

II.5.1 – MEIO FÍSICO

Este item tem como objetivo diagnosticar os principais fatores ambientais que caracterizam o ambiente físico da área a ser potencialmente afetada pelas atividades previstas para a Bacia do Jequitinhonha, abrangendo os aspectos climatológicos, geológicos, geomorfológicos, oceanográficos e da qualidade da água e do sedimento da região.

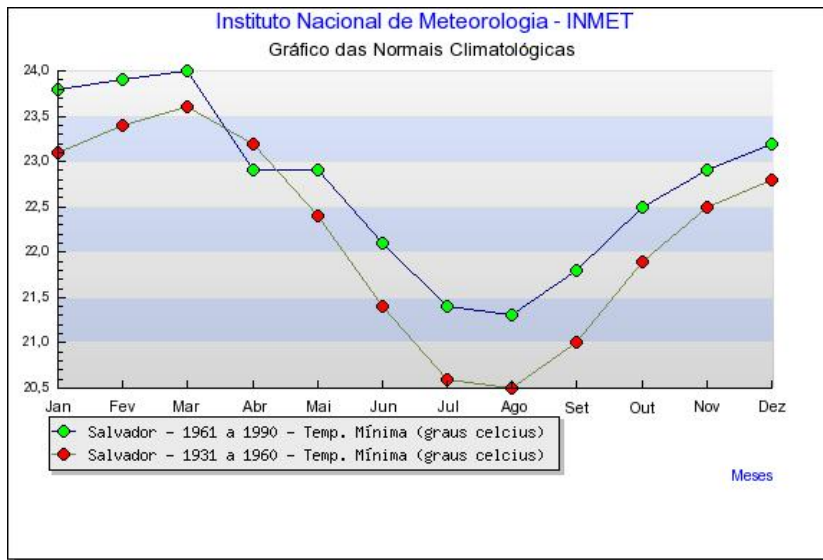
II.5.1.1 – Meteorologia

A seguir é apresentada a descrição das condições meteorológicas vigentes na região do Bloco BM-J-1, da Bacia do Jequitinhonha – Bahia, atendendo às exigências do Termo de Referência N° 022/06, emitido pela Coordenação Geral de Petróleo e Gás do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (CGPEG/IBAMA).

Os dados utilizados na caracterização meteorológica da região de interesse foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) - Estação Meteorológica de Salvador (a mais próxima do Bloco BM-J-1) e Estação Meteorológica de Ilhéus – exceto os dados dos ventos que são provenientes do *National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR) e da Empresa Brasileira de Infra-estrutura Aeroportuária (INFRAERO).

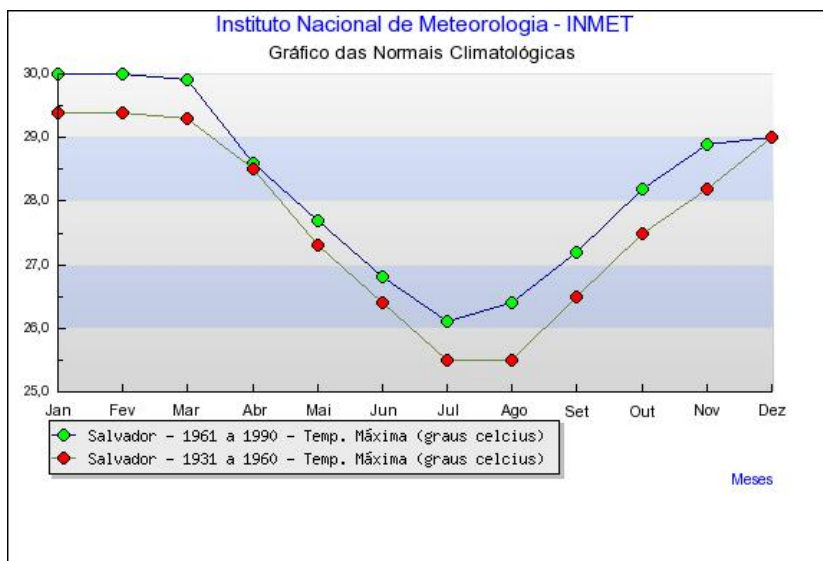
Temperatura

Nas **Figuras II.5.1.1-1, II.5.1.1-2 e II.5.1.1-3** são apresentados os valores de temperatura mínima, máxima e média respectivamente para um período de 60 anos, sendo as curvas vermelhas representativas do período de 1931 e 1960 e as verdes de 1961 a 1990.



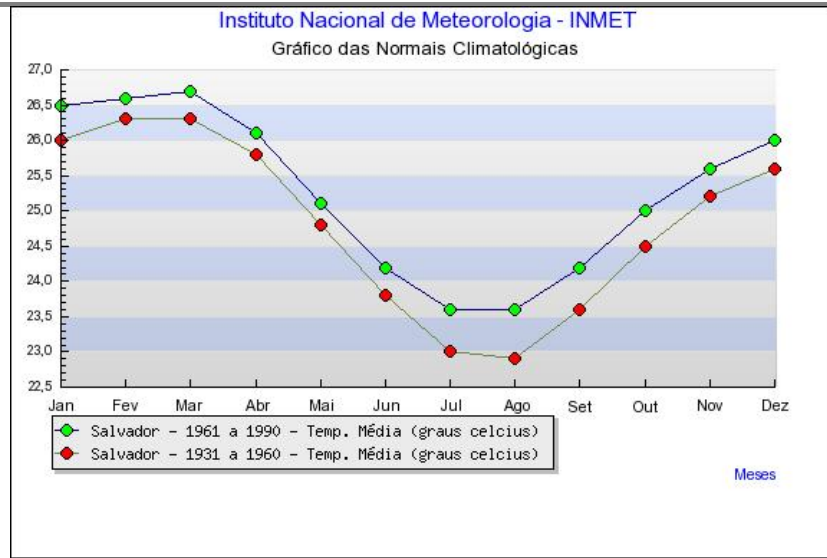
FONTE: INMET, acessado em 2008.

Figura II.5.1.1-1 – Gráfico da Temperatura Mínima obtido a partir das Normais Climatológicas do INMET para a Estação de Salvador.



FONTE: INMET, acessado em janeiro/2008.

Figura II.5.1.1-2 – Gráfico da Temperatura Máxima obtido a partir das Normais Climatológicas do INMET para a Estação de Salvador.



FONTE: INMET, acessado em 2008.

Figura II.5.1.1-3 – Gráfico da Temperatura Média obtido a partir das Normais Climatológicas do INMET para a Estação de Salvador.

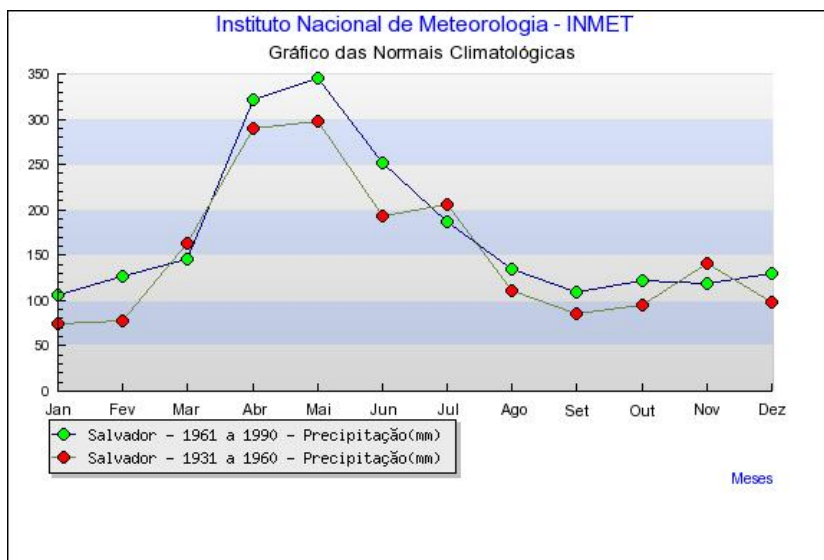
De acordo com a análise dos gráficos de temperatura foi possível observar que os valores para o período de 1961 a 1990 são mais elevados, em média 0,5°C, do que o período de 1931 a 1960, sendo também percebido para os dois períodos um comportamento sazonal de acordo com as estações do ano.

No verão, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro registram-se as maiores temperaturas, já nos meses de julho e agosto, correspondendo ao período de inverno observam-se os menores valores de temperatura (**Figuras II.5.1.1-1 e II.5.1.1-2**).

Precipitação

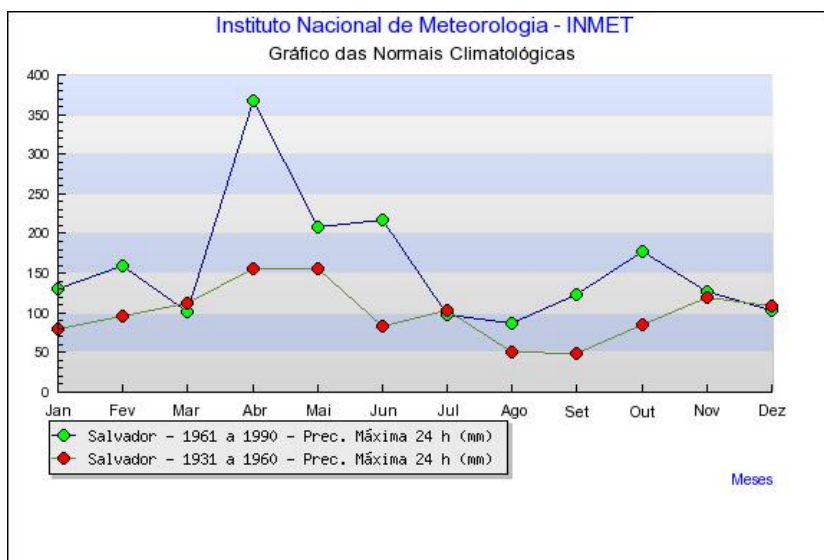
A precipitação é a queda de água no estado líquido (chuva) ou sólido (neve e granizo). Resulta da condensação do vapor de água que existe na atmosfera. Na **Figura II.5.1.1-4** é possível analisar a variação da precipitação ao longo de 60 anos (1931 a 1960 e 1961 a 1990) onde pode ser observado que os valores máximos de precipitação ocorrem nos meses de abril e maio para ambos os períodos e os valores mínimos nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro que corresponde ao período do verão, caracterizado por baixas frequências de

precipitação. A **Figura II.5.1.1-5** apresenta os dados de ocorrência de precipitação máxima em um período de 24 horas, nota-se que o mês de abril apresentou superior a 350mm.



FONTE: INMET acessado em 2008.

Figura II.5.1.1-4 – Gráfico da Precipitação Média (mm) obtido das Normais Climatológicas do INMET para a Estação de Salvador.



FONTE: INMET acessado em 2008.

Figura II.5.1.1-5 – Gráfico da Precipitação Máxima 24hrs (mm) obtido das Normais Climatológicas do INMET para a Estação de Salvador.

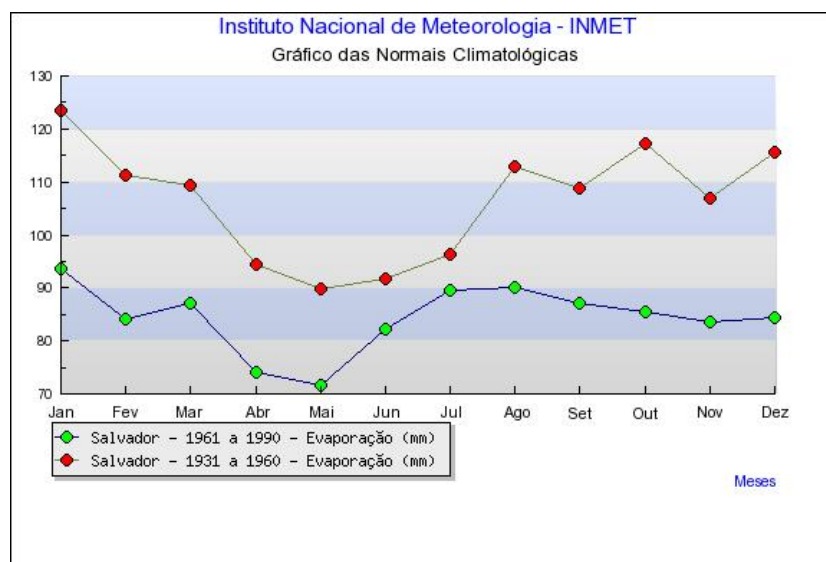
Evaporação

O processo físico pelo qual um líquido, como a água, é transformado em estado gasoso, como vapor de água, é conhecido como evaporação. É o processo oposto ao de condensação.

Os valores da evaporação foram obtidos também para os períodos de 1931 a 1960 (vermelho) e 1961 a 1990 (verde) e são apresentados na **Figura II.5.1.1-6**.

De acordo com a análise do gráfico é possível observar que o período de 1931 a 1960 apresentou os maiores valores de evaporação em relação ao período de 1961 a 1990, porém a variação sazonal foi à mesma para ambos os períodos, o mês de janeiro apresentou o maior valor de evaporação em relação aos outros meses.

Um fator que deve ser observado é a relação inversamente proporcional entre a evaporação e a precipitação, no que relaciona os mínimos de precipitação com o máximo de evaporação.



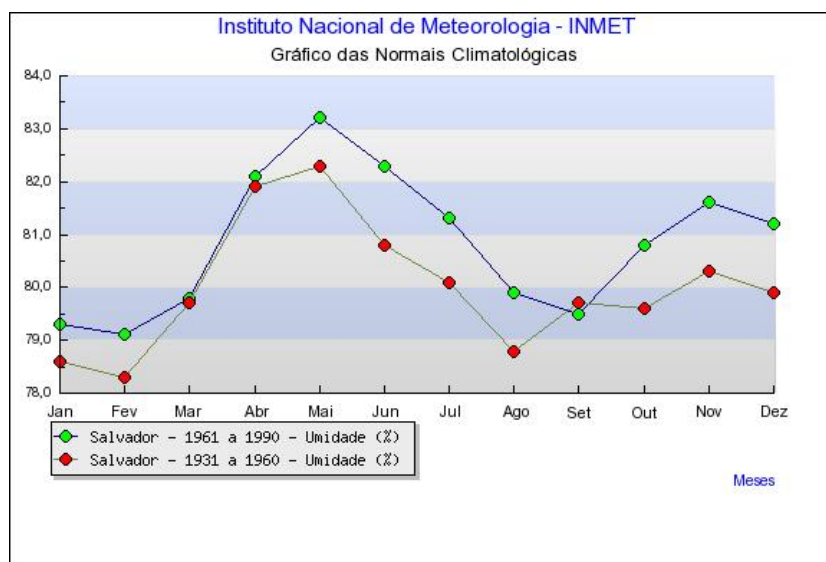
FONTE: INMET acessado em 2008.

Figura II.5.1.1-6 – Gráfico da Evaporação (mm) obtido das Normais Climatológicas do INMET para a Estação de Salvador

Umidade Relativa

Os valores de umidade relativa são apresentados na **Figura II.5.1.1-7**. De acordo com a análise do gráfico é possível observar que em relação aos dois períodos as variações de umidade relativa não ultrapassam 2%. Apesar da reduzida diferença entre os dois períodos, em geral o período de 1961 a 1990 apresentou percentagens de umidade relativa maiores que o período de 1931 a 1960.

O mês de maio foi o que apresentou maiores valores de umidade relativa, sendo superior a 80% no período de 1961 a 1990.

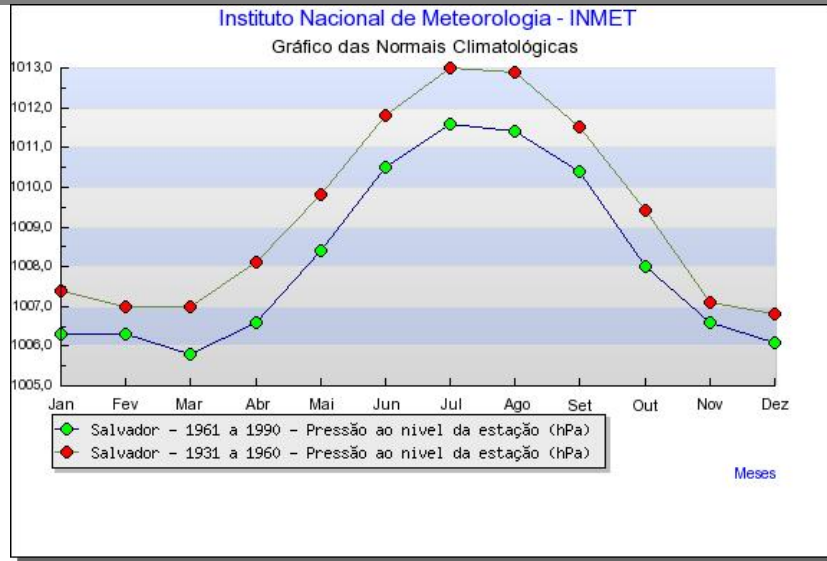


FONTES: INMET acessado em 2008.

Figura II.5.1.1-7 – Gráfico da Umidade Relativa (%) obtido das Normais Climatológicas do INMET para a Estação de Salvador.

Pressão Atmosférica

Os valores da pressão atmosférica são apresentados na **Figura II.5.1.1-8**. Analisando o gráfico percebe-se que os valores do período de 1931 a 1960 são maiores quando comparados ao período de 1961 a 1990. Nota-se uma variação sazonal igual para os dois períodos, sendo os valores mínimos apresentados no mês de dezembro e os máximos no mês de julho.

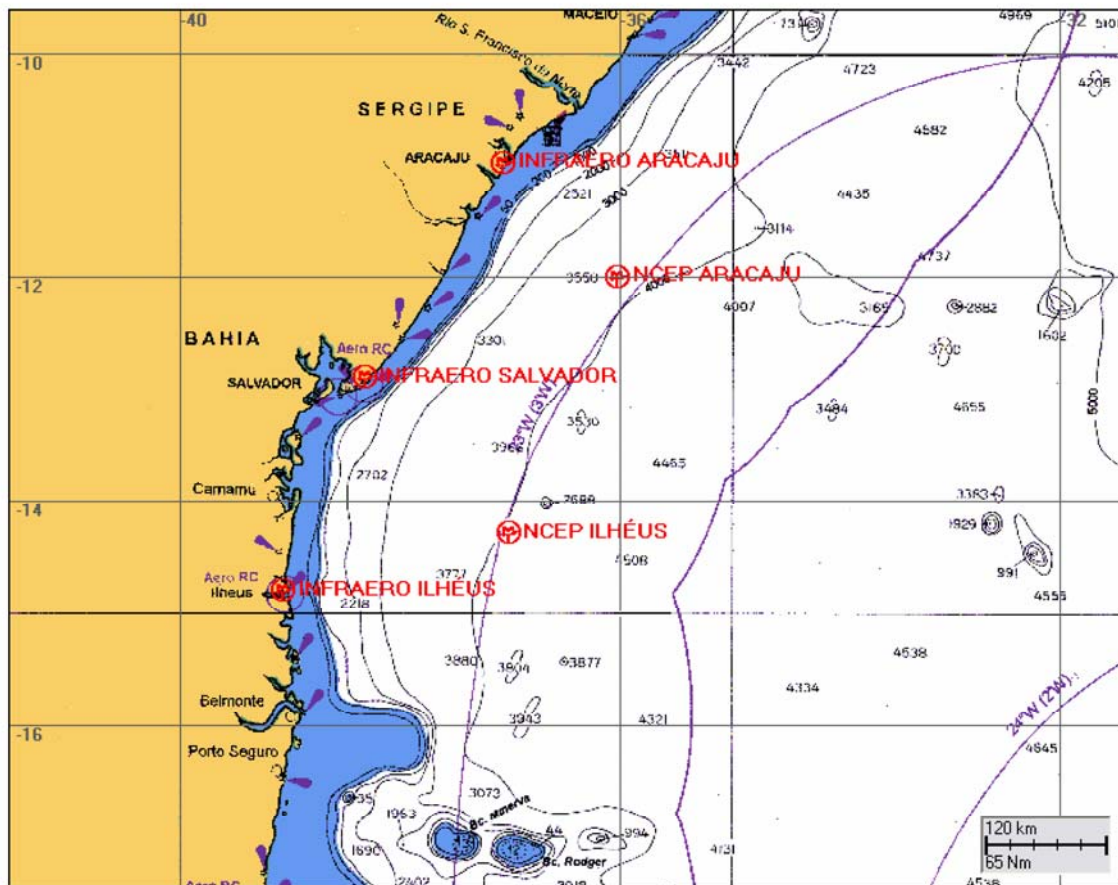


FONTE: INMET acessado em 2008.

Figura II.5.1.1-8 – Gráfico da Pressão Atmosférica (hPa) obtido das Normais Climatológicas do INMET para a Estação de Salvador.

Regime dos Ventos

Os dados de vento apresentados a seguir foram obtidos junto à INFRAERO provenientes de Reanálises do NCEP, analisados pela ASA South América (2008). A **Figura II.5.1.1-9** indica a localização dos dados INFRAERO e dos pontos dos resultados do NCEP, no litoral da Bahia e Sergipe.



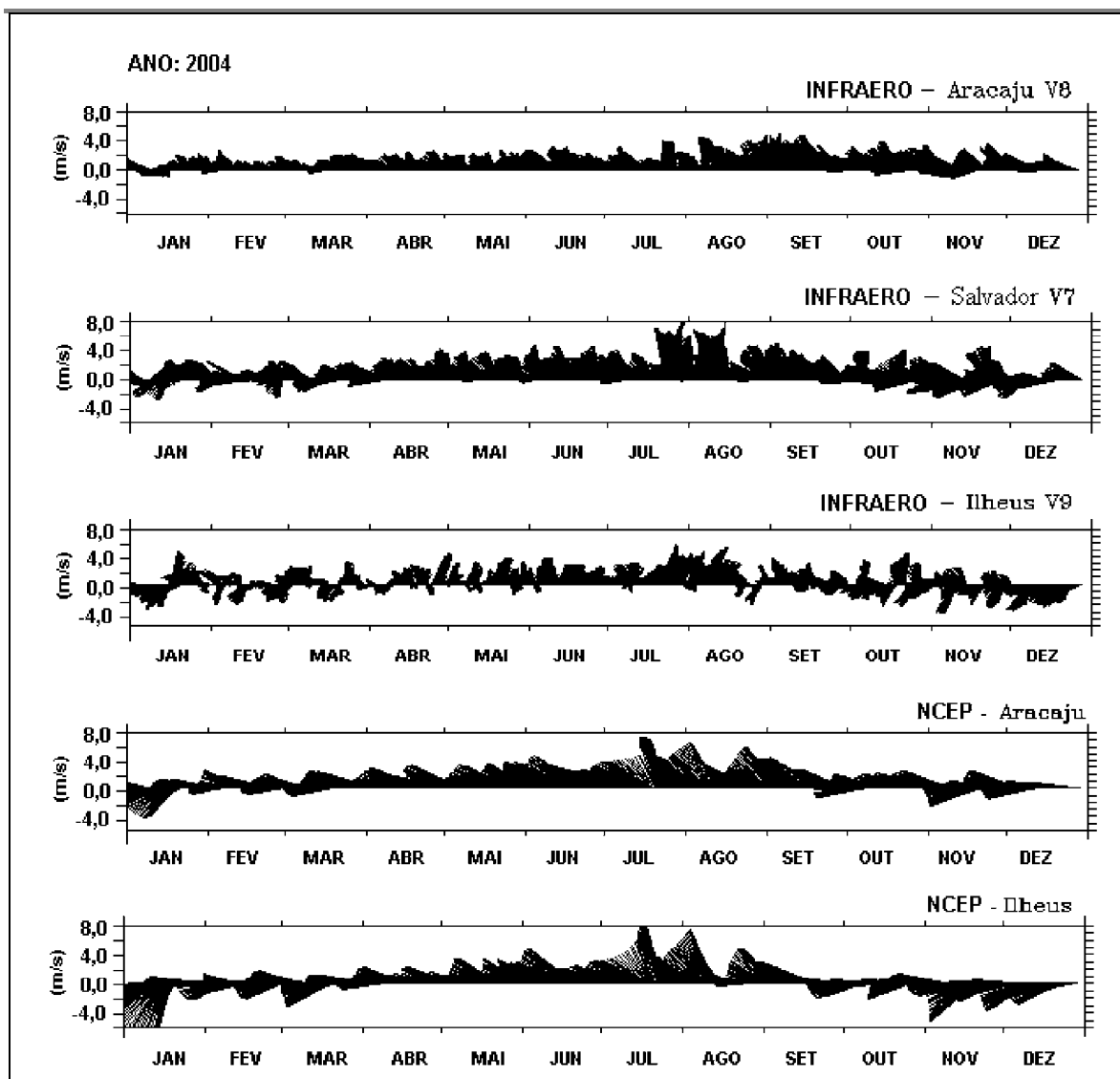
FORNTE: (ASA, 2008).

Figura II.5.1.1-9 – Dados de Ventos para litoral da Bahia e Sergipe.

Os dados obtidos junto à INFRAERO foram medidos nos aeroportos de Ilhéus (BA -14,80°S; 39,02°W), Salvador (BA - 12,90°S; 38,33°W) e Aracaju (SE - 10,98°S; 37,07°W), e são relativos ao período de 01 de dezembro de 2002 a 31 de dezembro de 2004 (intervalos de amostragem de 1 hora).

Os resultados do NCEP (base mundial de Reanálise para campos espaçotemporais de vento), indicados na **Figura II.5.1.1-9**, foram extraídos nas coordenadas 11,99°S/36,02°W e 14,3°S/37,5°W, para o período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2004.

Na **Figura II.5.1.1-10** são apresentados os diagramas tipo *stick plot* dos dados de vento em Aracaju, Salvador e Ilhéus, característicos de regiões costeiras (INFRAERO) e oceano aberto (NCEP), para o ano de 2004.



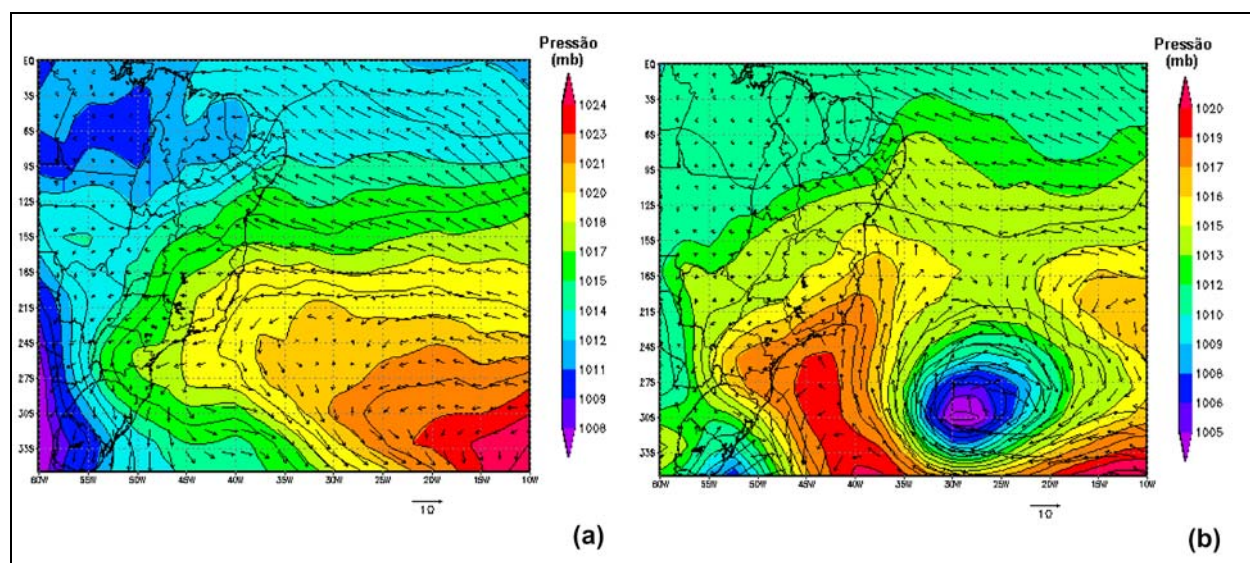
FONTES: INFRAERO e NCEP (ASA, 2008).

Figura II.5.1.1-10 – Diagrama Stick Plot dos dados do vento para o Litoral sul da Bahia e Sergipe, durante o ano de 2004.

Observa-se que, durante os meses de inverno, os Alísios têm um padrão predominante de sudeste, pois a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT se posiciona mais ao norte do Equador. Os sistemas frontais, mais frequentes nesta época, contribuem periodicamente com mais energia que os Alísios, com ventos de sul-sudoeste durante sua passagem.

Durante os meses de verão, a ZCIT se posiciona mais ao sul do Equador, permitindo que os Alísios tenham um padrão predominante de Leste-Nordeste no litoral da Bahia. Também se observa a incidência de ventos de SE, possivelmente associados à passagem de sistemas frontais.

A **Figura II.5.1.1-11** ilustra situações típicas de inverno através dos campos de vento a 10 metros e pressão atmosférica reduzida ao nível médio do mar, obtidas da Reanálise do NCEP, para os dias 01 e 15 de junho de 2003, às 18GMT. Os campos mostram uma situação de predomínio dos Alísios (a) e uma situação onde o regime de ventos é dominado pela passagem de sistemas frontais (b). Os efeitos orográficos da topografia local são também detectáveis, amplificando a componente meridional do campo de vento.

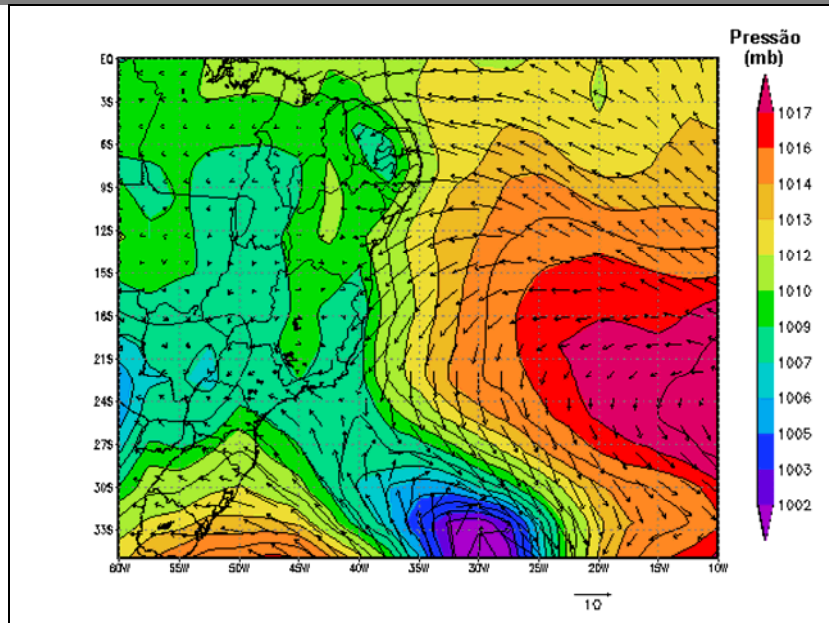


FONTE: NCEP.

Figura II.5.1.1-11- Campos de vento e pressão atmosférica obtidos de Reanálise do NCEP para os dias: (a) 1º de junho de 2003 e (b) 15 de junho de 2003, às 18GMT.

Perturbações do padrão típico da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), como ilustrado na **Figura II.5.1.1-11** (b), diretamente relacionadas a deslocamentos de sistemas frontais, influenciam fortemente a região, através da intensificação (no inverno) do padrão sudeste (jatos) do vento.

A **Figura II.5.1.1-12** ilustra a situação típica de verão, no dia 2 de janeiro de 2003, às 18GMT, onde a ASAS e os Alísios de leste-nordeste são predominantes.



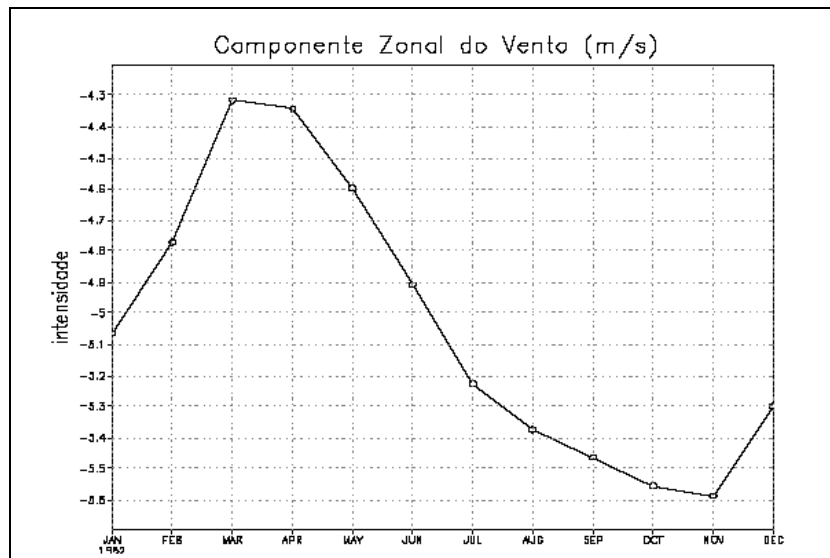
FONTE: (NCP apud ASA, 2008).

Figura II.5.1.1-12- Campos de vento e pressão atmosférica obtidos de Reanálise do NCEP para o dia 2 de janeiro de 2003, às 18GMT.

Em meso e pequena escala, a circulação gerada pelo vento sobre a região de plataforma está fortemente influenciada pelos efeitos da brisa marinha e pela intensificação da componente meridional do vento. Este fato é explicado pelo efeito da barreira orográfica, mudando localmente o padrão do vento imposto pela larga escala através dos Alísios de sudeste (no inverno) e de leste e nordeste (no verão).

A variação sazonal dos ventos na área de interesse está relacionada com a ASAS que começa a se intensificar nas estações frias, alcançando o máximo em julho (QUADRO *et. al*, 1996).

Na **Figura II.5.1.1-13** relativa à variação do vento ao longo do ano da componente zonal (leste-oeste) do vento, verifica-se a predominância dos ventos provenientes de leste ao longo de todo o ano, com valores mais altos (da ordem de 5m/s) nos meses de julho a novembro.

