA	
	Amplitude	Fase
Q ₁	3,0	088
O ₁	6,4	135
K ₁	3,4	207
N ₂	8,2	136
M ₂	64,0	116
S ₂	22,5	135
K ₂	6,8	127

Para a região de interesse temos:

$$F = (3,4+6,4) / (64+22,5) = 0,1133 \text{ – maré semidiurna}$$

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

$$2(M_2+S_2) = 173 \text{ cm}$$

Portanto, podemos classificar a maré da área do bloco BM-J-2 como sendo semidiurna com desigualdade e com amplitudes médias de maré de sizígia, variando em torno de 173 cm.

Na **Figura II.5.1-66** é apresentado um gráfico com a elevação da superfície do mar calculada com as constantes harmônicas obtidas na estação de Canavieiras, para o ano de 2004, com os valores máximos e as mínimos para cada série, identificados pelas linhas tracejadas.

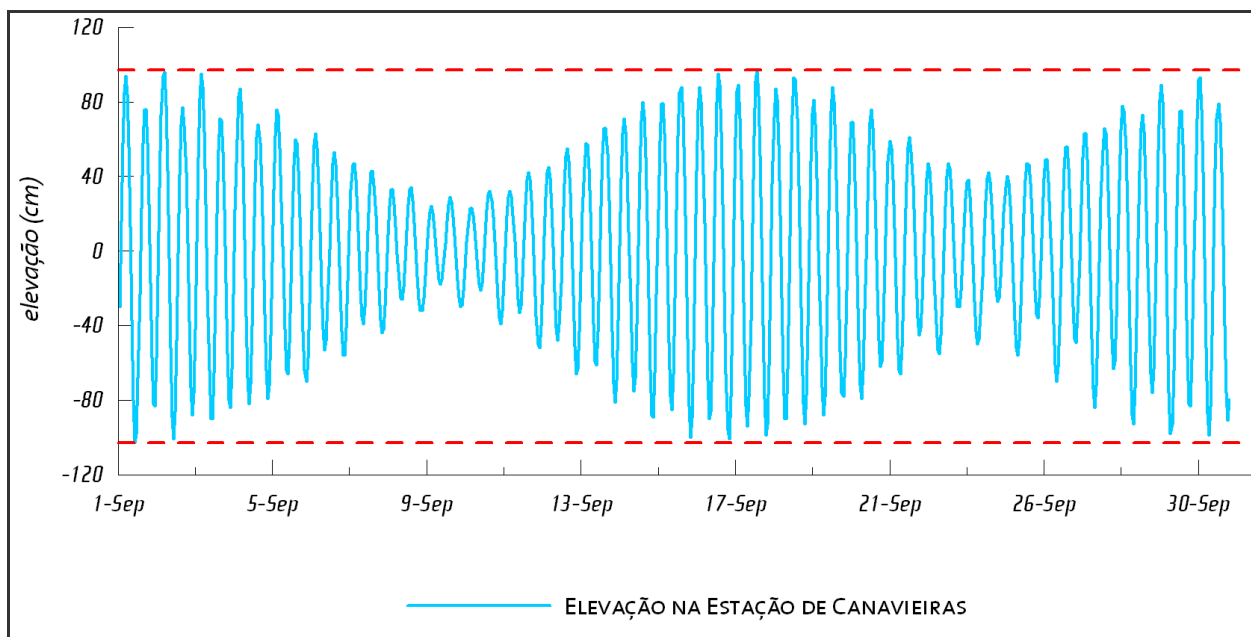


Figura II.5.1-66 - Elevação da superfície do mar (cm) para o período de 2004

Como pode ser observado na **Figura II.5.1-66** a elevação máxima calculada com os dados da estação de Canavieiras foi de 97 cm.

II.5.1.3.7 - Regime de Correntes

“A Plataforma Continental da Plataforma Leste do Brasil é estreita, apresentando uma largura típica de 15 km, embora possa chegar a 10 km em alguns locais. As profundidades da quebra da plataforma variam entre 50 e 60 m. Essa região é pobremente amostrada e estudada.” (Castro e Miranda, 1998).

Conforme descrito por Castro e Miranda, a região do Bloco BM-J-2 está na região menos estudada da costa brasileira. Desta forma, a descrição a respeito dos regimes de correntes aqui apresentada tenta reunir o máximo de informações disponíveis, embora estas não estejam igualmente distribuídas ao longo do ano. Neste conjunto de informações encontram-se artigos, dados secundários, dados primários coletados pelo CENPES/PETROBRAS no Bloco BM-J-1, durante aproximadamente 2,5 meses e dados de bóias de deriva do Projeto PNBOIA.

Descrições a respeito da circulação hidrodinâmica na região restringem-se praticamente às análises geostróficas de STRAMMA *et al.* (1990), que utilizaram dados hidrográficos históricos do *World Oceanographic Data Center* (WODC) (SILVEIRA *et al.*, 2000). Estes autores indicam que é nessa região que a Corrente do Brasil tem a sua origem, a partir da bifurcação da Corrente Sul Equatorial. A latitude na qual essa bifurcação acontece é indicada por STRAMMA *et al.* (1990) como sendo em 10° S, embora ainda pareçam existir incertezas a esse respeito e especulações da ocorrência de variações de caráter sazonal.

Embora ainda não desejadamente documentada, a influência da corrente de contorno oeste deve ser expressiva na estreita plataforma continental da região. As oscilações sazonais na posição da bifurcação da Corrente Sul Equatorial e da Zona de Convergência Inter Tropical (ZCIT) dificultam maiores considerações a respeito da resposta das correntes locais às forçantes geradas pela corrente de contorno oeste e pelos ventos alíseos. No Atlas de Cartas Piloto da Marinha do Brasil há indicações que o fluxo superficial nessa região possui direção sul na maior parte do ano, com exceção do período entre junho e agosto, quando os ventos alíseos de sudeste apresentam suas intensidades máximas (CASTRO e MIRANDA, 1998).

Em 15° S, devido ao alargamento da Plataforma Continental, a Corrente do Brasil se afasta da costa, embora, às vezes, meandre em direção à plataforma interna. STRAMMA *et al.* (1990) consideram a possibilidade da existência de uma célula de recirculação nesta área (**Figura II.5.1-67**).

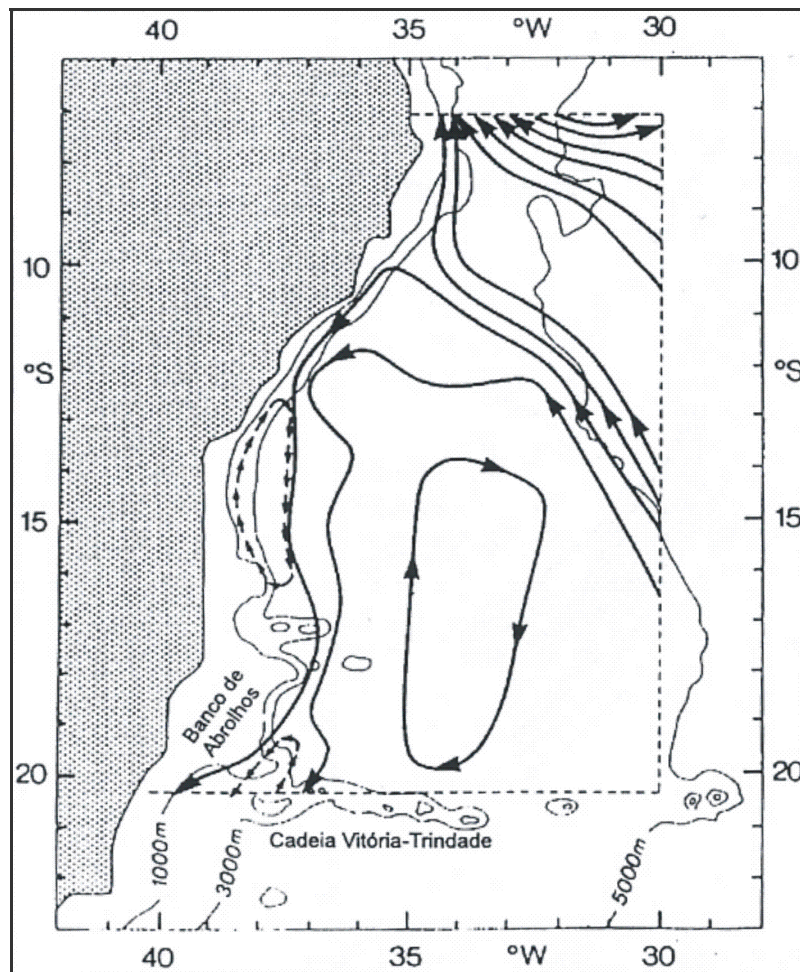


Figura II.5.1-67 - Caracterização da circulação da plataforma leste brasileira com a célula de recirculação costeira (setas pontilhadas), segundo Stramma et al. (1990)

No intuito de aprimorar a descrição das correntes foram também analisados dados de corrente, temperatura e salinidade coletados durante um período de cerca de três meses (CENPES/PETROBRAS, 2004) na posição 15° 04'59.3" S e 038° 43'50.6" W (**Figura II.5.1-68**). As medições foram realizadas a 20 m da superfície entre os meses de março e maio de 2004.

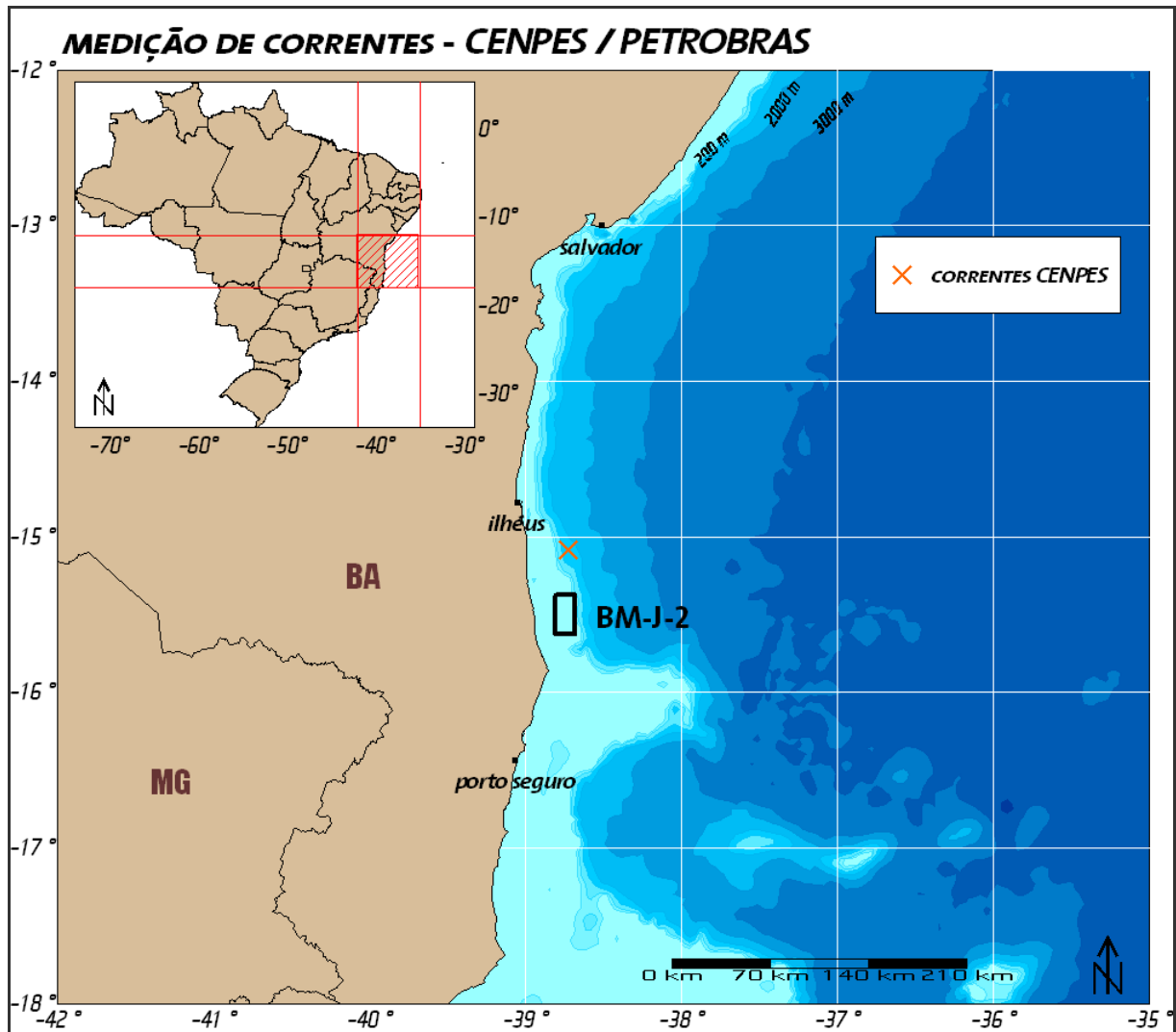


Figura II.5.1-68 - Localização dos dados de corrente medidos pelo CENPES/PETROBRAS

Analisando-se estes dados medidos (Figura II.5.1-69 e Figura II.5.1-70) pode-se observar que na maior parte do tempo as correntes possuíam direção sudeste, com velocidades entre 0,2 e 0,4 m/s.

No período observado, as correntes chegaram a inverter de sentido, porém com velocidades mais baixas, em torno de 0,1 m/s. Tal fato pode estar associado a um afastamento do eixo da Corrente do Brasil devido a um meandramento ou ainda à presença de um vórtice na região. Esse fato contribui para a constatação da existência de uma variabilidade importante das correntes na região, de acordo com a análise apresentada mais a frente sobre os dados extraídos de sensores altimétricos.