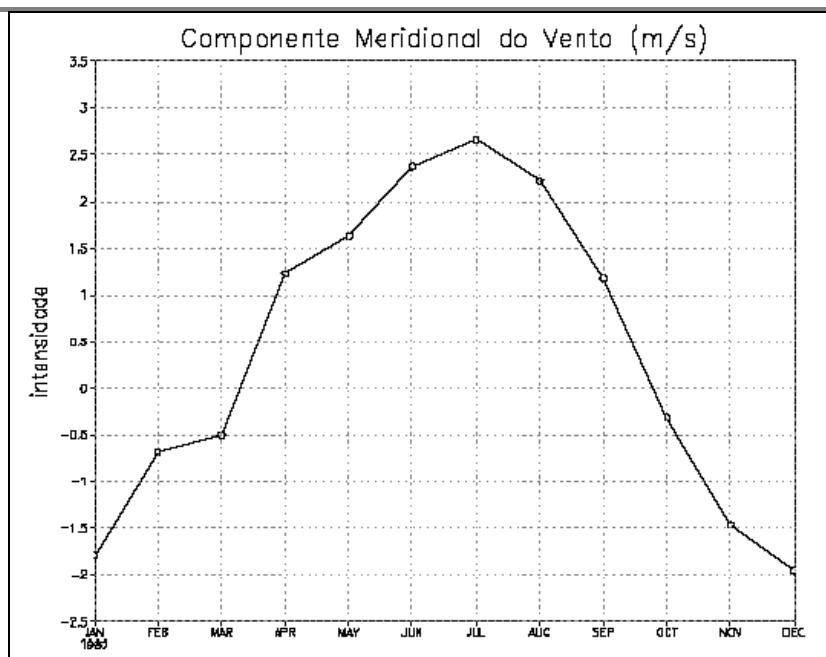


Nota: Os valores positivos referem-se aos ventos provenientes de oeste, e os valores negativos aos ventos provenientes de leste.

FONTE: NCEP

Figura II.5.1.1-13 - Médias mensais da Componente Zonal do Vento para o período de 1982 a 1994.

Na **Figura II.5.1.1-14** é apresentada à variação do vento ao longo do ano da componente meridional (norte-sul) do vento, verifica-se a predominância dos ventos provenientes de sul durante os meses de abril a setembro, com valores mais altos (da ordem de 2,5m/s) nos meses de junho a agosto. Nos demais meses, o vento é proveniente de norte.



Nota: Os valores positivos referem-se aos ventos provenientes de oeste, e os valores negativos aos ventos provenientes de leste.

FONTE: NCEP

Figura II.5.1.1-14 – Médias mensais da Componente Meridional do Vento para o período de 1982 a 1994.

No **Quadro II.5.1.1-1**, onde é apresentada uma composição das componentes zonal e meridional do vento, observa-se que os ventos predominantes na região oceânica são provenientes de leste, e que apresentam maior intensidade nos meses de julho e agosto.

Quadro II.5.1.1-1 – Intensidade e direção dos ventos na região de estudo (médias mensais).

MÊS	U	V	DIREÇÃO	INTENSIDADE (m/s)
Janeiro	-5,06	-1,79	L	5,37
Fevereiro	-4,77	-0,68	L	4,82
Março	-4,31	-0,51	L	4,34
Abril	-4,34	1,23	L	4,51
Maió	-4,60	1,63	L	4,88
Junho	-4,91	2,37	SE	5,45
Julho	-5,23	2,66	SE	5,87
Agosto	-5,37	2,22	L	5,81
Setembro	-5,47	1,18	L	5,59
Outubro	-5,58	-0,32	L	5,56
Novembro	-5,58	-1,46	L	5,77
Dezembro	-5,30	-1,35	L	5,65

Nota: U e V referem-se às componentes zonal e meridional dos ventos, respectivamente.

FONTE: NCEP

O estudo dos ventos sobre o Atlântico Sul feito por Servain e Lukas (1990) mostrou que os ventos na costa do nordeste são de leste, no começo do ano, e de sudeste, durante o período de maio a julho, o que coincide com a época chuvosa no leste da região.

Portanto, durante a estação chuvosa de outono/inverno, sobre o leste da região nordeste, os ventos sopram perpendiculares à costa, de sudeste. Estes ventos parecem favorecer a ocorrência de nuvens de precipitação associadas à brisa terrestre.

Para verificar a presença da brisa terrestre na região, foram utilizados dados de direção e intensidade de vento da estação meteorológica localizada no aeroporto de Ilhéus (latitude 14,7°S e longitude 39,1°W) para os anos de 2001 e 2002 (**Quadro II.5.1.1-2**).

Quadro II.5.1.1-2 – Intensidade e direção dos ventos para o aeroporto de Ilhéus nos anos de 2001 e 2002 (médias mensais).

MÊS	2001		2002	
	Direção	Intensidade (m/s)	Direção	Intensidade (m/s)
Janeiro	L	3,17	L	3,25
Fevereiro	L	3,07	L	3,01
Março	O	3,32	O	2,91
Abril	O	3,81	O	2,74
Maio	O	3,78	O	2,99
Junho	O	3,69	O	3,28
Julho	O	3,46	O	3,35
Agosto	O	4,05	O	3,56
Setembro	O	3,84	L	3,62
Outubro	NE	3,83	L	3,6
Novembro	NE	3,46	NE	3,71
Dezembro	L	3,41	NE	3,15

Fonte: INFRAERO

De acordo com o **Quadro II.5.1.1-2**, os ventos na região do aeroporto de Ilhéus são provenientes de oeste durante os meses de março a setembro, devido ao efeito da brisa terrestre. Segundo Quadro *et al* (1996), as brisas são mais fortes durante as estações de outono e inverno, quando o contraste de temperatura entre a terra e o mar é maior.

No **Quadro II.5.1.1-3**, são apresentados os números de frentes frias que atingiram a área de interesse nos anos de 1999 a 2002, sendo que, para o último, havia disponibilidade de dados até o mês de novembro. Pode-se dizer que os

meses de abril a agosto são aqueles onde comumente ocorre o maior número de passagens de frentes frias (final do outono e durante o inverno).

Quadro II.5.1.1-3 – Número de passagem de frentes frias na área de interesse.

MÊS	1999	2000	2001	2002
Janeiro	0	1	0	0
Fevereiro	0	1	0	1
Março	0	1	0	0
Abril	1	1	0	0
Mai	2	3	1	1
Junho	1	3	2	0
Julho	1	0	0	0
Agosto	2	2	0	0
Setembro	0	1	1	2
Outubro	4	0	0	0
Novembro	2	1	0	2
Dezembro	2	0	0	-

FONTE: CPTEC

Sistemas Frontais

O encontro de massas de ar com propriedades distintas formam o sistema frontal, o qual é composto classicamente por: uma frente fria, uma frente quente e um centro de baixa pressão em superfície, denominado ciclone (que gira no sentido horário no Hemisfério Sul). Este ciclone desenvolve-se a partir de uma pequena perturbação em uma frente quasi-estacionária que separa o ar frio do ar quente, levantando-o na região de fronteira entre essas duas massas, ocasionando um decréscimo da pressão nesta região (CPTEC/INPE, 2008).

Os sistemas frontais atuam durante o ano todo sobre o Brasil com freqüências maiores nas latitudes mais altas e menores nas latitudes mais baixas (CPTEC, 2008), e são um dos maiores causadores de distúrbios meteorológicos sobre o país. A interação entre a convecção tropical e sistemas frontais ocorre mais freqüentemente quando os sistemas frontais se encontram na banda entre 20°S e 35°S. Segundo Oliveira (1986), as frentes frias que ultrapassam latitude de em torno de 35°S podem adquirir uma trajetória mais meridional, em direção ao Equador, mas os sistemas que atravessam a costa leste da América do Sul em latitudes ao sul de 40°S, apresentam uma trajetória predominantemente zonal.

Durante o regime de verão, as frentes frias ao ingressarem no sul do país, associam-se a um sistema de baixa pressão em superfície sobre o Paraguai

conhecida como Baixa do Chaco e intensificam-se. Estes sistemas neste período, freqüentemente ficam semi-estacionados no litoral da Região Sudeste, devido à presença de vórtices ciclônicos em altos níveis na Região Nordeste. A permanência dos sistemas frontais sobre esta região organiza a convecção tropical nas Regiões Central e Norte do Brasil e caracteriza a formação de ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul).

Durante o período do inverno pode-se notar o contraste térmico entre as duas massas separadas pela zona frontal no interior do continente. Este contraste em alguns casos afeta a Região Central, estendendo-se até o sul da Região Norte. Este fenômeno ao atingir o sul da Região Norte é chamado de "Friagem" (MARENGO *et al* 1996).

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

No setor quente da frente, a velocidade média do vento é de 5m/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 8m/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).

No **Quadro II.5.1.1-4** é apresentada à freqüência de ocorrência de sistemas frontais na Bacia do Jequitinhonha para os anos de 1999 a 2004, obtidos do CPTEC.

Quadro II.5.1.1-4 - Frequência 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
Maio	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 2008.

Observa-se que a frequência 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, totalizando o maior número de ocorrências.

Conclusões

No verão, a radiação solar incidente atinge a região em estudo 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 pode ser verificado nos máximos registrados em fevereiro (~30°C), uma situação similar pode ser observada em relação à evaporação, que também é influenciada pelos ventos dos quadrantes de N/NE/E, intensos e persistentes, que ocorrem nesta estação do ano.

Esses fatores em conjunto (forte isolamento, alta temperatura do ar e muita evaporação) favorecem a maior atividade convectiva e, por consequência, a maior precipitação ocorrente no verão.

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 (~20°C). Aliado a isso,

nessa época do ano 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 nesse período.

A análise dos dados meteorológicos do Bloco BM-J-1 permite separar duas estações bem marcadas com condições de inverno e verão. A primeira, indo de maio a setembro é marcada 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 março é caracterizado por condições típicas de verão, com ventos predominantemente variando de norte a nordeste, temperaturas mais elevadas e maiores índices de precipitação e evaporação.

Deste modo no período de maio a outubro (inverno) existe uma maior probabilidade de ocorrência de eventos extremos (tempestades e ressacas) na região do Bloco BM-J-1.

II.5.1.2 – Geologia e Geomorfologia

II.5.1.2.1. Introdução

A Bacia do Jequitinhonha está localizada na margem leste da costa brasileira. Ocupa uma área aproximada de 10.000km², faz limite sul com a Bacia de Cumuruxatiba através do Alto de *Royal Charlotte* e norte com a Bacia de Almada através do Alto de Olivença. É uma bacia de margem continental divergente, de origem resultante da tectônica distensional relacionada à quebra do continente Gondwana no Eocretáceo. Compreende uma bacia *rift* que evoluiu para uma bacia típica de margem passiva.

Esta bacia é caracterizada por uma Plataforma Continental estreita, com profundidades entre 50 e 120m, largura em torno de 20km, exceto na área do Alto de *Royal Charlotte* onde a largura chega a 110km de extensão. O Talude Continental é íngreme, suas declividades em média chegam a 15° (graus) e

localmente encontram-se declividades superiores a 30°, tem largura de aproximadamente 70km e inúmeras feições que marcam o fundo marinho, entre elas se destaca o Cânion de Belmonte. Já a Elevação Continental é caracterizada por profundidades elevadas (> 3500m) e relevo mais suave que o Talude.

Atividades vulcânicas e tectônicas foram responsáveis pela formação de diversas feições morfológicas na área da bacia, em especial destaca-se o Alto de *Royal Charlotte* que se localiza na parte sul da bacia.

O fundo marinho da Bacia do Jequitinhonha exhibe um trato de sistema deposicional controlado pela fisiografia do fundo marinho. A Plataforma Continental interna é composta basicamente por areia (siliciclástica e bioclástica) e sua porção externa é composta por carbonatos (lajes e cascalhos).

O Talude Continental superior é constituído basicamente por lama (argila + silte) e apresenta cânions submarinos, canais e ravinas. Já o Talude inferior e a Elevação Continental apresentam depósitos de movimento de massa (diamictito), turbiditos (areia lamosa) e a partir de profundidades mais elevadas ocorre uma interação com sedimentos pelágicos e hemipelágicos.

II.5.1.2.2. Arcabouço Estrutural

a) Características Regionais

A Bacia do 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 soergimento 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-geológico da margem continental leste brasileira e da sua área

oceânica adjacente profunda, conforme pode ser verificado no **Quadro II.5.1.2.2-1**.

Quadro II.5.1.2.2-1 – Evolução Geológico-Sedimentar das Bacias Marginais na Costa Leste Brasileira

Estágio Evolutivo	Fase de Sedimentação	Seqüência Sedimentar	Ambiente Depositional
Oceânico	<i>Drift</i>	do Mar	Marinho regressivo / transgressivo Plataforma rasa
Proto-oceânico	Transicional	do Golfo	Marinho restrito / lagunar
<i>Rift</i>	<i>Rift</i>	dos Lagos	Deltáico-lacustre
Pré- <i>rift</i>	Continental	do Continente	Flúvio-lacustre-eólico

Fonte: Modificado de Ponte *et al* (1979) in Asmus, H.E. (1984).

Estágio pré-*rift* (durante o Neojurássico) – Este estágio foi caracterizado pelo soerguimento da margem continental, originando áreas positivas, e pela criação de falhas incipientes na crosta superior. O processo de soerguimento foi de origem térmica devido às condições sub-crustais, tais como anomalias térmicas e anomalias/descontinuidades da espessura da crosta (ASMUS e PORTO, 1980).

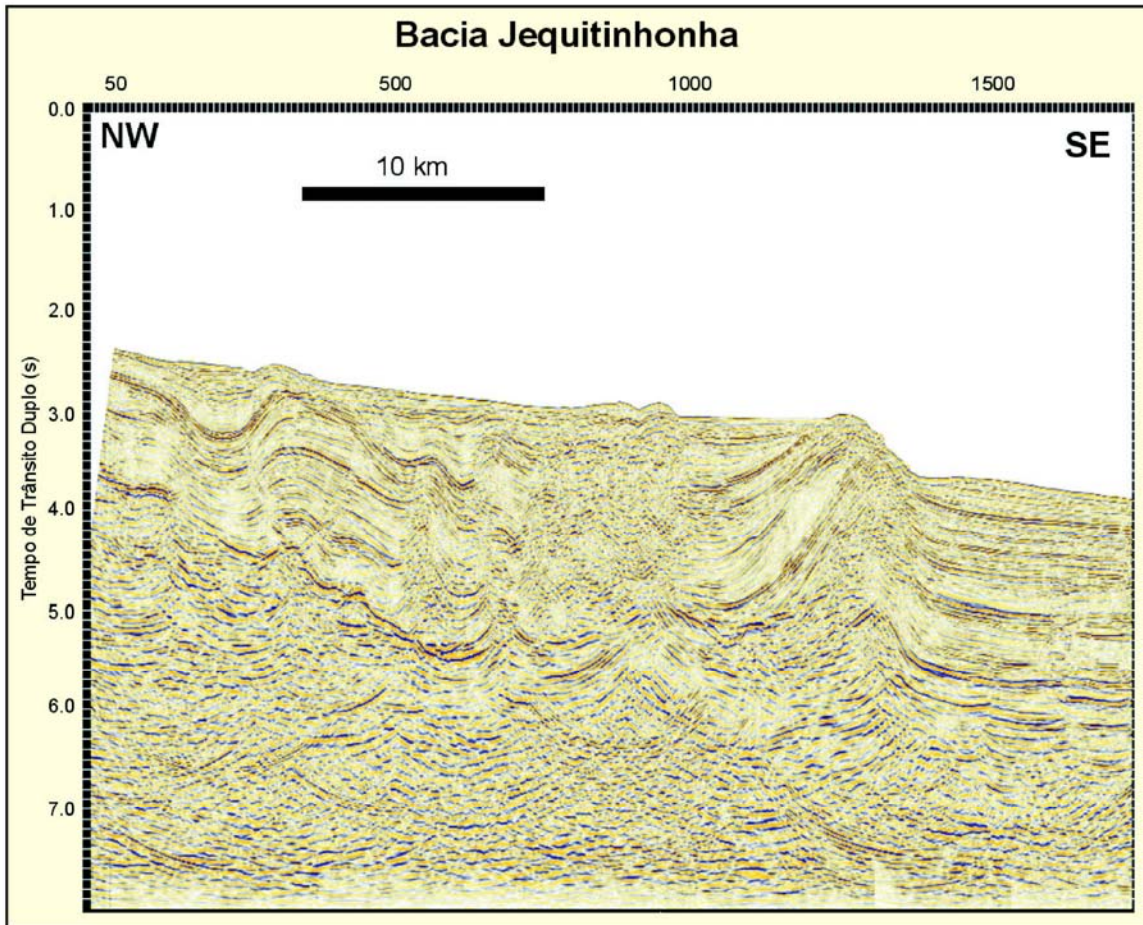
Apesar da área situada entre os estados do Espírito Santo e Alagoas ter apresentado uma situação estrutural semelhante às áreas adjacentes, os efeitos do soerguimento que nela se deram, foram em menor escala, transformando-a numa margem interdômica com a presença de soerguimentos menores (ASMUS e FERRARI, 1978; ASMUS, 1984). Concomitantemente, ocorreu a atenuação da parte inferior da crosta e erosão na parte superior, ocasionando diferenças nas suas espessuras, desequilíbrios isostáticos, esforços e tectonismo (Cenozóico). Essas áreas elevadas representaram áreas-fonte de sedimentos para as bacias interiores periféricas no entorno dos altos (área continental), mais especificamente na Depressão Afrobrasileira (ASMUS e PORTO, *op. cit.*).

Estágio *rift* - (a partir do Eocretáceo) – Neste estágio ocorreram estiramentos e afinamentos na crosta que promoveram seu fraturamento, abatimento e abertura, com ocorrência de vulcanismo em nível local (GUAZELLI e CARVALHO,

1981). Nesta fase, ocorreu a instalação de sistemas de *rift-valleys*, com a orientação das estruturas e formação de feições do tipo *horst*, *graben* e *meio-graben*, as quais foram limitadas por falhas sintéticas e antitéticas, com rejeitos que variam de dezenas a centenas de metros. Outras feições estruturais importantes, como falhas normais, linhas de charneiras ou flexuras e estruturas transversais (zonas de fraturas e lineamentos) foram produzidas nessa fase (ASMUS, 1982).

Estágio proto-oceânico - Neste estágio desenvolveram-se lineamentos nos limites entre áreas soerguidas e subsididas, associados, possivelmente, aos esforços tracionais derivados das diferenças de espessuras crustais. Em tais lineamentos ocorreu vulcanismo, com a conseqüente formação de edifícios vulcânicos. Essas feições restringiram a circulação das águas oceânicas, que associada a uma condição climática mais árida, propiciou a precipitação e a formação de bacias evaporíticas (ASMUS, *op cit*).

Estágio oceânico ou margem continental - (desde o Albiano-Cenomaniano até os dias atuais) – Este estágio é representado por uma separação progressiva entre os continentes sulamericano e africano, decorrente da criação do piso oceânico do Atlântico. Nesse estágio foram definidas as feições estruturais e morfológicas da margem continental e das bacias oceânicas adjacentes, embora seja considerada uma condição de relativa quietude tectônica, onde predominam movimentos crustais de subsidência e soerguimento de blocos (movimentos verticais) na área costeira (ASMUS, 1982). A **Figura II.5.1.2.2-1** apresenta a seção sísmica na Bacia do Jequitinhonha.



<http://www.cprm.gov.br/publique/media/capIII-m.pdf>.

Figura II.5.1.2.2-1 – Seção sísmica na Bacia do Jequitinhonha (parte marinha), mostrando seqüências estratigráficas pré-rift e pós-rift e estruturas extensionais e compressivas características da tectônica de sal.

a.1 - Área emersa

A área continental adjacente à Bacia do Jequitinhonha encontra-se situada na porção sudeste do Cráton do São Francisco, mais precisamente no Cinturão Móvel Costeiro Atlântico. O cinturão móvel possui origem policíclica, cujas alterações teriam se iniciado a partir do retrabalhamento da crosta primitiva no Ciclo Guriense-Jequié (2.300 a 2.600Ma). No Ciclo Transamazônico (2Ma.), parte do cinturão sofreu intensa remobilização, tendo ocorrido processos de granitização e gnaissificação, com a possibilidade de granulitização. Durante o Ciclo Brasileiro (450 a 700Ma.) estabeleceu-se uma faixa de dobramento sobre o cinturão móvel (MASCARENHAS, 1981).

O embasamento é constituído por rochas granulíticas ácidas, básicas e intermediárias (origem sedimentar e magmática), com orientação NNESSW, representando rochas arqueanas retrabalhadas durante o Ciclo Transamazônico que constituíam o que se denominava de Cinturão Granulítico Atlântico ou de Itabuna (MASCARENHAS, *op. cit.*). Segundo Sampaio Filho e Silva Filho (1986), o cinturão é constituído por 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.

Imediatamente ao sul de Canavieiras, ocorre uma zona de transição entre o embasamento granulítico do Cráton do São Francisco e a Faixa de Araçuaí, que é constituída por metassedimentos. Tal faixa alinha-se longitudinalmente à costa, destacando-se pela presença de gnaisses catazonais a granada, migmatitos e charnoquitos. Apresenta sinais de “transposição e de mecânica de interferência de estilos tectônicos” a partir de Porto Seguro em direção ao sul. As linhas estruturais pertinentes a essa faixa adentram em direção a plataforma continental (CORDANI *et al.*, 1984).

a.2 - Área submersa

Na área marinha, o embasamento da plataforma continental, ao largo do Estado da Bahia, é constituído por gnaisses pré-cambrianos ou metassedimentos eocambrianos, havendo ausência de focos magmáticos a partir de 16°N. No caso da Bacia do Jequitinhonha, ocorre a presença do embasamento cristalino, que é representado por rochas graníticas e gnáissicas. Nas Bacias de Camamu e Almada, situadas ao norte da Bacia do Jequitinhonha, as rochas sedimentares se sobrepõem às rochas “granulíticas da Bahia”. Perfuração realizada pelo *Deep Sea Drilling Project*, distante 850km da costa da Bahia e ao largo do banco *Royal Charlotte*, registrou a presença de basalto toleítico, com idade de 78Ma, sotaposto

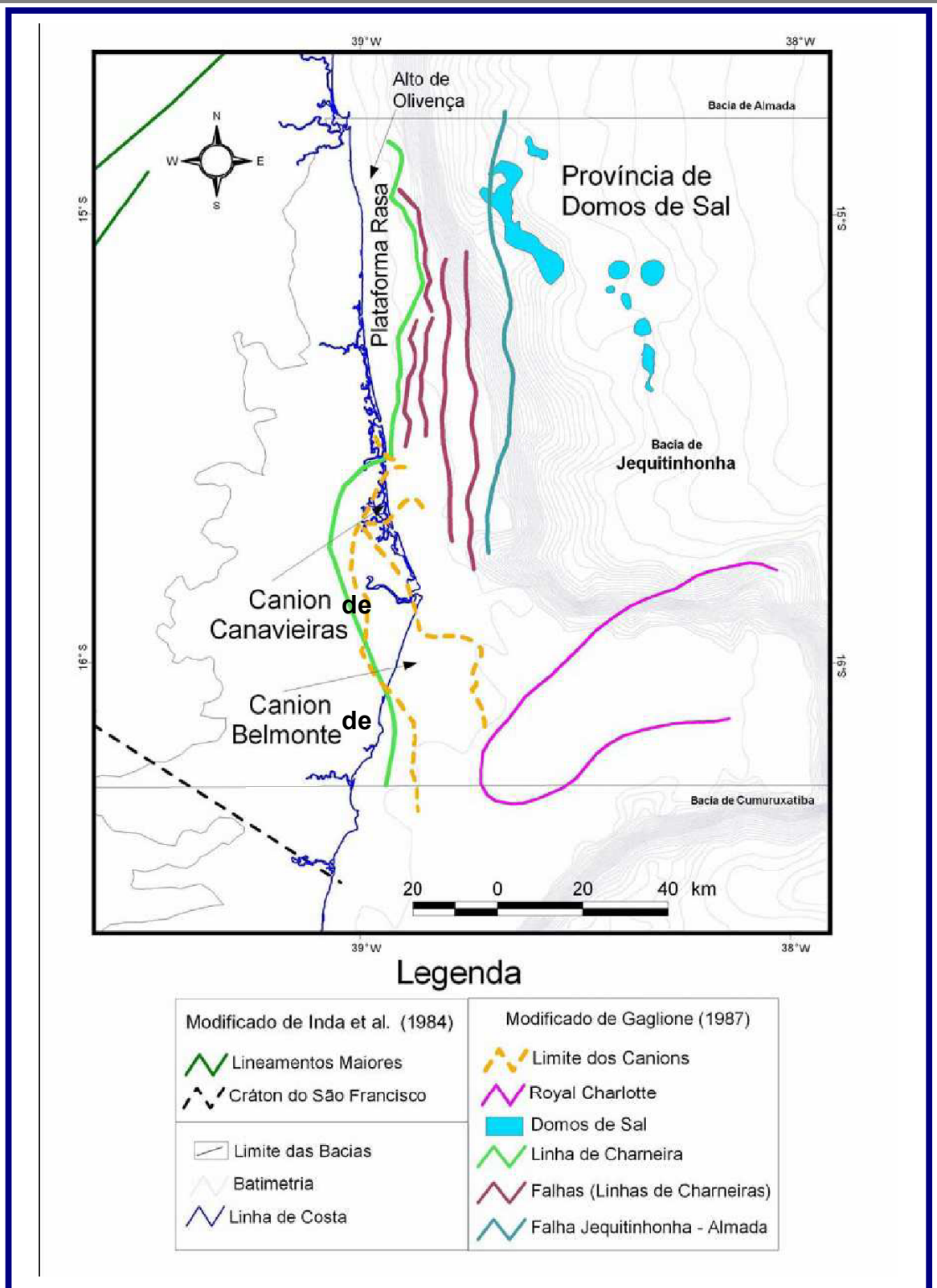
a sedimentos campanianos. Tal basalto foi interpretado como sendo o embasamento oceânico (GUAZELLI e CARVALHO, 1981).

As características estruturais mostram que a Bacia do Jequitinhonha é disposta transversalmente às estruturas brasileiras, fato que pode ter condicionado a ocorrência de movimentos verticais heterogêneos, através de reativações de antigas linhas estruturais presentes no embasamento pré-cambriano, ocorridas durante e posteriores aos ciclos tecto-sedimentares meso-cenozóicos (CORDANI *et. al.*, 1984).

As características estruturais da plataforma continental, talude continental e sopé continental na Bacia do Jequitinhonha equivalem àquelas conhecidas para a margem continental leste brasileira e área oceânica profunda adjacente. Nas bacias marginais e oceânicas são encontradas feições estruturais tais como: falhas normais, linhas de flexuras ou de charneira e estruturas transversais (lineamentos e zonas de fraturas oceânicas).

Até o momento, as informações não apontam a presença de linhas de flexuras ou linhas de charneira.

A **Figura II.5.1.2.2-2** apresenta Arcabouço Estrutural da Bacia do Jequitinhonha.



Fonte: ARAUJO, 2007.

Figura II.5.1.2.2-2 – Arcabouço Estrutural da Bacia do Jequitinhonha.

Na plataforma continental, as falhas normais são caracterizadas por ocorrerem em traços de longa extensão (centenas de quilômetros), rejeitos em torno de 3.500m e mergulhos dos planos de falhas coincidentes com as direções estruturais do embasamento pré-cambriano (ASMUS e PORTO, 1980; ASMUS, 1984).

As condições do embasamento mostram-se bastante deformadas por falhamentos normais que ocorrem, em geral, paralelos aos principais alinhamentos das rochas pré-cambrianas da área costeira emersa adjacente. 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, *op cit*).

Segundo Milani e Thomaz Filho (2000), na Bacia do Jequitinhonha o arcabouço estrutural foi originado na fase *rift*, 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. De acordo com Lima (1973) *apud* Guazelli e Carvalho (1979) ocorrem extensos falhamentos principalmente no Talude Continental, os quais possuem direções N-NE, sendo importantes na definição das características escarpadas do Talude Continental adjacente às bacias sedimentares do sul da Bahia. Um desses falhamentos encerra o limite oeste de uma bacia evaporítica, que apresenta domos e outras feições halocinéticas.

O basculamento das bacias marginais 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 presentes possuem 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 a presença desses altos somente na plataforma continental, sem o registro desses em direção ao sopé continental. Em contraposição, ocorrem baixos traduzidos pelo *Graben* do Jequitinhonha, que se orienta NW-SE e a Fossa do Jequitinhonha que se estende paralelamente à linha de costa.

Cordoba (1990) *apud* Castilho (2005) propôs uma divisão informal para a Bacia do 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 Leste. No Compartimento Sul, a falha de borda apresenta grande rejeito.

Segundo mapeamentos realizados na área, para elaboração de estudo ambiental no Bloco BM-J-2 localizado nas proximidades do Bloco BM-J-1, a Calha Principal do *rift* possui uma disposição N-S, com aproximadamente 38km de largura e 135km 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 25km de largura e 85km de extensão.

O Alto de Olivença limita a Bacia do Jequitinhonha com a Bacia do Almada. Este alto se prolonga por quase 15km mar adentro, estendendo-se como uma plataforma rasa para sul, onde penetra em direção ao continente. O sul da bacia é delimitado pelo Banco Vulcânico *Royal Charlotte*, o qual apresenta uma disposição E-W que, possivelmente, pode estar relacionada à direção das falhas transformantes antigas produzidas na fase de abertura do Oceano Atlântico. Associado a esta fase ocorreu magmatismo e ocênico.

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 Cretáceo-Terciários, enquanto a área profunda possui o pacote sedimentar mais completo da bacia.

As estruturas transversais correspondem às zonas de fraturas e aos lineamentos oceânicos, orientados no sentido E-W, os quais se prolongam desde a área marinha em direção ao continente, por vezes, mantendo a sua continuidade oceano adentro. Essas estruturas representam feições lineares salientes do embasamento submarino, as quais limitam seguimentos de crosta oceânica, podendo ser coincidentes com os deslocamentos laterais do eixo da cordilheira oceânica. As zonas de fraturas apresentam maior extensão, sendo sua origem na Cadeia Meso-Atlântica, vindo em direção ao continente, enquanto os lineamentos correspondem às linhas de menor extensão e sem ocorrência na Cadeia Meso-Atlântica e bacia oceânica.

As zonas de fraturas, no contato com a linha de costa, apresentam uma disposição ortogonal ou oblíqua. Os lineamentos na margem continental aparecem como altos do embasamento ou altos vulcânicos, os quais dividem transversalmente os depocentros de bacias. Na área continental, esses aparecem como zonas de perturbação tectônica, de atividades sísmicas e atividades vulcânicas (ASMUS, 1984; ASMUS e PORTO, 1980). Embora seja expressa tal diferença, Rezende (1978) define as estruturas que chegam à Bacia do Jequitinhonha como Zona de Fraturas de Olivença (ZFO) e Canavieiras (ZFC).

Além das estruturas tectônicas, a Bacia do 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. As estruturas salinas se concentram na área associada aos basculamentos na bacia, podendo, por vezes, aflorar no fundo marinho, constituindo pequenas elevações.

A ocorrência de neotectônica é mencionada por Martin *et al* (1984) e Suguio e Martin (1996), em áreas situadas mais ao norte, entre as cidades de Camamu e Salvador. A possibilidade de existência atual de zonas de falhas ativas na porção leste do Escudo Oriental é citada por Mito (1993), permitindo considerar também a possibilidade de sismicidade nessa região, diante dos registros sísmicos ocorridos em localidades na porção centro-sul do estado da Bahia (SADOWSKI *et al*, 1978; BERROCAL *et al*; 1984; MIOTO, 1993). Os sismos mais importantes

ocorreram em 1912 e 1955, ambos situados próximos e a NW da área da Bacia de Camamu (SADOWSKI *et al op. cit.*) (**Quadro II.5.1.2.2-2**).

Quadro II.5.1.2.2-2 – Ocorrência de Sismos na Porção Centro-Sul da Costa do Estado da Bahia

Data	Localidade	Intensidade (Mercalli)	Observações
04/01/1724	Itaparica	IV	-
01/08/1767	NI	VI	-
02/1911	Itaparica	NI	-
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	Ibicarai	NI	-
19/04/1976	Ibicarai	NI	-
22/04/1976	Ibicarai	NI	60km a E de Ilhéus
23/04/1976	Ibicarai	NI	-
30/04/1976	Ibicarai	NI	-

Fonte: Modificado de Sadowski *et al* (1978)

Observação: NI = Não Identificado

A ocorrência de sismicidade na área não apresenta intervalo de recorrência definido, podendo acontecer a qualquer momento e lugar (SADOWSKI *et al*, 1978). Embora tenham sido verificados sismos nessa porção do território baiano, até o momento não há relatos de ocorrência desses na área oceânica.

B) Características Locais

A área do Bloco BM-J-1 encontra-se compreendida entre as isóbatas de -28 e -1400 metros de profundidade e seu mergulho está orientado para NE. O relevo marinho é, em grande parte, irregular marcado por feições erosivas e onduladas conferidas por movimentos de massa e deslizamentos. A declividade varia, em média, entre 0 e 25°. As maiores declividades são encontradas nas paredes das ravinas e na quebra da plataforma, estas variam entre 5 e 15° podendo chegar a 25° em alguns pontos. O Lead F2 está localizado no Talude Superior, em profundidade de 948m e apresenta declividade em torno de 3°.

As características geológicas da área do Bloco BM-J-1 mostram que o arcabouço tectono-estrutural apresenta aspectos definidos, para a Margem

Continental Leste Brasileira, tal como os padrões estruturais com direções N-S, NNW-SSE e NE SW.

São observadas quatro áreas distintas, de oeste para leste, disposto paralela e longitudinalmente em relação à linha de costa na área do bloco. A primeira se relaciona à plataforma rasa, que corresponde à área do Alto de Olivença, a qual é recoberta por sedimentos Terciários. Essa plataforma separa-se de um patamar por uma linha de falha normal contínua, grosso modo, com orientação Norte-Sul. Uma terceira área, a Fossa de Jequitinhonha, representa um baixo balizado por falhamentos normais albianos, com orientação Norte-Sul, flexionando na parte norte do bloco para a direção NNW-SSE. Nessa porção do bloco, verifica-se a presença de falhas de empurrão acompanhadas de anticlinais com idade do Oligoceno Inferior. A porção leste do bloco apresenta-se na província salina, sendo possivelmente uma área afetada pela halocinese, principalmente onde são verificados diápiros de sal.

II.5.1.2.3.Estratigrafia

Estratigrafia Regional

O arcabouço estratigráfico da Bacia do Jequitinhonha apresenta litologias de natureza cristalina e sedimentar. As rochas do embasamento cristalino são de idade Pré-cambriana, sendo do tipo gnaisses e granitos. Sobreposto a esse embasamento ocorrem às rochas sedimentares cuja deposição se iniciou no Aptiano. Essa deposição está relacionada a quatro estágios evolutivos ocorridos na margem continental leste brasileira (**Quadro II.5.1.2.2-1**), estando organizadas nas seqüências deposicionais do continente, lagos, golfo e do mar (ASMUS, 1984).

A Seqüência do Continente é composta por folhelhos vermelhos com interposições de arenitos arcoseanos, recobertos por arenitos que variam de finos a conglomeráticos, onde são representados pelo Grupo Brotas de idade Neojurássica (Andar local Dom João). O sistema deposicional foi conjugado entre

leques aluviais e lagos interiores em bacia platiforme com relativa calma tectônica, sofrendo retrabalhamento eólico.

A Seqüência do Golfo é constituída, predominantemente, por evaporitos, destacando-se a halita e a anidrita, podendo aparecer associado carbonatos, folhelhos euxínicos, arenitos e conglomerados. A deposição foi realizada sob condições de relativa calma tectônica, sendo sua idade Aptiana (andar local Alagoas). Na Margem Continental leste, em geral, a seqüência das fácies apresentam as seguintes sucessões do continente em direção ao oceano: carbonatos, anidrita e halita.

A presença de estrutura diapíricas halocinéticas, principalmente domos, são resultantes das movimentações do sal, que aparecem com freqüência e com grandes dimensões ao largo da bacia. O limite externo (leste) dessas estruturas diapíricas determina a área atual de ocorrência da Seqüência do Golfo.

A Seqüência do Mar contém por duas seções, uma carbonática e outra clástica, sendo que a seção carbonática se sobrepõe à seção clástica. A seção carbonática, cuja idade varia entre o Cretáceo Médio e o Eoceno, é representada por calcarenitos e calcilutitos oolíticos e pisolíticos, sendo que, em direção ao continente, os carbonatos passam gradualmente para arenitos, por vezes, com granulação grossa, podendo passar à fácies pelíticas em direção ao oceano.

Os movimentos crustais lentos e de fraca subsidência, que acompanharam essa deposição, promoveram ligeiras reativações de falhas normais próximas às bordas das bacias. Esses sistemas carbonáticos foram depositados em condições de plataforma rasa-talude, com pequena contribuição de clásticos provenientes de um sistema de leques deltáicos.

Rodarte e Coutinho (1999) definem para as bacias sedimentares compreendidas entre as bacias de Campos e de Camamu três megasseqüências:

- Megasseqüência *Rift* ou Continental – com idade do Cretáceo Inferior, esta seqüência representa três fases de deposição sin-tectônica associada ao Neocomiano, Barremiano e Aptiano Superior.
- Megasseqüência da fase de deriva ou marinho-transgressiva – com idade entre o Aptiano Superior ao Eoceno Inferior, compreende três seqüências,

a basal (evaporitos - fase regressiva), intermediária (siliciclásticos - fase transgressiva) e do Terciário Inferior (siliciclásticos - fase transgressiva).

- Megassequência Marinho-regressiva – com idade entre o Eoceno Médio e o Mioceno, é representada por uma sedimentação siliciclástica, tendo um caráter progradante.

Na Bacia do Jequitinhonha são identificadas as seqüências *riff* e margem passiva (proto-oceânico e oceânico), sendo elas representadas por três Grupos: Nativo, Barra Nova e Espírito Santo (**Figura II.5.1.2.3-1**).

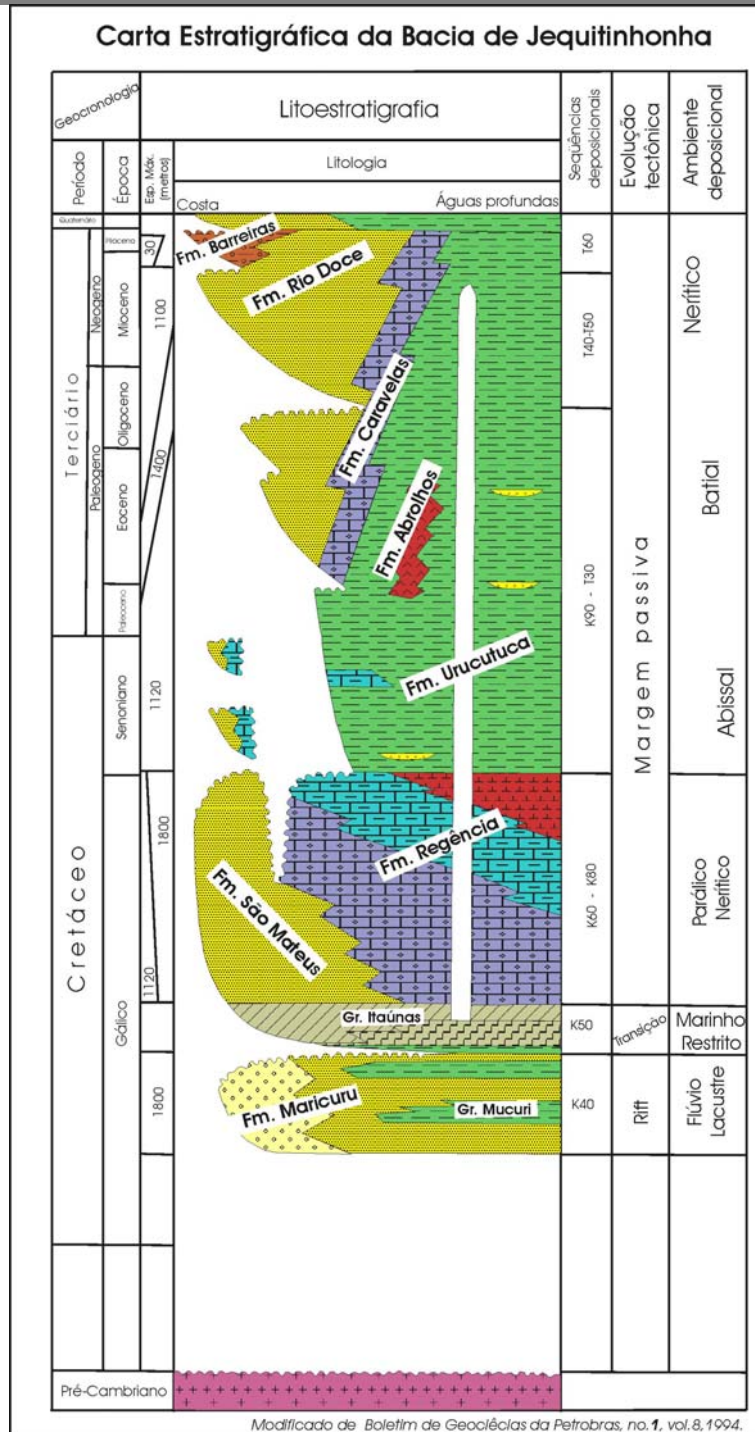


Figura II.5.1.2.3-1 – Carta Estratigráfica da Bacia do Jequitinhonha.

O **Grupo Nativo** é constituído predominantemente por sedimentos clásticos, sendo definido por duas Formações: Cricaré e Maricuru.

A Formação Cricaré apresenta uma idade situada entre Rio da Serra e Jiquiá (final do Barremiano e início do Aptiano) é representada por sedimentos clásticos grossos, os quais foram depositados em paleoambiente flúvio-lacustre.

A Formação Mariricu é composta por rochas clásticas e evaporíticas, sendo formada por dois membros: o Mucuri e o Itaúnas. O Membro Mucuri possui uma idade Alagoas (Aptiano) e é constituído por rochas clásticas grossa e fina com sedimentação proveniente de ambiente flúvio-marinho. O Membro Itaúnas, com idade Neo-Alagoas, consiste de 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, sendo nomeadas, respectivamente, como Formação São Mateus e Regência. A Formação São Mateus, com idade Albiana, compõe-se de rocha clástica grossa originada a partir de leques deltáicos. A Formação Regência se constitui de rochas carbonáticas, as quais se originaram em paleoambiente nerítico de baixa e alta energia (SANTOS *et al*, *op. cit.*).

O **Grupo Espírito Santo** é definido pelas Formações Rio Doce, Caravelas e Urucutuca. A Formação Rio Doce consta de arenitos grossos, cuja origem se associa a leques costeiros Terciários. A Formação Caravelas, datada do Terciário, é constituída por carbonatos de origem nerítica relacionados a baixa e alta energia. A Formação Urucutuca, com idade entre o Neocretácico e o Terciário, é formada por espessas camadas de pelitos e arenitos finos, associados a paleoambientes de talude e bacia. A presença de calcilutitos nesse Grupo, mais precisamente no Oligoceno, similar ao que ocorre no denominado “Marco Azul”, na Bacia de Campos, é apontada por Carvalho e Antunes (1988).

A Formação Barreiras encontra-se distribuída, predominantemente, na área emersa, podendo ocorrer resquícios na plataforma continental interna. Essa unidade apresenta um problema quanto à sua classificação litoestratigráfica, ora denominada como Formação ora como Grupo. Estudos litoestratigráficos na Bacia do Espírito Santo a denominam como Formação (VIEIRA *et al*, 1994).

Contrariamente, Vilas Boas *et al* (1992) reconhecem essa Formação como Grupo. Por seu turno, o Projeto RADAMBRASIL (1983), que sistematizou os conhecimentos sobre a parte emersa dessa unidade geológica, a classificou como

Grupo, em decorrência das subunidades (Formações) estabelecidas por diversos pesquisadores nas regiões nordeste e sudeste do país. Ainda, de acordo com Amador (1982b), existe uma dificuldade em se expandir à seqüência litoestratigráfica dessa unidade para toda a sua região de abrangência. Nesse contexto, adota-se aqui a classificação de Grupo Barreiras, embora não se tenha ainda definido uma subdivisão dessa unidade na parte submersa das bacias sedimentares brasileiras.

Fazendo-se uma descrição das características do Grupo Barreiras, tem-se que, na costa do Estado do Espírito Santo, ele apresenta duas subunidades: a inferior e a superior. A primeira se estende da cidade de Vitória em direção ao norte, tendo uma idade provável Miopliocênica (Terciário Superior), sendo recoberta por vários ciclos de sedimentação Pleistocênica. A segunda identificada no sul desse estado apresenta somente a porção superior, sendo ela de idade Pleistocênica (Projeto RADAMBRASIL, *op cit*). Na porção inferior são encontrados sedimentos grossos, tais como areias e cascalhos arcoseanos, juntamente com lentes de argila. Na porção superior os sedimentos são variáveis, com a presença de lentes argilosas ou camadas finas de material areno-siltoso ou silte-arenoso. Contudo, essa subunidade é, em geral, representada por conglomerados polimíticos, arcóseos de cores variadas, argilitos e folhelhos (Projeto RADAMBRASIL, *op. cit.*; VIEIRA *et. al.*, 1994). A **Figura II.5.1.2.3-2** apresenta a Seção Geológica da Bacia do Jequitinhonha.

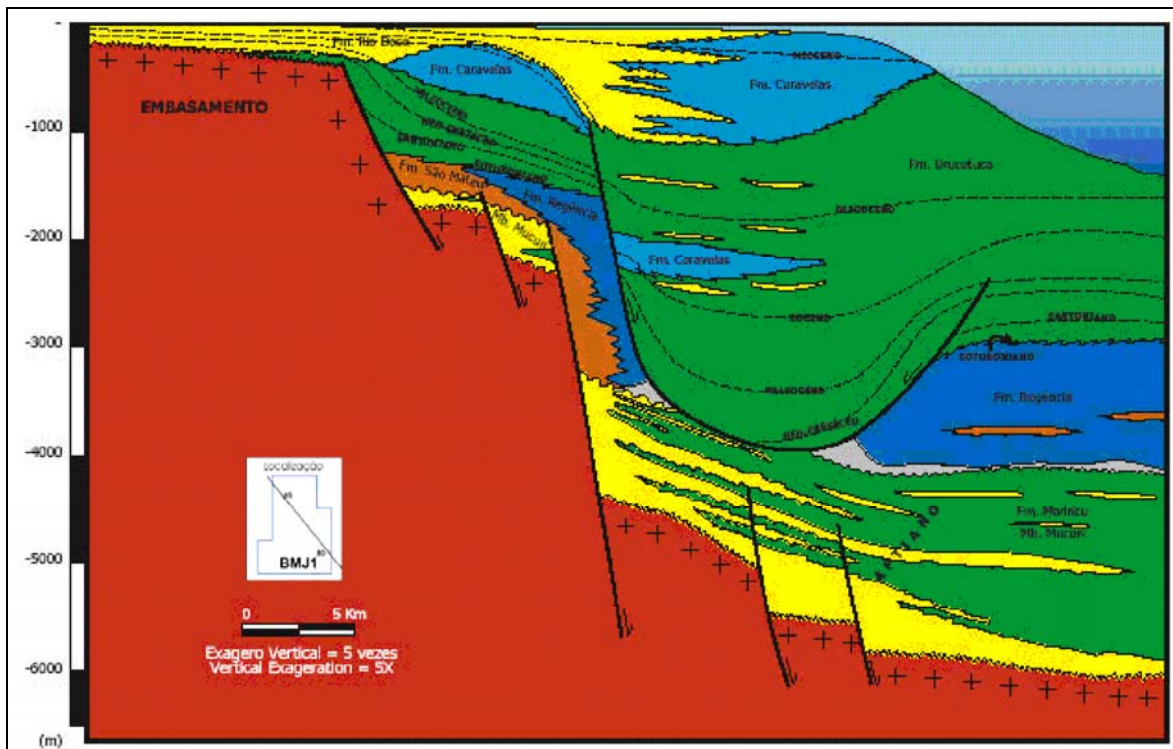


Figura II.5.1.2.3-2 – Seção Geológica da Bacia do Jequitinhonha – direção NW-SE.

Em Salvador, esse Grupo ocorre no entorno da cidade em forma de cascalheiras. A base da unidade apresenta conglomerado com estratificações gradativas, sendo constituídas 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. A estratificação é cruzada de ângulo mediano a baixo, havendo concentração de seixos quartzosos na base de conjuntos cruzados. É encontrado, ainda, material sedimentar retrabalhado (INDA e BARBOSA, 1978).

Nessa região, os arenitos grossos, com grãos mal selecionados, subangulares a subarredondados, apresentando cores que variam de acordo com a argila da matriz (vermelha, amarela, violeta e branca). O tipo de estratificação, na porção inferior dos arenitos, é cruzada passando à laminação paralela em direção ao topo. São verificados leitos de argila maciços ou laminação paralela, com coloração vermelha ou amarela e espessuras entre 10 e 15cm. A presença de canga de óxido é freqüente, podendo impregnar os arenitos por mais de 1m de espessura (INDA e BARBOSA, *op. cit.*).

A partir de estudos sedimentológico e estratigráfico, são verificadas, na região do Recôncavo, 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 ao clima semi-árido a árido.

Recobrimo total ou parcialmente o Grupo Barreiras e parte da plataforma continental atuais, ocorrem sedimentos praias e aluvionares os quais se relacionam a processos deposicionais recentes.

Estratigrafia Local

A estratigrafia da área do Bloco BM-J-1 indica que as rochas encontradas em subsuperfície pertencem a Formação Urucutuca, havendo alternâncias entre seqüências de folhelhos, margas, calcilito e arenito, não tendo sido alcançado o embasamento. A amostragem compreende seqüências sedimentares com idades entre o Cretáceo Superior e o Terciário (**Figuras II.5.1.2.3-3 e II.5.1.2.3-4**).

A área a ser perfurada corresponde ao poço Lead F2, situado na parte norte do Bloco, sendo os objetivos:

- Principal – arenitos intercalados com margas e folhelho da Formação Urucutuca (Terciário) com idade do Paleoceno Inferior situado a -3230m de profundidade.
- Secundário – arenitos intercalados com margas e calcilito da Formação Urucutuca (Terciário) do Eoceno Inferior, estando situado a -2930m de profundidade.

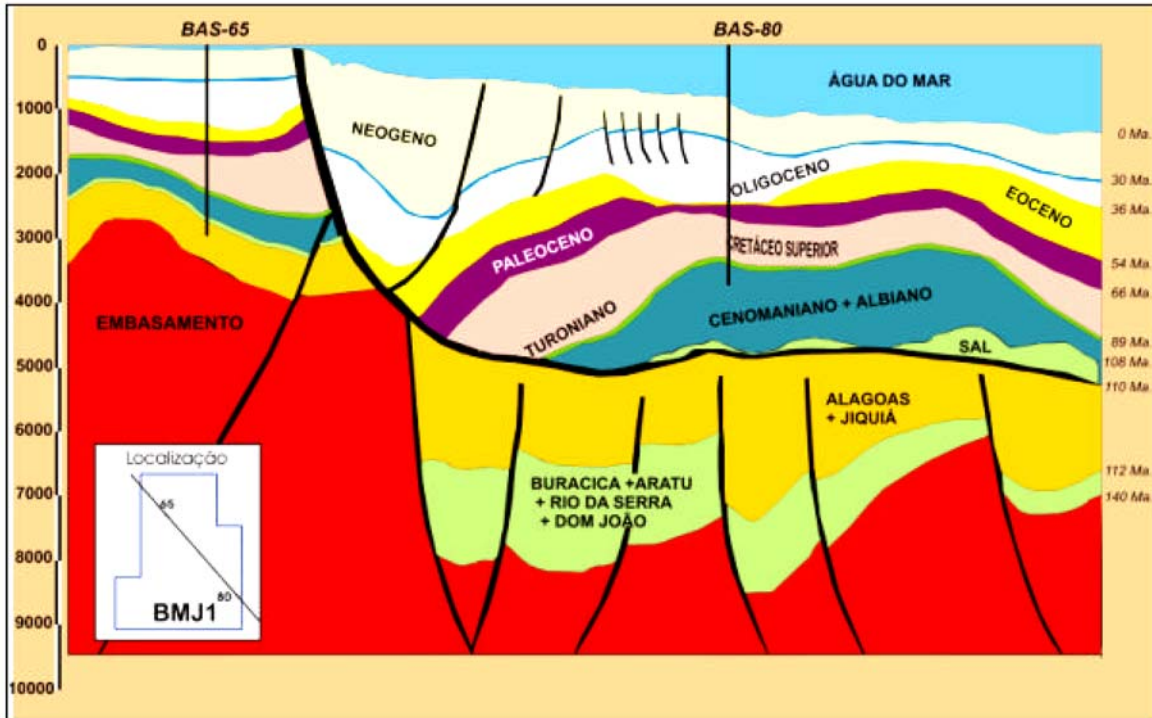


Figura II.5.1.2.3-3 – Seção Geológica NW-SE do Bloco BM-J-1

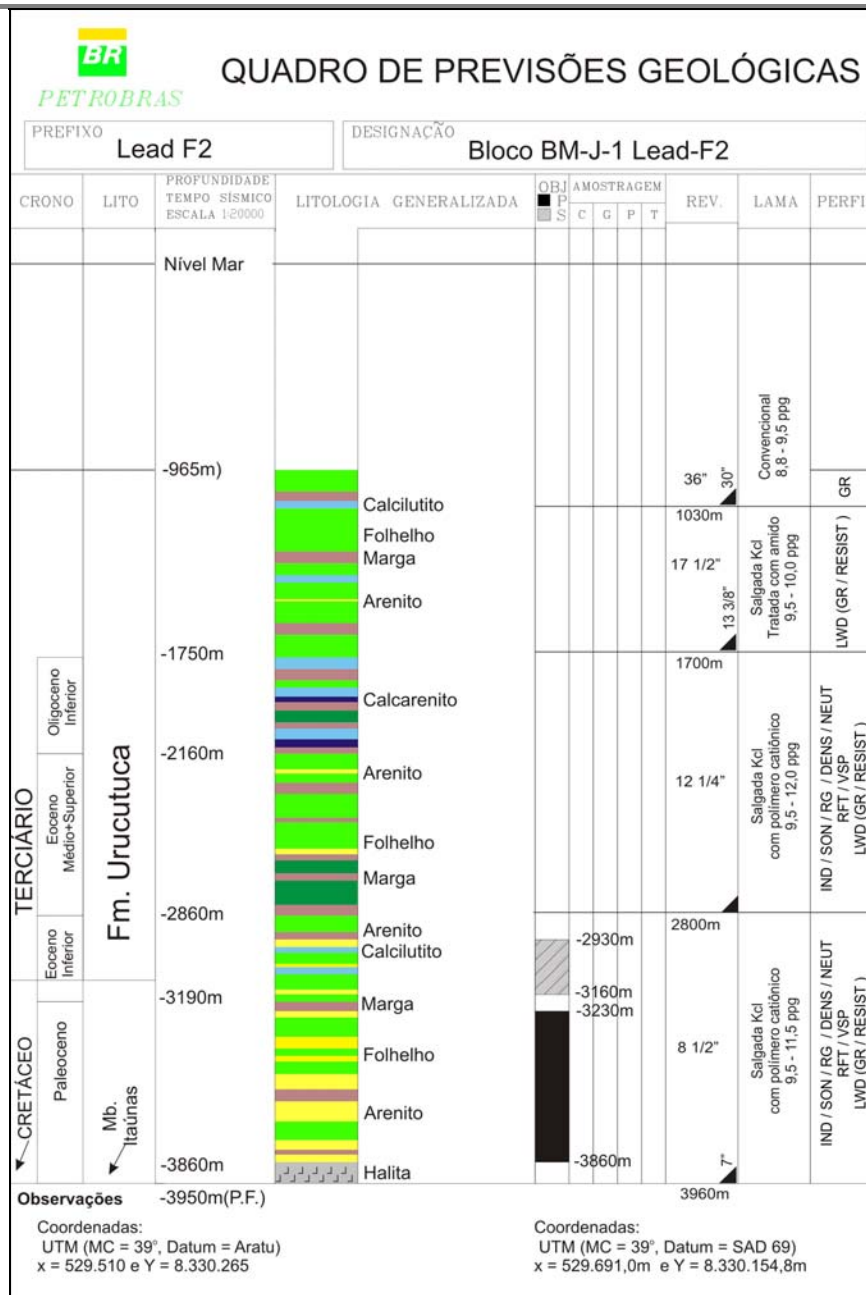


Figura II.5.1.2.3-4 -Quadro de Previsões Geológicas para o Bloco BM-J-1 (Poço Lead F2).

I

I.5.1.2.4. Fisiografia

A) Fisiografia Regional

Na área continental, a zona costeira entre Ilhéus e Canavieiras apresenta três unidades fisiográficas: a Bacia Metassedimentar do Sul da Bahia, os Tabuleiros e

a Planície Flúviomarinha e Aluvial (GOUVEA, 1970; SGRM, 1986) (**Figura II.5.1.2.4-1– Mapa Fisiográfico**).

A Bacia Metassedimentar do Sul da Bahia está situada em posição mais interiorizada, a oeste da linha de costa, sendo caracterizada pela presença de um relevo mais acidentado, constituído por morros e cristas assimétricas com orientação NW-SE (GOUVEA, *op. cit.*).

Os tabuleiros situam-se a leste da unidade metassedimentar sendo caracterizados por ser uma superfície uniforme, com uma variação média de altitude entorno de 50 a 100m, tendo, nos topos, a presença de depressões fechadas. 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”. (GOUVEA, *op. cit.*).

As Planícies Flúvio-Marinhas e dos Aluviões se estende desde a margem norte do Rio Jequitinhonha até ao sul de Comandatuba, área de domínio da planície costeira flúvio-marinha do Rio 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 sua distribuição não uniforme. Tais feixes de cordões são paralelos a 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 secundaria corre paralela à linha de litoral, alinhadas com os cordões arenosos (SGDM, 1986).

À retaguarda dos cordões arenosos ocorre a planície aluvial, a qual é 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 aluviões com os tabuleiros ocorrem escarpas esculpidas em nível de mar transgressivo (120.000 anos), que se traduzem por paleofalésias (DOMINGUEZ *et al.*, 1982).

Figura II.5.1.2.4-1 - Mapa fisiográfico e faciológico regional da bacia de Jequitinhonha.

No litoral, nas áreas dos cordões arenosos atuais e/ou esporões, a linha de costa entre Ilhéus e Canavieiras pode ser subdividida em 6 setores:

- Setor I – Praia do Norte até a desembocadura do Rio Almada;
- Setor II – Praia do Malhado;
- Setor III – Praia da Avenida;
- Setor IV – Praia do Sul até Gravatá;
- Setor V – Gravatá até Barra do Acuípe; e
- Setor VI – Barra do Acuípe até Canavieiras, onde são observados processos de erosão/acumulação de sedimentos nas praias.

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, 1982), uma taxa média de erosão na Praia do Norte (20km ao norte de Ilhéus) entre 3,5m/ano e 4,8m/ano e um crescimento de 400 metros 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 211m e 350m, representando uma taxa média de avanço da linha de costa entre 7,3m/ano e 12m/ano. A Praia do Cristo, situada no pontal da desembocadura do Rio Almada, foi “formada” entre 1973 e 1992 em decorrência da erosão da Praia do Norte e a conseqüente migração dos sedimentos em direção ao pontal. Em termos de classificação morfodinâmica, as praias situadas até 7km ao norte do porto, a partir da desembocadura do Rio Almada, apresentam estágio intermediário, sendo que a partir deste ponto elas se tornam dissipativas. Ao sul do porto, as praias são classificadas como dissipativas.

Na zona marinha, a evolução das isóbatas contíguas à Praia de São Sebastião, entre 0m e 5m, apresentou taxas de acumulação de sedimentos com valores entre 35.700m³/ano e 45.500m³/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 norte (APOLUCENO, 1998).

Na porção central da planície costeira, entre os setores IV e V, são encontradas praias arenosas interrompidas por pequenos rios, em sua maioria dissipativas, e por afloramentos rochosos, onde praias refletivas confinadas podem ser encontradas a retaguarda dessas estruturas. Na porção sul do Setor V, destaca-se a presença de cordões de dunas escarpados por ação marinha.

A porção sul da planície costeira (Setor VI), é caracterizada pela ampla rede de drenagem, onde se verifica o desenvolvimento expressivo de manguezais sotapostos a ilhas barreiras, cuja face oceânica, de características dissipativas, vem sofrendo erosão causada, segundo Silva (1998), possivelmente, por um déficit no balanço sedimentar da área, o qual seria decorrente da divergência de frentes-de-onda que abordam a linha de litoral (SILVA, *op cit.*).

Quanto ao sistema de drenagem fluvial da área entre Ilhéus e Canavieiras, os rios atravessam as três unidades fisiográficas e deságuam no litoral. O sistema de drenagem é representado pelos rios Almada, da Cachoreira, Una, Pardo e Jequitinhonha, sendo os dois últimos de maior destaque e os que deságuam diretamente no oceano, a menos de 20km um do outro. Os demais são trapeados parcialmente junto ao litoral pelos cordões ou esporões arenosos. Segundo Bococcoli (1971), o Rio Jequitinhonha, juntamente com o Rio Pardo, forma o complexo “deltaico” do Jequitinhonha, que prograda, a partir das paleofalésias, por cerca de 15km em direção ao oceano. Tal “delta” seria classificado como sendo altamente destrutivo e dominado por ondas.

Dentre esses rios, as descargas fluviais mais representativas são as dos rios Pardo e Jequitinhonha, não sendo observadas informações sobre a descarga sólida (sedimentos) dos mesmos. Contudo, Milliman (1975) aponta que material terrígeno em suspensão ao largo da foz do Rio Jequitinhonha atinge a 1mg/l. O Rio Una, não apresenta informações quanto às descargas líquidas e sólidas (**Quadro II.5.1.2.4-1**).

Quadro II. 5.1.2.4-1- Descarga fluvial média dos principais rios entre Ilhéus e Belmonte

Rio	Período de Observação	Estação de Registro	Descarga Média (m ³ /s)
Almada	1976-1997	Provisão II	0,221
da Cachoeira	1970-1982	Cont. da BR-101	54,0
Una	-	-	-
Pardo	1936-1997	Mascote	80,3
Jequitinhonha	1936-2002	Itabebi	422,0

Fonte: <http://www.ana.gov.br>

Na área marinha, a margem continental compreendida entre Ilhéus e Canavieiras apresenta-se estreita, sendo que pouco ao norte de Ilhéus sua largura é de 8km e, em direção ao sul, ao largo da foz do Rio Pardo, esta passa a 32km, sendo a declividade mínima de 1:530 (1,9m/km) e máxima de 1:160 (6,25m/km) (FRANÇA, 1979). A área abordada por este estudo engloba duas zonas fisiográficas: a Plataforma Continental e o Talude Continental.

A Plataforma Continental, nesse trecho, é bastante estreita, com as isóbatas alinhadas paralelamente à linha de costa, com direção N-S, e declividade acentuada até os 20m de profundidade. A partir desse ponto até a quebra da plataforma (aproximadamente 60m de profundidade), a declividade é relativamente mais suave.

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

A presença de feições recifais areníticas ou coralíneas torna-se escassa a partir do 16°S em direção 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 pode estar relacionada ao lançamento de sedimentos fluviais pelo Rio

Jequitinhonha e outras linhas de drenagem em direção a plataforma continental. No caso do Rio Jequitinhonha, a descarga de águas e sedimentos exerce influência a 200km ao sul da sua foz na Plataforma Continental.

O Talude Continental nessa área acompanha a configuração e direção da Plataforma Continental, apresentando uma largura uniforme próxima a 100km, 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 Leste. A declividade entre 200m e 2.000m é em média de 1:16 (3°30' ou 62m/km) e 1:46 (1°30' ou 22m/km), sendo que em direção ao sul estes gradientes se suavizam. Não se identifica na literatura, a princípio, qualquer feição fisiográfica expressiva para área do talude, sendo indicado somente o Cânion de Belmonte, situado ao largo da foz do Rio Jequitinhonha (FRANÇA, 1979).

São observados nessa unidade fisiográfica a presença de terraços estruturais que se encontram relacionados a um expressivo sistema de falhas escalonadas (ZEMBRUSCKI *et al.*, 1972).

B) Fisiografia Local

A área do bloco apresenta sua porção oeste situada na Plataforma Continental e a porção leste na área do Talude Continental. Na área da Plataforma Continental, o bloco apresenta, na sua porção centro-sul, uma superfície suave até a quebra da plataforma e na sua porção centro-norte o estreitamento da isóbatas indicam uma relativa diminuição dessa suavidade. A quebra da plataforma ocorre de maneira abrupta, variando a profundidade de 60m para 200m, rapidamente.

Um levantamento batimétrico detalhado realizado pela PETROBRAS (**Figura II.5.1.2.4-2**), mostra uma orientação NNW-SSE para o Talude Continental, sendo que na sua porção centro-norte ele é mais estreito. Na parte central, o talude sofre um alargamento, possivelmente por deposição, onde canais o atravessam em direção a sua base. Pelo menos dois canais possuem incisões desde o talude superior, o que indica que os vales a eles associados são estreitos até a profundidade próxima a 500m. Deste ponto em diante, sofrem um alargamento,

principalmente na profundidade de 800m. Nesse último trecho, os vales parecem sofrer um aprofundamento, onde suas paredes tornam-se mais íngremes.

O fato dos vales serem estreitos até a isóbata de 500m está associado à declividade acentuada do talude superior, sendo que partir desta profundidade, o relativo alargamento do vale está relacionado a uma relativa suavização na área do Talude Médio. Embora não se tenha uma batimetria de detalhe da Plataforma Continental para permitir o acompanhamento desses canais, os existentes no talude parecem se associar a drenagem do Rio Una e a um possível controle estrutural com direção ENE-WSW, tendo em vista a forma dos canais e o paralelismo existente entre eles. Esses canais apresentam uma extensão mínima de 10km, e projetam-se em direção a base do talude.



Figura II.5.1.2.4-2 – Mapa batimétrico da área do Bloco BM-J-1.

II.5.1.2.5. Faciologia

A) Faciologia Regional

A faciologia dos sedimentos superficiais na Plataforma Continental e no Talude Continental na Bacia do Jequitinhonha apresenta sete fácies sedimentares, que se congregam em dois grandes grupos: fácies terrígenas e biogênicas. O mapa faciológico regional da Bacia de Jequitinhonha é apresentado na **Figura II.5.1.2.4-1** do sub-item anterior junto ao mapa fisiográfico da região em estudo.

A fácies arenosa encontra-se confinada na região costeira, e daí em direção ao mar, ocorre uma faixa biodetrítica de transição, seguida por uma zona com intenso desenvolvimento de fácies organógena, composta principalmente por algas. A fácies arenosa seria proveniente da erosão do embasamento cristalino, dos afloramentos metassedimentares e dos sedimentos do Grupo Barreiras, sendo esses sedimentos terrígenos constituídos por areias e lamas situados nas áreas rasas. Os sedimentos biodetríticos e nódulos calcários 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).

Do sul de Ilhéus até o Rio Pardo ocorre uma mancha de sedimentos na plataforma, a qual seria constituída por areias ortoquartzíticas e biodetritos. Daí em diante, estariam relacionados a construções carbonáticas (FRANCISCONI *et al.*, 1974). Kempf (1972) mostra que até a isóbata de 20m predominam areias e lamas atuais, representadas por areia lamacenta, com fração grossa entre 60 e 90% e fina entre 10 e 40% e areia e lama de granulometria desconhecida. A partir deste ponto, até a profundidade de 200m, predominariam sedimentos carbonáticos associados a algas calcárias.

Com relação aos sedimentos biogênicos, esses resultariam da atividade organógena do Pleistoceno e Holoceno, a qual foi responsável pela formação de depósitos calcários, que são representados por fácies de algas calcárias, de texturas e composição variada (MARTINS *et. al.*, *op cit* 1972).

As fácies de sedimentos biogênicos são constituídas por material biogênico grosso com teor de carbonato superior a 50% (SGRM, 1986), sendo que, de

acordo com Milliman *et al.* (1972), tal percentual de carbonato pode variar entre 75 e 95%. Estas fácies recobrem parcialmente a Plataforma Continental Média e Externa. São observadas três fácies biogênicas: a fácies calcarenito retrabalhado, a fácies calcarenito moderno e a fácies lama carbonática. A fácies de calcarenito retrabalhado apresenta grãos trabalhados e sem película de ferro enquanto a fácies calcarenito moderno se constitui de grãos não trabalhados e com películas de ferro. A fácies lama carbonática constitui-se de sedimentos carbonáticos nas frações silte e argila, sendo sua ocorrência em forma de manchas (SGRM, op. cit.)

Segundo Apoluceno (1998), os sedimentos presentes na plataforma continental na zona marinha contígua ao porto de Ilhéus seriam:

- 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 10m de profundidade. As areias biodetríticas encontram-se associadas a bancos rochosos situados a 20m de profundidade e a área de quebra da Plataforma Continental. As lamas siliciclásticas se distribuem entre as isóbatas de 10 e 20m, enquanto as lamas biodetríticas ocorrem nas profundidades superiores a 20m estendendo-se, possivelmente, até bem próximo a quebra da plataforma. Quanto a cor dos sedimentos superficiais dispostos na área de estudo, de acordo com COSTA (1974), predominam sedimentos com cor marrom-amarelo-escuro (*dusky yellowish brown*) e oliva-pálido a oliva acinzentado (*pale olive to grayish olive*).