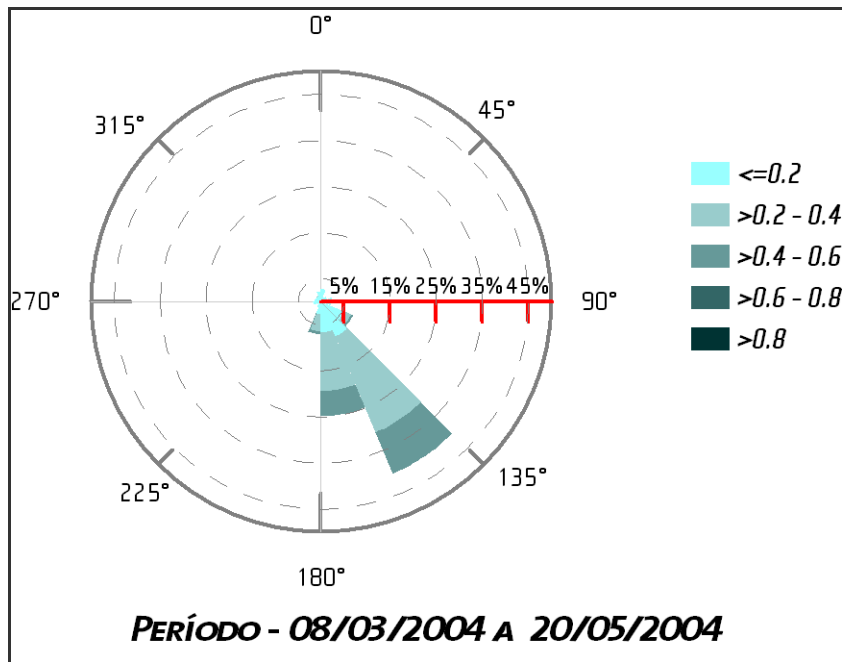


Figura II.5.I-69 - Rosa de correntes obtida com os dados medidos pelo CENPES/PETROBRAS (2004). Velocidades em m/s

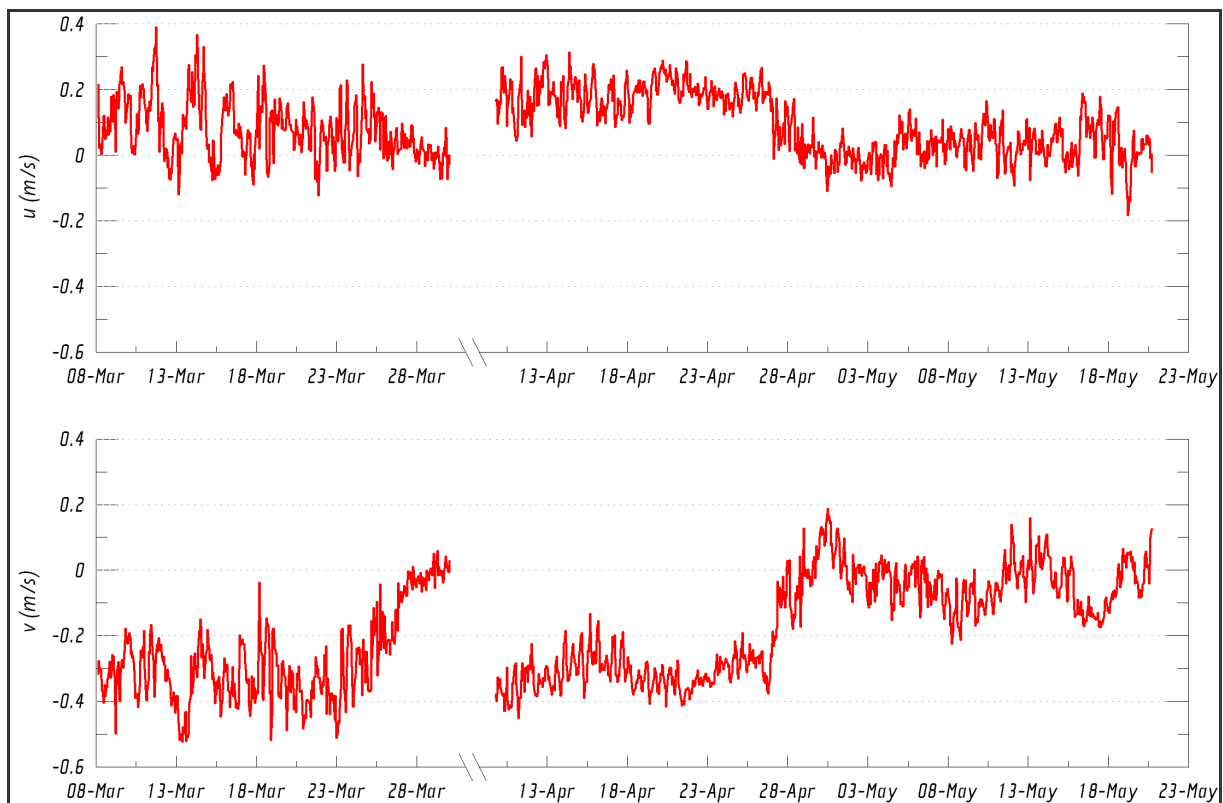


Figura II.5.I-70 - Séries temporais de corrente zonal (painel superior) e meridional (painel inferior)

Fonte: CENPES/PETROBRAS (2004).

Outra análise de correntes superficiais foi realizada utilizando 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 são disponíveis na rede no endereço www.dsr.inpe.br/pnboia/pnboia.html.

Para as análises realizadas neste relatório, foram selecionadas as bóias que passaram pelo bloco ou por região próxima a ele. Os dados considerados na análise foram obtidos de três bóias, hoje inativas, lançadas nos anos de 1999 e 2001. As trajetórias das bóias analisadas podem ser observadas na **Figura II.5.1-71**.

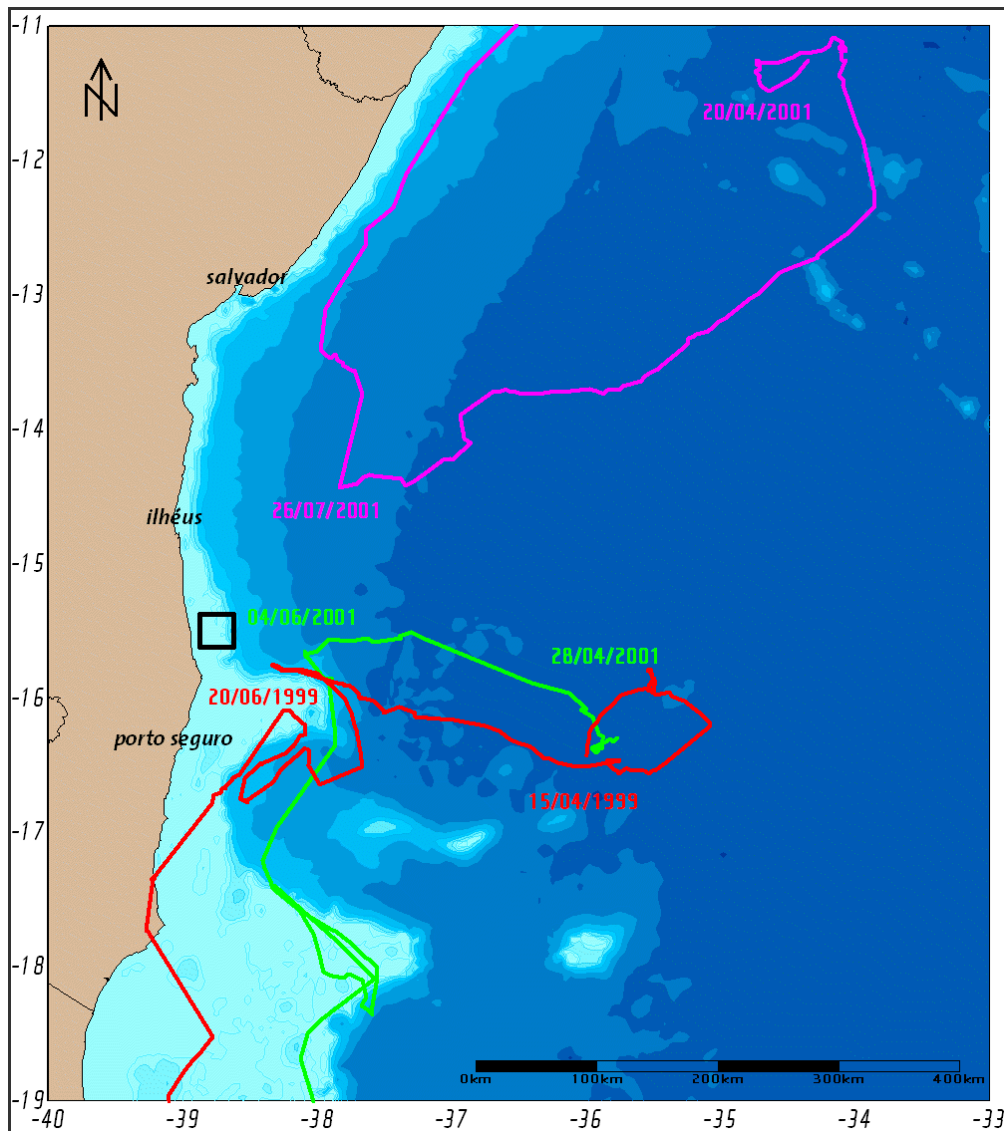


Figura II.5.1-71 - Trajetória das bóias de deriva lançadas pelo projeto PNBOIA

A trajetória das bóias sugere que a corrente superficial pode fluir em sentidos opostos dependendo da latitude. Esse comportamento pode estar associado à bifurcação da Corrente Sul Equatorial.

Conforme apresentado anteriormente, também foram utilizados dados de altimetria como indicativos das correntes superficiais.

Os dados obtidos por sensores a bordo de satélites, que operam na faixa do infravermelho (como os AVHRR da série de satélites NOAA) mapeiam os campos de temperatura da superfície do mar (TSM) em áreas livres de cobertura de nuvens, com resolução espacial de 1 km. Apesar da TSM ser muito utilizada como traçador para caracterizar qualitativamente a presença de vórtices e meandros da circulação, ela não é adequada para se obter estimativas de sistemas de correntes.

Os satélites altimétricos, por se basearem em dados de RADAR (micro-ondas), fornecem dados que independem de cobertura de nuvens. A partir do ano de 2000, dados de pelo menos 3 satélites altimétricos operando simultaneamente passaram a ser disponibilizados e atualizados diariamente na internet, viabilizando a geração de produtos oceanográficos. Desde 1998, vários trabalhos indicam a necessidade de se obter dados de pelo menos 2 satélites para monitoramento e estudo de feições de meso-escala.

Campos de circulação geostrófica produzidos através do uso de dados altimétricos, pela empresa VM Oceânica Ltda., reproduzem ocorrências de vórtices ciclônicos e anticiclônicos do tipo descrito por de Paula et al. (2003). Trata-se de uma área oceânica onde ocorre a bifurcação em superfície da Corrente Sul Equatorial (CSE), o que gera correntes intensas e picos de intensidade de corrente da ordem de 1,50 m/s.

Os campos de circulação, aqui descritos, se correlacionam melhor com as correntes médias diárias medidas entre a superfície e o nível da termoclina (200 m). Eles foram estimados a partir dos dados colineares de 3 satélites altimétricos: JASON, Geosat Follow-On (GFO) e ENVISAT. Possuem resolução espacial de aproximadamente 14 Km e temporal de um dia entre 2002 e 2004, o que permite uma caracterização estatística das correntes variáveis que ocorrem na região.

Uma melhor descrição sobre a metodologia envolvida na estimativa destes campos pode ser obtida em Vianna e Menezes (2005). Os dados diários das correntes observadas no ponto de latitude 15.5° S e 038.5° W são apresentados na **Figura II.5.1-72** e na **Figura II.5.1-73**.

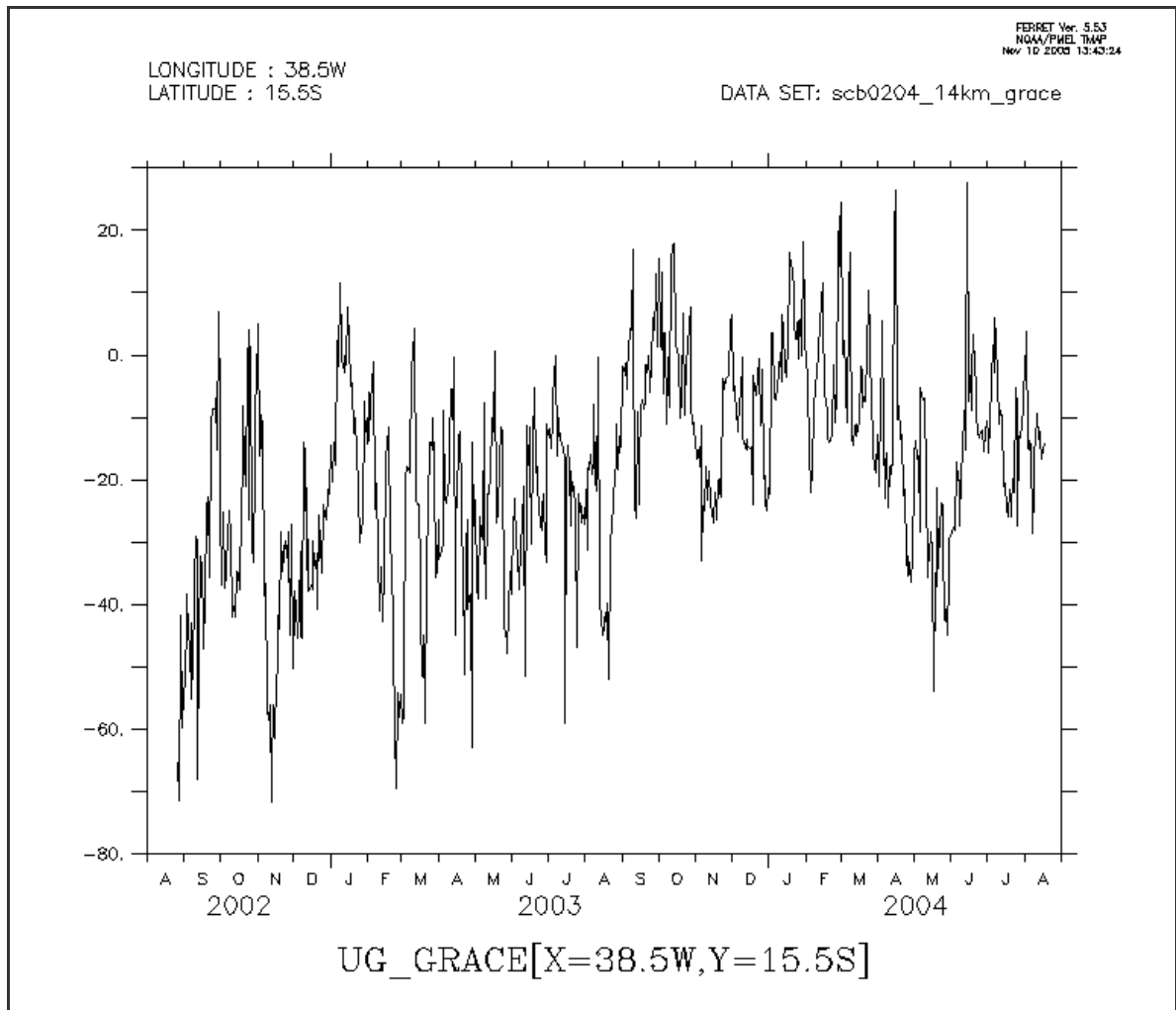


Figura II.5.1-72 - Série temporal de corrente zonal (u) superficial na região do Bloco BM-J-2, obtidos por dados altimétricos multi-satélites

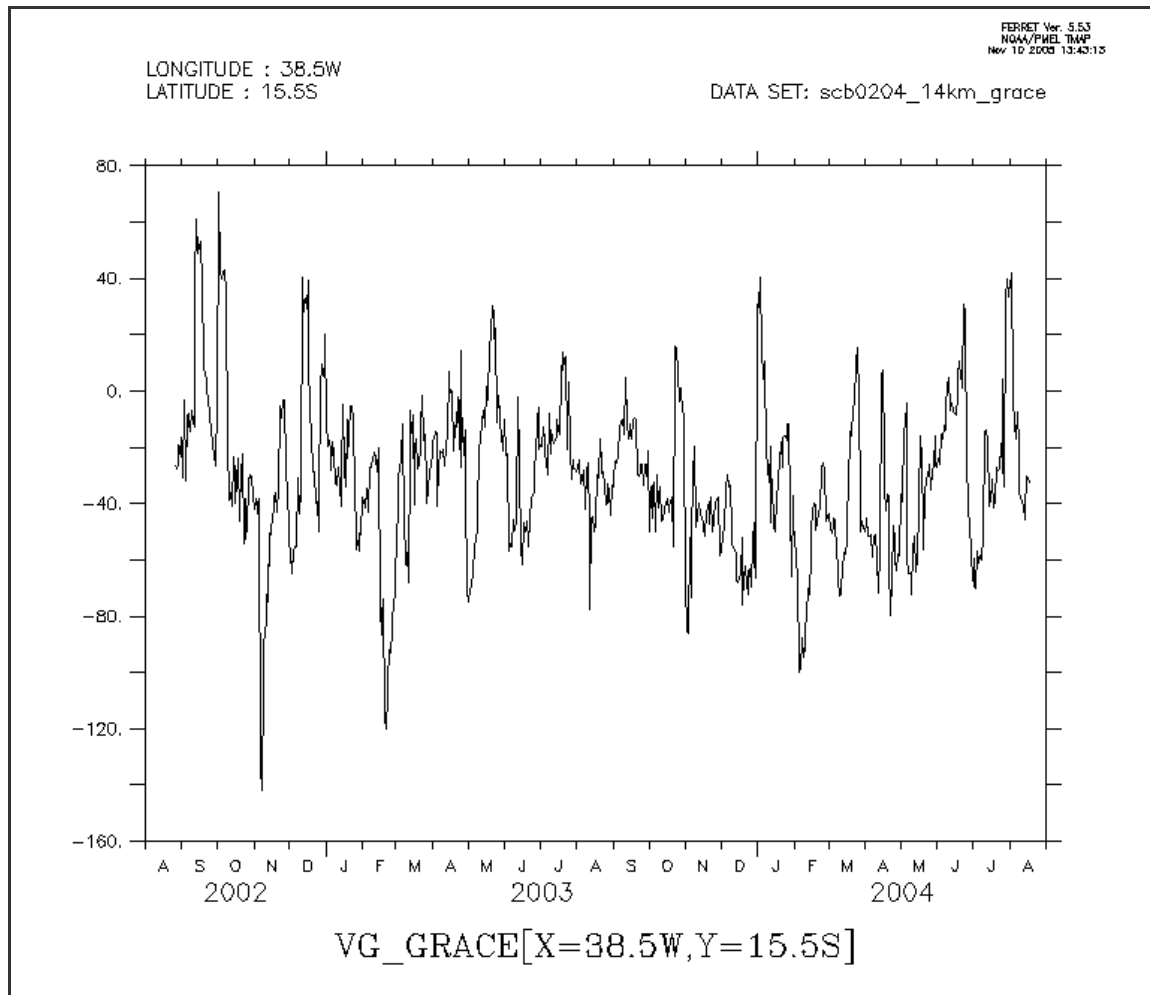


Figura II.5.1-73 - Série temporal de corrente meridional (v) superficial na região do Bloco BM-J-2, obtidos por dados altimétricos multi-satélites

Outra análise possível com os dados derivados de satélite é a caracterização da variabilidade das feições de meso-escala, ou seja, os períodos de variação das correntes, como a Corrente do Brasil. Através dessa análise (**Figura II.5.1-74**), obteve-se os seguintes resultados por faixas de períodos:

- O período chamado de Intra-Sazonal, definido como períodos menores que 150 dias, explica 70 % da variância das correntes. Dentro dessa banda, os períodos principais são de 17,6 dias, 22 dias e 36 dias.
- Os períodos contidos na banda Semi-Anual, com períodos ente 150 e 200 dias explica 2% da variância. Já a banda Anual, com períodos variando de 200 a 400 dias, contem 6,5% da variância. Os períodos maiores que 400 dias (banda Inter-Anual), explicam 20,7% da variância.