No Talude Continental, entre a quebra da plataforma (60m) e a profundidade de 3.500m, são encontradas três fácies relacionadas a 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). A fácies

mascarada por afloramentos rochosos se distribui no sentido N-S, paralela a plataforma continental, podendo atingir a 2.800m de profundidade. Sucedendo esta fácies ocorre a turbidítica, que se distribui numa faixa estreita com direção NW-SE, ao largo de Ilhéus, a 2.000m de profundidade, até ao largo de Canavieiras, quando atinge 4.200m profundidade. A fácies de desmoronamento e deslizamento encontra-se situada a leste da turbidítica, estando ao largo de Ilhéus, na isóbata de 2.000m, estendendo-se até 4.400m.

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.

B) Faciologia Local

As fácies sedimentares na área do Bloco BM-J-1 estão relacionadas à sedimentação terrígena e a biogênica. A porção do Bloco situada na Plataforma Continental apresenta, entre Ilhéus e Canavieiras, uma estreita faixa da fácies areia terrígena que se alarga em direção a essa última localidade, atingindo entre 20m e 25m de profundidade. A leste ocorre a fácies biogênica calcarenito retrabalhado até a quebra da plataforma (a 60m de profundidade). Sobre essa e diante a Ilhéus ocorre, entorno da isóbata de 25m, uma mancha da fácies calcarenito moderno e ao largo de Canavieiras, a nordeste, a fácies lama carbonática, entre 30 e 40m de profundidade. Na porção do Talude Continental ocupada pelo Bloco, predominam as fácies mascaradas por afloramentos rochosos até a profundidade de 2.800m (**Figura II.5.1.2.4-1**).

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 do bloco BM-J-1, embora levantamentos efetuados na área do bloco apontem que os sedimentos superficiais do fundo marinho possam se relacionar a margas, na região do Poço Lead F2. Assim sendo, 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

Este item apresenta a caracterização dos parâmetros oceanográficos da área de influência do Bloco BM-J-1 localizado na Bacia do Jequitinhonha – BA, sendo consideradas variações sazonais e condições críticas, os parâmetros temperatura, salinidade e densidade da água do mar (diagrama TS); distribuição vertical das massas d'água; regime de correntes (direção e intensidade); regime de ondas (direção, período e altura significativa) e regime de marés (altura e fase das principais constantes harmônicas).

A análise dos parâmetros oceanográficos supracitados na região do Bloco BM-J-1 foi realizada com base nos seguintes estudos:

- "Levantamento do Estado da Arte da Pesquisa dos Recursos Vivos Marinhos do Brasil - Oceanografia Física - Região Central" do Programa de Levantamento do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos na Região da Zona Econômica Exclusiva (Programa REVIZEE);
- "Biodiversidade da Fauna Marinha Profunda na Costa Central Brasileira" – Série Livros/ Score Central. A região central da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) se estende desde o Cabo de São Tomé a Salvador (de 12°S a 24°S);
- Relatório de Controle Ambiental (RCA) da atividade de perfuração no Bloco BM-J-1, realizado pela empresa Biodinâmica (2004);
- Modelagem do Transporte e Dispersão de Óleo no Mar para o Bloco BMJ-1, Bacia do Jequitinhonha realizado pela empresa ASA SOUTH AMERICA (2007); e
- Dados bibliográficos disponíveis para a região.

A) Temperatura e Salinidade da Água do Mar

O perfil de temperatura dos oceanos pode ser complexo apresentando variações espaciais e temporais. As mudanças na temperatura são causadas pelos fluxos de calor através da interface oceano/atmosfera. Em geral, a temperatura superficial dos oceanos varia com a latitude, com um máximo próximo ao equador (média de 28°C) e um mínimo junto às regiões polares (média de - 2°C). Segundo Riley e Chester (1971) e Kennish (1994) verticalmente, os oceanos podem ser divididos em três zonas de temperatura:

- i) Camada superior - com espessura variando de 50 a 200m, consiste de uma camada d'água bem misturada com temperatura relativamente elevada;
- ii) Camada intermediária - onde existe a presença de uma termoclina permanente; e
- iii) Camada mais profunda - com baixas temperaturas, mas com pequenos gradientes verticais.

A temperatura da camada superficial varia no tempo, influenciada pelas flutuações da radiação solar em escalas diárias e sazonais. A temperatura da superfície do mar (TSM) na região entre Rio Real (BA) e Cabo de São Tomé (RJ) foi mensurada nas estações oceanográficas (CTD) realizadas nos cruzeiros de verão (janeiro a março de 1999) e de inverno (julho-agosto de 2001) como parte do Programa REVIZEE – Score Central (**Figura II.5.1.3.A-1**). No inverno as temperaturas de superfície apresentaram-se cerca de 2 a 3°C mais baixas em relação aos valores observados no verão, sendo que a temperatura da camada de mistura durante o inverno diminuiu sensivelmente com a latitude, variando entre de 25,2°C e 23,7°C (OLAVO, 2005).

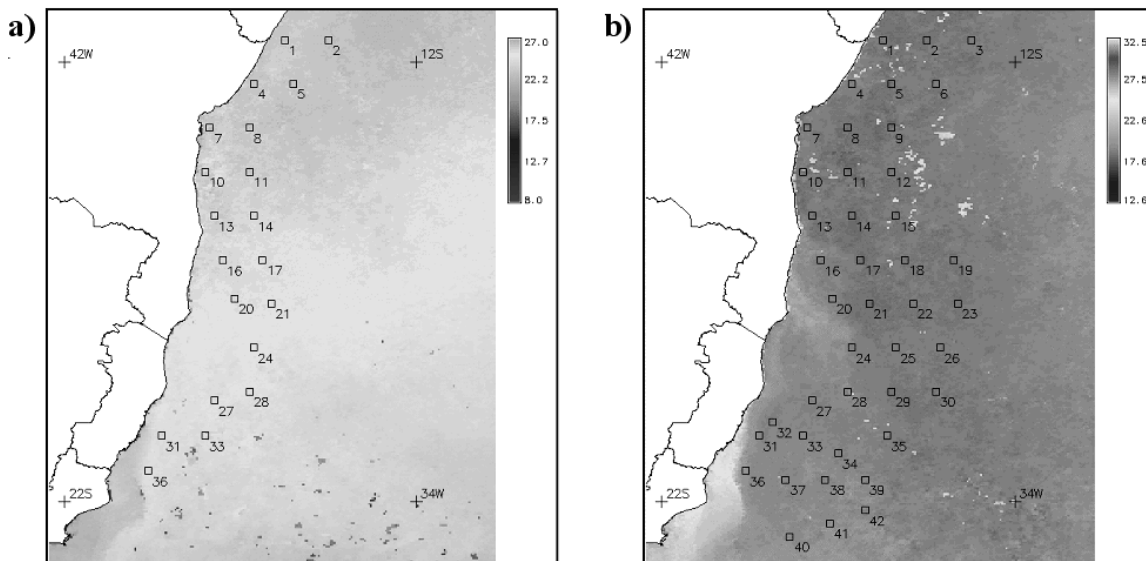


Figura II.5.1.3.A-1 - Mapas de temperatura média da superfície (TMS) do mar na região da ZEE central brasileira obtidos a partir de imagens diárias do satélite NOAA-14, sensor AVHRR, para os meses de ago-set/2001 e jan-fev/1999 dos cruzeiros de inverno (a) e de verão (b), respectivamente. Em cada imagem, estão plotadas as posições das estações oceanográficas realizadas (CTD).

Em geral, a estrutura termo-halina da região entre o Rio Real e o norte dos Abrolhos (11-17°S), revelou na superfície, temperaturas médias de 26,7°C, além de salinidades elevadas, variando entre 37,0 e 36,9ups. A camada de mistura superficial é extremamente delgada, atingindo 70m (25°C).

Diagrama T-S

O diagrama TS demonstra em conjunto as temperaturas e salinidades ao longo de um perfil, possibilitando analisar as diferentes massas de água presentes em um determinado local, assim como os processos de formação e mistura.

De acordo como os dados obtidos no Projeto REVIZEE – Score Central, no verão a camada de mistura apresentou-se pouco profunda, o topo da termoclina e da pycnoclina esteve pouco marcado ou acima dos 50m de profundidade, como pode ser observado nas **Figuras II.5.1.3.A-2 e II.5.1.3.A-3**. As amplitudes de temperatura e salinidade observadas em toda a coluna d'água amostrada durante o cruzeiro de verão, até uma profundidade máxima de 684m, variaram entre 5,1°C e 28°C e entre 33,8 e 37,9ups, respectivamente.

Durante o cruzeiro de inverno, a termoclina e a pycnoclina estiveram bem demarcadas a partir de 100m de profundidade. As amplitudes de temperatura e salinidade registradas na coluna d'água amostrada (CTD), até 570m de profundidade, variaram entre 5,7°C e 25,2°C e entre 33,7 e 37,8ups, respectivamente.

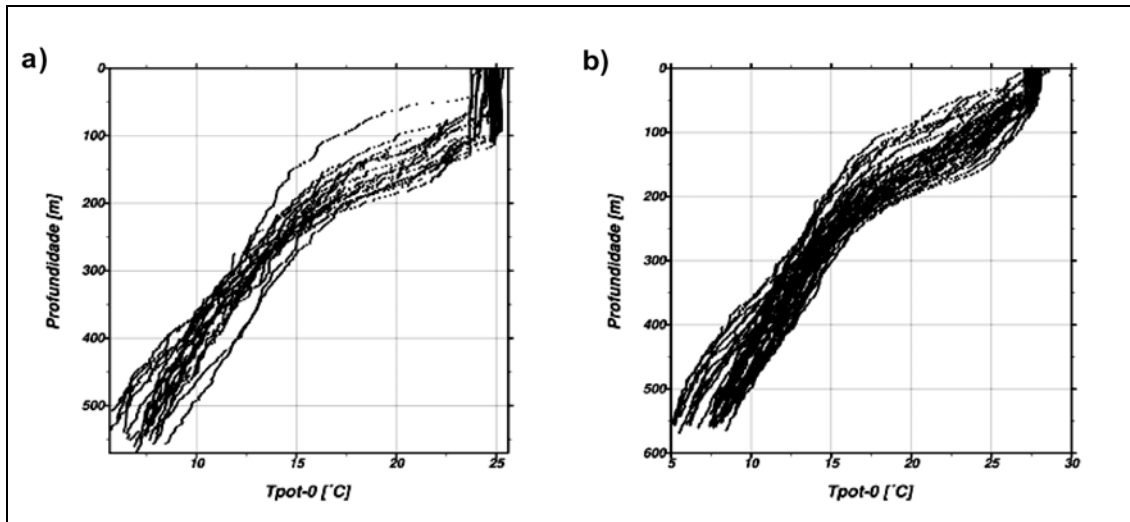


Figura II.5.1.3.A-2 - Variação da temperatura potencial (Tpot-0) com a profundidade observada nos cruzeiros de prospecção de grandes peixes pelágicos na ZEE central durante o inverno de 2001 (a) e o verão de 1999 (b). Uma camada de mistura (isotérmica) mais profunda pode ser observada durante o inverno, verificando-se o topo da termoclina bem demarcado, em torno dos 100 m de profundidade.

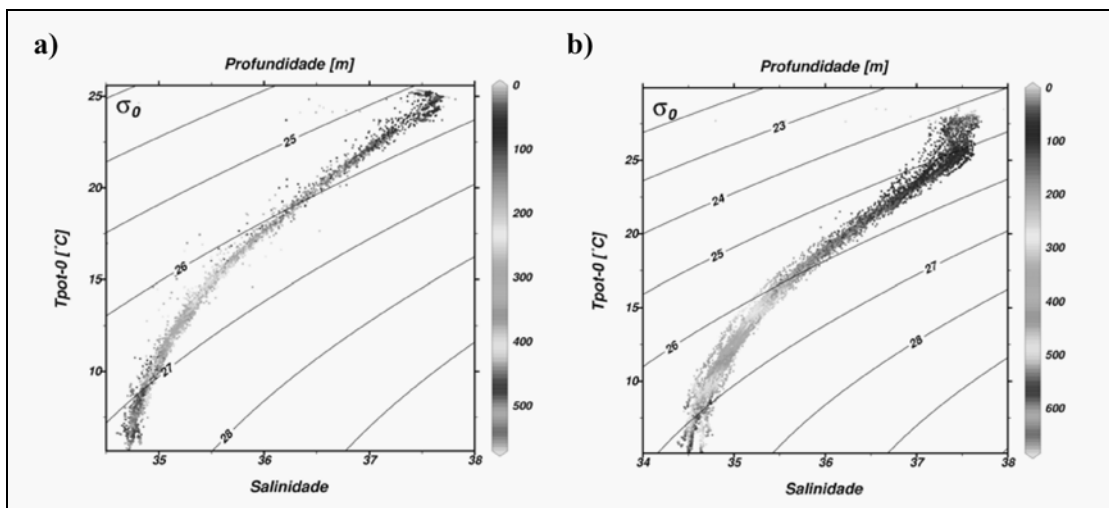


Figura II.5.1.3.A-3 - Dispersão dos valores de temperatura e salinidade amostrados na coluna d'água (diagramas T-S), nas estações oceanográficas (CTD) realizadas nos cruzeiros de prospecção de grandes pelágicos na ZEE central, durante o inverno de 2001 (a) e o verão de 1999 (b). Isolinhas de densidade potencial também estão representadas. A escala a direita refere-se à profundidade em metros.

Em relação à densidade as **Figuras II.5.1.3.A-4 e II.5.1.3.A-5** apresentam secções verticais ao longo de 15°S do campo de densidade médio calculado para períodos típicos de verão e inverno na região do Bloco BM-J-1, com base em dados de temperatura e salinidade obtidos do Atlas Eletrônico dos dados do WOCE - *World Ocean Circulation Experiment* (ASA, 2007). Estes dados foram analisados, filtrados e interpolados no espaço. O **Quadro II.5.1.3.A-1** apresenta os perfis de densidade típicos de verão e inverno obtidos para a região.

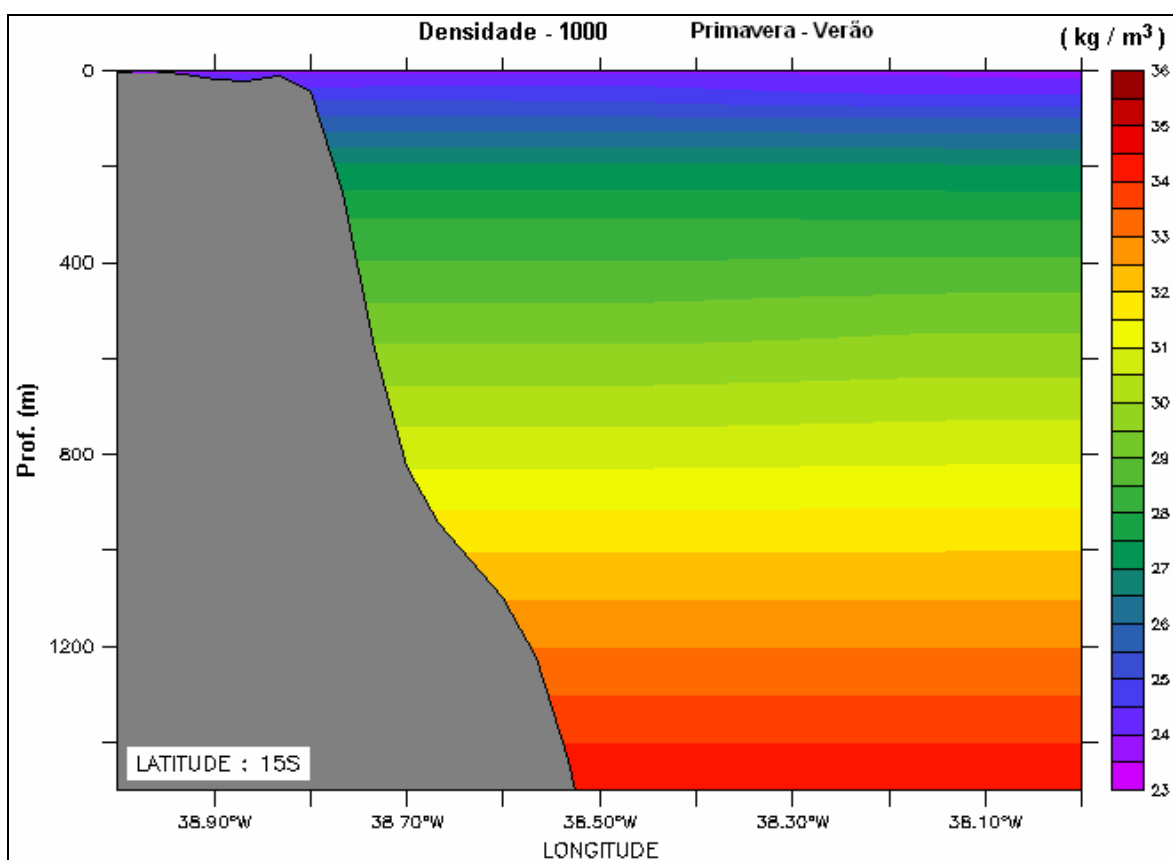


Figura II.5.1.3.A-4 - Seção vertical de densidade (kg/m³) ao longo de 15°S, na região do Bloco BM-J-1, durante o período de verão. Dados provenientes do Atlas do WOCE (ASA, 2007).

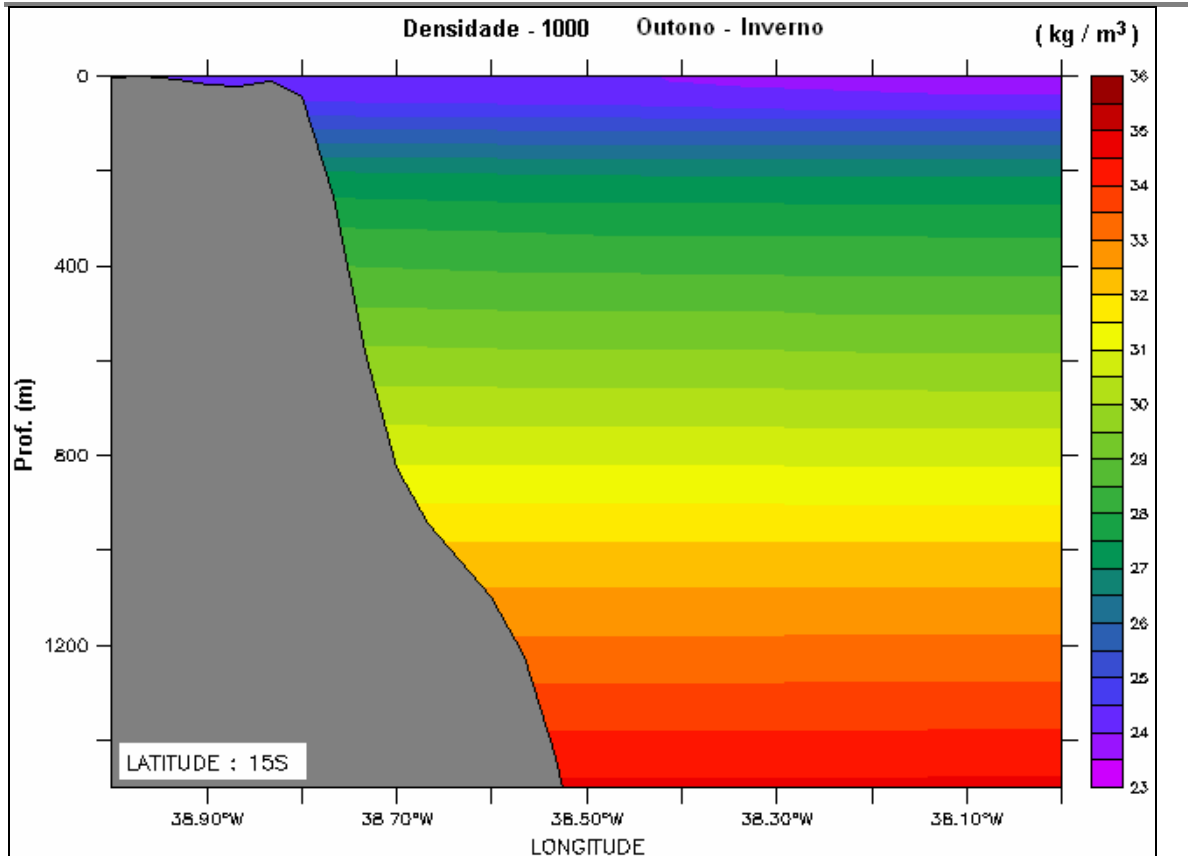


Figura II.5.1.3.A-5 - Seção vertical de densidade (kg/m³) ao longo de 15°S, na região do Bloco BM-J-1, para o período de inverno. Dados provenientes do Atlas do WOCE (ASA, 2007).

Quadro II.5.1.3.A-1- Perfis médios de densidade, típicos de verão e inverno, para a região do Bloco BM-J-1.

Profundidade (m)	Densidade (kg/m ³)	
	Verão	Inverno
0	1.023,7	1.024,1
25	1.024,3	1.024,3
50	1.024,7	1.024,4
75	1.025,2	1.024,8
100	1.025,6	1.025,3
200	1.027,0	1.027,0
300	1.027,9	1.027,9
500	1.029,1	1.029,1
1000	1.032,0	1.032,1

É possível observar nos perfis apresentados nas **Figuras II.5.1.3.A-4 e II.5.1.3.A-5** maiores densidades a medida que aumenta a profundidade da coluna

d'água, esta situação está relacionada à presença da Água Central do Atlântico Sul - ACAS, que caracterizam-se por ser águas menos quentes e mais densas. Abaixo dos 700m de profundidade. Abaixo da ACAS, encontra-se a Água Intermediária Antártica (AIA), com temperaturas entre 3 e 4°C e salinidade mínima de 34,2-34,6, esta massa de água está disposta entre 700 e 1.500m (COSTA, 2005).

B) 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.

Silva *et al* (1982) desenvolveram um gabarito tentativo para as massas d'água da Bahia e da costa sudeste brasileira (**Figura II.5.1.3.B-1**), 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 AT e a AIT. 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 1100m 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.

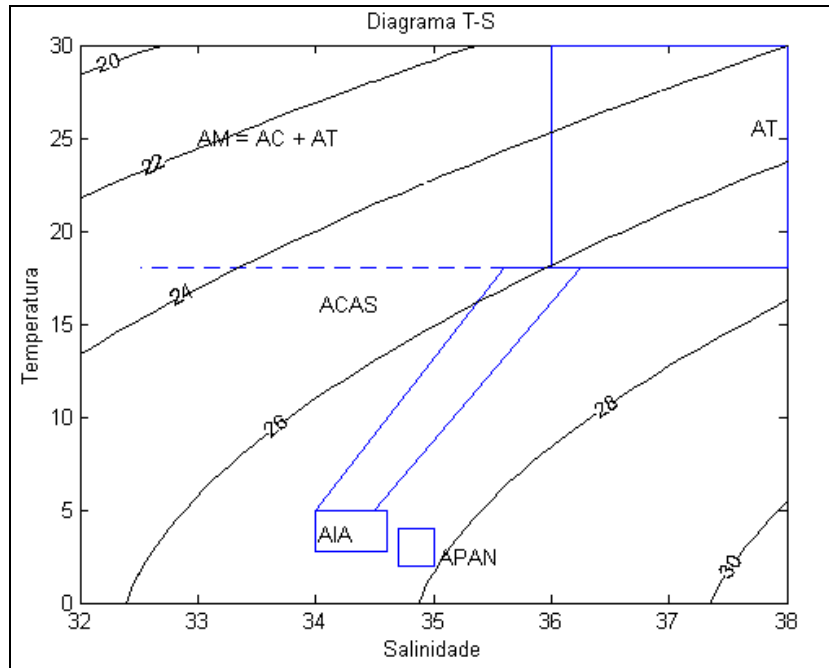


Figura II.5.1.3.B-1 - Representação esquemática do gabarito de Silva et al (1982).

Distribuição vertical e horizontal das massas d'água

Para a caracterização das massas de água existentes na Bacia do Jequitinhonha foram utilizados dados obtidos por Valentin, *et al* (2007) e Costa *et.al.* (2005) em estudos realizados Região Central da Costa Brasileira entre Salvador-BA e o Cabo de São Tomé-RJ., como parte integrante do Projeto REVIZEE – Score Central.

A área de influência do Bloco BM-J-1 se insere na região central da Zona Econômica Exclusiva do Brasil, entre Salvador (BA) e Cabo de São Tomé (RJ) e corresponde a um sistema tipicamente oligotrófico dominado pelas águas tropicais da Corrente do Brasil (CB). Oriundo do ramo sul da Corrente equatorial Sul (CES),

BIOMONITORAMENTO E MEIO AMBIENTE



Coordenador da Equipe

Técnico Responsável

Relatório
BR /

Revisão 00
08/2008

a Corrente do Brasil transporta na direção sul, a AT de elevada temperatura (22-24°C no inverno e 25-27°C no verão) e salinidade (36,5 – 37,0) na superfície (CASTRO e MIRANDA, 1998 *apud* VALENTIN, *et.al.*2007).

Nas campanhas de outono (Operação Central III) e primavera (Operação Central IV) do ano 2000 do Projeto REVIZEE – *Score Central* foram obtidos dados de temperatura e salinidade através de perfilagem com CTD *SeaBird* – SBE19-03 *Seacat Profiler* nas profundidades de 0, 20m, 50m, 100m e 200m, com o intuito de identificar as massas de água que ocorrem na zona entre Salvador (BA) e o Cabo São Tomé (RJ).

Tanto na campanha de outono como na campanha de primavera a salinidade e temperatura obtida foram típicas das massas d'água conhecidas para o Oceano Atlântico sudoeste. Uma gradiente foi observada para os dados de temperatura, que diminuíram com o aumento da profundidade. No outono a temperatura média da superfície foi de $25,87 \pm 1,18^{\circ}\text{C}$ e na primavera de $27,50 \pm 1,05^{\circ}\text{C}$, já a 200m de profundidade foram registradas temperaturas médias de $16,61 \pm 1,61^{\circ}\text{C}$ (outono) e $17,31 \pm 1,93^{\circ}\text{C}$ (primavera).

Verticalmente, os dados de temperatura e salinidade demonstraram a presença da AT nas camadas superficiais, e nas profundidades de 20 e 50m. A 200m, os resultados obtidos em 2000 evidenciaram a presença de ACAS, estas águas tornaram-se gradativamente mais frias e menos salinas.

Em relação à distribuição horizontal, no verão a ACAS invade a plataforma continental e pode ser encontrada a 50km da costa (CAMPOS, *et.al.* 2000 *apud* VALENTIN, *et. al.* 2007). Já no inverno essa massa d'água se retrai até próximo à quebra da plataforma e pode ser encontradas em profundidades abaixo de 100m.

O levantamento realizado por Costa *et.al.* (2005) também na região central da ZEE brasileira indicou a existência de quatro massas de água, a saber, Águas Tropicais (AT), Subtropicais (ACAS), Subantárticas (AIA) e Profundas (APAN) (**Figura II.5.1.3.B-2**).

A AT corresponde ao corpo de água quente e salino que ocupa a porção superficial do Atlântico Sul, sendo transportada para sul pela Corrente do Brasil (CB) com $T > 20^{\circ}\text{C}$ e $S > 36,2$ em profundidades de até 200m. Abaixo da CB, entre 300 e aproximadamente 700m, encontra-se a Água Central do Atlântico Sul

(ACAS), com temperaturas variando entre 6 e 20°C e salinidades de 34,6 a 36. Abaixo da ACAS, encontra-se a Água Intermediária Antártica (AIA), com temperaturas entre 3 e 4°C e salinidade mínima de 34,2-34,6, disposta entre 700 e 1.500m. Subjacente à AIA, encontra-se a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN), sendo demarcada por salinidades entre 34,6 e 35,0 e temperaturas entre 3 e 4°C, ocupando níveis superiores a 1.500m.

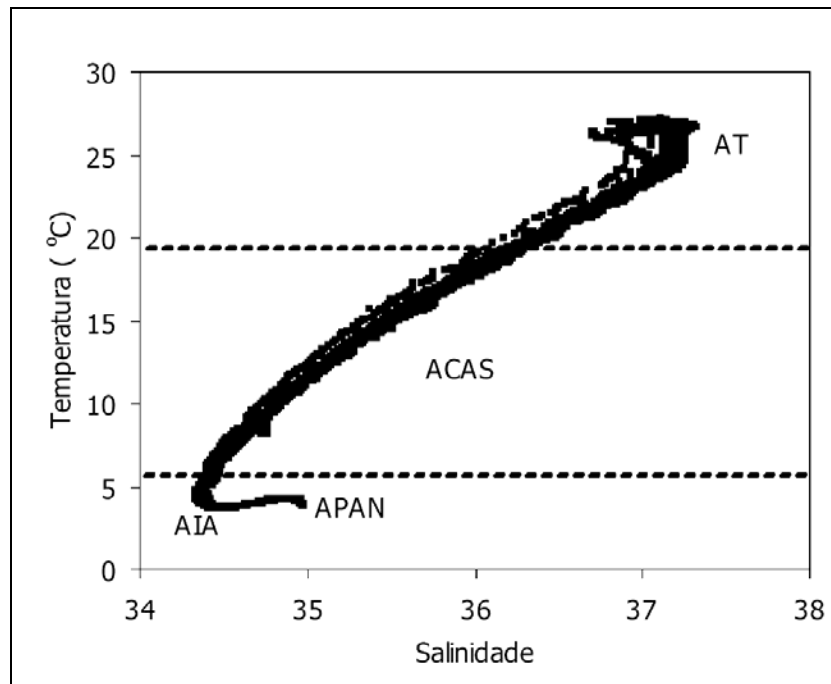


Figura II.5.1.3.B-2- Diagrama T-S resultante de todos os lançamentos de CTD realizados durante a Campanha de inverno jun-jul/2000. Águas Tropicais (AT), Subtropicais (ACAS), Subantárticas (AIA) e Profundas (APAN).

C) Correntes

A região central da costa brasileira é caracterizada pela presença da Corrente do Brasil (CB), corrente de contorno oeste associada ao Giro Subtropical do Atlântico Sul. Como corrente de contorno, a Corrente do Brasil flui para o sul ao longo da margem continental brasileira, apresentando fluxo relativamente intenso, estreito (75km de largura) e bem definido (SILVEIRA *et al.*, 2000 *apud* OLAVO *et al.*, 2005). Nesse deslocamento, a CB transporta a massa de Água Tropical (AT) de água quente ($T > 20^\circ \text{C}$), salina ($S > 36$) e pobre em nutrientes (oligotrófica),

presente na camada de superfície do Atlântico Sul Tropical. Logo abaixo da AT, fluindo na região da pycnoclina, encontra-se a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), água relativamente fria com temperaturas entre 6°C e 20°C e menos salina ($34,6 < S < 36$), rica em nutrientes (CASTRO e MIRANDA, 1998 *apud* ASA, 2007).

A origem da CB é reportada para a região ao sul da latitude 10°S, onde o ramo sul da Corrente Sul Equatorial (CSE) se aproxima da costa brasileira e se bifurca para também formar a Corrente do Norte do Brasil (CNB) (SILVEIRA *et. al.*, 2000; SILVEIRA, *et. al.*, 1994; STRAMMA, 1991 *apud* ASA, 2007). A partir dessa origem, a CB flui sobre a zona de quebra da plataforma continental até 15°S, onde se afastam da costa devido ao alargamento da plataforma, na região do Banco *Royal Charlotte* e Banco de Abrolhos, atingindo também os montes submarinos da Cadeia Norte de Abrolhos (**Figura II.5.1.3.C-1**).

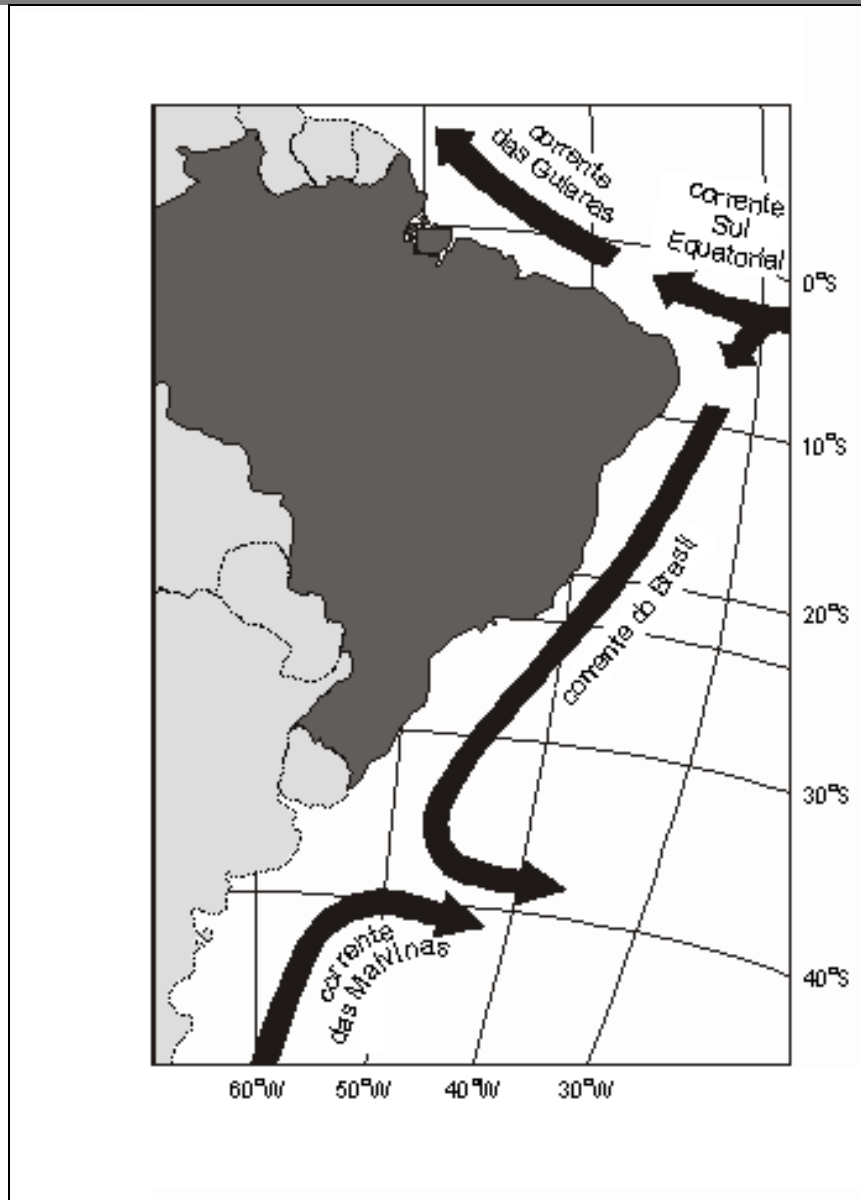


Figura II.5.1.3.C-1 - Representação esquemática das correntes na costa do Brasil.