Isto significa que as correntes podem mudar de direção em alguns dias, dependendo da aproximação ou do aparecimento de vórtices ou meandros, sendo que de um ano para o outro pode existir uma variação significativa no seu comportamento.

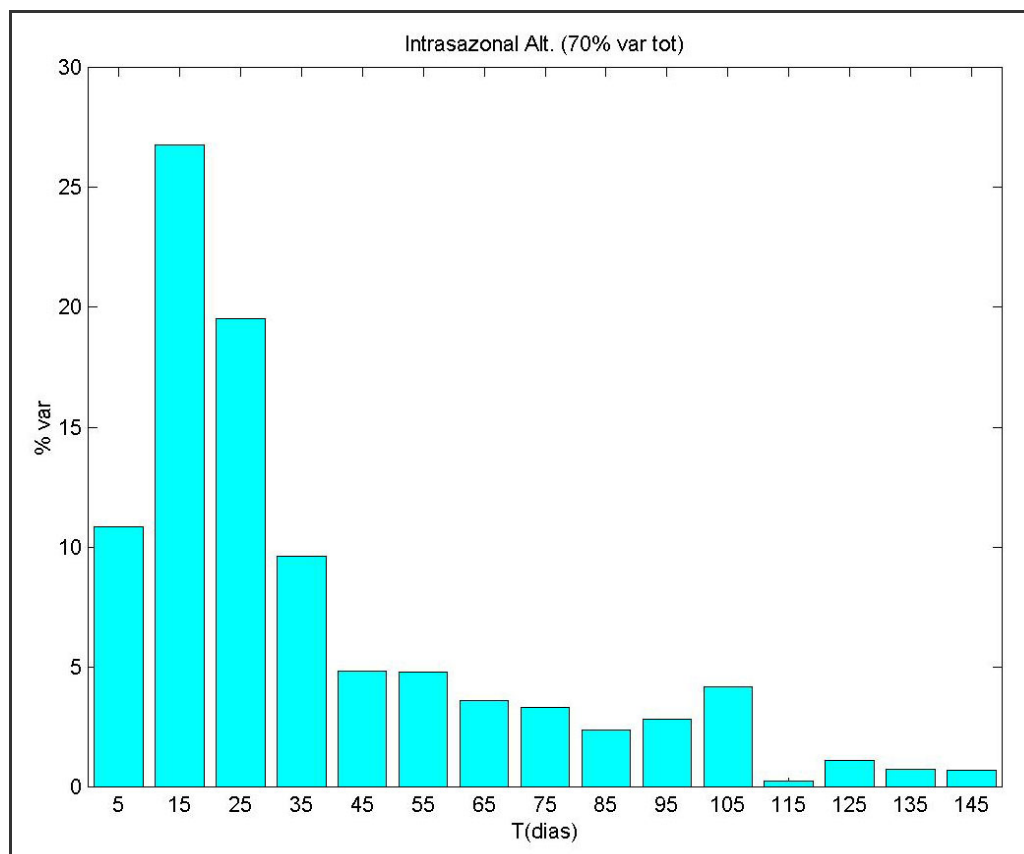


Figura II.5.1-74 - Histograma na banda Intra-Sazonal indicando faixas de variabilidade de feições de meso-escala na região, incluindo vórtices, obtido pela análise de dois anos de dados diários

II.5.1.3.8 - Condições Extremas

Como a área do Bloco BM-J-2 é uma região carente de dados e estudos mais aprofundados, torna-se mais difícil estabelecer um período que apresente condições extremas. No entanto, baseado nos dados de ventos e ondas, pode-se especular como este sendo o período de inverno, que possui maior tendência de apresentar condições meteo-oceanográficas extremas. Nesse período, quando os ventos alíseos de sudeste atingem seu máximo, as ondas podem atingir valores superiores a 2 m na região e a influência desses ventos na corrente podem gerar derivas em direção à costa.

II.5.1.3.9 - Conclusões

Na região da Plataforma Leste do Brasil, onde está situado o bloco BM-J-2, existe uma carência reconhecida de medições e estudos mais aprofundados, no que se refere à caracterização de parâmetros oceanográficos. No entanto, diante das informações disponibilizadas, tanto em literatura científica quanto nos dados medidos na região, foi possível a constatação das seguintes características gerais:

- A variação sazonal da temperatura e da salinidade é pequena, sendo que a temperatura em superfície apresenta variação entre 24 e 28° C e a salinidade varia entre 36,5 e 37.
- As ondas parecem possuir alturas significativas em torno de 1,5 m e período próximo a 7s. Porém, em situações com ventos persistentes de sudeste, mais comuns no período de inverno, elas podem alcançar mais de 2 m de altura com períodos de 10 a 15s, aumentando significativamente a energia do ambiente.
- As correntes na região são influenciadas pela Corrente do Brasil e, embora pouco estudadas, parecem possuir direção predominante variando entre S e SE, com velocidades entre 0,3 e 0,7 m/s. Alguns aspectos de sua dinâmica ainda não foram confirmados, como a existência de uma possível célula de recirculação costeira nas proximidades da região. Outro fator importante que carece de maiores conhecimentos são a localização e o período da bifurcação da Corrente Sul Equatorial, que podem gerar correntes em direções opostas às predominantes, dependendo da latitude de sua ocorrência.

II.5.1.4 - Qualidade da Água e Sedimento

II.5.1.4.1 - Introdução

A Área de Influência da atividade localizada na costa sul da Bahia, na Bacia de Jequitinhonha, é relativamente pouco influenciada por atividades antrópicas, sendo a pesca e o turismo as principais atividades econômicas. Toda a região tem sido pouco estudada e, portanto, são escassos os dados secundários, sendo a maioria deles disponibilizada pelo PROGRAMA REVIZEE (Subcomitê Regional da Costa Central) que, dentre outras atividades, caracterizou a qualidade da água na área compreendida entre Salvador e Cabo de São Tomé durante o período de 1996 a 1997, mas com poucos dados já publicados e disponíveis para consulta.

Com o objetivo principal de caracterização da qualidade físico-química da água e sedimento da área no litoral sul do Estado da Bahia, referente ao bloco BM-J-2, foi realizada uma campanha oceanográfica nos dias 25 e 26/10/2005. Nesta campanha foram coletadas amostras em seis

estações, denominadas QGP1 a QGP6, posicionadas em isóbatas de 30 a 500 m. (**Quadro II.5.1-11**).

Quadro II.5.1-11 - Localização, profundidade e denominação das estações de coleta de água e sedimento no Bloco BM-J-2.

Estação de Coleta	Latitude (S)	Longitude (W)	Profundidade (m)	Data Coleta
QGP1	15° 36,0'	38° 46,0'	30	26/10/2005
QGP2	15° 29,0'	38° 44,0'	51	26/10/2005
QGP3	15° 27,147'	38° 40,474'	75	26/10/2005
QGP4	15° 34,0'	38° 40,0'	54	25/10/2005
QGP5*	15° 30,0'	38° 39,0'	500	25/10/2005
QGP6**	15° 32'	38° 44'	47	26/10/2005

* - Apenas coleta de amostra de água, devido à lâminad'água.

** - A amostra de água da estação QGP6 foi estraviada durante o transporte.

Nestas estações de amostragem foram obtidas amostras de água de subsuperfície (cerca de 50 cm de profundidade) e de sedimento superficial. Nas amostras de água foram determinadas, além da transparência, os parâmetros apresentados no **Quadro II.5.1-12**.

Quadro II.5.1-12 - Parâmetros determinados nas amostras de água

Parâmetros	Análises
Caracterizadores de Massas D'Água	Oxigênio Dissolvido (OD)
	pH
	Salinidade
	Temperatura
Indicadores de Produção Primária	Clorofila <i>a</i>
	Carbono Orgânico Total (COT)
	Sulfetos
Indicadores do Nível Trófico	Nitrito
	Nitrato
	Amônia
	Fosfato
Indicadores de Aportes Continentais/Hidrodinamismo	Resíduos Filtráveis Totais (RFT)
	Resíduos Não Filtráveis Totais (RNFT)
Tóxicos Orgânicos	Fenóis
	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos Totais (HPA)
	Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTC)

No sedimento foram avaliados a granulometria, os metais-traço (Al, Ba, Cr, Cd, Cu, Ni, Fe, Hg, Mn, Zn, Pb e V), os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos totais, os hidrocarbonetos totais de petróleo, carbono orgânico total, nitrogênio total, fósforo total, sulfetos e fenóis (**Quadro II.5.1-13**).

Quadro II.5.1-13 - Parâmetros determinados nas amostras de sedimento

Parâmetros	Análises
Sedimento	Granulometria
Tóxicos Orgânicos	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos Totais (HPA)
	Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP)
	Fenóis
Indicadores de Produção Primária	Carbono Orgânico Total (COT)
	Sulfetos
Indicadores do Nível Trófico	Nitrogênio Total
	Fósforo Total
Metais	Al, Ba, Cr, Cd, Cu, Ni, Fe, Hg, Mn, Zn, Pb e V

II.5.1.4.2 - Metodologia Aplicada

II.5.1.4.2.1 - Metodologia de Coleta

a) Amostras de Água

Conforme o parâmetro que se pretende determinar em amostras de água do mar, devem ser tomados cuidados específicos que incluem, desde a prévia descontaminação dos equipamentos e frascos, até o perfeito armazenamento desses em condições tais que permitam a produção de dados confiáveis.

No caso dos metais traço e de compostos orgânicos, os componentes presentes no filme superficial torna crítica a determinação de sua concentração à profundidade, em função das baixas concentrações usualmente observadas na água do mar. Portanto, para se coletar amostras de água para a análise dessas variáveis, deve-se tomar cuidados para que a parede interna do próprio amostrador não entre em contato com o filme superficial.

Dessa forma, são utilizados equipamentos coletores de água que alcançam a profundidade desejada totalmente fechados e que somente são abertos por ocasião da coleta da amostra. No presente trabalho foi utilizado um amostrador, cujo *design* é baseado no manual da COI para a análise de hidrocarbonetos em água do mar (IOC, 1984), que comporta uma garrafa de vidro de 1 L, que desce fechada por uma rolha envolvida em *teflon*, a qual é puxada por meio de uma corda na profundidade de amostragem. Após a garrafa ser preenchida pela água, ela é recolhida para a embarcação, onde imediatamente, é retirado 50 mL da água contida na sua superfície, que corresponde à camada onde houve contato com o filme superficial do mar.

Foram coletadas com esse amostrador amostras de água para a análise de hidrocarbonetos, para a determinação de carbono orgânico e para a quantificação de fenóis. Todas essas amostras foram imediatamente armazenadas em caixas de isopor com gelo e mantidas ao abrigo da luz.

Os frascos utilizados para a determinação de hidrocarbonetos e carbono orgânico foram descontaminados em mufla a 450 °C por uma noite ou por solventes orgânicos grau pesticida de diferentes polaridades. Para a análise de fenóis, a descontaminação dos frascos foi realizada segundo lavagens sucessivas com água corrente, solução de detergente Detertec, solução de ácido clorídrico e água destilada.

Para a determinação dos demais parâmetros físico-químicos foi utilizado um amostrador tipo *Van Dorn*. Da amostra obtida, 160 mL foram acondicionados, e fixados com 2 mL de sulfato manganoso e 2 mL de álcali-iodeto azida, em frascos de vidro âmbar para análise de oxigênio dissolvido. Durante o processo de armazenagem, tomou-se o cuidado especial de evitar borbulhamento da amostra e sua exposição à luz, o que poderia prejudicar os resultados obtidos durante a determinação da concentração de oxigênio. Outros 6 L foram armazenados em frascos de polietileno e conservados sob refrigeração para a determinação de resíduos filtráveis totais, resíduos não filtráveis totais e clorofila *a*, sendo a alíquota filtrada, destinada à análise de nutrientes inorgânicos dissolvidos. Para a determinação da temperatura, pH e salinidade, foi retirada uma alíquota de 100 mL, em um frasco de polietileno. Outra amostra, armazenada e fixada com 1 mL de acetato de zinco 2 N, em um frasco de 100 mL de vidro, foi também obtida e conservada em gelo para a análise de sulfetos.

Toda a vidraria em contato com as amostras foi criteriosamente descontaminado segundo a mesma metodologia descrita para os fenóis.

b) Amostras de Sedimento

Para a coleta das amostras de sedimento, foi utilizado um amostrador do tipo *Van Veen* de aço inox, de área de abertura 23x23 cm. Uma vez na embarcação, a parte central da amostra, contendo a camada sedimentar superficial (até cerca de 2 cm de profundidade), foi transferida para sacos plásticos, com o auxílio de uma espátula também de plástico. Esta subamostra foi mantida sob gelo e reservada para a determinação da granulometria, nitrogênio e fósforo total, metais, fenóis e sulfetos.

Para análise dos hidrocarbonetos e carbono orgânico, uma outra subamostra foi transferida, com espátula de metal, para embalagens de alumínio. Também estas foram mantidas sob gelo até a chegada ao laboratório, onde foram então congeladas em freezer.

II.5.1.4.2.2 - Metodologias de Análise

a) Amostras de Água

a.1) Parâmetros Caracterizadores de Massas D'água

A seguir serão descritas as metodologias de determinação dos parâmetros físico-químicos, a saber, temperatura, pH, salinidade e oxigênio dissolvido (OD).

A temperatura das amostras de água foi medida imediatamente após a coleta, utilizando-se termômetros de mercúrio, com uma escala de 0 a 60 °C e sensibilidade em décimo de grau. Também o pH foi determinado logo após a amostragem, a partir da imersão de eletrodo específico da marca Orion, acoplado em potenciômetro também Orion 250A.

A determinação da salinidade foi realizada em laboratório, utilizando-se um medidor de salinidade YSI 30.

A determinação de OD foi realizada *in situ*, em até 12 horas após a coleta e fixação das amostras, seguindo-se a metodologia modificada de Winkler (GRASSHOFF *et al.*, 1983). A titulação das mesmas, com uma solução de tiosulfato de sódio, foi realizada em duplicata e a concentração de iodo presente (devido à introdução dos reagentes de fixação) foi determinada utilizando-se amido como indicador. Após a titulação, foi calculada a concentração de oxigênio a partir das reações envolvidas, que indicam que cada mol de oxigênio é equivalente a quatro moles de tiosulfato. O resultado obtido foi

expresso em mg L^{-1} . Posteriormente, a partir dos resultados de OD, salinidade e temperatura, também foram realizados o cálculo do percentual de saturação de OD (GRASSHOFF *et al*, 1983), e do valor teórico de saturação sob essas condições, para cada amostra de água.

a.2) Parâmetros Indicadores de Produção Primária

Para análise da clorofila *a*, cerca de 3 L de amostra foi filtrado, sob vácuo, através de membranas Millipore de acetato de celulose de $0,45 \mu\text{m}$ de porosidade e 47 mm de diâmetro. A filtração foi realizada *in situ*, em um prazo máximo de 6 horas após a coleta das amostras. Para a extração da clorofila utilizou-se 10 mL de acetona a 90 % como solvente. As membranas, juntamente com o solvente, foram colocadas em tubos, envolvidos em papel laminado, os quais foram deixados em repouso no escuro por cerca de 12 horas, à temperatura de $-20 \text{ }^\circ\text{C}$. A leitura dos extratos foi realizada em espectrofotômetro equipado com cubetas de vidro de 1cm de percurso ótico, nos seguintes comprimentos de onda: 630, 645, 665 e 750 nm, sendo esse último utilizado para descontar a turbidez dos extratos. Toda a análise da clorofila *a*, bem como os cálculos envolvidos, seguiu a metodologia descrita por STRICKLAND e PARSONS (1972).

As amostras para a determinação do COT, que é o somatório dos valores das concentrações de carbono orgânico dissolvido (COD) e particulado (COP) presentes na água do mar, foram filtradas *in situ*, logo após a coleta, sob vácuo, em filtros de fibra de vidro de 47 mm de diâmetro e $0,7 \mu\text{m}$ de diâmetro de poro, previamente pesados e descontaminados. O filtrado foi guardado em frascos de vidro âmbar e tanto os frascos quanto os filtros foram mantidos congelados até a determinação, respectivamente, do COD e do COP, segundo a metodologia descrita por HAMACHER (2001).

Para a análise de carbono orgânico, deve-se, primeiro, tratar as amostras para a remoção de carbonatos. O procedimento de descarbonatação das amostras líquidas foi realizado a partir de sua acidificação, com solução de HCl 1 M, até atingir o pH entre 2 e 3. Após a adição do ácido, as amostras foram purgadas com O_2 , no próprio equipamento, por cerca de 5 minutos. Passado esse período de tempo, as amostras foram imediatamente injetadas no analisador de carbono. Para a análise do COP, os filtros foram secos, pesados e sofreram descarbonatação, a partir de vapores de HCl concentrado. As determinações foram conduzidas em um autoanalisador de carbono da Shimadzu, modelo TOC-5000 A.

Como as concentrações de carbono orgânico em amostras ambientais de água são muito pequenas, são utilizados catalisadores de platina de alta sensibilidade para que ocorra a oxidação completa a CO₂ da matéria orgânica presente, o que permite a posterior leitura em detector de infravermelho.

A concentração do COD da amostra líquida foi obtida através do levantamento de uma curva de calibração a partir de soluções padrões de ftalato de potássio de concentrações conhecidas. Somente foram consideradas curvas de calibração com coeficientes de correlação superiores a 0,99 ($r > 0,99$). Concomitante às amostras, também foram injetados brancos do procedimento analítico, constituídos de água Milli-Q, no equipamento.

O sulfeto é encontrado em águas hidrotermais continentais e marinhas, resultante de um processo geoquímico de interação água-rocha a alta temperatura. Apresenta-se sob três formas: uma não ionizada, na forma de gás dissolvido, SH₂, e duas outras ionizadas, SH⁻ e S₂⁻. Estas três formas são relacionadas entre si, por reações ácido-base:



definidas, respectivamente, pelas constantes:

$$K_1 = [\text{HS}^-] [\text{H}^+] / [\text{H}_2\text{S}] \text{ e } K_2 = [\text{S}_2^-] [\text{H}^+] / [\text{HS}^-]$$

As determinações analíticas medem a concentração total, ou seja, a soma das três formas: H₂S, a mais tóxica; HS⁻, a predominante na água do mar, e S₂⁻. As proporções das três formas dependem do valor do pH e dos valores das constantes de equilíbrio. HS⁻ é a forma predominante na maioria das águas naturais que apresentam valores de pH entre 5 e 9, H₂S torna-se predominante nas águas de pH < 5 e S₂⁻ nas de pH > 9. O método de determinação de sulfeto total, baseou-se na adição de uma quantidade conhecida e em excesso de uma solução padrão de iodo à amostra, segundo FEEMA (1983). Dessa forma, os sulfetos reduziram o iodo em meio ácido e o excesso do iodo que não reagiu foi titulado utilizando-se uma solução padrão de tiosulfato de sódio e goma de amido como indicador.

a.3) Parâmetros Indicadores do Nível Trófico

Os nutrientes inorgânicos dissolvidos são elementos traços essenciais para o crescimento do fitoplâncton marinho, conhecidos como biolimitantes. Os mais importantes para o

processo de eutrofização são os compostos nitrogenados (nitrito, nitrato, amônia), o fósforo (fosfato) e o silicato.

As determinações laboratoriais desses elementos foram realizadas segundo metodologias colorimétricas clássicas (FEEMA, 1983).

O nitrito foi determinado a partir da introdução de uma solução ácida de sulfanilamida, que forma um composto diazônio. Esse reage com uma segunda solução de amina aromática (n-naftil), resultando numa coloração rosa, lida a 540 nm no espectrofotômetro após 15 minutos de reação.

A análise de nitrato consiste na redução do nitrato a nitrito através de uma coluna de cádmio granulado, previamente tratada com solução de sulfato de cobre, e ativada com uma solução padrão de nitrato de alta concentração. As amostras foram tamponadas com cloreto de amônio, evitando assim a queda do rendimento de redução da coluna. Após passar pela coluna, a amostra foi determinada como nitrito. A concentração real do nitrato foi, então, obtida pela diferença entre os valores das determinações de nitrito das amostras que passaram pela coluna e os analisados diretamente.

A determinação da amônia se deu em meio alcalino, onde a amônia presente, após reagir com hipoclorito, formou a monocloroamina. Essa, na presença de fenol, de nitroprussiato e de excesso de hipoclorito, deu origem ao azul de indofenol, que foi lido no espectrofotômetro em 630 nm. Seguindo os procedimentos, a amostra permaneceu em ambiente ausente de luz e a sua leitura foi efetuada em até 24 horas após a adição dos reagentes.

A metodologia utilizada para a determinação do fosfato consiste na dosagem das formas de íons ortofosfato, que reagem em meio ácido com o molibdato de amônio, formando um complexo fosfomolibdato. Esse, ao ser reduzido com a adição de ácido ascórbico, produz um complexo azul, que foi lido a 880 nm de comprimento de onda.

O silicato é determinado a partir da reação do ácido silícico, com o heptamolibdato de amônio, formando um ácido silicomolibdico, que por vez, na presença de ortofosfatos, resulta no ácido fosfomolibdico, que é destruído pelo ácido oxálico e reduzido pelo ácido ascórbico, tornando um complexo azul, lido a 810 nm de comprimento de onda.

Todas as determinações descritas foram feitas em duplicata e a quantificação foi obtida a partir de curvas de calibração com ao menos 4 concentrações do nutriente alvo, feitas a

partir de padrão primário do sal inorgânico correspondente. Todas as curvas analíticas, assim obtidas, apresentaram um coeficiente de correlação superior a 0,99 ($r > 0,99$). Para cada batelada de amostras, para todos os nutrientes, foram analisados dois brancos, constituídos de água deionizada, a fim de se acompanhar o protocolo analítico que estava sendo empregado. Os resultados obtidos foram expressos em $\mu\text{mol L}^{-1}$.

Toda a vidraria utilizada na determinação dos nutrientes inorgânicos dissolvidos foi criteriosamente descontaminada com detergente, água, HCl 10 % e água destilada, nessa ordem.

a.4) Parâmetros Indicadores de Aportes Continentais/Hidrodinamismo

A transparência da água foi determinada através de medição direta com o auxílio do disco de Secchi, que foi mergulhado até a profundidade que pode ser observado, limitando a camada fótica.

Os RNFT (Resíduos Não Filtráveis Totais) foram determinados a partir de filtração sob vácuo em filtros pré-pesados Millipore de acetato de celulose de 0,45 μm de porosidade e 47 mm de diâmetro. Os filtros com as amostras foram mantidos congelados até serem posteriormente secos em estufa a baixa temperatura (inferior a 60 °C) e levados, a peso constante, para a determinação da concentração de material em suspensão presente, em mg L^{-1} .

O procedimento de análise do RFT (Resíduos Filtráveis Totais) seguiu a metodologia descrita pela FEEMA (1983). Uma alíquota da amostra filtrada foi transferida para um cadinho previamente tarado. O cadinho foi para o banho-maria até ser totalmente seco, sendo posteriormente transferido para a estufa a 180 °C por 12 horas ou até atingir peso constante. A diferença obtida entre o peso final e o inicial resultou na quantidade de sólidos dissolvidos encontrada na amostra, sendo expressa em mg L^{-1} .

a.5) Tóxicos Orgânicos

As amostras de água coletadas para a determinação de fenóis foram extraídas com diclorometano, com extração líquido-líquido com a utilização de funil de separação de 1 L. À amostra é adicionada uma alíquota de diclorometano, que sofre agitação manual por 3 minutos. Esse procedimento é repetido mais duas vezes, conjugando-se os extratos. Após a extração, é adicionado à amostra aminoantipirina e lida em espectrofotômetro (SM-5300D).

As amostras de água para a análise de hidrocarbonetos foram extraídas com diclorometano da seguinte forma: o volume total da amostra foi transferido para um funil de separação de 2 L, onde foram adicionados 30 mL do solvente. A amostra foi extraída por 3 minutos, sendo deixada em repouso por 10 minutos. Esse procedimento foi realizado em triplicata para cada amostra, sendo que ao final todo o material utilizado na extração foi rinsado com mais 10 mL, totalizando 100 mL de extrato final. Esse extrato foi desidratado com sulfato de sódio anidro, e posteriormente evaporado até cerca de 1 mL em evaporador rotativo (MSRC, 1995). O extrato concentrado foi passado por uma coluna de vidro preenchida com sílica e alumina. O extrato foi colocado no topo da coluna e eluído com hexano e mistura diclorometano/hexano, para a separação das frações alifática (F1) e aromática (F2).

As frações F1 e F2 foram concentradas em evaporador rotativo até cerca de 1 mL e transferidas para balão volumétrico, também de 1 mL. Após a avolumação foram retiradas partes iguais das duas frações para compor a amostra de HTP (F1 + F2). A seguir, essa amostra foi injetada em cromatógrafo a gás HP 6890 com detector FID, equipado com sistema eletrônico de coleta e tratamento dos dados. O cromatógrafo foi ajustado para as seguintes condições:

- coluna HBTS 01 com 30 m de comprimento, 0,32 mm de diâmetro e filme de 0,25 μm ;
- Injeção \Rightarrow 1 μl em modo split/splitless;
- Temperatura do injetor \Rightarrow 250 $^{\circ}\text{C}$;
- Programação de temperatura do forno:
- 60 $^{\circ}\text{C}$ (0,5min) \Rightarrow 7 $^{\circ}\text{C min}^{-1}$ \Rightarrow 300 $^{\circ}\text{C}$ (10 min)
- Gás de arraste \Rightarrow Hélio (34 cm.seg $^{-1}$);

O limite de detecção da metodologia empregada foi de 0,10 $\mu\text{g L}^{-1}$. O resultado final foi expresso em $\mu\text{g L}^{-1}$ de amostra.

Para a avaliação da contaminação das amostras de água por HPAs optou-se, nesse estudo, pela utilização da espectrofluorescência de ultravioleta, que mede os HPAs Totais. Essa técnica é recomendada para estudos preliminares em função de sua grande sensibilidade e facilidade analítica (KNAP *et al.*, 1986; EHRHARDT e PETRICK, 1989). Embora o resultado obtido seja semiquantitativo e não qualitativo, em função da utilização do criseno como padrão de quantificação, a metodologia é amplamente

utilizada em levantamentos da contaminação de amostras ambientais (BÍCEGO, 1988; EHRHARDT e PETRICK, 1989).

A fração eluída da coluna de sílica-alumina, correspondente a dos HPAs, foi concentrada e avolumada em balão volumétrico de 5 mL. A concentração do extrato foi determinada por espectrofluorescência, usando-se 310 nm para excitação e 360 nm para emissão. A quantificação dos HPAs foi feita a partir de uma curva de calibração de criseno em uma faixa de concentração que englobava as amostras (0,020 a 0,5 $\mu\text{g mL}^{-1}$). A curva de calibração apresentou coeficiente de correlação superior a 0,99 ($r > 0,99$). O resultado final foi expresso como HPAs totais em equivalentes em criseno.

Durante todo o procedimento analítico de determinação dos hidrocarbonetos nas amostras de água foi realizado em paralelo um trabalho de controle de qualidade do extrato final a partir de brancos.

b) Amostras de Sedimento

b.1) Tóxicos Orgânicos

A extração dos hidrocarbonetos (HPAs e HTP), a partir dos sedimentos, foi baseada no método EPA 3540C, utilizando-se cerca de 20 g de sedimento liofilizado, procedendo-se à extração em Soxhlet por 24 horas, com uma mistura de diclorometano-acetona 1:1. O volume do extrato foi reduzido em evaporador rotatório, passando-se, a seguir, para a fase de fracionamento, que foi conduzida por meio de cromatografia líquida em coluna de sílica/alumina, conforme os procedimentos anteriormente descritos para as amostras de água.

As amostras de sedimento para a determinação de fenóis foram extraídas e em seguida, adicionada aminoantipirina para a formação de um complexo colorido e sendo sua leitura realizada em espectrofotômetro (SM-5300D).

b.2) Metais-traço

Para a determinação de metais, as amostras de sedimento foram liofilizadas e trituradas em gral. Um grama de cada amostra seca de sedimento foi mantida em contato por 24 horas com 10 mL de ácido nítrico suprapur. Após esse período, as amostras foram aquecidas a 80°C por 2 horas. O extrato, assim obtido, foi diluído com água Milli-Q e injetado no ICP-MS (EPA 6010B).

b.3) Parâmetro Indicador de Produção Primária

As amostras de sedimento destinadas à análise de carbono orgânico total e nitrogênio total foram secas em liofilizador e descarboxadas com ácido clorídrico, segundo a metodologia descrita (HAMACHER, 2001), sendo analisados no autoanalisador de C, H, N e S (CHNS) da CE Instruments, modelo EA1110, cujo princípio de funcionamento baseia-se na queima catalisada, a alta temperatura, da amostra. Foi utilizado padrão de cistina para a confecção da curva de calibração.

O fósforo orgânico (P_{org}) foi determinado por diferença entre fósforo total e fósforo inorgânico, seguindo o método de ignição proposto por Aspila (1976). O fósforo total foi determinado em alíquotas de 100 a 500 mg de sedimento por oxidação a seco em 550 °C durante 2 horas, seguido de extração em ácido clorídrico 1 M por 16 horas, sob agitação constante. Em outra alíquota da mesma amostra, o fósforo inorgânico é extraído pelo tratamento apenas com ácido clorídrico.

O teor de fósforo no extrato final, em ambos os casos, foi medido pelo método espectrofotométrico do azul de molibdênio (GRASSHOFF *et al.*, 1983). A quantificação foi feita através de curva de calibração ($r > 0,999$) com solução-padrão de dihidrogênio fosfato de potássio. O limite de detecção foi de 2,8 $\mu\text{g P g}^{-1}$, calculado como sendo três vezes o desvio-padrão de uma série de leituras de brancos de procedimento.