A área na qual se insere o Bloco BM-J-1 situa-se acima da Cadeia Vitória-Trindade, região caracterizada por ser uma zona de formação e divisória entre fluxos superficiais e sub-superficiais da Corrente do Brasil (CB) e Corrente Norte do Brasil (CNB). Este processo é conhecido como Bifurcação da Corrente Sul-Equatorial (BICSE) (STRAMMA e SCHOTT, 1996; STRAMMA e ENGLAND, 1999; RODRIGUES *et al.*, 2007 *apud* ASA, 2007).

Durante o inverno, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) migra para sua posição mais ao norte, levando a BICSE para mais próximo do Equador. A

conseqüência é um padrão de correntes fluindo para nordeste, ao longo do contorno continental. De acordo com os resultados obtidos por Rodrigues *et. al.* (2007) *apud* ASA (2007), a BICSE ocorre entre 10° e 14°S, próximo a superfície, deslocando-se em direção ao sul com o aumento da profundidade, alcançando 27°S a 1.000m. A variabilidade sazonal da latitude de bifurcação é mais acentuada nos 400m superficiais, onde atinge uma posição mais ao sul em julho e mais ao norte em novembro.

Durante o período de verão do hemisfério sul, quando a ZCIT encontra-se em sua posição mais ao sul, a BICSE também se localiza mais ao sul. Nesse período as Correntes de Contorno Oeste ao longo do litoral Nordeste têm um padrão claramente divergente, com a presença da Corrente do Brasil (CB) fluindo para sul e da Corrente Norte do Brasil (CNB), para norte.

Localmente, a caracterização das correntes na área do Bloco BM-J-1 foi realizada através de informações obtidas junto a PETROBRAS pela ASA SOUTH AMERICA (2007), e representada por um conjunto de dados coletado próximo a Ilhéus, na região de talude na qual se localiza o Bloco BM-J-1, assim como dos dados coletados sobre a plataforma continental, nas adjacências da Baía de Camamu através da utilização da Sonda ADP - *Acoustic Doppler Profiler* - ADP, análise apresentada em *Applied Science Associates ASA, 2004 apud ASA, 2007*, conforme indicado no Quadro II.5.1.3.C-1.

Quadro II.5.1.3.C-1 - Localização e período de coleta dos dados de corrente.

DADO	POSIÇÃO	PROFUNDIDADE LOCAL	PROFUNDIDADE DE COLETA	PERÍODO (s)
BM-J-1	15°04'59,3"S; 38°43'50,6"W	~ 1000 m	superfície	08/março a 20/maio de 2004
ADP* verão	13°35,7'S; 38°49,03'W	~ 45 m	8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29, 32, 35 e 41 m	29/dezembro de 2002 a 21/janeiro de 2003
ADP* inverno	13°35,7'S; 38°49,03'W	~ 45 m	4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31, 34, 37 e 40 m	22/maio a 26/ junho de 2003

Fonte: ASA, 2007.

* ADP – *Acoustic Doppler Profiler*.

Variação temporal

O conjunto de dados ADP indicou um padrão de correntes superficiais com intensidade média de 0,2m/s, predominantemente para sul no verão, e para norte-

nordeste no inverno, como ilustrado nas **Figuras II.5.1.3.C-2 e II.5.1.3.C-3** (a direção apresentada refere-se ao norte geográfico, a intensidade é apresentada em m/s, enquanto as escalas de cores representam o número e a porcentagem de observações).

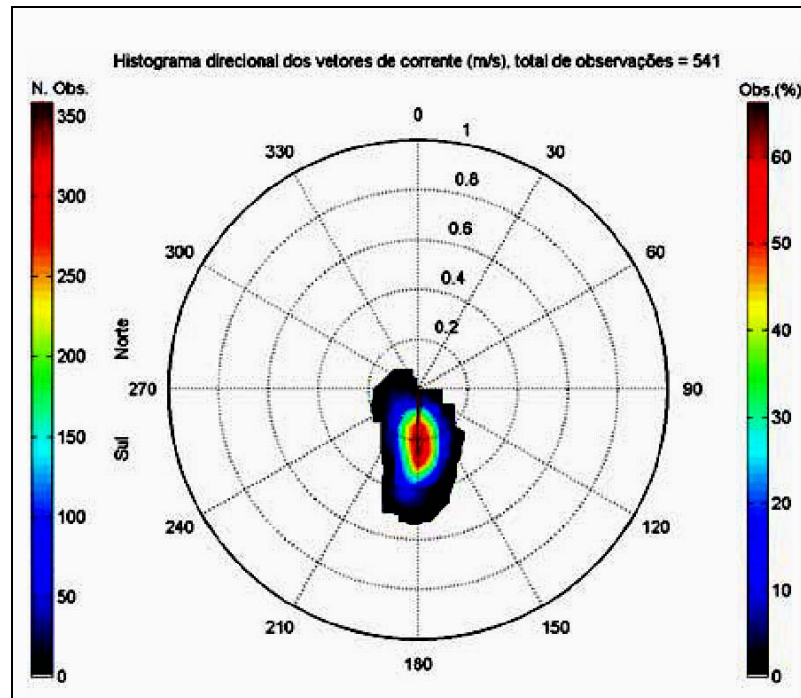


Figura II.5.1.3.C-2 - Histograma direcional dos vetores de corrente medidos nas coordenadas $13^{\circ}35,7'S$ e $38^{\circ}49,03'W$, na superfície: de 29 de dezembro de 2002 a 21 de janeiro de 2003.

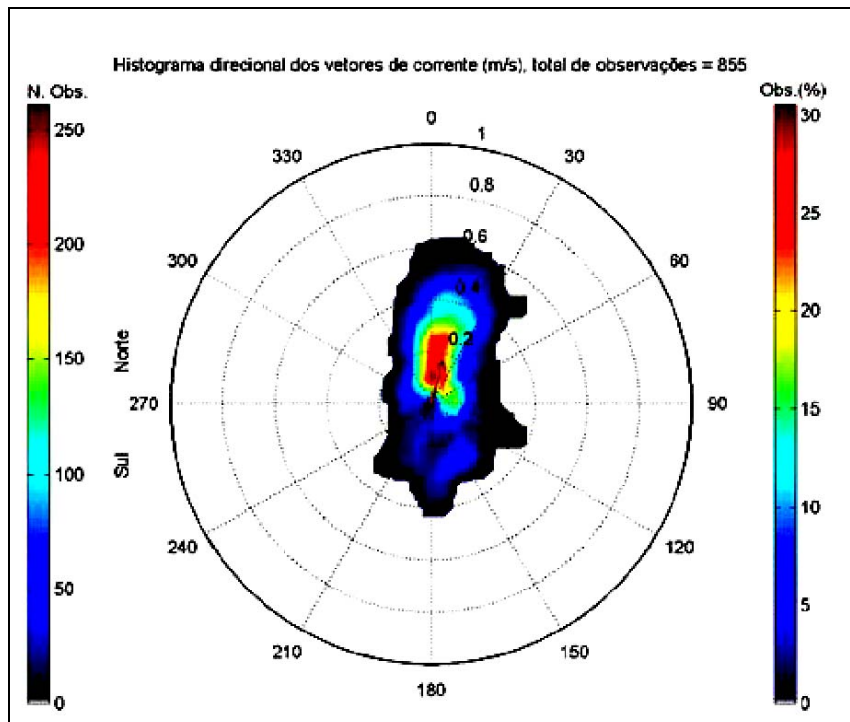


Figura II.5.1.3.C-3 - Histograma direcional dos vetores de corrente medidos nas coordenadas $13^{\circ}35,7'S$ e $38^{\circ}49,03'W$, na superfície: de 22 de maio a 26 de junho de 2003.

A **Figura II.5.1.3.C-4** apresenta uma comparação entre os dados ADP de superfície e dados de vento e medidos na estação de Barra Grande (BA) em intervalos de 1 hora, nas coordenadas $13^{\circ}53,7'S$ e $38^{\circ}57,08'W$, para os períodos de 14 de dezembro de 2002 a 3 de fevereiro de 2003 (verão) e 24 de maio a 24 de junho de 2003 (inverno). Observa-se que as inversões sazonais na direção das correntes refletem um forte acoplamento entre oceano e atmosfera, com as mesmas acompanhando as inversões na direção do vento.

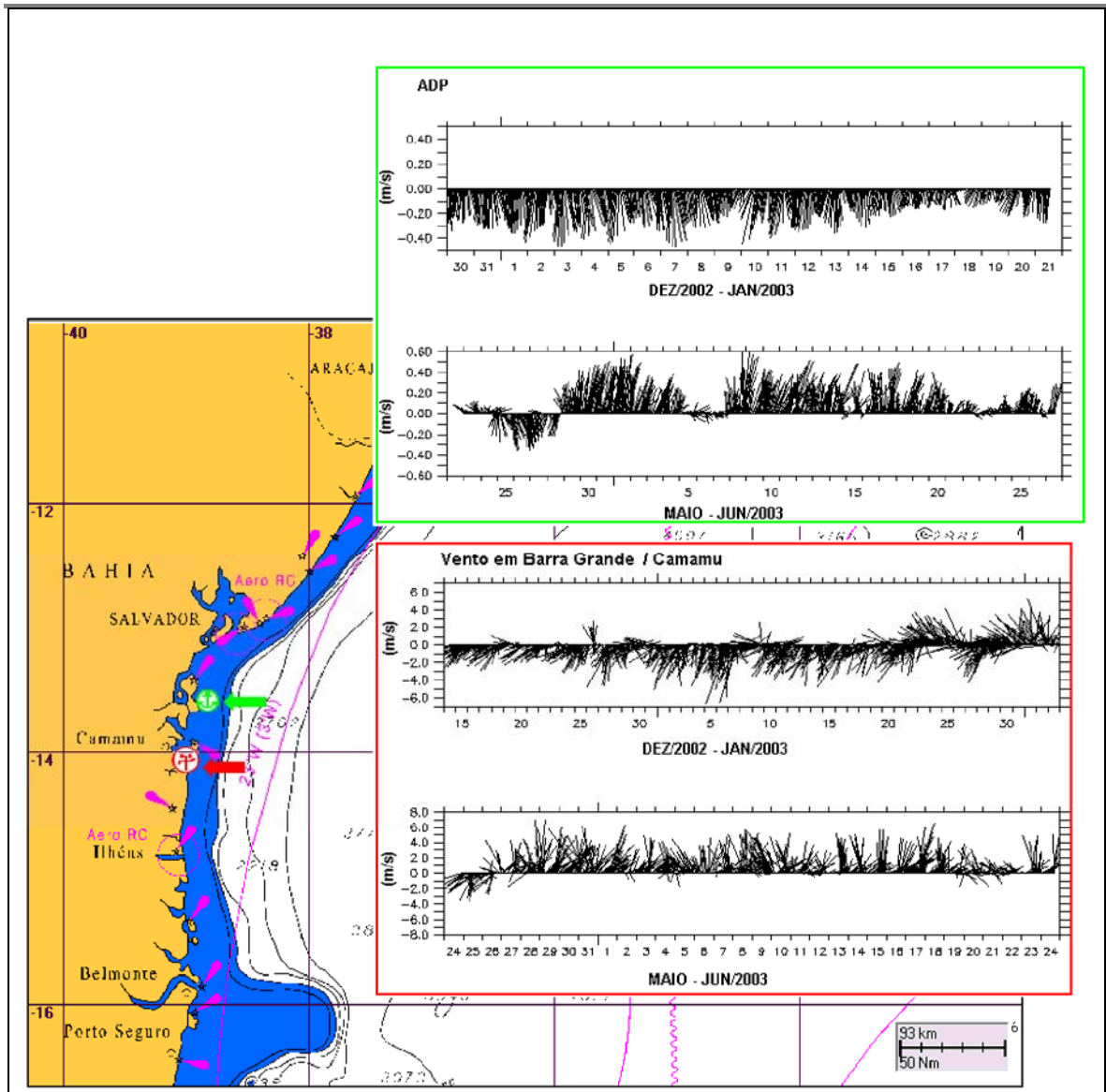


Figura II.5.1.3.C-4 - Comparação entre dados de corrente (painel superior) e vento (painel inferior), obtidos em região de plataforma, próximos a Camamu, em períodos de verão e inverno.

O conjunto de dados de corrente, coletados na Bacia do Jequitinhonha (BM-J-1) (ASA, 2007) é apresentado na (Figura II.5.1.3.C-5). Estes dados do Bloco BM-J-1 apresentam em geral, por analogia aos conjuntos anteriormente analisados (ASA, 2004a), a consistência e o comportamento esperado para o ponto (tanto na média, quanto nas variabilidades). Entretanto, algumas considerações fazem-se necessárias de acordo com informação da ASA (2007), a saber:

- Os primeiros 20 dias de dados estão bastante consistentes, apresentando variações anômalas nos últimos dias de coleta (área 1 na **Figura II.5.1.3.C-5**);
- Após a interrupção da série (vide área 2 na **Figura II.5.1.3.C-5**), entre os dias 25 de março e 10 de abril, os dados estão visivelmente estacionários na direção (área 3 na **Figura II.5.1.3.C-5**), o que chama atenção, já que mesmo sob forte influência do fluxo SSE presente no talude, há comprovadamente alguma variabilidade na direção zonal do mesmo (em decorrência da atuação direta do vento local);
- Na área identificada como 4 (**Figura II.5.1.3.C-5**), há uma mudança abrupta de comportamento do mesmo, mudança esta associável ao padrão de vento (que se intensifica para norte neste período), fazendo com que o conjunto de dados passe a responder a um padrão já típico de inverno (área 5).

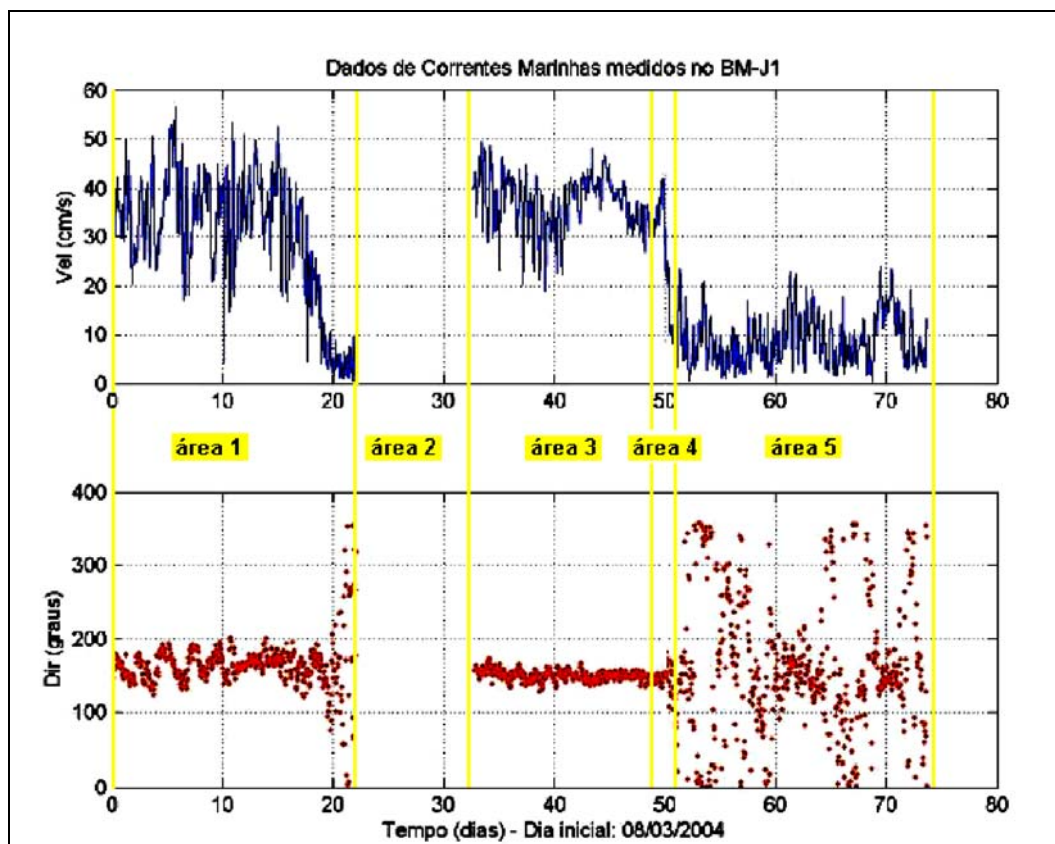


Figura II.5.1.3.C-5- Variação das correntes superficiais na locação do Bloco BM-J-1 ao longo da amostragem, de 08/03 a 20/05 (ASA, 2007).

Os dados característicos do período de verão (março de 2004) indicam um padrão de correntes superficiais com intensidade média de 0,34m/s, predominantemente para sudeste, como ilustrado na **Figura II.5.1.3.C-6** (a direção apresentada refere-se ao norte geográfico, a intensidade é apresentada em m/s, enquanto as escalas de cores representam o número e a porcentagem de observações).

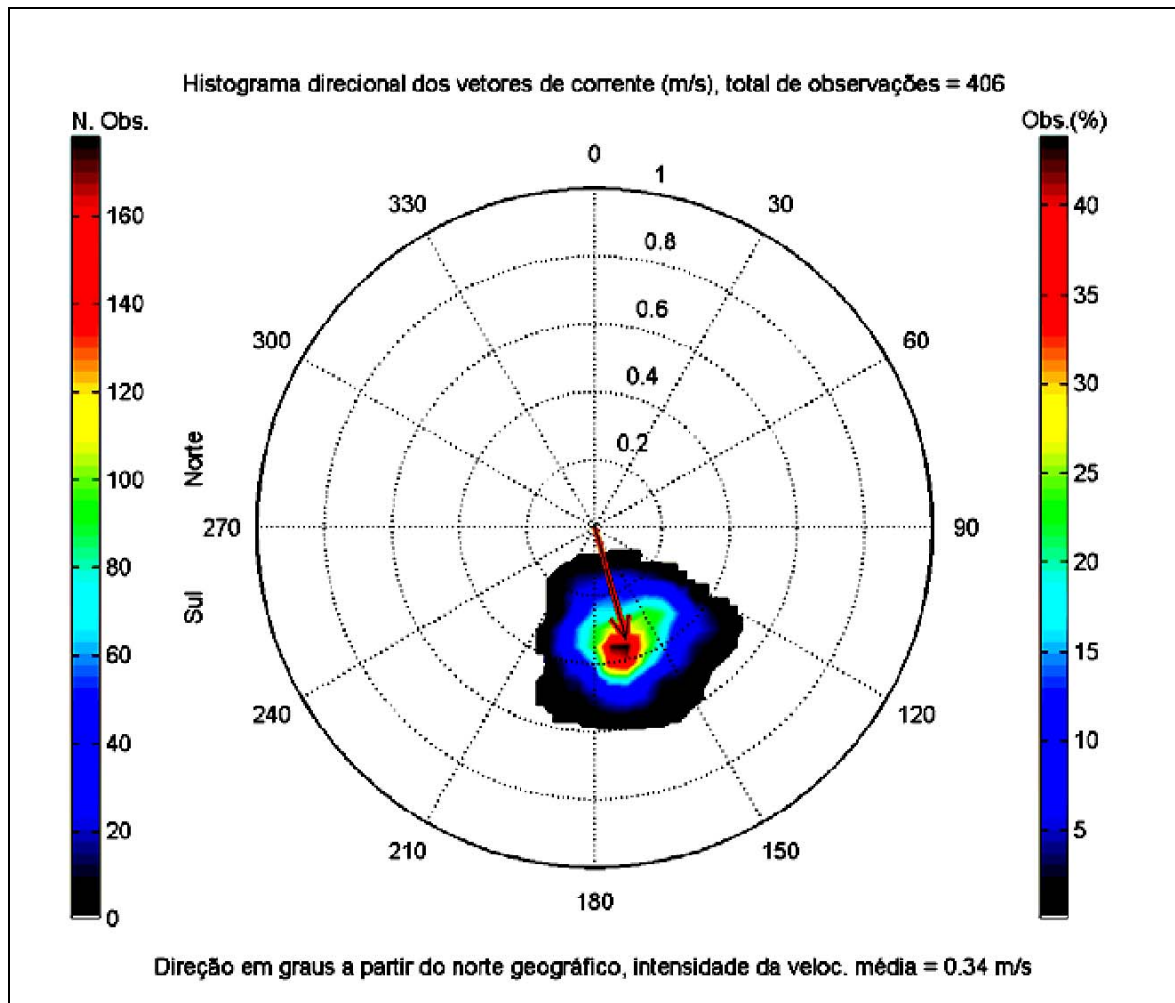


Figura II.5.1.3.C-6 - Histograma direcional dos vetores de corrente medidos nas coordenadas 15°04'59,3"S e 38°43'50,6"W, na superfície, para o período de 8 a 25 de março de 2004.

A **Figura II.5.1.3.C-7** apresenta uma comparação entre os dados BM-J-1 de superfície e dados de vento INFRAERO medidos no aeroporto de Ilhéus, para o período de 8 a 25 de março de 2004. Neste local, não se observa correlação evidente entre o campo de correntes e o vento local, como ocorrido com os dados

medidos em região de plataforma (ADP). A menor correlação entre os dados pontuais de corrente e vento no verão é esperada e explicada pelos mecanismos físicos presentes e sazonalmente predominantes na área. Enquanto no inverno há intensificação do vento médio (proveniente de S) que se soma às perturbações geradas pelas frentes (também provenientes de S), no verão o padrão médio do vento é menos intenso e menos sujeito à influência dos sistemas frontais que ocorrem ao sul da região. Assim, neste período (verão), há maior estabilização do fluxo de larga escala (remoto) na área, reduzindo o nível de correlação com o vento local.

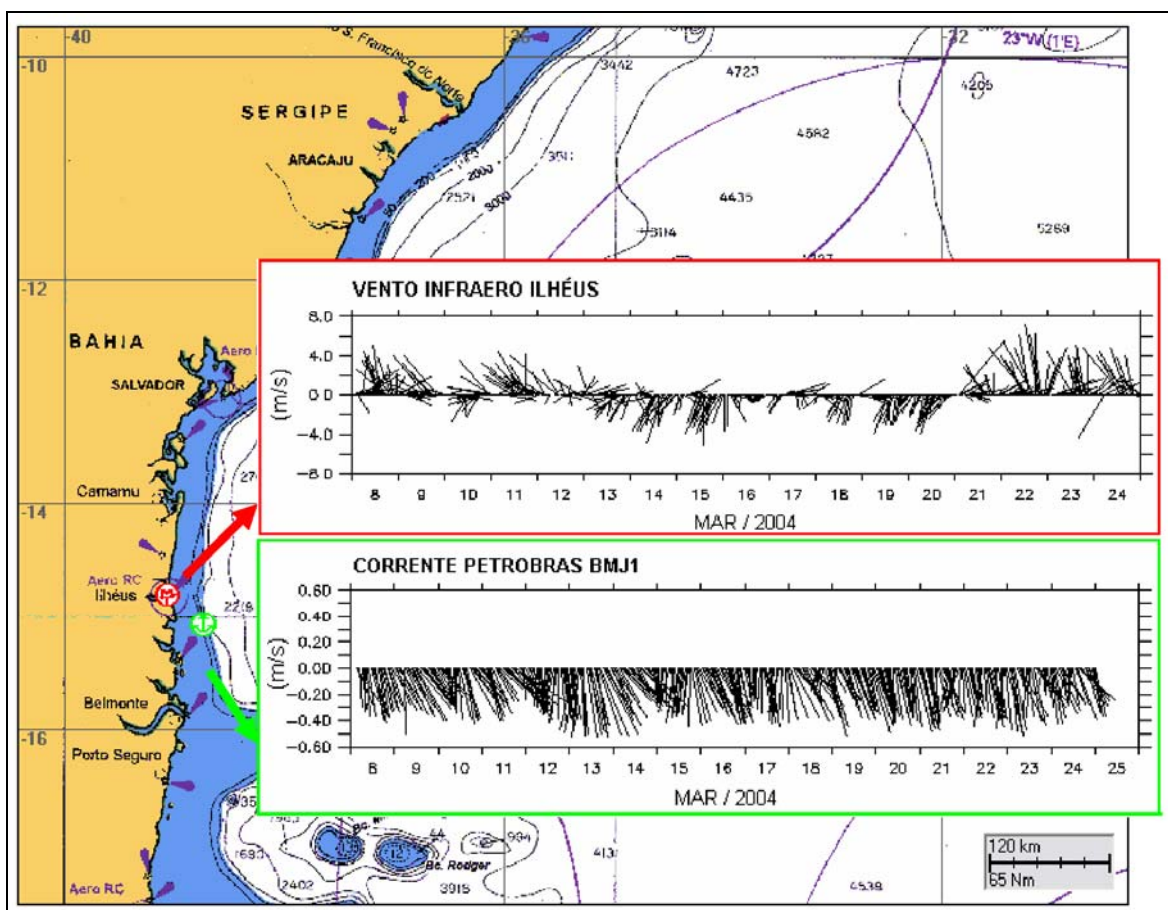


Figura II.5.1.3.C-7 - Comparação entre dados de vento (painel superior) e corrente (painel inferior), obtidos em região de talude, próximo a Ilhéus, durante março de 2004.

As Figuras II.5.1.3.C-8 e II.5.1.3.C-9 apresentam os *stick plots* das correntes que caracterizam as camadas superficiais, intermediárias e próximas ao fundo, para períodos típicos de verão e inverno na região do Bloco BM-J-1 baseados no

modelo hidrodinâmico utilizado pela ASA South America para com o intuito de reproduzir a dinâmica local da área em estudo (ASA, 2007).

As intensidades são da ordem de 0,5m/s, com direção predominante para sul no verão, e para norte no inverno. As intensidades diminuem a medida que se desce na coluna d'água e a direção do fluxo se mantém a mesma até aproximadamente 100m. O modelo simula uma corrente fraca fluindo para norte, tanto no inverno quanto no verão, em torno de 200m de profundidade. Esta corrente está associada ao fluxo da Sub-Corrente Norte do Brasil, que em região de oceano aberto apresenta intensidades maiores.

O fluxo próximo ao fundo é para sul, com intensidades da ordem de 0,2m/s, associado à Corrente de Contorno Oeste Profunda, que também se apresenta mais intensa em região de oceano aberto.

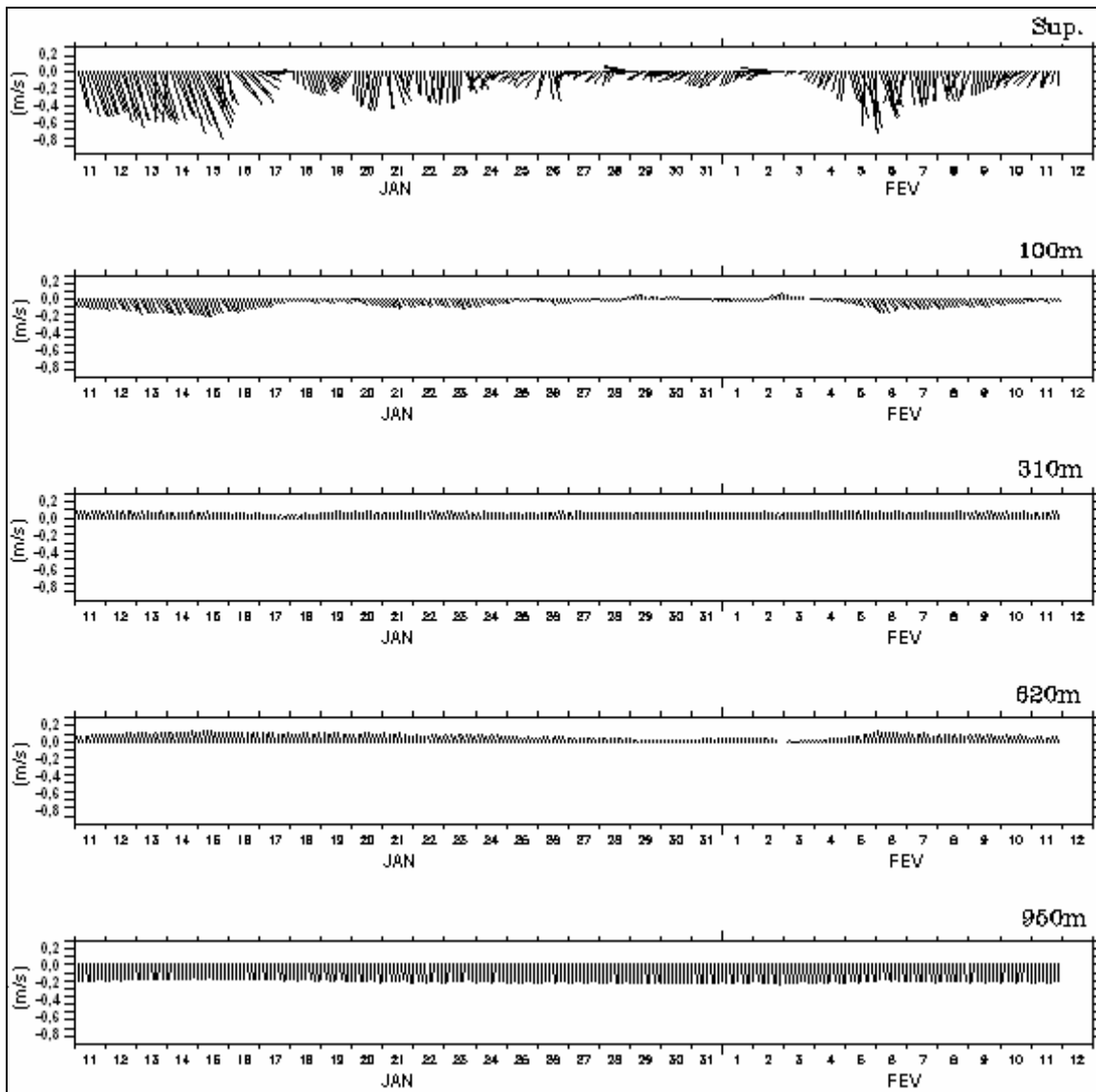


Figura II.5.1.3.C-8 - Stick plots de correntes obtidas a partir do modelo hidrodinâmico, que caracterizam as camadas superficiais, intermediárias e próximas ao fundo para um período típico de verão na região do Bloco BM-J-1.

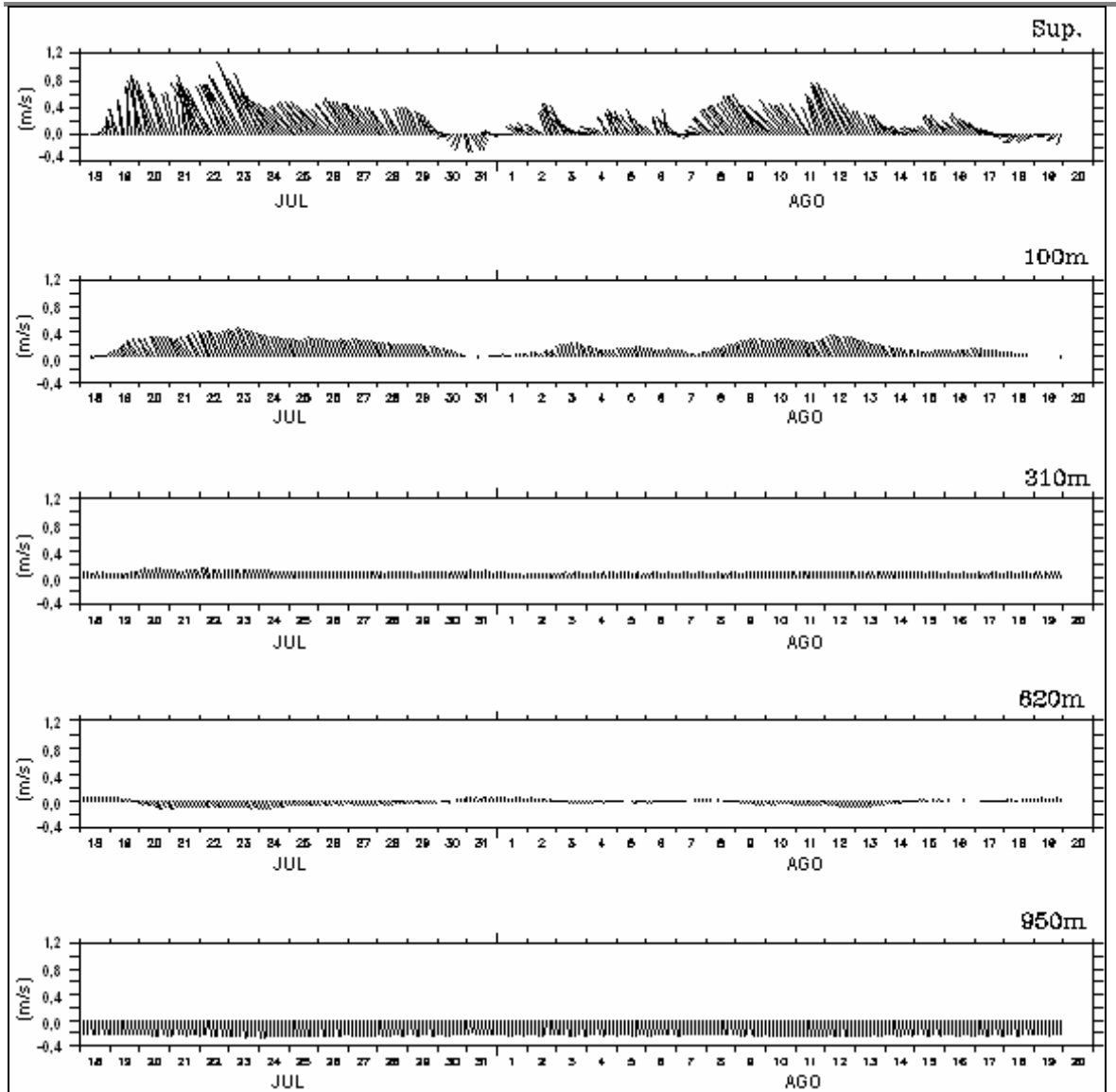


Figura II.5.1.3.C-9 - Stick plots de correntes obtidas a partir do modelo hidrodinâmico, que caracterizam as camadas superficiais, intermediárias e próximas ao fundo para um período típico de inverno na região do Bloco BM-J-1.

D) Ondas

As ondas podem ser consideradas como perturbações na interface entre dois meios de densidades diferentes. Dentre os vários tipos de ondas que ocorrem no oceano estão as ondas superficiais de gravidade geradas pelo vento, as quais são a principal e mais constante forma de transporte da energia no mar, exercendo papel preponderante na determinação das feições costeiras e constituindo-se na mais efetiva ameaça às obras costeiras, à segurança da navegação e às operações navais. Pode-se dizer, portanto, que o conhecimento do clima de ondas de uma região e a capacidade de previsão do estado de agitação marítima são de fundamental importância para todas as atividades ligadas ao oceano.

As ondas presentes em um determinado local, próximo à costa ou em mar aberto, podem ser classificadas em vagas e marulho (ou ondulações). Vagas são ondas que ainda estão na zona de geração, sendo capazes de receber energia do vento. O marulho é composto por ondas que ou se propagaram para fora da zona de geração original e/ou não são mais capazes de receber energia do vento. Os termos em inglês para vaga e marulho são *wind-sea* ou *sea* e *swell*, respectivamente, sendo amplamente conhecidos e utilizados. Ainda como nomenclatura habitual, costuma-se referir à direção de propagação das ondas como aquela a partir da qual estão se propagando. Por exemplo, ondas de sudoeste deslocam-se de SW para NE. Uma vez geradas, as ondulações são capazes de propagar-se por grandes distâncias, com pouca atenuação.

Não existem disponíveis medidas de longa duração do regime de ondas para a região costeira do Estado da Bahia. Todavia, este pode ser deduzido: (i) a partir de publicações de estatísticas de onda (HOGBEN e LUMB 1967; U.S. NAVY 1978 *apud* SEIA, 2003), (ii) do conhecimento dos mecanismos responsáveis pela geração de ondas no Oceano Atlântico Sul e (iii) de dados de altura de ondas obtidos por satélites.

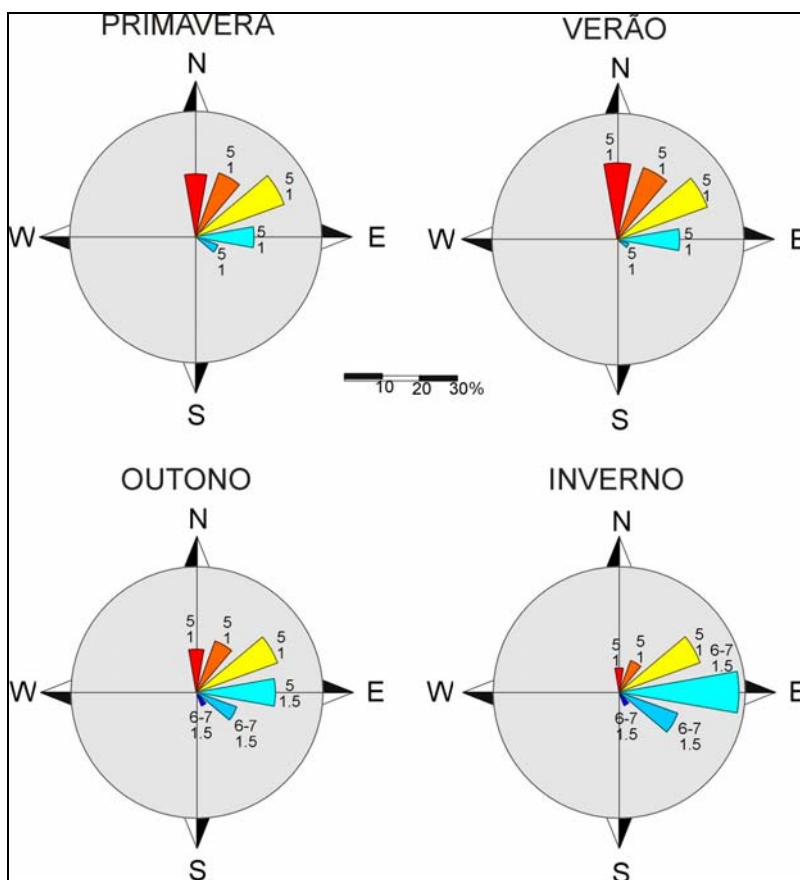
As estatísticas de ondas disponíveis (HOGBEN e LUMB 1967; U.S. NAVY 1978) mostram a relação direta entre a direção e a velocidade dos ventos alísios e a direção, altura e período das ondas incidentes na região costeira do Estado da Bahia. Um resumo dos dados existentes é apresentado nas **Figuras II.5.1.3.D-1**,

II.5.1.3.D-2 e II.5.1.3.D-3 e no Quadro II.5.1.3.D-1. Observa-se que durante o outono e o inverno, são comuns ondas do octante E-SE com alturas médias de 1,5m e período médio de 6,5s. Durante a primavera e o verão, ondas do octante N-NE com alturas médias de 1m e períodos médios de 5s dominam na costa.

Quadro II.5.1.3.D - 1 - Estatísticas de Ondas para a área de estudo e vizinhanças (Área 37).

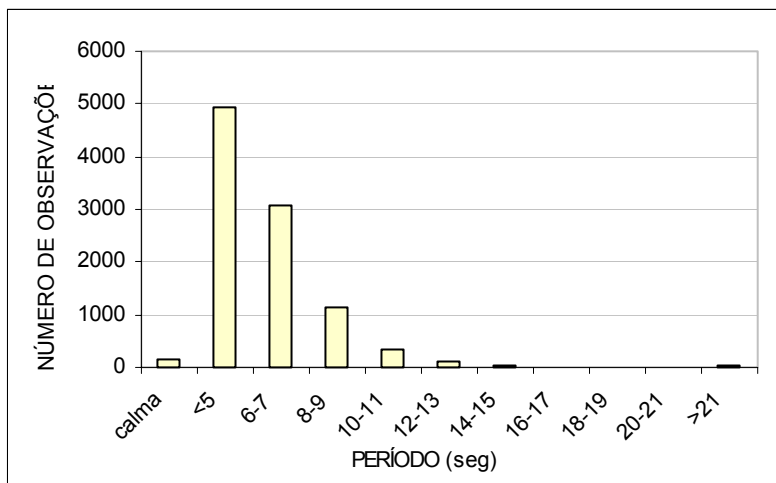
ALTURA(m)	PERIODO (S)											TOTAIS
	CALMA	<5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-19	20-21	>21	
0.25	103	290	7	4	6	1	0	0	1	6	1	419
0.5	12	1115	77	14	5		1	0	2	0	25	1251
1	18	2472	867	201	48	23	1	0	2	1	23	3656
1.5	9	889	1414	360	84	25	11	6	0	1	1	2800
2	1	146	533	294	72	21	11	2	0	0	0	1080
2.5	3	26	124	185	73	16	11	1	0	0	0	439
3	0	3	29	49	27	8	1	0	0	0	0	117
3.5	0	3	11	14	8	6	1	0	0	0	0	43
4	0	0	7	4	5	1	0	1	0	0	0	18
4.5	0	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	6
5.5	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
6.5	0	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	3
7.5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Totais	146	4952	3077	1127	330	102	37	10	5	8	50	9844

Fonte: Hogben e Lumb (1967)



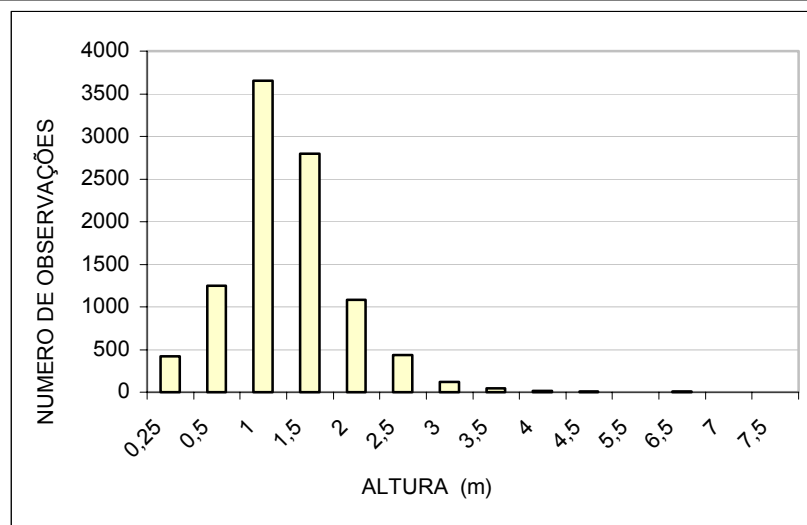
Fonte: Hogben e Lumb (1967)

Figura II.5.1.3.D-1 - *Freqüência de direção das ondas no litoral centro-sul da Bahia com suas respectivas alturas e períodos médios.*



Fonte: Hogben e Lumb (1967).

Figura II.5.1.3.D-2 - *Estatísticas de Ondas (período) para a área de estudo e vizinhanças (Área 37).*



Fonte: Hogben e Lumb (1967).

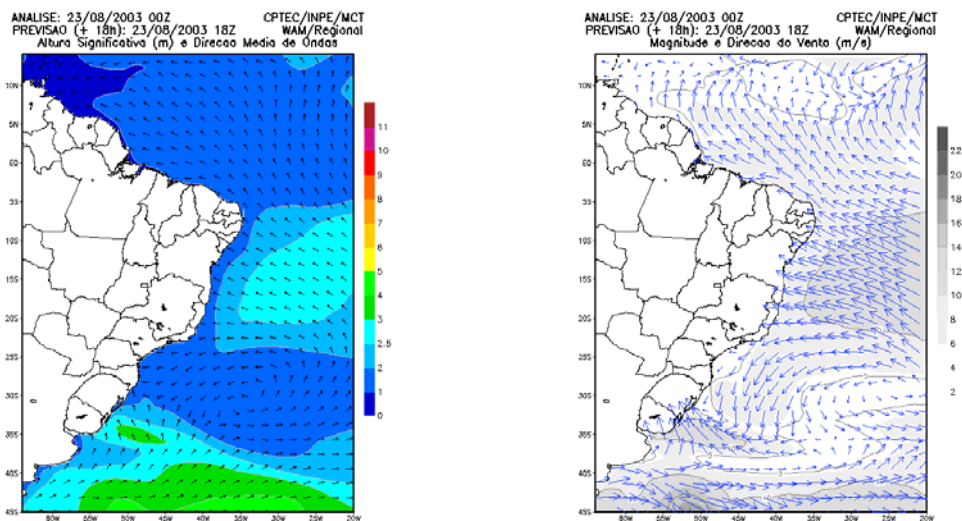
Figura II.5.1.3.D-3 - Estatísticas de Ondas (altura) para a área de estudo e vizinhanças (Área 37).

Uma forma de minimizar o problema do pequeno número de dados disponíveis é a utilização de modelos numéricos juntamente com a análise de dados. A análise apresentada a seguir é baseada em experiências com simulações numéricas.

As condições de mar ocorrentes no litoral brasileiro são bastante variáveis do ponto de vista dos fenômenos meteorológicos responsáveis por sua formação. Segundo Inocentinni *et al.* (1999) *apud* SEIA (2003), a região Nordeste, de Natal até Vitória no Espírito Santo, é atingida por ondas que chegam geralmente de leste e nordeste, formadas por ventos do flanco esquerdo do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, também conhecidos como ventos alísios. Este cinturão de ventos alísios, localizado entre 10°S e 20°S, é caracterizado por uma alta frequência de ventos com velocidade mínima de 5m/s. Esta é a velocidade de vento mínima necessária para gerar ondas capazes de produzir alguma mudança geomórfica significativa ao longo da linha de costa (DAVIES, 1972). Por causa da extrema constância na velocidade e na direção dos ventos alísios durante a primavera e o verão, e da disposição geográfica da costa do Estado da Bahia, localizada inteiramente dentro do cinturão dos ventos alísios, as ondas geradas por esses ventos influenciam fortemente os processos costeiros (DOMINGUEZ *et al.* 1992; MARTIN *et al.* 1998; BITTENCOURT *et al.* 2000).

Além dos ventos alísios, outro importante elemento gerador de ondas que afetam a área de estudo é o avanço dos sistemas frontais (frentes frias) durante os meses de outono e inverno.

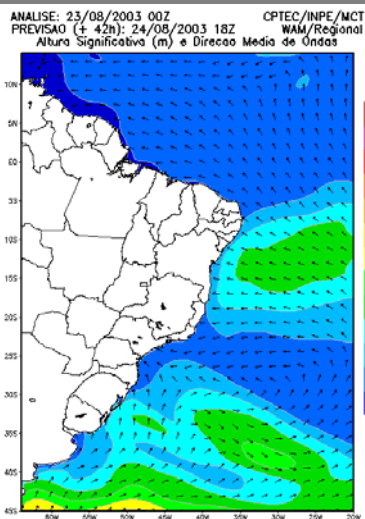
A partir da compreensão destes mecanismos de geração de ondas é possível, utilizando-se a modelagem numérica, se fazer previsões adequadas sobre a altura significativa, direção de propagação e período das ondas geradas por estes tipos de circulação atmosférica. A **Figura II.5.1.3.D-4** ilustra os resultados obtidos através de modelagem numérica utilizando o modelo WAM. Esta Figura exemplifica muito bem os dois sistemas geradores de onda que atingem a área de estudo e vizinhanças, os ventos alísios e os sistemas frontais (frentes frias).



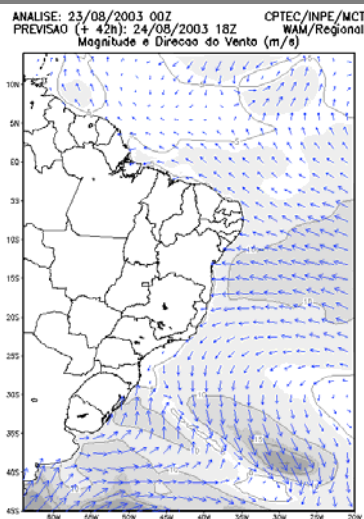
A

B

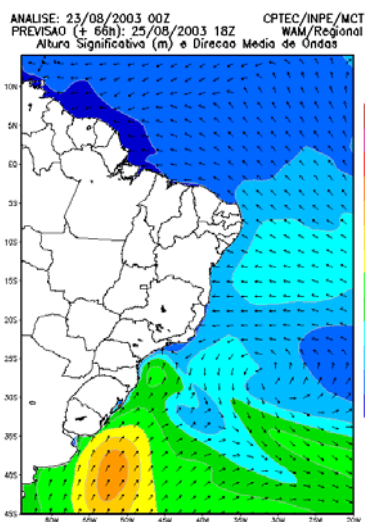
Figura II.5.1.3.D-4 - Continua



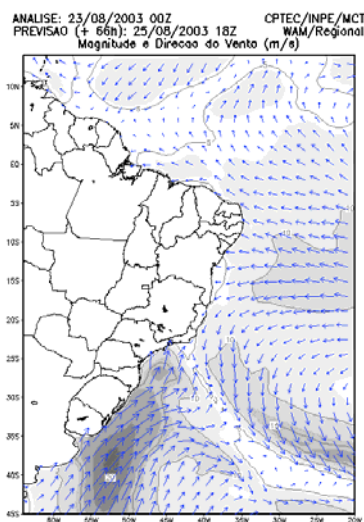
C



D



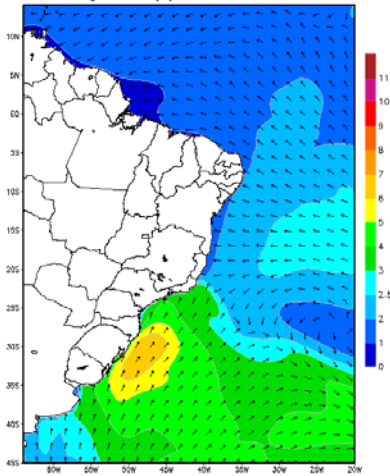
E



F

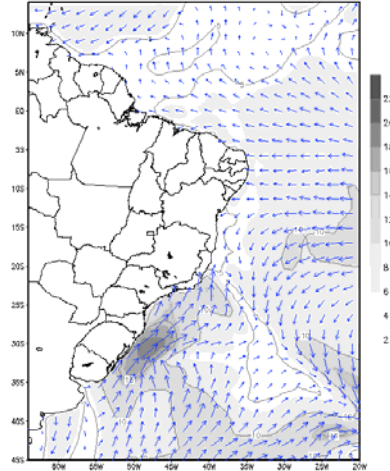
Figura II.5.1.3.D-4 - Continua

ANALISE: 23/08/2003 00Z
PREVISAO (+ 90h): 26/08/2003 18Z
Altura Significativa (m) e Direcao Media de Ondas



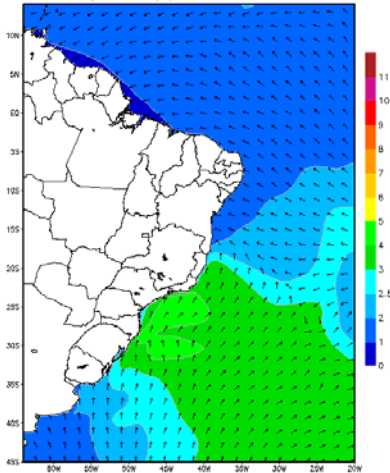
G

ANALISE: 23/08/2003 00Z
PREVISAO (+ 90h): 26/08/2003 18Z
Magnitude e Direcao do Vento (m/s)



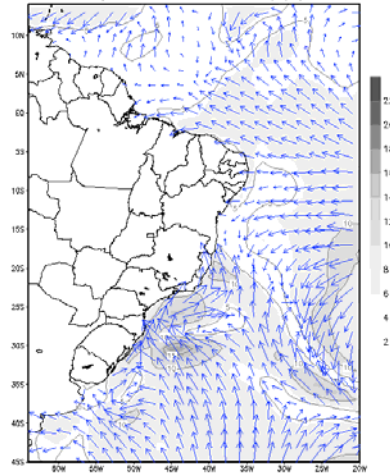
H

ANALISE: 23/08/2003 00Z
PREVISAO (+114h): 27/08/2003 18Z
Altura Significativa (m) e Direcao Media de Ondas



I

ANALISE: 23/08/2003 00Z
PREVISAO (+114h): 27/08/2003 18Z
Magnitude e Direcao do Vento (m/s)



J

Figura II.5.1.3.D-4 - Continua

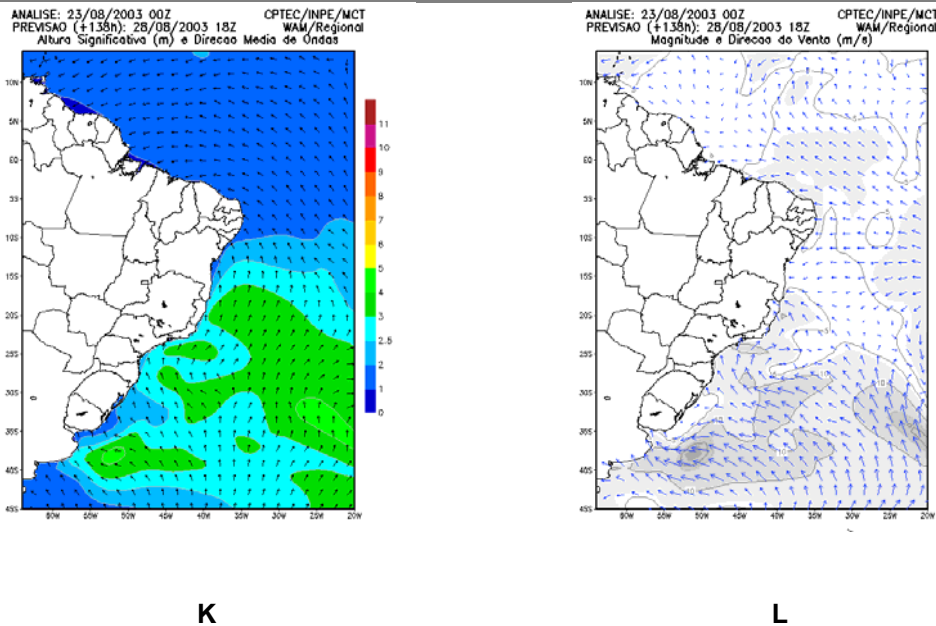


Figura II.5.1.3.D-4 - Modelagem numérica de geração de ondas produzida pelo INPE (<http://www.inpe.br>). Período da modelagem: 23/08/2003 – 28/08/2003

Nesta modelagem as ondas de leste geradas pelos alísios do flanco esquerdo do Anticiclone Tropical do Atlântico Sul alcançam a zona costeira da área de estudo com alturas significativas de 2-2,5m (**Figuras II.5.1.3.D-4 (A)** até **II.5.1.3.D-4 (F)**). Estas ondas são progressivamente substituídas por ondas oriundas de S-SE (**Figuras II.5.1.3.D-4 (G)** a **II.5.1.3.D-4 (L)**), também com altura significativa em torno de 2-2,5m associadas ao avanço de um sistema frontal se deslocando ao longo da zona costeira.

Finalmente uma terceira fonte de informação relativa a altura de ondas na área de estudo diz respeito aos dados publicados por Young e Holland (1996) a partir das medidas realizadas pelo satélite GEOSAT, utilizando altimetria por radar. Estes dados coletados durante o período de 3 anos (1986-89), estão mostrados na **Figura II.5.1.3.D-5**, que apresenta a média da altura significativa de ondas, para o Atlântico Sul para todos os meses do ano. A análise desta figura mostra que as maiores alturas de onda são observadas no período de maio a setembro quando as frentes frias são mais ativas (**Figuras II.5.1.3.D-5 (E)** a **II.5.1.3.D-5 (I)**). A **Figura II.5.1.3.D-6** mostra um gráfico com a distribuição da altura significativa média para o período 1986-89 para a área de estudo e vizinhanças extraído de Young e Holland (1996).

A discussão apresentada acima mostra que independente da abordagem utilizada os resultados são de uma maneira geral muito semelhantes, mostrando que as alturas significativas de ondas para a região situam-se na maior parte do tempo entre 1-2m.

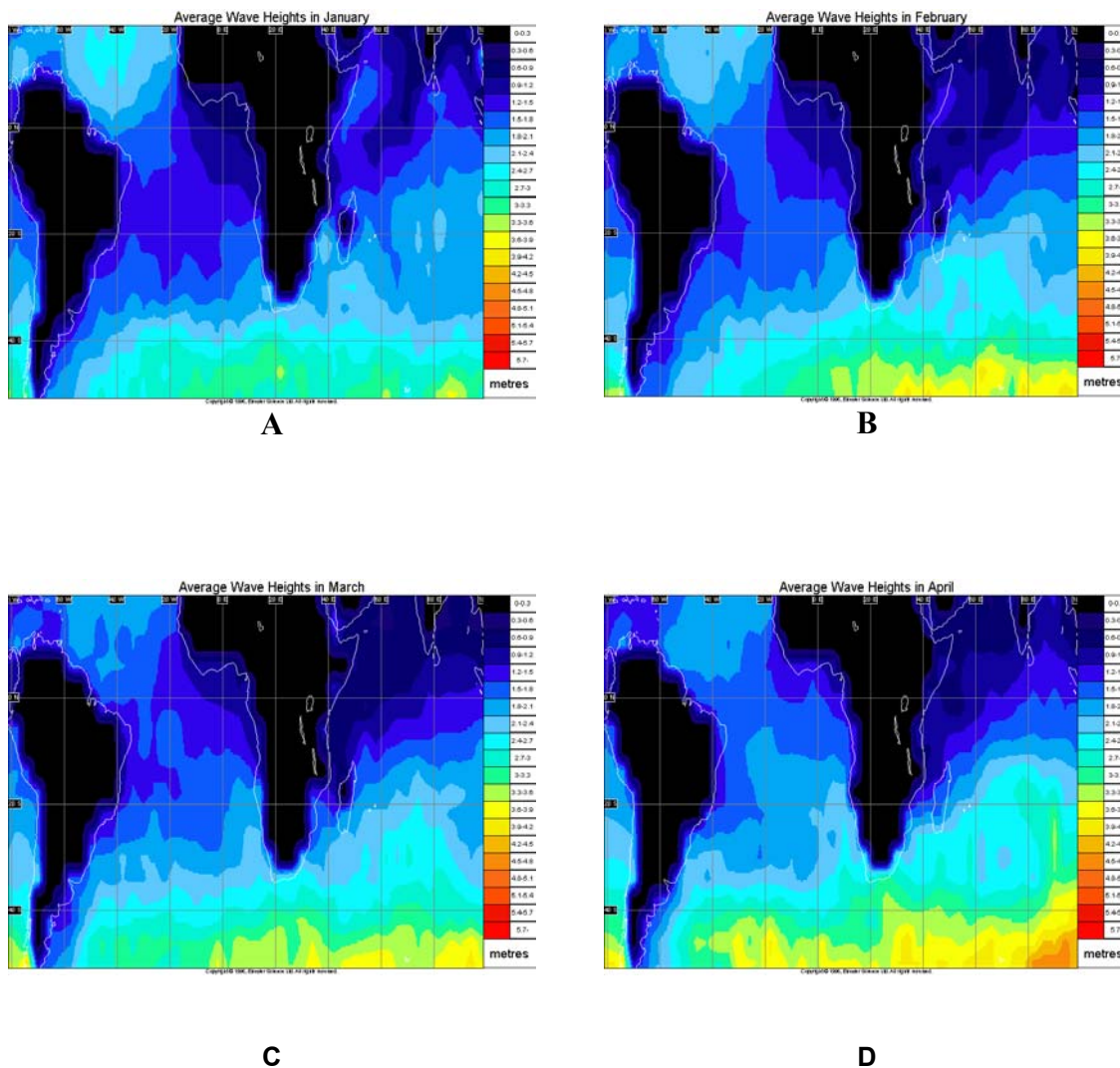
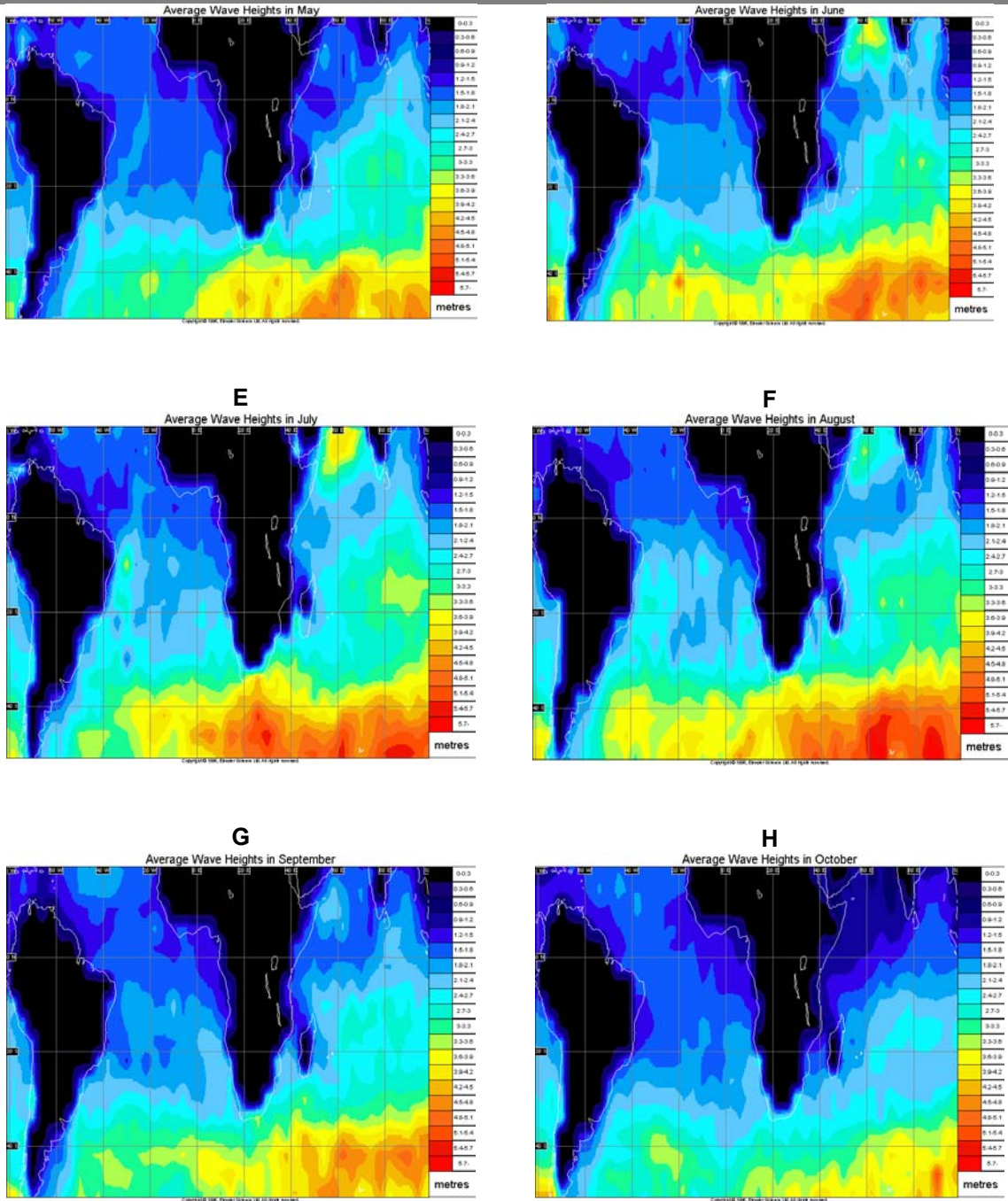
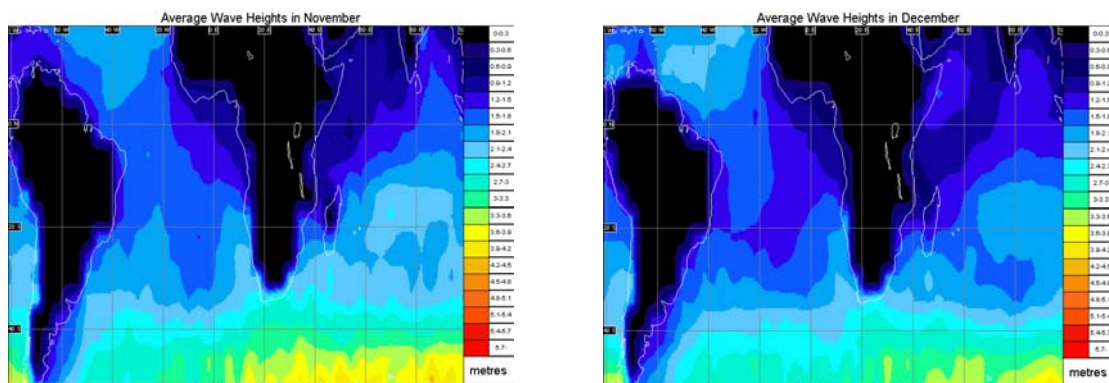


Figura II.5.1.3.D-5 - Continua



I
Figura II.5.1.3.D-5- Continua

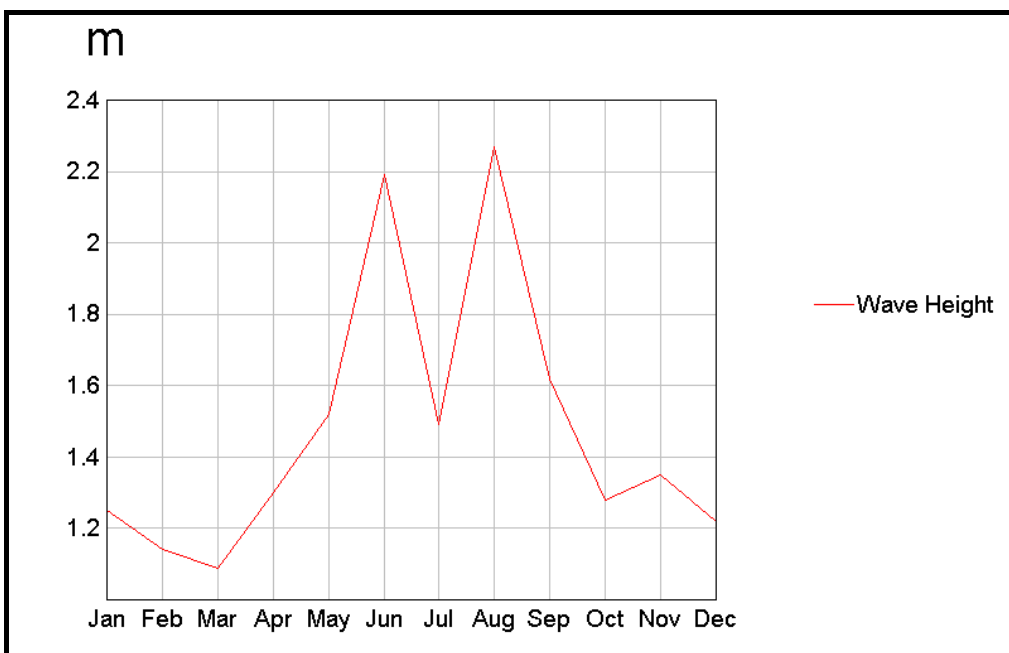


K

L

Fonte: Young e Holland (1996).

Figura II.5.1.3.D-5 - Altura significativa de onda média para o Atlântico Sul, para o período 1986-89 (YOUNG e HOLLAND 1996).



Fonte: Young e Holland (1996)

Figura II.5.1.3.D-6 - Altura significativa de onda média para o período 1986-1989, para a área de estudo e vizinhanças.

E) Marés

A caracterização das marés para a área de estudo foi feita a partir do Catálogo de Estações Maregráficas publicado pela Fundação de Estudos do Mar (FEMAR, 2000).

O **Quadro II.5.1.3.E-1** apresenta a localização das estações maregráficas enquanto o **Quadro II.5.1.3.E-2** apresenta as principais constantes harmônicas calculadas para cada uma destas estações.

Quadro II.5.1.3.E-1 - Localização das estações maregráficas.

Estação	Latitude	Longitude
Barra de Camamu	13° 55,0' S	39° 00,1' W
Porto de Malhado - Ilhéus	14° 46,9' S	39° 01,7' W
Ilhéus	14° 47,9' S	39° 02,3' W

Caracterização das Marés Oceânicas

Para classificar a maré, tem-se que calcular o número de forma $F = (K1+O1) / (M2+S2)$, que leva em consideração a amplitude das principais componentes diurnas e semi-diurnas. De acordo com o número de forma, as marés podem ser classificadas da seguinte maneira:

- $F = 0$ a $0,25$: Maré semi-diurna, ou seja, a 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 semi-diurna, ou seja, a maré com grandes diferenças de altura entre suas preamares e baixa mares. Essa maré é na maioria das vezes semi-diurna, podendo ser diurna em algumas épocas do ano.
- $F = 1,5$ a $3,0$: Maré mista, principalmente diurna, ou seja, a maré com grandes diferenças de altura entre suas preamares e baixamares. Essa

maré é, na maioria das vezes, diurna, podendo ser semi-diurna em algumas épocas do ano.