Os sulfetos foram determinados com o método de arraste por nitrogênio com e posterior titulação com iodometria (SM-4500SF).

b.4) Granulometria

Para a determinação de granulometria, à cerca de 2 g de amostra seca foi adicionado HCl para a retirada dos carbonatos e, posteriormente, após secagem, foi feito o ataque com 30 mL de peróxido de hidrogênio, 10 volumes, para eliminação da matéria orgânica. A amostra, uma vez mais seca e pesada, livre de matéria orgânica, foi dispersa com agitação a úmido durante 24 horas utilizando-se 30 mL de solução contendo pirofosfato de sódio. Após a dispersão química a amostra sofreu uma dispersão física sendo submetida a ultrassom por 10 minutos. Assim, a amostra foi preparada para a quantificação das frações granulométrica entre 0,04 a 500 μm através do uso do analisador de partículas a laser CILAS 1064 que apresenta 100 peneiras entre as faixas granulométricas citadas.

II.5.1.4.2.3 - Resultados e Discussão

a) Amostras de Água

a.1) Parâmetros Caracterizadores de Massas D'água

O **Quadro II.5.1-14** apresenta os valores obtidos para os parâmetros físico-químicos (temperatura, salinidade, transparência, pH e OD) para as amostras de água.

Com relação à temperatura, observa-se uma distribuição homogênea dos valores na amostras de água, onde os dados aqui reportados foram, em média, iguais a $25,8 \pm 0,5$ °C (**Quadro II.5.1-14**). A temperatura da água em amostras superficiais é fortemente influenciada pela radiação solar. Por exemplo, conforme descrito por LEIPE *et al.* (1999), na plataforma sul do estado da Bahia foram encontradas variações de até 3 °C na temperatura da água superficial ao longo do dia.

Como a temperatura, as amostras apresentaram pequena variação de salinidade, com valores entre 35,2 a 36,0, sendo a média igual a $35,6 \pm 0,4$. Valores de salinidade disponíveis no Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, indicam para esta região uma variação da salinidade na superfície entre 34 e 37.

Portanto, a salinidade e temperatura determinadas são típicas da região, onde há predomínio da Corrente do Brasil, com águas relativamente quentes e salinas.

Quadro II.5.1-14 - Resultados de temperatura, salinidade, pH, transparência, oxigênio dissolvido e saturação de oxigênio dissolvido obtidos nas amostras de água no Bloco BM-J-2

Estação	Temperatura (°C)	Salinidade	pH	Transp. (m)	OD (mg L ⁻¹)	Saturação de OD (%)
QGP1	26,0	35,2	8,32	25,0	6,61	99,3
QGP2	24,9	35,5	8,39	20,5	6,61	97,7
QGP3	26,0	36,0	8,09	14,0	6,14	92,8
QGP4	26,0	36,0	8,23	23,0	7,22	109,1
QGP5	26,0	35,3	8,13	21,0	7,37	111,0
Mínimo	24,9	35,2	8,09	14,0	6,14	92,8
Máximo	26,0	36,0	8,39	25,0	7,37	111,0
Média	25,8	35,6	8,23	20,7	6,79	101,2
Desvio-Padrão	0,5	0,4	0,1	4,1	0,50	7,7

Quanto ao pH, os valores obtidos apresentaram uma média de $8,23 \pm 0,1$ (**Quadro II.5.1-14**). Valor bem próximo à média reportada pelo Programa REVIZEE (8,2), para esta mesma região (VALENTIM, 1998). Já, a partir da série de dados compilados do BNDO, a variação do pH obtida para a região foi de 7,48 a 8,40. ANDRADE *et al.* (1999), também encontrou valores próximos aos obtidos no presente estudo (8,00 a 8,50). Em função do sistema tampão do pH da água do mar é esperado se obter, conforme descrito, pequena variação de pH e valores próximos a 8,2 em área com pouco ou nenhum aporte de água doce.

Os valores da transparência medidos através do disco de Secchi mostram uma região com uma camada fótica típica de áreas oligotróficas, chegando a 25 m de transparência. Porém, a estação QGP3 destaca-se por apresentar uma transparência menor que os demais pontos (14 m). Este valor é coerente com a maior concentração de material em suspensão também determinada nesta estação, conforme será visto adiante.

As concentrações de OD atingiram valores entre 6,14 e 7,37 mg L⁻¹, sendo a concentração média para OD igual a $6,79 \pm 0,50$ mg L⁻¹ (**Quadro II.5.1-14**). O cálculo da saturação de oxigênio aponta para uma situação de equilíbrio com a atmosfera para todas as amostras (média de $101,2 \pm 7,7$ % - **Quadro II.5.1-14**). Valores de OD obtidos no Projeto REVIZEE Central encontram-se na faixa de 3,30 a 7,30 mg.L⁻¹ e Andrade *et al.* (1999) encontraram valores de OD, também em estações localizadas na área abrangida pelo Projeto REVIZEE Central, que variaram, em média, entre 4,50 e 5,00 mg.L⁻¹, destacando-se que os menores valores foram determinados em estações mais profundas. Os dados compilados a partir do BNDO variaram entre 3,09 e 7,97 mg L⁻¹. Portanto os dados disponíveis para região apontam para valores semelhantes aos aqui reportados.

a.2) Parâmetros Indicadores de Produção Primária

A clorofila *a*, que é um indicador da biomassa fitoplanctônica, no presente estudo apresentou valores muito baixos, menor que o limite da metodologia e 0,20 µg L⁻¹ (**Quadro II.5.1-15**). Estas baixas concentrações representam um ambiente extremamente oligotrófico. ANDRADE *et al.* (1999) encontraram valores de clorofila para região um pouco mais elevados, de 0,5 a 2,5 µg L⁻¹, onde os maiores foram determinados na costa do Espírito Santo.

Quadro II.5.1-15 - Resultados obtidos de clorofila a, carbono orgânico dissolvido (COD), particulado (COP), carbono orgânico total (COT) e sulfetos para as amostras de água

Estação	Clorofila a ($\mu\text{g L}^{-1}$)	COD (mg L^{-1})	COP (mg L^{-1})	COT (mg L^{-1})	Sulfeto (mg L^{-1})
QGP1	0,20	4,96	0,09	5,05	<0,1
QGP2	< ld	8,78	0,07	8,85	<0,1
QGP3	0,05	6,01	-	6,01	<0,1
QGP4	0,18	4,19	0,07	4,26	<0,1
QGP5	< ld	2,56	0,05	2,61	*
Mínimo	0,05	2,56	0,05	2,61	-
Máximo	0,20	8,78	0,09	8,85	-
Média	0,07	5,30	0,06	5,36	<0,1
Desvio-Padrão	0,12	2,32	0,04	2,32	-

* - amostra perdida no transporte (aeroporto)

Os valores obtidos para COD variaram de 2,56 a 8,78 mg L^{-1} , com média igual a $5,30 \pm 2,32 \text{ mg L}^{-1}$. Observa-se uma certa heterogeneidade das estações de coleta em relação a esta variável. Em estudo realizado na mesma região foram obtidos valores para COD entre 2,00 e 4,35 mg L^{-1} , portanto, na mesma ordem de grandeza dos encontrados no presente estudo. Contudo, estas concentrações de COD são pouco usuais em ambiente oligotrófico. Com um aumento do esforço amostral será possível estabelecer se realmente estes valores estão corretos.

Ao contrário dos dados de COD, os de COP (entre 0,05 a 0,09 mg L^{-1}) são coerentes com o tipo de massa d'água presente na região, bem como com os baixos valores determinados de clorofila a.

O sulfeto dissolvido é produto da redução bacteriana do sulfato, sendo utilizado como agente oxidante da matéria orgânica na ausência de oxidantes mais fortes como O_2 e NO_3^- , por exemplo. Esse processo, chamado sulfatorredução, ocorre geralmente nos meios costeiros de alta produtividade e baixa renovação das águas (CARMOUZE, 1994). Em águas costeiras oxigenadas as espécies de sulfeto sofrem rápida oxidação a sulfato.

Todas as amostras apresentaram valores de sulfeto abaixo do limite de detecção do método empregado (0,1 mg L^{-1}). As elevadas concentrações de oxigênio determinadas já faziam supor que o ambiente estudado não poderia apresentar valores mensuráveis de sulfeto, uma vez que o sulfato é a espécie estável em ambiente oxidante, conforme já destacado.

Como os dados de clorofila e de COP já apontavam, os resultados obtidos de nutrientes dissolvidos demonstraram que a região é caracterizada por águas tipicamente

oligotróficas, ou seja, a maioria das amostras apresentou valor baixo em relação a todos os elementos nutrientes (**Quadro II.5.1-16**).

a.3) Parâmetros Indicadores do Nível Trófico

As concentrações de fosfato, elemento nutriente limitante da atividade dos organismos fotossintetizantes em água do mar, em todas as amostras, foram inferiores ao limite de quantificação do método ($0,32 \mu\text{mol L}^{-1}$). A região estudada parece estar sujeita a uma limitação do crescimento do fitoplâncton devido às concentrações mínimas obtidas de fosfato. No estudo realizado por ANDRADE *et al.* (1999) também foram encontrados valores baixos de fosfato na superfície, em torno de $0,06 \mu\text{mol L}^{-1}$. De acordo com NIENCHESKI (1999), observa-se uma dominância de águas com concentrações muito baixas de fosfato ($< 0,15 \mu\text{mol L}^{-1}$) até 50 m de profundidade em toda a região nordeste. Os valores de fosfato obtidos a partir da compilação de dados do BNDO estão na faixa de $0,04$ a $2,70 \mu\text{mol L}^{-1}$, com os menores sendo obtidos à superfície e os maiores entre 500 e 1.000 m de profundidade.

Em relação à série nitrogenada, observou-se que a distribuição do nitrato na área estudada é bem homogênea (valores entre $5,00$ a $5,71 \mu\text{mol L}^{-1}$). Embora essa espécie química seja a mais provável em águas oxigenadas, pôde-se detectar amônia em quase todas as amostras analisadas (máximo de $9,29 \mu\text{mol L}^{-1}$). Como a amônia não foi fixada em campo e é um nutriente cuja análise é sujeita a contaminação atmosférica, estes dados de amônia parecem suspeitos e devem ser olhados com cautela. O nitrito, espécie química intermediária nos processos de redução e oxidação das formas nitrato e amônia, sempre se apresentou em baixas concentrações nas amostras ($< 0,36 \mu\text{mol L}^{-1}$).

Em nenhuma amostra foi obtida concentração mensurável de sílica reativa (todas com valores menores que $71,4 \mu\text{mol L}^{-1}$). Dificilmente seria esperado valor superior a este patamar, uma vez que a área não recebe aportes significativos de água doce, conforme já demonstrado pelos elevados valores de salinidade. Valores entre 1 e $57,4 \mu\text{mol L}^{-1}$ foram encontrados por ANDRADE *et al.* (1999) para região entre o Cabo de São Tomé e Salvador.

De acordo com este mesmo autor foram encontradas concentrações que variaram de abaixo do limite de detecção a $12,6 \mu\text{mol.L}^{-1}$ para o nitrato; inferior ao limite a $0,86 \mu\text{mol L}^{-1}$ para amônia; e $0,04$ a $0,37 \mu\text{mol L}^{-1}$ para nitrito. À exceção da amônia, os valores dos demais nutrientes são coerentes aos aqui reportados. Também CARIA *et al.* (1999) relatam valores de nitrato semelhantes, entre $0,54$ e $11,28 \mu\text{mol.L}^{-1}$, na coluna d'água da região oceânica entre Ilhéus e Salvador.

Dos dados compilados a partir do BNDO para a região, foram verificadas concentrações de nitrato que variaram de 0,01 a 36,1 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ e de nitrito entre 0,01 e 0,21 $\mu\text{mol.L}^{-1}$.

Também VALENTIN (1998) aponta que a região possui uma homogeneidade dos parâmetros físico-químicos e nutrientes na água devido à Corrente do Brasil. Esta homogeneidade só não é válida para regiões de influência de águas continentais ou barreiras geomorfológicas. Portanto, em relação aos dados aqui levantados de nutrientes inorgânicos dissolvidos, esses se encontram, em geral, dentro da faixa de concentração usualmente reportada para a região e parecem representar uma condição natural do ambiente.

Quadro II.5.1-16 - Resultados de nitrato, nitrito, amônia, silicato e fosfato obtidos nas amostras de água

Estação	Nitrato ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Nitrito ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Amônia ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Silicato ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Fosfato ($\mu\text{mol L}^{-1}$)
QGP1	5,0	< 0,36	9,29	< 71,4	< 0,32
QGP2	5,7	< 0,36	7,86	< 71,4	< 0,32
QGP3	5,0	< 0,36	7,14	< 71,4	< 0,32
QGP4	5,7	< 0,36	7,14	< 71,4	< 0,32
QGP5	5,7	< 0,36	< 7,14	< 71,4	< 0,32
Mínimo	5,0	-	< 7,14	-	-
Máximo	5,7	-	9,29	-	-
Média	5,43	-	7,71	-	-
Desvio-Padrão	0,39	-	0,93	-	-

a.4) Parâmetros Indicadores de Aportes Continentais/Hidrodinamismo

No **Quadro II.5.1-17**, encontram-se listados os valores obtidos para RFT e RNFT, que são parâmetros indicativos do aporte de fluxos continentais e do grau de hidrodinamismo de uma região, bem como podem indicar a presença de uma comunidade fitoplanctônica importante. Estes parâmetros são muito utilizados para a avaliação de processos de ressuspensão de sedimentos do fundo.

Os teores obtidos de RNFT variaram entre 0,40 e 3,42 mg L^{-1} . À exceção da amostra QGP3, os valores determinados podem ser considerados baixos e coerentes com a distância da costa e com os baixos valores de clorofila a e COP. A amostra QGP3 foi a que apresentou o maior concentração de RNFT (3,42 mg L^{-1}), coincidente com a menor transparência da água. Possivelmente nessa região estava ocorrendo uma ressuspensão de sedimento, uma vez que este pico de material em suspensão não é acompanhado por um aumento de COP e, portanto, este material deve ser principalmente inorgânico. Estudos anteriores, porém mais próximos da linha de costa e, logo, com maior aporte de

material continental, indicaram maiores valores de 15 a 35 mg L⁻¹ na costa baiana (ANDRADE *et al.*, 1999).

Os resultados dos RFT nas amostras coletadas nesse estudo são coerentes com os dados de salinidade (sempre superiores a 35), uma vez que esta variável se correlaciona de forma direta com os de salinidade. A média obtida foi igual a 41,0 g L⁻¹.

Quadro II.5.1-17 - Resultados de resíduos totais filtráveis (RTF) e resíduos não filtráveis totais (RNFT) obtidos nas amostras de água

Estação	RFT (g.L ⁻¹)	RNFT (mg.L ⁻¹)
QGP1	39,2	0,73
QGP2	39,8	0,61
QGP3	42,8	3,42
QGP4	41,9	0,57
QGP5	41,4	0,40
Mínimo	39,2	0,40
Máximo	41,9	3,42
Média	41,0	1,15
Desvio-Padrão	1,5	1,28

a.5) Tóxicos Orgânicos

Os dados obtidos para os fenóis, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos totais (HPAs Totais) e hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP), encontram-se listados no **Quadro II.5.1-18**, abaixo:

Quadro II.5.1-18 - Resultados de fenóis, expressos em mg L⁻¹, HPAs (em equivalentes em crisenos) e HTP, em µg L⁻¹, para as amostras de água

Estação	Fenóis (mg L ⁻¹)	HPAs Totais (µg L ⁻¹)	http (µg L ⁻¹)
QGP1	0,001	0,36	0,15
QGP2	0,001	0,52	0,36
QGP3	< 0,001	0,39	2,73
QGP4	< 0,001	0,51	0,11
QGP5	< 0,001	0,43	0,70
Mínimo	-	0,36	0,11
Máximo	-	0,52	2,73
Média	0,001	0,44	0,81
Desvio-Padrão	-	0,07	1,10

Existem várias fontes antrópicas de fenóis para o ambiente marinho bem como variadas substâncias abrangidas por este grupo. Os fenóis podem ser produzidos no processo de craqueamento térmico ou catalítico do petróleo e não são esperados em efluentes de óleo não processado, podendo ser introduzidos através de aditivos como agentes desemulsificantes (CDTN, 1991). Geralmente ocorre a presença desses compostos em rejeitos de refinarias de petróleo, de plantas químicas, de indústrias de fabricação de resinas, e até mesmo em despejos domésticos (NAM-KOONG, 1988).

Os compostos fenólicos de origem natural podem ser gerados pela decomposição de tecido vegetal de origem continental. Substâncias como a lignina e o tanino possuem compostos fenólicos como componentes estruturais básicos, por exemplo. Alguns vegetais superiores produzem substâncias à base de fenol, que serve para inibir ou retardar a colonização destas espécies por microorganismos (Nam-Koong, *op. cit.*). Alguns compostos fenólicos como o 2,4-diclorofenol; o 2,4,5-triclorofenol e p-nitrofenol, podem ainda ser formados como metabólicos intermediários na degradação de alguns pesticidas organoclorados relativamente comuns (NAM-KOONG, *op. cit.*).

No ambiente marinho, os fenóis sofrem processos de hidrólise, oxidação fotoquímica, reações de oxi-redução e biodegradação aeróbica ou anaeróbica, podendo vários desses processos atuar simultaneamente, dependendo do composto e das condições físicas, químicas e biológicas do local do despejo. Em alguns casos, o processo de degradação desses compostos gera subprodutos mais tóxicos que os originais.

A toxicidade dos fenóis manifesta em dificuldades na assimilação de oxigênio, inibição da síntese de ATP e disfunções neurológicas. Com altas concentrações foram registradas hemorragias e necrose em peixes, podendo ainda ter efeitos carcinogênicos e mutagênicos.

Os dados levantados de fenóis para a região estudada foram, sem exceção, iguais ou menores que o limite de detecção da metodologia empregada ($0,001 \text{ mg L}^{-1}$), e não representam, portanto, risco à biota local.

Com relação aos HPAs, as concentrações em água são relativamente baixas. Segundo KNAP *et al.* (1986) concentrações de HPAs totais acima de $1 \mu\text{g L}^{-1}$, seriam características de regiões marinhas afetadas por óleo. Todas as amostras apresentaram valores inferiores a este patamar, o que significa que as águas não se encontravam contaminadas por esta classe de compostos.

Para fins de comparação, o **Quadro II.5.1-19** mostra concentrações de HPAs em ambientes marinhos pouco contaminados por óleo, onde apresentaram, em sua grande

maioria, valores mais elevados que na região em estudo (GEOMAP/FUNDESPA, 1994; BÍCEGO, 1998; IEAPM, 1997; MELGES-FIGUEIREDO *et al.*, 1992).

Quadro II.5.1-19 - Estudos de levantamento de dados de HPAs em águas da costa brasileira e do mundo

Local	Faixa de Concentração ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Padrão	Referência
Bacia de Campos, RJ	< 0,1 a 31,2	Óleo de Enchova	GEOMAP/FUNDESPA, 1994
Cabiúnas	< 0,01 a 0,24	Criseno	BIO-RIO, 1993
Ilha Grande, RJ	< 0,4 a 2,2	Criseno	Melges-Figueiredo <i>et al.</i> , 1992
Plataforma Continental, SP	0,46 a 14,34	Óleo de Carmópolis	Bícego, 1988
Arraial do Cabo, RJ	1,37 a 4,39	Óleo de Carmópolis	IEAPM, 1997
Mar Mediterrâneo	0,03 a 0,64	Criseno	Ehrhardt <i>et al.</i> , 1989
Santa Lúcia, Caribe	0,1 a 3,4	Criseno	Corbin, 1993
Costa da Turquia	0,09 a 1,92	Criseno	Balci, 1993
Costa do Sul da Bahia	0,36 a 0,52	Criseno	Este estudo

Os hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) não nos fornece a origem da contaminação e sim é mais uma ferramenta (em conjunto com os HPAs) para uma avaliação preliminar da contaminação do ambiente.

As concentrações de HTP variaram entre 0,11 e 2,73 $\mu\text{g L}^{-1}$, com o valor médio de 0,81 \pm 1,10, sendo a estação QGP3 que apresentou o maior valor (2,73 $\mu\text{g L}^{-1}$). De acordo com os resultados obtidos não foi observada uma contaminação expressiva da região estudada.

O **Quadro II.5.1-20**, a seguir, apresenta alguns valores HTP em água do mar obtidos na literatura especializada. Nota-se que as concentrações listadas, ao contrário das determinadas aqui, são elevadas, típicas de ambientes contaminados por petróleo.

Quadro II.5.1-20 - Comparação dos dados obtidos de http com outros estudos em águas marinhas.

Local	Faixa de Concentração ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Referência
Golfo de Cambay - Índia	257 - 3540	Reddy <i>et al.</i> , 2005
North Cape (após o derrame)	150 - 820	Reddy <i>et al.</i> , 1998
Litoral Sul da Bahia	0,11 - 2,73	Este Estudo

A avaliação dos cromatogramas dos HTP (da **Figura II.5.1-75** a **Figura II.5.1-79**) demonstra claramente a baixa contaminação das amostras de água. Nestes perfis são observados muito poucos picos e os principais são de padrões utilizados no método.

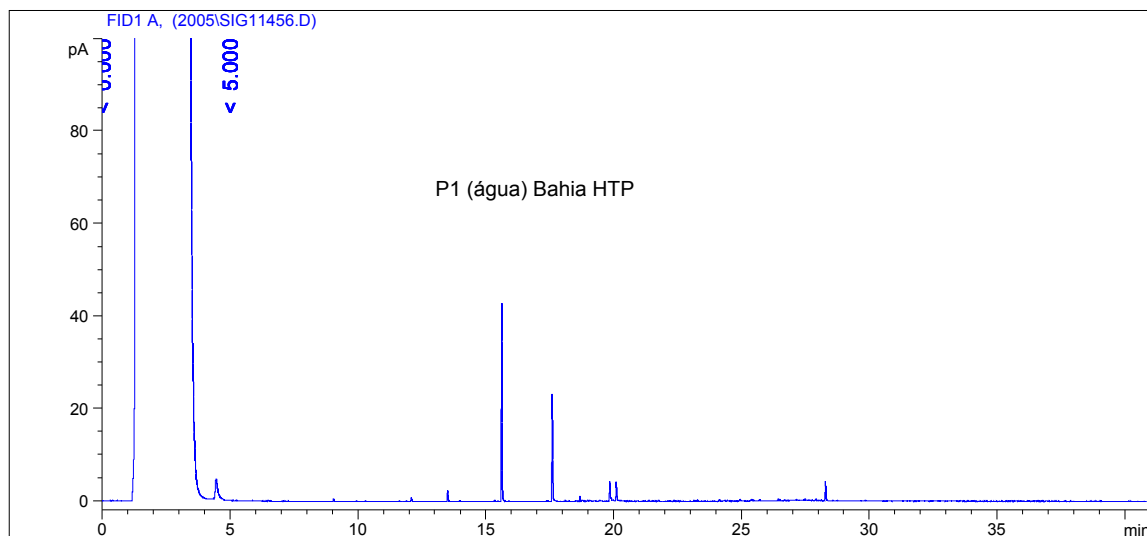


Figura II.5.1-75 - Perfil cromatográfico da amostra de água QGP1

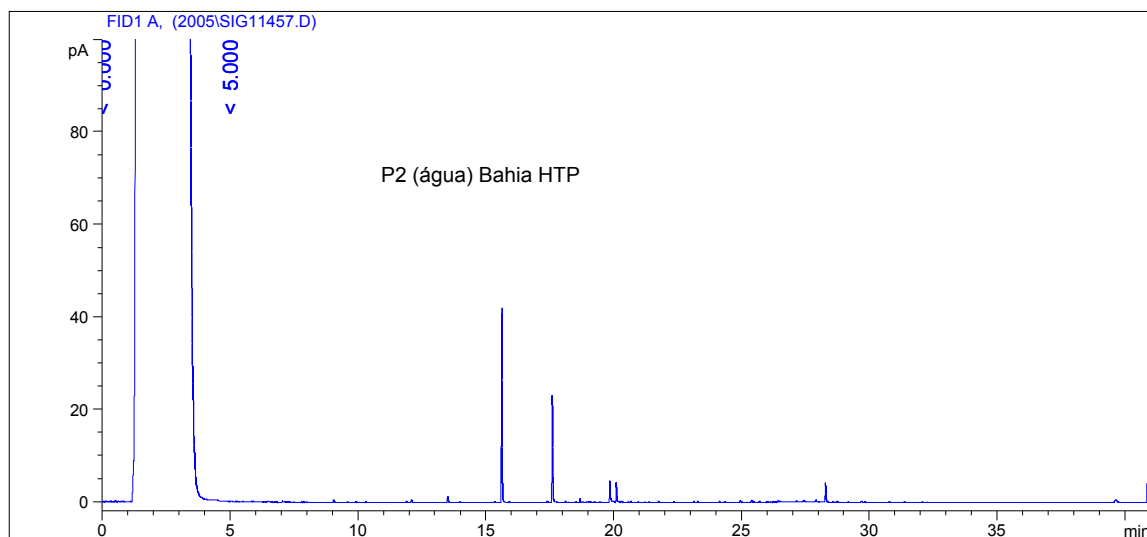


Figura II.5.1-76 - Perfil cromatográfico da amostra de água QGP2

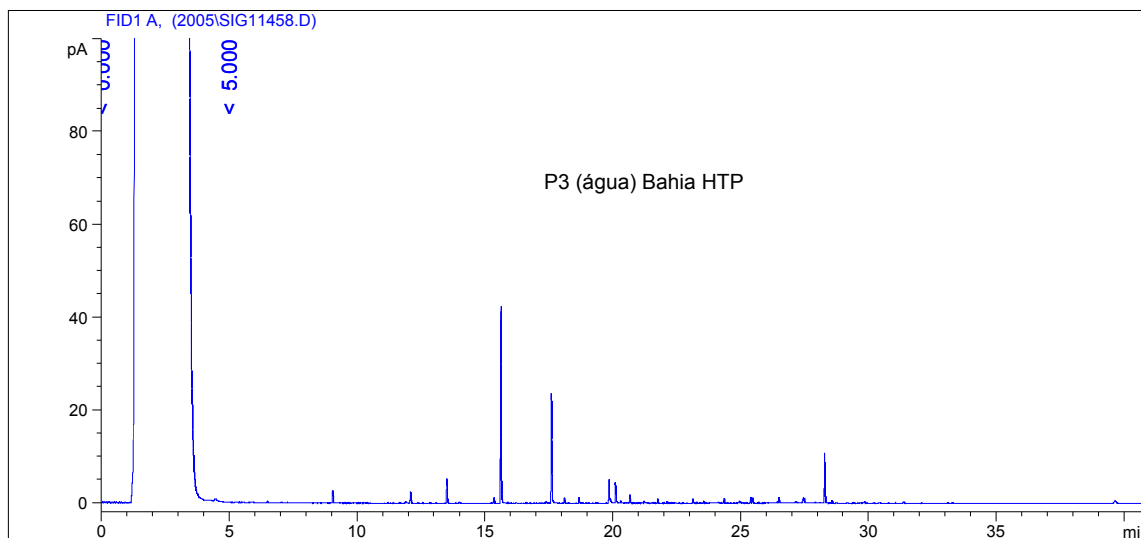


Figura II.5.1-77 - Perfil cromatográfico da amostra de água QGP3

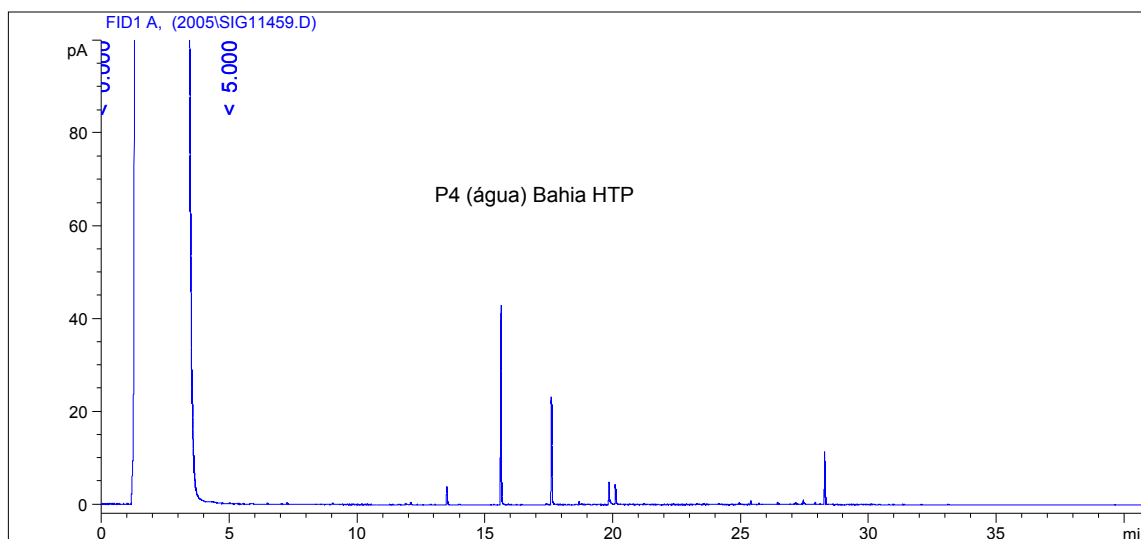


Figura II.5.1-78 - Perfil cromatográfico da amostra de água QGP4

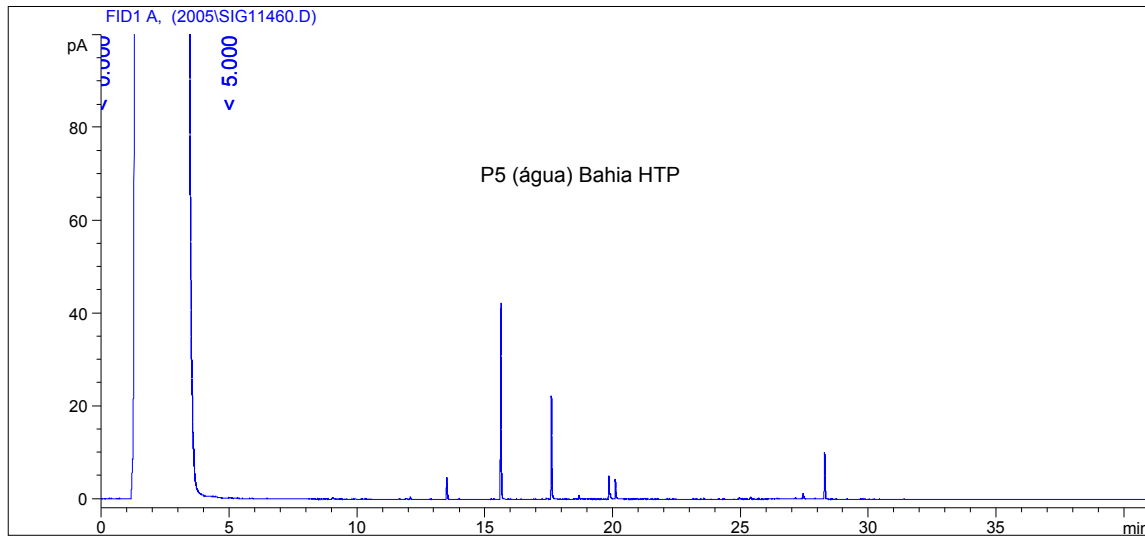


Figura II.5.1-79 - Perfil cromatográfico da amostra de água QGP5

b) Amostras de Sedimento

O sedimento é uma feição menos transitória que a água e, portanto, sua análise permite avaliar de forma mais segura uma determinada região, uma vez que este compartimento é capaz de integrar ao longo do tempo eventos agudos ou crônicos que ocorrem no ecossistema.

b.1) Granulometria

A característica mais básica de uma amostra de sedimento é sem dúvida, sua granulometria, ou seja, a distribuição percentual dos grãos de diferentes tamanhos. Sedimentos finos, compostos principalmente de silte e argila, em função de sua elevada área superficial tendem a acumular metais traço e compostos orgânicos hidrofóbicos – como os hidrocarbonetos. Portanto, sedimentos de granulometria maior são em geral pobres em contaminantes orgânicos e inorgânicos.