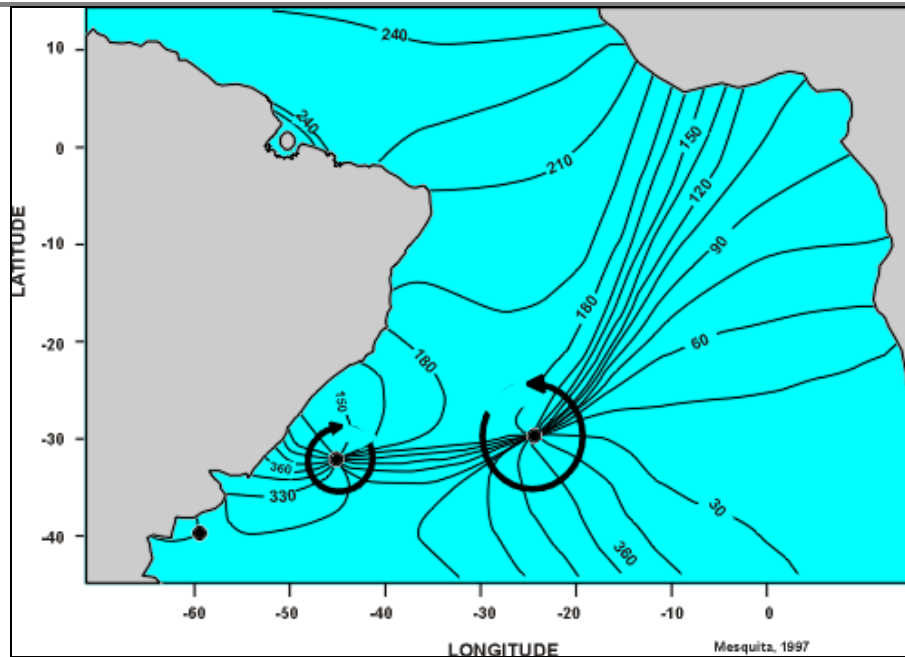
- $F > 3,0$: Maré diurna, ou seja, a maré cujo período é de 24h aproximadamente. Neste caso, têm-se apenas uma maré alta e uma maré baixa em 24 horas.
- Pode-se calcular também, segundo a formulação de Pond e Pickard (1978), a média da amplitude das marés de sizígia que, será dada pela relação $2(M_2+S_2)$.

As marés na área de estudo e vizinhanças podem ser portanto classificadas como micromarés semidiurnas sem desigualdades, com número de forma $F=(O_1+K_1)/(M_2+S_2)$ (POND e PICKARD 1985) menor que 0,25 e amplitude média de sizígia situando-se em torno de 1,9m (**Quadro II.5.1.3.E-2**). A onda de maré trafega pela região de sul para norte, sendo aparentemente associada a um ponto anfidrômico próximo ao Rio Grande do Sul (**Figura II.5.1.3.E-1**).

Quadro II.5.1.3.E-2 - Altura e fase das principais constantes harmônicas para as marés na área de estudo e vizinhanças.

Estação	Barra de Camamu	Porto de Malhado	Ilhéus
MHWS (cm)	210	203	201
MLWS (cm)	10	20	11
MHWN (cm)	157	151	146
MLWN (cm)	40	72	66
Nível Médio (cm)	110	112	106
Amplitude (cm)	200,6	183,2	190,4
M2(semi-amplitude – cm/fase – graus)	73,5/114	65,6/099	67,5/107
S2(semi-amplitude – cm/fase – graus)	26,8/132	26,0/114	27,7/118
N2(semi-amplitude – cm/fase – graus)	9,6/120	12,5/092	13,5/101
K2(semi-amplitude – cm/fase – graus)	7,2/132	7,1/115	7,5/118
K1(semi-amplitude – cm/fase – graus)	3,2/214	2,5/206	4,0/198
O1(semi-amplitude – cm/fase – graus)	6,8/130	5,4/127	6,8/126
F (número de forma)	0.099	0,086	0,11

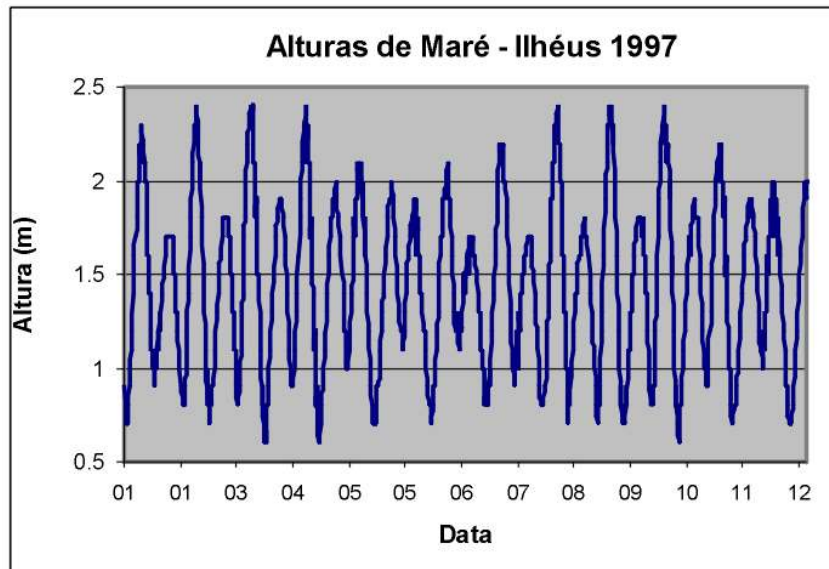
Fonte: ASA, 2007.



Fonte: Mesquita e França (1977)

Figura II.5.1.3.E-1 - Linhas de igual altura e fase da maré indicando a presença de dois pontos anfifrômicos no Atlântico Sul.

A altura da maré durante o ano varia em função da posição orbital da lua e do sol. Desta forma, as variações da altura da maré observadas entre sizígia e quadratura podem se tornar maiores ou menores no decorrer do ano, respeitando situações de solstício e equinócio. Sendo assim, ocorre uma variabilidade de altura das marés de 3 em 3 meses, o que pode ser observado no gráfico de previsão das alturas de maré para Ilhéus em 1997 (**Figura II. 5.1.3.E-2**). Observe-se que a altura das marés em junho são 0,80m menores que aquelas previstas para março, que, por conseguinte são semelhantes às alturas das marés de setembro.



Fonte: Biodinâmica (2004) – RCA-Bloco BM-J-1.

Figura II.5.1.3.E-2 - Alturas da maré prevista para o porto de Ilhéus em 1997.

F) Condições Extremas do Regime Hidrodinâmico

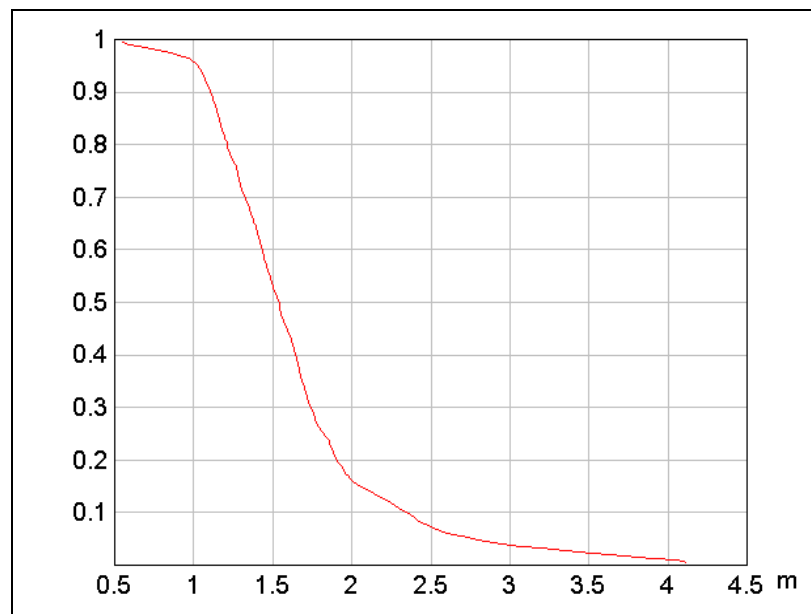
A caracterização de eventos extremos é realizada através de análises de séries temporais de dados com qualidade e duração suficientes para que os resultados sejam estatisticamente representativos. A área de estudo não possui séries temporais de ventos, ondas e correntes que permitam realizar uma análise quantitativa de eventos extremos. Uma análise qualitativa dos períodos com maior probabilidade de ocorrência de tais eventos, baseada nos dados disponíveis, indica que a probabilidade de ocorrência destes eventos extremos ocorre no período maio-setembro. Do mesmo modo com alguma frequência, o posicionamento do anticiclone semi-permanente ou Alta Subtropical do Atlântico Sul, pode gerar grandes pistas com direção sudeste em seu ramo oeste, ocasionando ondas entre 2 e 3 metros de altura significativas na região da área de interesse.

Em situações extraordinárias, com períodos de ocorrência em torno de dez anos (CANDELLA, 1997), ocorrem grandes tempestades de SE relacionadas a ciclones extratropicais, que podem alcançar a região nordeste, como a ocorrida em maio/junho de 1997 e reconstituída por Quental (1999). As alturas

significativas máximas modeladas nessa tempestade chegaram a 2,0m e o período de pico a 11s.

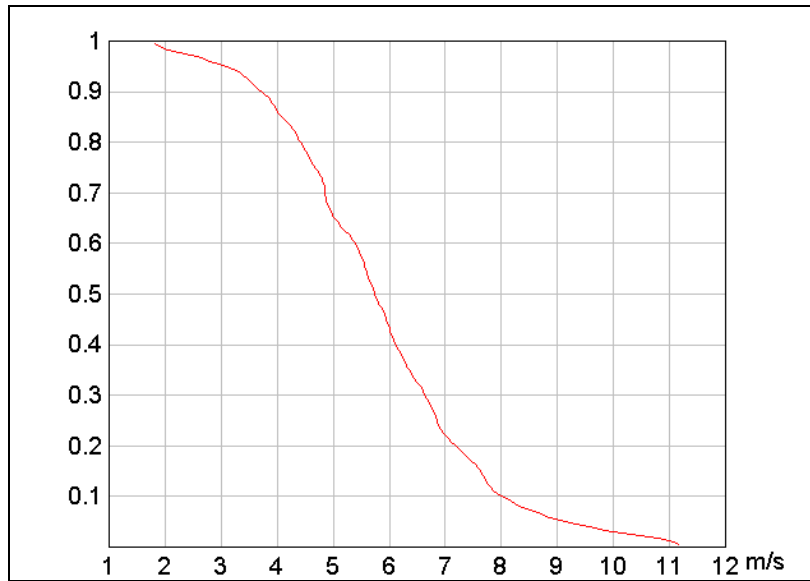
Habitualmente, os meses de maio e junho apresentam as tempestades de maior intensidade durante o ano, com direção principal do vento e, conseqüentemente, das ondas variando entre sul e sudeste. Porém, pela ausência de medições sistemáticas de ondas nesta região, não é possível avaliar a variação interanual da intensidade dessas tempestades e, conseqüentemente, os períodos de recorrência dos eventos extremos.

De outro lado Young e Holland (1996), apresentam com base em medidas realizadas pelo satélite GEOSAT no período de 1986-1989, funções de probabilidade de distribuição de altura significativa de onda e de ventos para a área de estudo e vizinhanças (**Figuras II.5.1.3.F-1 e II.5.1.3.F-2**) que mostram que existe uma probabilidade de menos de 10% da altura de onda ser superior a 2,5m e a velocidade do vento ser superior a 8m/s.



Fonte: Young e Holland (1996)

Figura II.5.1.3.F-1 - Probabilidade de distribuição de altura significativa de onda para o período 1986-89.



Fonte: Young e Holland (1996)

Figura II.5.1.3.F-2 - Probabilidade de distribuição de velocidade de vento para o período 1986-89.

II.5.1.4. – Qualidade da Água e Sedimento

II.5.1.4.1. – Introdução

Este item apresenta a caracterização da qualidade da água e sedimentos identificados na área de influência da atividade localizada na costa sul do Estado da Bahia, na Bacia do Jequitinhonha. 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.

A caracterização da qualidade físico-química da água da área de influência da atividade de perfuração do poço Lead F2 localizado no Bloco BM-J-1 foi realizada através dos resultados da campanha de campo realizada em janeiro de 2008. Nesta campanha foram coletadas amostras de água em cinco estações de amostragem, denominadas BM-J-1(A) a BM-J-1(E), o **Quadro II.5.1.4.1-1** apresenta as coordenadas dos pontos de coleta.

Quadro II.5.1.4.1-1- Localização e denominação das estações de coleta de água no Bloco BM-J-1.

Estação de Coleta	Latitude (S) UTM	Longitude (W) UTM	Data da Coleta
BM-J-1(A)	529.691,00	8.330.154,80	17/01/2008
BM-J-1(B)	530.043,75	8.330.508,50	17/01/2008
BM-J-1(C)	530.044,66	8.329.801,93	17/01/2008
BM-J-1(D)	529.337,17	8.329.801,92	17/01/2008
BM-J-1(E)	529.338,07	8.330.508,52	17/01/2008

Nestas estações de amostragem foram obtidas amostras de água superficial. Os parâmetros analisados são apresentados no **Quadros II.5.1.4.1-2**.

Quadro II.5.1.4.1-2- Parâmetros analisados nas amostras de água.

Parâmetros	Análises
Caracterizadores de Massas D'água	Oxigênio Dissolvido (OD) pH Salinidade Temperatura Transparência Sólidos Totais, Dissolvidos e em Suspensão.
Indicadores de Produção Primária	Clorofila <i>a</i> Carbono Orgânico Total (COT) Sulfetos Razão C:N:P
Indicadores do Nível Trófico	Nitrito Nitrato Amônia Fosfato Silicato
Tóxicos Orgânicos	Fenóis N-Alcanos e MCNR BTEX Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP)

A caracterização do sedimento da área de influência da atividade foi realizada através de campanhas de amostragem executadas como parte do programa de monitoramento no Bloco BM-CAL-05 e BM-CAL-06, que distam cerca de 40km ao norte em relação ao Bloco BM-J-1 (**Quadro II.5.1.4.1-3**). Os dados referem-se à campanha de pré-perfuração de poço de petróleo realizados em três campanhas distintas. As amostras coletadas nestas localidades caracterizam áreas da plataforma continental e pé do talude, isentas da influencia de atividades de perfuração de petróleo. Além destes dados foram utilizados os resultados obtidos em seis estações de amostragem localizadas no Bloco BM-J-1, avaliadas em 2005 (**Quadro II.5.1.4.1-4**).

Nestas amostragens foram avaliados a granulometria, os metais (Al, Ba, Cr, Cd, Cu, Ni, Fe, Hg, Mn, Zn, Pb e V), hidrocarbonetos poliaromáticos (HPA), Hidrocarbonetos Totais de Petróleo, nutrientes, Sulfetos, o teor de carbonatos, teor de matéria orgânica total, n-alcanos e MCNR.

Os parâmetros de sedimento Parâmetros a serem caracterizados na área do Bloco BM-J-1 é apresentado no **Quadro II.5.1.4.1-5**.

Quadro II.5.1.4.1-3 - Localização e denominação das estações de amostragem de Sedimento utilizado para caracterização da área do Bloco BM-J-1 para os parâmetros Granulometria, Teor de Carbonatos, Teor de Matéria Orgânica Total, Hidrocarbonetos e Metais.

Estação de Coleta	Coordenadas em UTM		Data da Coleta	
Zona 1	516.569,60	8.431.289,20	Junho de 2006	
200 - P1 Cop	516.419,23	8.431.420,60	Junho de 2006	
200 - P2 Cop	516.717,97	8.431.422,59		
200 - P3 Cop	516.720,21	8.431.158,04		
200 - P4 Cop	516.418,83	8.431.158,20		
500 - P1 Cop	516.193,27	8.431.617,29		
500 - P2 Cop	516.945,76	8.431.617,45		
500 - P3 Cop	516.945,00	8.430.960,00		
500 - P4 Cop	516.193,78	8.430.960,60		
2000 - P1 Cop	515.060,62	8.432.597,89		
2000 - P2 Cop	518.075,12	8.432.601,34		
2000 - P3 Cop	518.078,00	8.429.980,00		
2000 - P4 Cop	515.070,72	8.429.970,41		
Controle P1 - Cop	519.814,94	8.437.578,17		
Controle P2 - Cop	521.241,85	8.436.223,77		
Zona 2	516.545,00	8.417.714,00		Julho de 2006
200 - P1 Jeq	516.399,00	8.417.856,00		Julho de 2006
200 - P2 Jeq	516.684,00	8.417.859,00		
200 - P3 Jeq	516.687,00	8.417.581,00		
200 - P4 Jeq	516.399,00	8.417.581,00		
500 - P1 Jeq	516.188,00	8.418.067,00		
500 - P2 Jeq	516.899,00	8.418.067,00		
500 - P3 Jeq	516.895,00	8.417.366,00		
500 - P4 Jeq	516.188,00	8.417.370,00		
2000 - P1 Jeq	515.131,00	8.419.124,00		
2000 - P2 Jeq	517.955,00	8.419.124,00		
2000 - P3 Jeq	517.952,00	8.416.310,00		
2000 - P4 Jeq	515.131,00	8.416.313,00		
Controle P1 - Jeq	520.757,00	8.423.366,00		
Controle P2 - Jeq	522.215,00	8.421.989,00		
Zona 3	513.069,00	8.376.213,00	Julho de 2006	
200 - P1 Per 2	512.929,00	8.376.357,00	Julho de 2006	
200 - P2 Per 2	513.203,00	8.376.350,00		
200 - P3 Per 2	513.209,00	8.376.076,00		
200 - P4 Per 2	512.922,00	8.376.076,00		
500 - P1 Per 2	512.715,00	8.376.570,00		
500 - P2 Per 2	513.423,00	8.376.564,00		
500 - P3 Per 2	513.423,00	8.375.869,00		
500 - P4 Per 2	512.708,00	8.375.862,00		
2000 - P1 Per 2	511.658,00	8.377.620,00		
2000 - P2 Per 2	514.480,00	8.377.620,00		
2000 - P3 Per 2	514.483,00	8.374.809,00		
2000 - P4 Per 2	511.652,00	8.374.813,00		
Controle P1 - Per 2	517.260,00	8.381.836,00		
Controle P2 - Per 2	518.670,00	8.380.417,00		

Quadro II.5.1.4.1-4 - Localização e denominação das estações de amostragem de sedimento utilizado para caracterização da área do Bloco BM-J-1 para os parâmetros Teor de Matéria Orgânica, Sulfetos, BTEX e Nutrientes.

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

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

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

Nestas estações de amostragem foram obtidas amostras de água de sub-superfície (cerca de 50cm de profundidade) e de sedimento superficial.

Quadro II.5.1.4.1-5 - Parâmetros a serem caracterizados na área do Bloco BM-J-1.

Parâmetros	Análises
Sedimento	Granulometria
Tóxicos Orgânicos	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP) Fenóis BTEX N-Alcanos e MCNR
Indicadores de Produção Primária	Carbono Orgânico Total (COT) Teor de Matéria Orgânica Total Sulfetos Nutrientes (Amônia, Nitrito, Nitrato e Fosfato) Razão C:N:P
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

De acordo com o parâmetro a ser analisado em amostras de água do mar, devem ser tomados cuidados específicos com os equipamentos. É necessário que ocorra desde a prévia descontaminação dos equipamentos e frascos, até o condicionamento adequado das amostras de forma a preservar os parâmetros que serão analisados.

Para a avaliação da qualidade da água foram realizadas medições em campo e coletadas amostras para análises laboratoriais, em campanha realizada no dia 17 de janeiro de 2008. As coletas foram realizadas em cinco estações de amostragem apresentadas na **Figura II.5.1.4.2.1-1**.

Para a coleta das amostras, foram utilizadas baldes de aço inoxidável, garrafa *Go-Flo* e garrafa *Niskin* (**Figura II.5.1.4.2.1-2**). Para a análise dos parâmetros COT, TPH, HPA's, n-Alcanos, MCNR, Fenóis, BTEX, e Sulfetos foi utilizada na coleta a garrafa *Go-Flo*. Na coleta com a garrafa *go-flo* era necessário descer com a garrafa fechada até 10 metros de profundidade, acionar a abertura da garrafa e subi-la até 1 metro abaixo da superfície e enviar o mensageiro para o fechamento da garrafa. Este procedimento evita o contato do interior da garrafa com a interface ar-água e a sua contaminação por filmes oleosos superficiais porventura presentes na água ou associados à presença da própria embarcação responsável pela amostragem. Após esta etapa a água coletada foi transferida para os frascos de acondicionamento das amostras. (**Figura II.5.1.4.2.1-3**).

Para a análise dos parâmetros Sólidos Totais, Sólidos dissolvidos, Sólidos Suspensos, Clorofila a, Amônia, Nitrato, Nitrito, Fosfato e Silicato foi utilizada na coleta a garrafa *Niskin*.

Para análise dos parâmetros avaliados em campos, a saber: transparência, temperatura, pH, salinidade e oxigênio dissolvido, foi utilizada durante a coleta a sonda multiparâmetro *Hydrolab Quanta* e disco de *Secchi* acoplado à sonda, e devidamente calibrada segundo instruções do fabricante (**Figura II.5.1.4.2.1-4**).

Após a coleta as amostras foram acondicionadas em caixas isotérmicas contendo gelo em frascos previamente rotulados, e com os preservantes adequados para cada tipo de parâmetro avaliado, para posterior encaminhamento ao laboratório INNOLAB.

Figura II.5.1.4.2.1-1 - Mapa das estações de amostragem para a coleta de água.





Figura II.5.1.4.2.1-2 - Garrafas Go-Flo e Niskin utilizadas durante a coleta de água nas estações de amostragem do Bloco BM-J-1.



Figura II.5.1.4.2.1-3 - Transferência da amostra coletada com a garrafa Go-Flo para os frascos de acondicionamento.

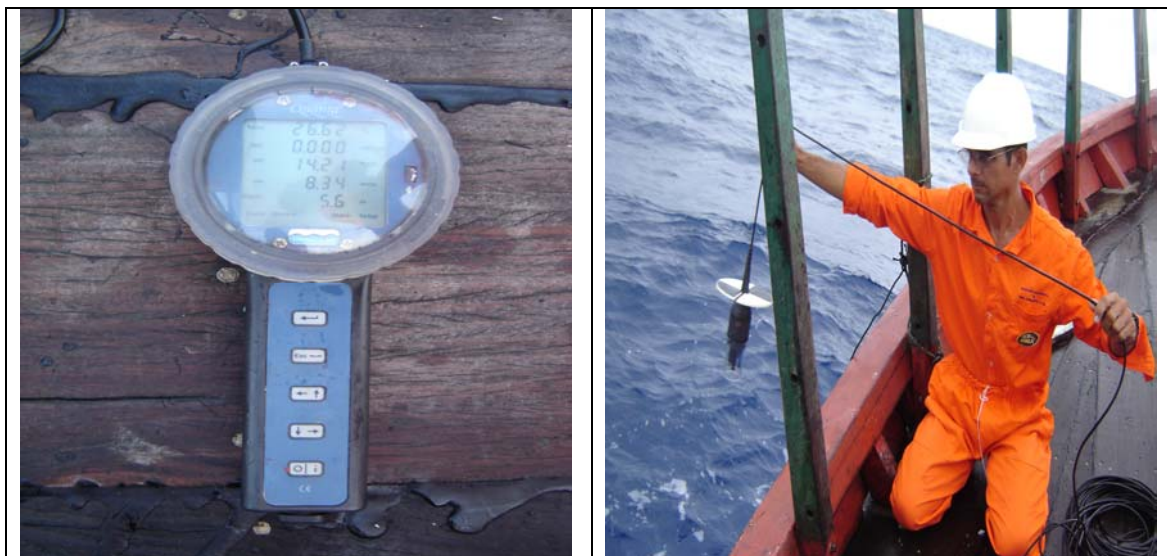


Figura II.5.1.4.2.1-4 - Sonda Hydrolab Quanta utilizada durante a coleta no Bloco BM-J-1.

b) Amostras de Sedimento

Para os parâmetros Granulometria, Teor de Carbonatos, Teor de Matéria Orgânica, HTP's, HPA's e Metais, a malha de amostragem contemplou 14 estações, distribuídas espacialmente em raios distantes 200, 500 e 2000 metros das Zonas 1, 2 e 3, assim denominadas no presente estudo. A malha utilizada no monitoramento pré-perfuração dos Blocos BM-CAL 5 e 6 também inclui duas estações de referência distantes cerca de 7km do local da futura locação dos poços destes blocos. Para localização das estações de amostragem foi utilizado sistema de GPS diferencial "DGPS – *Differential Global Positioning System*", Datum SAD 1969.

A **Figura II.5.1.4.2.1-5** apresenta o mapa de localização das estações de amostragem utilizadas para a caracterização do sedimento no presente estudo.

Figura II.5.1.4.2.1-5 – Mapa de localização e denominação das estações de amostragem de sedimentos utilizado para caracterização da área do Bloco BM-J-1.

Segundo Hartley (1982) a filosofia principal dos estudos de monitoramento de campos de extração de petróleo é demarcar um número de estações de amostragem a diferentes distâncias do campo, de maneira que as estações mais distantes do campo sejam consideradas afastadas o suficiente para não apresentar impacto. Nestas estações é esperado diferenciar gradientes naturais dos impostos pela poluição. Isto é essencial para a interpretação dos resultados faunísticos e estabelecimento de relações causais. Outras variáveis usualmente investigadas são o teor de matéria orgânica e o teor de bário dos sedimentos como uma medida do enriquecimento orgânico e introdução de fluídos de perfuração ricos em bário.

Nas estações também foi mensurada a profundidade da camada anóxica nas amostras obtidas. Contudo, em muitas amostras não foi possível determinar a profundidade da camada anóxica em função do pequeno contraste existente entre os sedimentos oxigenados e anóxicos.

Em duas das três campanhas de monitoramento as amostras foram obtidas através de uma draga do tipo *Box Corer*, mediante avaliação da adequação da amostra segundo os critérios abaixo apresentados (**Figura II.5.1.4.2.1-6**):

- Completo fechamento da *Box Corer*;
- Não haver evidência de lavagem do sedimento superficial;
- Distribuição homogênea de sedimento no interior do amostrador;
- Mínima perturbação do sedimento superficial;
- 15cm como profundidade mínima da amostra.

Na outra campanha de amostragem as amostras de sedimento foram coletadas através de um amostrador do tipo “*Van Veen*” de aço inox, de área de abertura 23x23cm. Uma vez na embarcação, a parte central da amostra, contendo a camada sedimentar superficial (até cerca de 2cm de profundidade), foi transferida para sacos plásticos, com o auxílio de uma espátula também de plástico. Esta sub-amostra foi mantida sob gelo e reservada para a determinação de nitrogênio e sulfetos.



Figura II.5.1.4.2.1-6 - Draga Box-Corer utilizada na obtenção das amostras de sedimento para a caracterização da região do Bloco BM-J-1.

A **Figura II.5.1.4.2.1-7** representa um desenho esquemático da draga Box Corer e o procedimento de amostragem. As amostras foram coletadas em 3 estratos na coluna de sedimento obtida pela draga (0-2cm, 2-5cm e 5-10cm). Os 9 quadrados de 10 x 10cm do centro da colméia foram utilizados para obter amostras de organismos bentônicos. Dos quadrados restantes 8 foram utilizados para obtenção das amostras para análise de HPA's e metais, 1 para medição da camada anóxica e 7 para obtenção das amostras de granulometria e matéria orgânica.

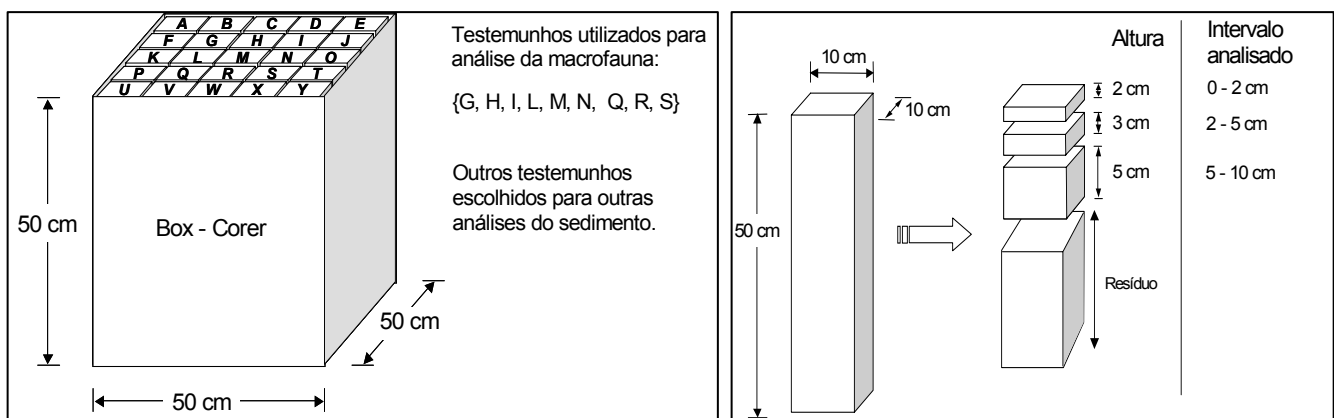


Figura II.5.1.4.2.1-7 - Esquema de distribuição e aproveitamento das amostras obtidas pelo lançamento da draga Box Corer.

As **Figuras II.5.1.4.2.1-8 a II.5.1.4.2.1-10** representam desenhos esquemáticos, com vista superior dos três respectivos estratos (0-2cm, 2-5cm e 5-10cm) e uma representação de como as sub-unidades amostrais foram obtidas.

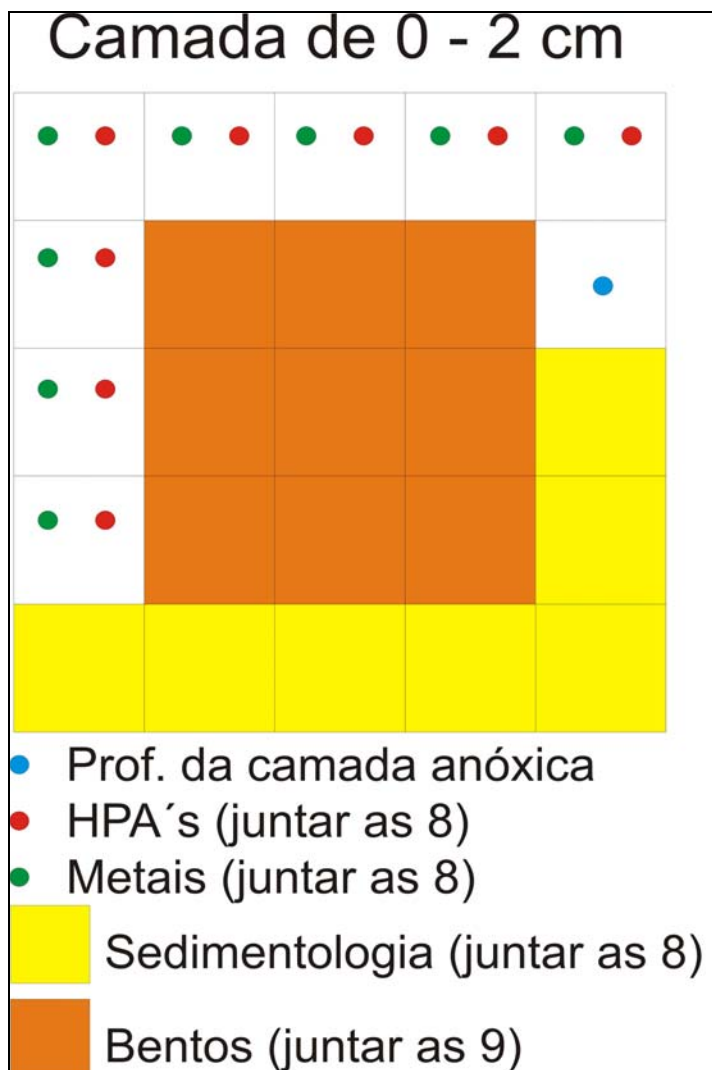


Figura II.5.1.4.2.1-8 - Desenho esquemático da colméia da draga Box Corer e metodologia de seleção de sub-unidades amostrais.

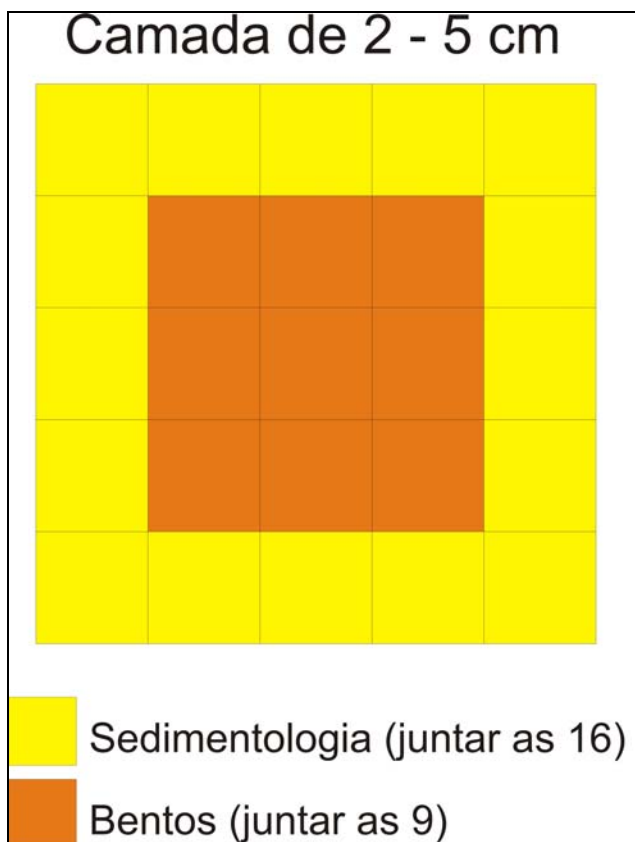


Figura II.5.1.4.2.1-9 - Desenho esquemático da colméia da draga Box Corer e metodologia de seleção de sub-unidades amostrais.