No presente estudo, as amostras coletadas diferem muito em relação a granulometria, conforme pode ser observado no **Quadro II.5.1-21**, a seguir.

Quadro II.5.1-21 - Classificação das amostras de sedimento em relação a granulometria

Estação	QGP1	QGP2	QGP3	QGP4	QGP6
Areia Grosseira					
Areia Média	22,1	0,6		44,5	
Areia Fina	48,7	13,3		28,0	6,6
Areia Muito Fina	18,4	16,4		13,5	8,8
Silte Grosseiro	2,9	16,8	7,5	4,4	15,3
Silte Médio	1,6	14,9	16,8	2,1	17,9
Silte Fino	2,1	14,7	23,0	2,7	19,0
Silte Muito Fino	1,9	11,6	24,9	2,1	16,3
Argila	2,3	11,8	27,7	2,6	15,9

Segundo o **Quadro II.5.1-21**, conclui-se que nas estações QGP1 e QGP4 há predomínio de areia, enquanto que nas estações QGP3 e QGP6 este predomínio é de silte e argila. A estação QGP2 possui grãos com uma distribuição mais ampla e homogênea de tamanho, variando entre areia fina e argila.

b.2) Parâmetro Indicador de Produção Primária

Os resultados de percentual de matéria orgânica e de carbonatos das amostras segue no **Quadro II.5.1-22**, abaixo:

Quadro II.5.1-22 - Percentual de carbonatos (CaCO₃) e matéria orgânica determinados nas amostras de sedimento.

Estação	QGP1	QGP2	QGP3	QGP4	QGP6
CaCO ₃	26,1	13,2	26,4	35,7	11,7
Matéria Orgânica	5,7	8,3	13,2	5,7	4,6

A distribuição de matéria orgânica em sedimentos marinhos depende de uma série de fatores, tais como taxas de sedimentação, profundidade da coluna d'água, produção primária na coluna d'água, fluxo de constituintes terrígenos, condições redox, produção *in situ* por bactérias e fontes antrópicas, além, obviamente, dos processos de degradação (KENNICUTT, 1995).

A matéria orgânica é composta, principalmente, por carbono, hidrogênio, nitrogênio, oxigênio, enxofre e fósforo. Outros elementos estão presentes em menores proporções, embora não menos importantes sob o ponto de vista fisiológico (SUMMONS, 1993).

A quantidade e qualidade da matéria orgânica presente no sedimento afetam diretamente a distribuição dos organismos bentônicos, principalmente aqueles detritívoros. Uma das formas de acessar a qualidade de matéria orgânica como fonte nutritiva para o bentos é através da concentração, além do carbono, de nitrogênio e fósforo.

A razão molar entre o carbono e o nitrogênio presentes no material particulado ou no sedimento também pode ser utilizada como indicativa de origem. Segundo CIFUENTES *et al.* (1996), ao fazer uma revisão dos dados da literatura, a matéria orgânica marinha, essencialmente derivada do fitoplâncton, tem razão C/N entre 4 e 10, em contrapartida, o material oriundo de plantas vasculares a razão C/N é geralmente superior a 20.

A razão molar C/P é menos utilizada que a C/N como traçadora de origem da matéria orgânica em função da sua maior variabilidade (HEDGES *et al.*, 1986; MEYERS, 1994). Esta variabilidade estaria associada principalmente à assimilação em grandes quantidades de fósforo por algas durante períodos de grande disponibilidade deste nutriente (RUTTEMBERG e GOÑI, 1997) e por ser o fósforo preferencialmente liberado nos processos de decomposição da matéria orgânica (KROM e BERNER, 1981; FILIPPELLI, 1997). Mesmo considerando-se estas limitações, em geral o material fitoplanctônico assume um valor de C/P próximo a 106 e nas plantas vasculares pode variar de 800 até valores superiores a 2.000.

Além da importância biológica, a concentração de COT é uma característica química importante do sedimento, uma vez que ela irá ditar, juntamente com outros poucos fatores, a distribuição de poluentes orgânicos. Em função da hidrofobicidade dos compostos orgânicos, os mesmos tendem a adsorver ao material particulado em suspensão e são, em geral, carregados para o sedimento, que se torna um reservatório dos mesmos. Quanto maior a concentração de COT em uma amostra de sedimento, maior a tendência ao acúmulo de poluentes.

O mesmo raciocínio é aplicável a granulometria, quanto menor o diâmetro da partícula de sedimento, maior a probabilidade de apresentar contaminantes, uma vez que a área superficial da partícula é determinante nos processos adsorptivos.

Desta forma, o levantamento dos dados de C, N e P nos sedimentos da área estudada tem dois objetivos básicos:

- (i) dar suporte à interpretação dos dados químicos e de biologia (bentos);
- (ii) fazer uma descrição geral de aspectos quali-quantitativos da matéria orgânica dos sedimentos em questão.

No presente estudo foi determinada concentração média de COT igual a $3,35 \text{ mg g}^{-1} \pm 0,96$ (**Quadro II.5.1-23**). Entre as amostras a estação QGP3 se destaca, onde foi obtido o maior valor de carbono ($5,11 \text{ mg g}^{-1}$). Também esta estação apresentou os maiores valores de N ($0,67 \text{ mg g}^{-1}$) e, em menor monta, de P orgânico ($35,2 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$) e inorgânico ($74,4 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$).

Os maiores valores de C, N e P foram determinados na amostra QGP3. Também já havia sido detectada a maior concentração de matéria orgânica nesta amostra (13,2 % - **Quadro II.5.1-23**). Na verdade, estes dados refletem, como já colocado anteriormente, a presença de sedimentos mais finos nesta amostra. Portanto a amostra QGP3, a princípio, possui características mais propícias ao acúmulo de poluentes - sedimento mais fino e maior teor de matéria orgânica.

Quadro II.5.1-23 - Resultados obtidos

	NT	COT	Porg	Pinorg	PT	C/N	C/P
	(mg g ⁻¹)		(ug g ⁻¹)			molar	molar
P1	0,34	2,89	27,06	57,40	84,46	10	276
P2	0,36	3,23	30,00	63,26	93,26	10	279
P3	0,67	5,11	35,19	74,44	109,62	9	375
P4	0,44	2,94	32,20	71,47	103,67	8	238
P6	0,27	2,56	21,84	50,44	72,27	11	304
Mínimo	0,27	2,56	21,84	50,44	72,27	8	238
Máximo	0,67	5,11	35,19	74,44	109,62	11	375
Média	0,42	3,35	29,26	63,40	92,66	10	294
Desvio-Padrão	0,15	1,01	5,11	9,89	14,93	1	51

Carbono Orgânico Total (COT), Nitrogênio Total (NT, ambos em mg g^{-1}), Fósforo Orgânico (Porg), Fósforo Inorgânico (Pinorg) e Fósforo Total (PT, todos expressos em $\mu\text{g g}^{-1}$) e razões molares (C/N e C/P) para as amostras de sedimento

Faixa semelhante a aqui reportada de variação de COT e NT foi verificada no estudo do CRA na baía de Todos os Santos (CRA, 2001). Já OLIVEIRA *et al.* (2000) obteve maiores percentuais de carbono (entre 3,10 a 8,20 %) para a região costeira da baía de Camamu.

Contudo esta é uma área mais rasa, sob maior influência de aportes terrígenos, e dominada por vegetação de mangue. Portanto, os valores aqui reportados são condizentes com o tipo de ambiente e profundidades amostradas.

As razões C/N (entre 8 e 11) e a C/P (entre 238 e 304) indicam a presença de material orgânico provavelmente originário do fitoplâncton e que já começou a sofrer diagênese, mas que ainda preserva valor nutritivo para a população bentônica local.

b.3) Tóxicos Orgânicos

Os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) encontrados no meio ambiente tem como origens principais a queima de combustíveis fósseis e seus derivados e o descarte de resíduos oleosos. Além destas fontes, os HPAs podem ser oriundos de fontes naturais, tais como a combustão de biomassa vegetal, de afloramentos de petróleo no fundo oceânico e da diagênese de precursores naturais. Muitos desses compostos apresentam características mutagênicas e/ou carcinogênicas, representando, portanto, um sério risco aos organismos vivos.

Para se acessar a presença de hidrocarbonetos na região, optou-se por determinar os HPAs Totais por fluorimetria no UV e os Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP – por CG/DIC). Deve-se salientar que não foram obtidas as concentrações individuais dos compostos presentes, o que seria um indicativo mais poderoso na determinação de possíveis contaminações na região.

A determinação dos HPAs em amostras de sedimento por fluorescência UV não é uma técnica muito usual em estudos ambientais e, em geral é mais utilizada para amostras de água. Contudo, esta técnica possui como atrativos principais rapidez, sensibilidade e custo baixo.

Existem, portanto, poucos estudos que reportam valores de HPAs totais por fluorescência em sedimentos marinhos. Foram detectados dois estudos no Brasil. Um, de THOMAZELLI (2005) na baía de Sepetiba e outro de TAVARES (1996 *apud* NASCIMENTO *et al.*, 2000) na baía de Todos os Santos. Alguns outros poucos trabalhos recentes foram desenvolvidos por um grupo de pesquisadores da Escócia (WALSHAM *et al.*, 2002a e b; RUSSEL *et al.*, 2005).

Nos trabalhos de WALSHAM *et al.* (2002a e b), os autores sugerem como valor de background 50 $\mu\text{g g}^{-1}$ de HPAs totais em equivalentes de óleo cru. No presente estudo foi utilizado o criseno, um HPA, como referência. Em geral quando se utiliza petróleo ou

fração de petróleo as concentrações calculadas são cerca do dobro daquelas quando se usa o criseno como referência. Portanto, amostras com valores de HPAs Totais da ordem de poucas dezenas de $\mu\text{g g}^{-1}$ podem ser consideradas como não contaminadas. Neste estudo, as concentrações de HPAs são pelo menos 2 ordens de grandeza inferiores a este patamar (**Quadro II.5.1-24**).

Quadro II.5.1-24 - Resultados obtidos de HPAs e HTP, expressos em $\mu\text{g g}^{-1}$ (peso seco), para as amostras de sedimento

Estação	HPAs Totais*	http
QGP1	0,042	0,764
QGP2	0,150	0,496
QGP3	0,249	0,454
QGP4	0,235	0,666
QGP6	0,148	3,421
Mínimo	0,042	0,454
Máximo	0,249	3,421
Média	0,165	1,160
Desvio-Padrão	0,083	1,270

* Valores de HPAs expressos em equivalentes em criseno.

Os dados de TAVARES (1996) variaram entre $< 0,04$ e $16,85 \mu\text{g g}^{-1}$, padrão criseno. Os menores valores determinados na BTS ($< 0,04$ e $32 \mu\text{g g}^{-1}$) referem-se a amostras de sedimento coletadas em regiões ditas controle, com baixo ou nenhum aporte de hidrocarbonetos petrogênicos. Estas últimas concentrações são da mesma ordem de magnitude dos valores aqui reportados.

No estudo de THOMAZELLI (2005), a autora apresenta valores de HPAs, padrão criseno, entre 2,64 e 46,31 para a baía de Sepetiba (N = 24), ordens de grandeza superiores aos aqui obtidos o que, uma vez mais, comprova o baixo aporte de HPAs para a área.

Aparentemente, embora o número amostral não permita a aplicação de tratamento estatístico, existe uma correlação entre os dados de HPAs e de COT, corroborando a possível influência do conteúdo de matéria orgânica na partição dos hidrocarbonetos no ambiente. No entanto, os dados de HPAs e HTP não parecem se correlacionar, o que indica fontes diferentes. Nenhuma destas duas análises é totalmente específica e ocorre, em ambas, interferência de outros compostos.

A análise de HTP é em geral utilizada para acessar rapidamente a extensão da contaminação de regiões afetadas por grandes derramamentos de petróleo.

Como nas amostras de água, os cromatogramas das amostras de sedimento se caracterizam pela presença de poucos compostos, onde os maiores referem-se aos padrões utilizados na metodologia (da **Figura II.5.1-80** a **Figura II.5.1-84**). À exceção da amostra QGP6, todas as demais não apresentam uma ondulação significativa da linha base do cromatograma. Na QGP6 a presença de uma ondulação é indicativa de aportes de produtos petrogênicos degradados. Como nesta amostra existem poucos picos resolvidos, este aporte para o sedimento não é recente.

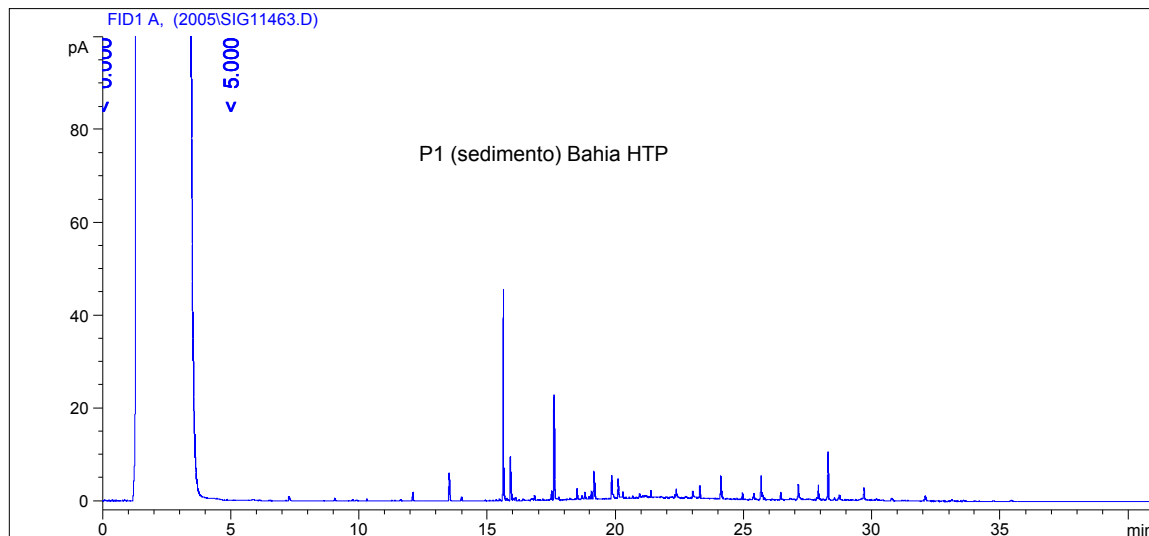


Figura II.5.1-80 - Perfil cromatográfico da amostra de sedimento QGP1

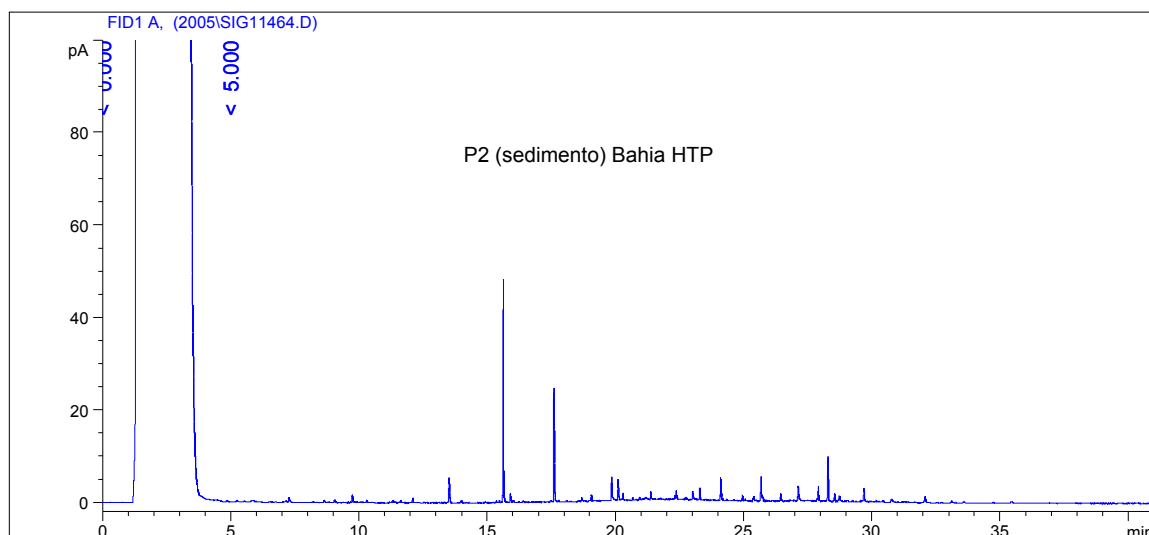


Figura II.5.1-81 - Perfil cromatográfico da amostra de sedimento QGP2

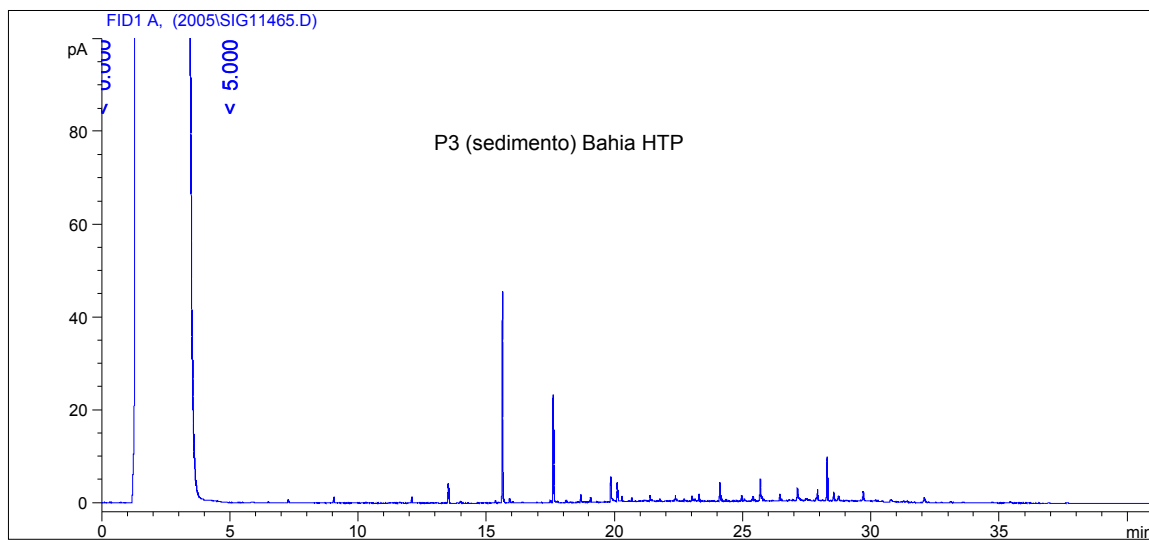


Figura II.5.1-82 - Perfil cromatográfico da amostra de sedimento QGP3

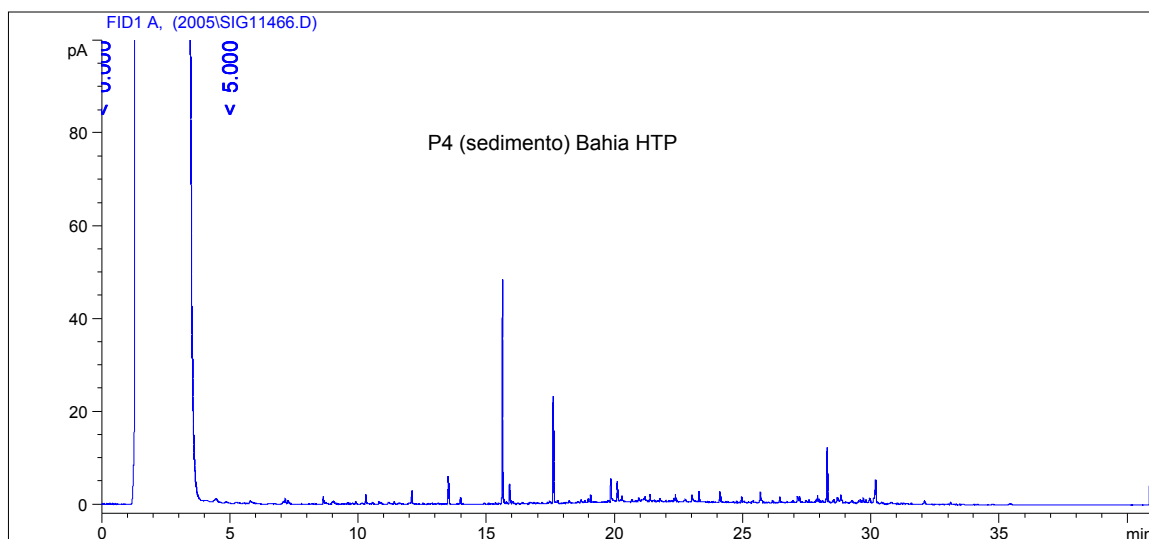


Figura II.5.1-83 - Perfil cromatográfico da amostra de sedimento QGP4

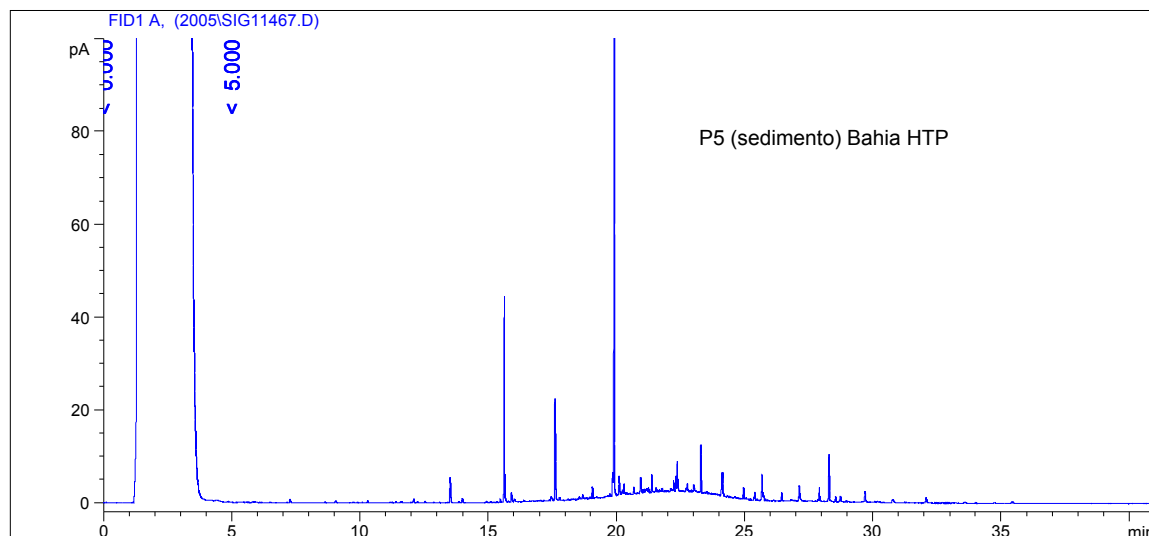


Figura II.5.1-84 - Perfil cromatográfico da amostra de sedimento QGP6

Para fins comparativos, o **Quadro II.5.1-25**, a seguir, apresenta alguns valores de HTP retirados da literatura internacional para várias regiões do mundo.

Quadro II.5.1-25 - Concentrações de HTP para diversas regiões do mundo.
Adaptado de Metwally et al. (1997)

Local	Concentração ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Referência
Kuwait – região costeira	7 – 459	Metwally et al., 1997
Kuwait – região offshore	5 - 232	Zorba et al., 1985
Omam – região costeira	0,9 – 19	Burns et al., 1982
Omam – região offshore	10 – 40	Fowler, 1985
Golfo Árábico	0,4 - 44	Douabul et al., 1984
Costa do Canadá	1 - 94	Keizler et al., 1978
Baía de Narragansett (EUA)	50 - 120	Farrington & Quinn, 1973
Costa da Bahia (Brasil)	0,042 – 0,249	Este estudo

É óbvio que as localidades apresentadas no **Quadro II.5.1-25**, apresentam diferentes graus de contaminação e, em geral, são regiões sujeitas a aportes expressivos de produtos petrogênicos. Mesmo assim, os valores de HPAs determinados na costa da Bahia são muito inferiores aos listados no referido quadro e, portanto, indicam uma região pristina e sem aportes significativos de hidrocarbonetos.

Nenhuma amostra apresentou valor mensurável de fenóis (**Quadro II.5.1-26**). Foram determinadas concentrações de sulfetos variando entre 3,82 e 11,28 $\mu\text{g g}^{-1}$. Os sulfetos

não são estáveis em ambiente oxidante e a presença deste composto denota uma deficiência de oxigênio nas amostras de sedimento.

Quadro II.5.1-26 - Resultados obtidos de fenóis e sulfetos, expressos em $\mu\text{g g}^{-1}$, para as amostras de sedimento.

Estação	Fenóis	Sulfetos
QGP1	< 0,5	5,38
QGP2	< 0,5	11,28
QGP3	< 0,5	3,82
QGP4	< 0,5	5,37
QGP6	< 0,5	4,43
Mínimo	-	3,82
Máximo	-	11,28
Média	-	6,06
Desvio-Padrão	-	2,99

b.4) Metais Traço

O **Quadro II.5.1-27**, a seguir, apresenta as concentrações de metais-traço determinados nas amostras de sedimento na região.

Os valores de metais traço em sedimentos podem variar muito de local para local, principalmente em função da composição das rochas geradoras. Também a metodologia de extração dos metais é importante na comparação entre dados obtidos em diferentes estudos.

Neste estudo há grande variabilidade nas concentrações de metais determinadas nas amostras (**Quadro II.5.1-27**). Esta variabilidade pode ser explicada, ao menos em parte, pela granulometria das amostras (**Quadro II.5.1-21**).

Via de regra, a amostra coletada na estação QGP3 foi a que apresentou maiores valores de metais, seguida da QGP2. Embora as estações QGP2 e QGP6 sejam próximas, suas características são bem distintas, principalmente em relação às variáveis HTP e aos metais. Esta variabilidade também pode ser explicada pela própria profundidade de coleta, que reflete maior ou menor proximidade da linha de costa e, portanto, de aportes de poluentes, além de diferenças na granulometria destas amostras.

A presença dos metais estudados em maior quantidade relativa na amostra QGP3 vai de encontro também aos maiores valores de hidrocarbonetos determinados nesta estação. Como já destacado, este acúmulo de poluentes nesta estação deve estar refletindo a granulometria mais fina e o maior teor de matéria orgânica, fatores que influenciam diretamente na partição dos poluentes para o material particulado/sedimento.

Para a discussão dos resultados de metais foram utilizados critérios de qualidade internacional (do órgão ambiental americano - USEPA) e do CONAMA 344/2004 (**Quadro II.5.1-28**). Embora esta última resolução trate da disposição de material dragado, permite ter uma idéia de toxicidade. Todos estes dados foram obtidos através da mesma metodologia de extração – ataque ácido com HNO₃ concentrado, seguido de etapa de aquecimento.

Pelo **Quadro II.5.1-28** é fácil observar que os valores de basicamente todos os metais traço determinados nas amostras são inferiores aos limites propostos de toxicidade e, portanto, não representam riscos à biota local. A ausência de toxicidade refere-se não somente aos metais considerados pouco tóxicos, como o Fe, Mn, Ba e V; como também para aqueles que em baixíssimas concentrações são capazes de provocar danos à biota, como o caso do Cd e, principalmente, do Hg.

Somente o Al se apresentou em concentração superior ao preconizado pela USEPA. Contudo, pela **Quadro II.5.1-28** verifica-se que este não é um metal exatamente tóxico, uma vez que a maior parte dos limites de toxicidade não são estabelecidos e não é citado, inclusive, pela legislação brasileira (Conama 344/2004).

Quadro II.5.1-27 - Resultados obtidos de metais traço, expressos em mg kg⁻¹, para as amostras de sedimento.

	Fe	Al	Mn	Ba	Cr	V	Hg	Ni	Cu	Pb	Zn	Cd
QGP1	3.840	1.472	31	4	3,0	16,1	0,029	6,50	1,76	3,09	5,83	0,026
QGP2	8.151	3.252	72	4	11	22,1	0,022	8,25	3,11	4,89	15,30	0,021
QGP3	4.974	4.337	41	4	10	30,9	0,026	12,70	5,14	6,74	15,10	0,077
QGP4	3.045	1.988	21	4	4,5	16,0	0,018	6,74	2,08	3,02	4,72	0,033
QGP6	5.921	2.459	55	4	7,7	14,1	0,017	5,81	1,99	3,71	10,10	0,012
Mínimo	3.045	1.472	21	4	3	14	0,017	6	2	3	5	0,012
Máximo	8.151	4.337	72	4	11	31	0,029	13	5	7	15	0,077
Média	5.186	2.702	44	4	7	20	0,022	8	3	4	10	0,034
Desvio-Padrão	1.986	1.124	20	0	3	7	0,005	3	1	2	5	0,025

Quadro II.5.1-28 - Dados comparativos de concentrações de metais em sedimentos, valores expressos em mg kg⁻¹

Local	Fe	Al	Mn	Ba	Cr	V	Hg	Ni	Cu	Pb	Zn	Cd
EPA – TEL ¹	NE	NE	NE	NE	52,3	NE	0,130	15,9	18,7	30,24	124	0,676
EPA – PEL ²	NE	NE	NE	NE	160,4	NE	0,696	42,8	108,2	112,18	271	4,21
EPA – AET ³	22.000	1.800	260	48	62	57	0,410	110	390	400	410	3,00
CONAMA 344 ⁴	NE	NE	NE	NE	81	NE	0,15	20,9	35	46,7	150	1,2
Este estudo	3.045 8.151	1.472 4.337	21 72	4	3 11	14 31	0,017 0,029	5,81 12,70	1,76 5,14	3,02 6,74	4,72 15,30	0,012 0,077

1 – TEL – “Threshold Effects Level” – concentração onde é pouco provável que a amostra apresente toxicidade.

2 – PEL – “Probable Effects Level” – concentração onde é provável que a amostra apresente toxicidade.

3 – AET – “Apparent Effects Threshold” – concentração acima da qual efeitos adversos vão sempre ocorrer.

4 – CONAMA 344/2004 – foi considerado o nível mais restritivo para águas salinas reportado no CONAMA 344 – refere-se ao limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota.

II.5.1.4.3 - Conclusões e Recomendações

Este estudo baseou-se em algumas características químicas e físicas da água e do sedimento

É importante salientar que no ambiente em questão a água, por seu hidrodinamismo tão acentuado, é uma feição transitória e para realmente se obter condições médias locais seria necessário um estudo muito mais detalhado e longo.

Pode-se concluir, a partir dos resultados apresentados, que a água e o sedimento coletados na região apresentaram, em geral, características químicas e físico-químicas compatíveis com aqueles observados em regiões costeiras sem aportes significativos de contaminantes.

As características das amostras de água são compatíveis com as reportadas em outros estudos para Corrente do Brasil.

Portanto, de uma forma geral, as características químicas naturais do ecossistema se encontravam ainda preservadas, não sendo possível identificar nenhum tipo de distúrbio mais significativo. Também, de uma forma geral, os valores dos parâmetros estudados apresentaram-se coerentes com o tipo de ambiente e com os dados existentes na literatura.