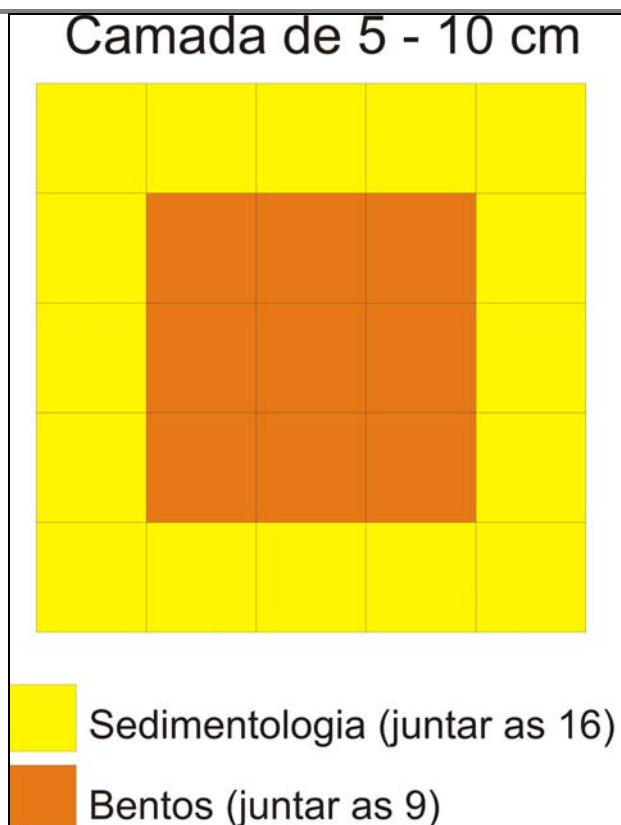


Figura II.5.1.4.2.1-10 - Desenho esquemático da colméia da draga Box Corer e metodologia de seleção de sub-unidades amostrais.

Após a aprovação da amostra, foi realizada a retirada da água retida na colméia do *Box-Corer* utilizando uma mangueira (**Figura II.5.1.4.2.1-11**). Com a colméia completamente seca foi realizado registro fotográfico da amostra, bem como descrição da mesma em fichas de campo próprias. Posteriormente, foi realizada a medição da profundidade da camada anóxica, quando era possível visualizar o contraste entre as camadas (**Figura II.5.1.4.2.1-12**).



Figura II.5.1.4.2.1-11 - Drenagem da água retida na Box-Corer.



Figura II.5.1.4.2.1-12 - Medição da profundidade da camada anóxica.

A amostragem de HPA'S foi realizada utilizando um gabarito de metal com 4cm de diâmetro graduado e colher de metal descontaminada com n-hexano. As amostras foram então acondicionadas em vasilhames de alumínio também descontaminados com n-hexano (**Figura II.5.1.4.2.1-13**). Posteriormente, foi realizada a amostragem de metais utilizando um gabarito de plástico com 4cm de

diâmetro graduado e colher de plástico descartável. Estas amostras foram então acondicionadas em vasilhames de vidro (**Figura II.5.1.4.2.1-14**).

As amostras para granulometria, matéria orgânica total e teor de carbonato foram obtidas utilizando uma pá de jardinagem. Estas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos (**Figura II.5.1.4.2.1-15**). Todas as amostras foram refrigeradas a 4°C à bordo (**Figura II.5.1.4.2.1-16**).



Figura II.5.1.4.2.1-13 - Acondicionamento de amostras para HPAs em vasilhames de alumínio.



Figura II.5.1.4.2.1-14 - Acondicionamento de amostras para metais em vasilhames de vidro.



Figura II.5.1.4.2.1-15 - Acondicionamento de amostras para sedimentologia em sacos plásticos.



Figura II.5.1.4.2.1-16 - Refrigeradores utilizados para acondicionamento das amostras à bordo.

II.5.1.4.2.2 – Metodologia de Análise

a) Amostras de Água

A relação de parâmetros analisados na avaliação da qualidade das águas é apresentada no **Quadro II.5.1.4.2.2-1**, juntamente com os respectivos métodos de análise e Limites de Detecção dos Métodos (LDM) utilizados. Os resultados obtidos neste trabalho serão comparados com os padrões adotados pela Resolução CONAMA 357/2005, para águas salinas da Classe 1 e a efeito de comparação com os resultados obtidos pelo Projeto REVIZEE.

Quadro II.5.1.4.2.2-1 - Relação de parâmetros, métodos analíticos e respectivos limites de detecção.

Parâmetro		Unidade	LDM*	Método / Equipamento	Empresa Responsável pela Análise
Caracterizadores de Massa d'água	Transparência	m	-	Disco de Secchi	BMA
	Temperatura	°C	-5°C a 50°C	Sonda Hydrolab Quanta	BMA
	Oxigênio Dissolvido	m/L	0 a 50 mg/L	Sonda Hydrolab Quanta	BMA
	Saturação de Oxigênio	%	-	Sonda Hydrolab Quanta	BMA
	pH	-	2 a 12	Sonda Hydrolab Quanta	BMA
	Salinidade	-	0 a 70	Sonda Hydrolab Quanta	BMA
	Turbidez	UNT	1	*2130B	INNOLAB
Indicadores de Produção Primária	Clorofila a	µg/L	0,04	Lorenzen (1987)	BIOCONSULT
	COT	m/L	1	*5310C e 4500C	INNOLAB
	COD	m/L	1	*5310C	INNOLAB
	COP	m/L	1	*5310C e 4500C	INNOLAB
	Sulfeto	m/L	0,001	*4500D	INNOLAB
Indicadores de Nível Trófico	Nitrito	m/L	0,005	*4500B	INNOLAB
	Nitrato	m/L	0,005	4500B	INNOLAB
	Nitrogênio Amoniacal	mg/L N-NH ₃	0,001	*4500B e 4500F	INNOLAB
	Fosfato	m/L	0,01	*4500H e 4500E	INNOLAB
	Silicato	m/L	0,005	Grasshof et al, 1983	INNOLAB
Tóxicos Orgânicos	HPA-s	µg/L	0,03	EPA 8270	INNOLAB
	Hidrocarbonetos	mg/L	0,1	ISO 9377-2	INNOLAB
	N-Alcalanos	µg/L	1	EPA 8015	INNOLAB
	MCNR	m/L	0,1	ISO 9377-2	INNOLAB
	BTEX	µg/L	1	EPA 8260	INNOLAB
	Fenol	m/L	0,001	*5530B e 5530C	INNOLAB

Continua

Continuação Quadro II.5.1.4.2.2-1

Parâmetro		Unidade	LDM*	Método / Equipamento	Empresa Responsável pela Análise
Indicadores de Aportes Continentais/ Hidrodinamismo	Sólidos Dissolvidos	mg/L	1	*2540C	INNOLAB
	Sólidos Suspensos	mg/L	1	*2540D	INNOLAB
	Sólidos Totais	mg/L	5	*2540C	INNOLAB

*LDM – Limite de Detecção do Método

* - APHA-AWWA 21°Ed.

b) Amostras de Sedimento

As análises físico-químicas foram realizadas nos laboratórios da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Para realizar as análises granulométricas todas as amostras foram lavadas três vezes com água destilada para a completa eliminação dos sais. Em seguida, foram colocadas em estufa até estarem completamente secas. Para eliminar as partículas carbonáticas, cada sub-amostra foi tratada com uma solução de ácido clorídrico 1N, até a observação do fim da efervescência. Em seguida, cada sub-amostra foi filtrada e lavada com água destilada em abundância (ao menos cinco vezes), até que todo ácido clorídrico tenha sido eliminado. As sub-amostras foram levadas à estufa e, após estarem completamente secas, foram repesadas. Na determinação da distribuição granulométrica, foi utilizado o equipamento CILAS. Foi utilizada a escala granulométrica de *Udden-Wentworth*.

Após o peneiramento, cada fração granulométrica foi pesada e alguns parâmetros estatísticos de tendência central (média, moda, mediana) e medidas de grau de dispersão ou espalhamento (desvio padrão, assimetria e curtose) foram calculadas, de acordo com as fórmulas propostas por Folk e Ward (1957).

A extração dos hidrocarbonetos a partir dos sedimentos foi baseada no método EPA 3540C, utilizando-se cerca de 15g de sedimentos úmidos, misturados com aproximadamente 40g de sulfato de sódio anidro. Ao sedimento foram adicionados os padrões sub-rogados, a saber: 100ng de p-terfenil-d14 para a fração dos aromáticos e do composto n-C30d para a fração 1 (hidrocarbonetos alifáticos). Procedeu-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 para a fase de fracionamento abaixo descrita.

As frações alifática e aromática foram obtidas por cromatografia líquida em coluna de sílica/alumina (11g de sílica ativada a 160°C e 1g de alumina desativada a 2% em coluna de vidro de 30cm de comprimento com 1,3cm de diâmetro interno). Inicialmente a coluna foi eluída com 55mL de hexano para a obtenção dos hidrocarbonetos saturados (F1). A fração contendo os HPA's foi eluída em seguida com a adição de 50mL de mistura hexano:diclorometano (1:1). Os extratos foram concentrados em evaporador rotatório e fluxo de N₂. Assim concentradas, as amostras foram avolumadas a 1mL e foram adicionados os padrões internos de quantificação.

Na fração F1 foram quantificados os n-alcenos individuais (n-C12 ao n-C34), os isoprenóides (fitano e pristano) e a mistura complexa não resolvida (MCNR). Esta mistura não resolvida é identificada no cromatograma como uma elevação da linha base e é quantificada pela área representada pela elevação da linha base e a posição "normal" da linha base, que por sua vez é obtida pela corrida de solvente puro (n-hexano). A MCNR (Mistura Complexa Não Resolvida) foi considerada como a área retida entre os tempos de retenção 6,5 (logo após a saída do n-C11) e 55 minutos (5 minutos após o tempo de retenção do n-C34 – último n-alceno quantificado).

Os hidrocarbonetos alifáticos foram identificados e quantificados, pelo método de padronização interna, utilizando-se como padrão interno o n-C24d (em concentração igual a 25.000ng/mL) por cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/EM). O método e o equipamento utilizado nesta determinação foram o mesmo que a seguir será descrito para os HPA's. A concentração da MCNR foi obtida com detector de ionização por chama (CG/DIC), segundo o método EPA-8015B.

A identificação dos n-alcenos individuais foi realizada pela injeção de mistura padrão contendo n-alcenos de 12 a 34 átomos de carbono, além dos isoprenóides fitano e pristano. O limite de detecção dos n-alcenos individuais, considerando-se a massa média extraída de cerca de 10g (peso seco) foi de 6ng.g⁻¹. A quantificação do TPH foi através da mistura das frações 1 e 2 e, injetado o extrato resultante nas mesmas condições para os alifáticos. O limite de detecção da

metodologia empregada foi de 30ng.mL^{-1} de extrato, considerando-se a massa total extraída de 10g. Em paralelo às amostras, foi realizado um ensaio em branco. Este não apresentou concentração mensurável de TPH.

A metodologia utilizada para a determinação dos HPA`s, por cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas, seguiu, com algumas modificações, o método EPA-8270D. O equipamento foi calibrado utilizando-se oito soluções (5, 10, 20, 50, 100, 200, 400 e 1.000ng.mL^{-1}) contendo os 16 HPA`s controlados pelo método (naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno(1,2,3-c,d)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(ghi)perileno), 2-metilnaftaleno, 1-metilnaftaleno, dibenzotiofeno, 2,3-dimetilnaftaleno, perileno, benzo(e)pireno e os padrões internos deuterados (naftaleno-d8, acenafteno-d10, fenantreno-d10, criseno-d12 e perileno-d12) em concentração igual a 100ng mL^{-1} .

Os HPA`s alquilados contemplados pelo método são: 1-metil e 2-metilnaftaleno, C2 a C4-naftalenos, C1 a C3-fluorenos, C1 a C4-fenantrenos, C1 a C3-dibenzotiofenos, C1 e C2-pirenos, C1 e C2-crisenos. Devido à dificuldade de obtenção de padrões de HPA`s alquilados, estes foram determinados utilizando-se a curva de calibração do homólogo não alquilado, com a exceção do 1 e 2 metil-naftaleno os quais foram incluídos nas curvas de calibração, e do C2-naftalenos, que foram quantificados pelo 2,3-dimetilnaftaleno.

Limite de quantificação dos HPA`s individuais foi igual a 2ng.mL^{-1} de extrato. O limite de quantificação, para cada composto contemplado pelo método, considerando-se a massa de amostra extraída (cerca de 10g – peso seco) foi $0,2\text{ng.g}^{-1}$ de amostra.

As análises de metais foram determinadas através dos métodos EPA 3050B e 6010B. Foram realizadas duplicatas em 10% das amostras e os resultados obtidos estiveram em conformidade com os critérios de aceitação estabelecidos. O processo analítico foi checado através do material de referência certificado (MCR) para Metais, *COMMUNITY BUREAU OF REFERENCE* (BCR) CRM 143R.

Análises Estatísticas

Inicialmente, foram confeccionadas planilhas eletrônicas contendo todos os dados obtidos nas análises das amostras de sedimento. Estas planilhas foram exportadas para os pacotes estatísticos *STATISTICA 6.0*, *CANOCO 4.5* e *PRIMER 5.0*. As variáveis granulometria, carbonato e carbono orgânico total foram amostradas em estratos de profundidades distintos, a saber: 0-2, 2-5 e 5-10cm. Para a análise espacial dos dados foram utilizadas as medianas dos percentuais de areia, lama, carbonato e carbono orgânico total, e médias das demais variáveis.

A análise dos dados foi separada em duas abordagens: uma univariada e outra multivariada. Na abordagem univariada todas as variáveis foram discutidas individualmente e foram realizados testes de hipóteses para cada uma delas. A distribuição espacial dos dados foi sintetizada espacialmente um mapa de distribuição obtido a partir do pacote de geoprocessamento *ARC GIS 9.0*. O modelo *IDW (Inverse Distance Weighting)* foi utilizado para interpolar os valores de cada variável.

As variáveis com escala em percentual foram consideradas como não ajustadas à uma distribuição normal, e portanto, para estas variáveis foram utilizadas medianas dos percentuais obtidos nas réplicas, bem como testes de hipóteses não-paramétricos. As variáveis com escalas de concentração foram consideradas normais e, portanto, foram utilizadas médias, bem como testes de hipóteses paramétricos.

A abordagem multivariada foi realizada para os dados físico-químicos e de comunidades bentônicas. Para a abordagem multivariada dos dados físico-químicos foi realizada uma análise de componentes principais (ACP) com os dados centralizados e normalizados em função da diferença na escala de medida das variáveis. Esta análise foi realizada visando representar o ambiente físico da região. A ACP foi realizada utilizando o pacote estatístico *CANOCO 4.5*.

II.5.1.4.2.3 – Resultados e Discussão

a) Amostras de Água

A seguir são apresentados os resultados obtidos para as os parâmetros analisados no presente monitoramento. Os **Quadro II.5.1.4.2.3-1 a II.5.1.4.2.3-5** apresentam os resultados obtidos na campanha de amostragem realizada em janeiro de 2008 no Bloco BM-J-1.

Quadro II.5.1.4.2.3-1 - Resultados de temperatura, salinidade, pH, transparência, oxigênio dissolvido e saturação de oxigênio dissolvido obtidos nas amostras de água no Bloco BM-J-1.

Estações de Amostragem	Transparência (m)	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	pH	Salinidade	Saturação de Oxigênio (%)	Turbidez
BM-J-1 (A)	14,00	27,90	6,01	8,26	37,60	95,00	nd
BM-J-1 (B)	19,00	26,95	6,11	8,30	37,59	92,00	nd
BM-J-1 (C)	19,00	26,60	6,08	8,31	37,51	89,30	nd
BM-J-1 (D)	19,00	26,96	6,05	8,32	37,59	92,30	nd
BM-J-1 (E)	19,00	26,97	6,19	8,32	37,52	97,70	nd
Mínimo	14,00	26,60	6,01	8,26	37,51	89,30	-
Máximo	19,00	27,90	6,19	8,32	37,60	97,70	-
Média	18,00	27,08	6,09	8,30	37,56	93,26	-
Desvio Padrão	2,24	0,49	0,07	0,02	0,04	3,20	-

Temperatura

A medição da temperatura é relevante devido à sua importância para regulação dos processos metabólicos dos seres que habitam os ecossistemas marinhos, e também para verificar a ocorrência do fenômeno de estratificação térmica.

O perfil de temperatura dos oceanos pode ser complexo e mudar no espaço e no tempo, sendo tais mudanças causadas pelos fluxos de calor através da interface oceano/atmosfera. Em geral, a temperatura superficial dos oceanos varia com a latitude, com um máximo próximo ao equador (média de 28°C) e um mínimo junto às regiões polares (média de -2°C). Verticalmente, os oceanos podem ser divididos em três zonas de temperatura:

- i) a camada superior, com espessura variando de 50 a 200m, consiste de uma camada d'água bem misturada com temperatura relativamente elevada;
- ii) a camada intermediária, onde existe a presença de uma termoclina permanente;
- iii) a camada mais profunda, ainda com baixas temperaturas, mas com pequenos gradientes verticais (Riley e Chester, 1971; Kennish, 1994).

Com relação à temperatura da área do Bloco BM-J-1, observa-se uma distribuição homogênea dos valores na amostras de água (**Figura II.5.1.4.2.3-1**), onde os dados aqui reportados variaram entre 26,60°C a 27,90°C (**Quadro II.5.1.4.2.3-1**).

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.

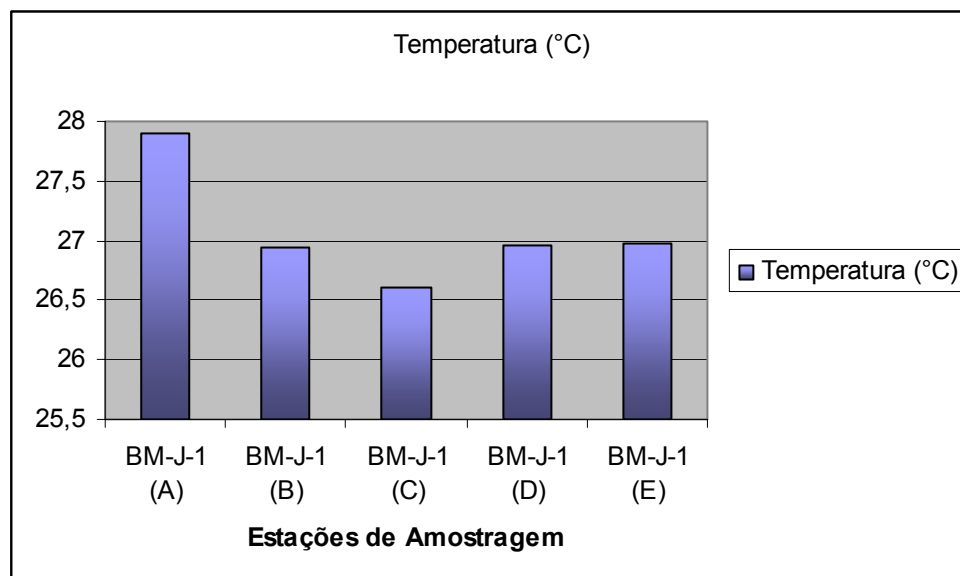


Figura II.5.1.4.2.3-1 - Variação da Temperatura entre as Estações de Amostragem no Bloco BM-J-1.

Salinidade

A salinidade é a expressão das concentrações de sais dissolvidos para cada 1.000 gramas de água. Pereira e Soares-Gomes (2002) afirmam que as principais fontes de sais do mar são: a dissolução de rochas dos continentes e os sais oriundos do magma que se acumularam nos oceanos primitivos. A variação da salinidade em águas superficiais ocorre em função da latitude, que por sua vez esta associada ao balanço entre as taxas de evaporação e precipitação nas diferentes regiões do planeta.

Os resultados obtidos demonstram uma pequena variação de salinidade, com valores entre 37,51 a 37,60ups (**Figura II.5.1.4.2.3-2**). Os 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 34,00 e 37,00. Portanto, a salinidade e temperatura determinadas são típicas da região, onde há predomínio da Corrente do Brasil, com águas relativamente quentes e salinas.

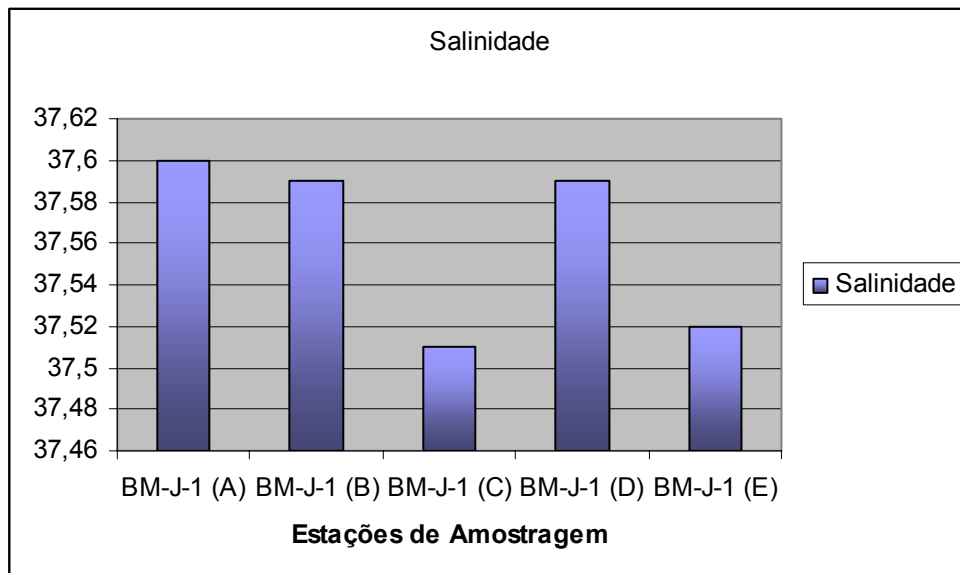


Figura II.5.1.4.2.3-2 - Variação da Salinidade entre as Estações de Amostragem no Bloco BM-J-1.

Potencial de Hidrogenação (pH)

O pH é o parâmetro ambiental que determina a basicidade ou acidez do meio, a partir da dinâmica das concentrações dos íons H^+ e OH^- . As concentrações desses íons são fortemente influenciadas pela presença de sais, bases e ácidos no meio. Alterações extremas neste parâmetro podem gerar mortalidades em massa nos ecossistemas aquáticos, como no caso de acidentes com vazamentos de substâncias químicas e florações de determinadas espécies do fitoplâncton. No meio marinho o pH tende a se manter alcalino, por conta da grande concentração de sais dissolvidos.

Quanto ao pH, as estações avaliadas apresentaram valores entre 8,26 a 8,32 (**Figura II.5.1.4.2.3-3**). O valor obtido ficou bem próximo à média reportada pelo Programa REVIZEE em que o pH ficou numa média de 8,20 para a mesma região, 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).

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 8,20 em área com pouco ou nenhum aporte de água doce. Os resultados obtidos para todas as estações de amostragem estão de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 para as águas salinas de classe 1.

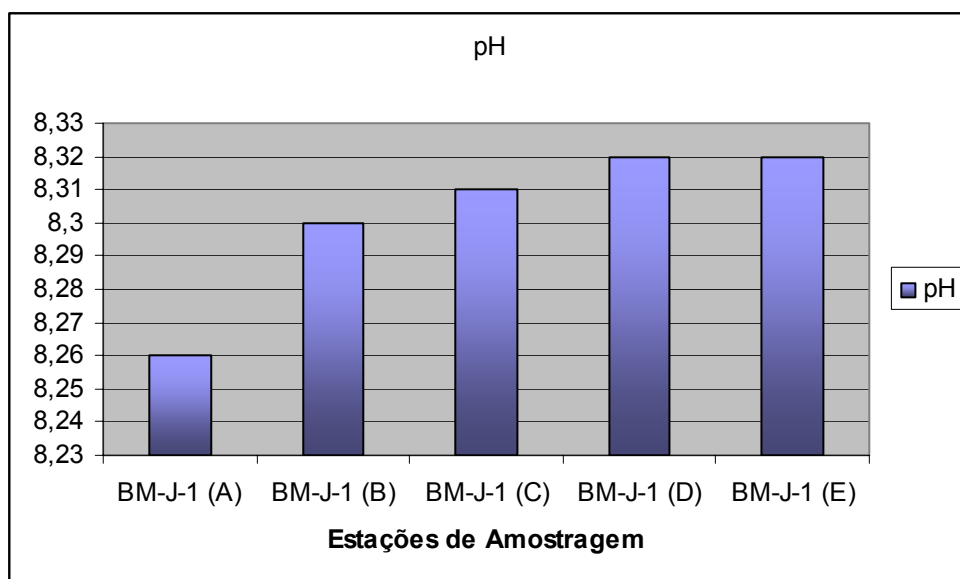


Figura II.5.1.4.2.3-3 - Variação da pH entre as Estações de Amostragem no Bloco BM-J-1.

Transparência

A transparência se refere à profundidade máxima de visualização do Disco de *Secchi*. Este parâmetro está associado a fatores como turbidez, material em suspensão e profundidade.

Os valores da transparência medidos através do disco de *Secchi* mostram uma região com uma camada fótica típica de áreas oligotróficas, chegando a 19,00m de transparência. Contudo, a estação BM-J-1(A) apresentou uma menor transparência em relação às demais estações avaliadas (**Figura II.5.1.4.2.3-4**).

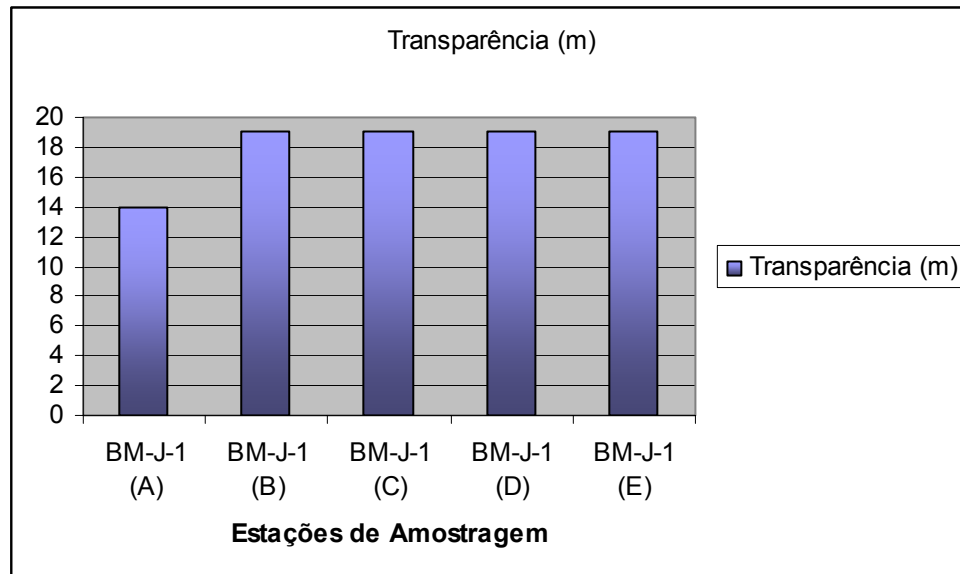


Figura II.5.1.4.2.3-4 - Variação da Transparência entre as Estações de Amostragem no Bloco BM-J-1.

Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio é um dos parâmetros essenciais à sobrevivência dos ecossistemas aquáticos. A solubilidade deste elemento na água do mar é inversamente proporcional à temperatura e à salinidade, principalmente em águas mais rasas. A profundidade e a concentração de partículas suspensas são variáveis que também afetam sensivelmente as taxas de oxigenação da água. A maior parte do oxigênio dissolvido na água é resultante da atividade fotossintética das algas e cianobactérias. A Resolução CONAMA 357/05 estabelece que águas salinas pertencentes à Classe 1 devem apresentar valores de oxigênio dissolvido iguais ou superiores a 6,0mg/L.

As concentrações de OD obtidas para a área do Lead-F2 do Bloco BM-J-1 oscilaram entre 6,01 e 6,19 mg/L estando dentro do padrão estabelecido pela legislação (**Figura II.5.1.4.2.3-5**). O cálculo da saturação de oxigênio aponta para uma situação de equilíbrio com a atmosfera para todas as amostras variando entre 92,00 e 95,00% (**Figura II.5.1.4.2.3-6**).

Os valores de OD apresentados pelo Projeto REVIZEE encontram-se na faixa de 3,30 a 7,30mg/L e Andrade *et al.* (1999) encontraram valores de OD, também em estações localizadas na área abrangida pelo Projeto REVIZEE, que variaram,

em média, entre 4,50 e 5,00mg/L, destacando-se que os menores valores foram determinados em estações mais profundas.

Os dados compilados a partir do BNDO variaram entre 3,09 e 7,97mg/L. Portanto os dados disponíveis para região apontam para valores semelhantes aos aqui reportados.

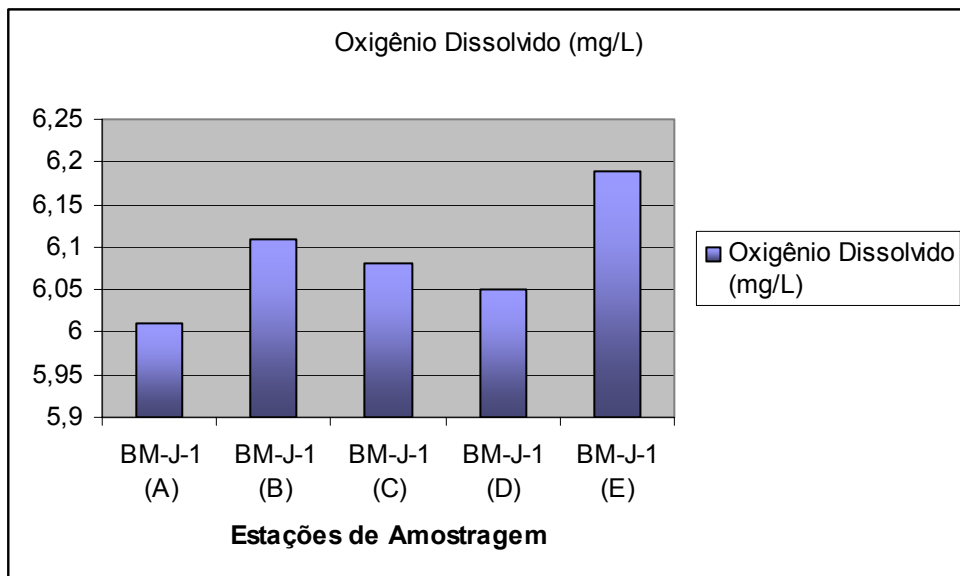


Figura II.5.1.4.2.3-5 - Variação da Oxigênio Dissolvido entre as Estações de Amostragem no Bloco BM-J-1.

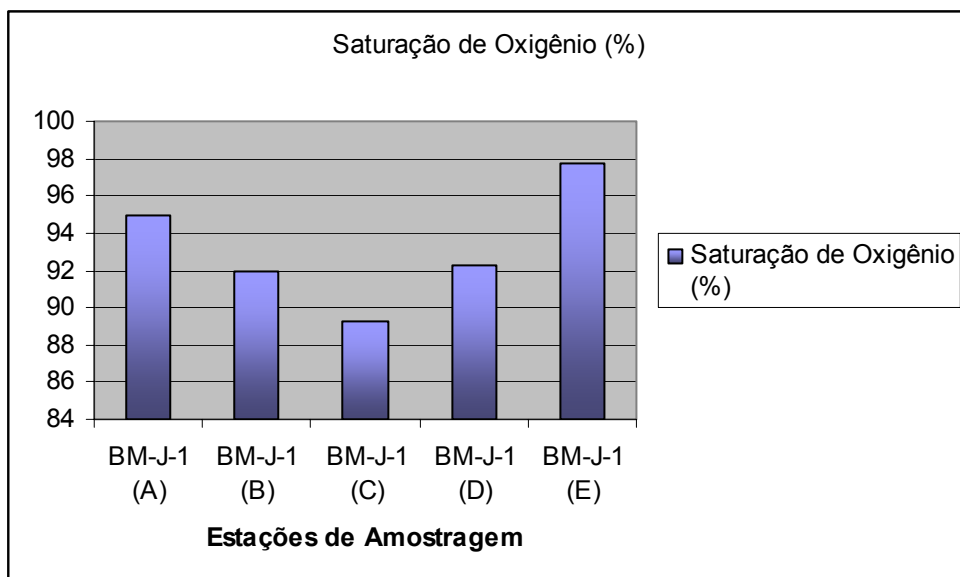


Figura II.5.1.4.2.3-6 - Variação da Saturação de Oxigênio entre as Estações de Amostragem no Bloco BM-J-1.

Turbidez

A medição da turbidez é especialmente importante no contexto da avaliação ambiental do empreendimento proposto, já que este parâmetro poderá sofrer alterações expressivas, em decorrência das atividades propostas. Segundo a APHA/AWWA/WEF (1998), a turbidez é causada por material suspenso e coloidal como argila, silte e lama, material orgânico finamente dividido, plâncton e outros organismos microscópicos.

A Turbidez é a expressão da propriedade óptica que gera o espalhamento ou a absorção da luz incidente na amostra, a qual deixa de ser transmitida, sem que ocorra uma mudança de direção ou fluxo na amostra. Esse parâmetro não foi detectado nas amostras, isso indica um ambiente virtualmente ausente de materiais suspensos na coluna de água. Ou seja, está de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 para águas salinas da classe 1.

Parâmetros Indicadores de Produtividade Primária

Amônia

O nitrogênio amoniacal é o resultado da degradação de proteínas e outras substâncias nitrogenadas. É a fração mais reduzida do nitrogênio no meio aquático, e na presença de oxigênio, tende a ser rapidamente oxidada para a forma mais estável, o nitrato (NO_3).

Segundo Boney (1995), o nitrogênio amoniacal é a forma de nitrogênio mais facilmente assimilada pelo fitoplâncton e por isso é um nutriente essencial para essas comunidades. Por outro lado, este autor afirma que o nitrato é naturalmente mais abundante no ambiente marinho e por isso tende a ser a forma de nitrogênio mais utilizada pelo fitoplâncton, que utiliza a enzima “nitrato redutase” para transformar o nitrato em amônio (NH_4^+).

Esteves (1998) informa que a fração não ionizável do nitrogênio amoniacal (NH_3) é tóxica em ambientes aquáticos. A determinação das concentrações de nitrogênio amoniacal é, portanto, fundamental para estabelecer o estado trófico do

ambiente marinho na área de influência do empreendimento e o potencial tóxico associado à presença de amônia não ionizável no meio.

Os valores de nitrogênio amoniacal foram reduzidos em todas as amostras, uma vez que a maior parte das estações apresentou uma concentração inferior a 0,1mg/L. Desta forma, todos os resultados foram inferiores ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas salinas da Classe 1, que para o nitrogênio amoniacal total que é de 0,40mg/L.

Em tese, os valores reduzidos de nitrogênio amoniacal na água indicam boa qualidade e ilustram um ambiente com baixa concentração de nutrientes dissolvidos (oligotrófico). (**Figura II. 5.1.4.2.3-7**).

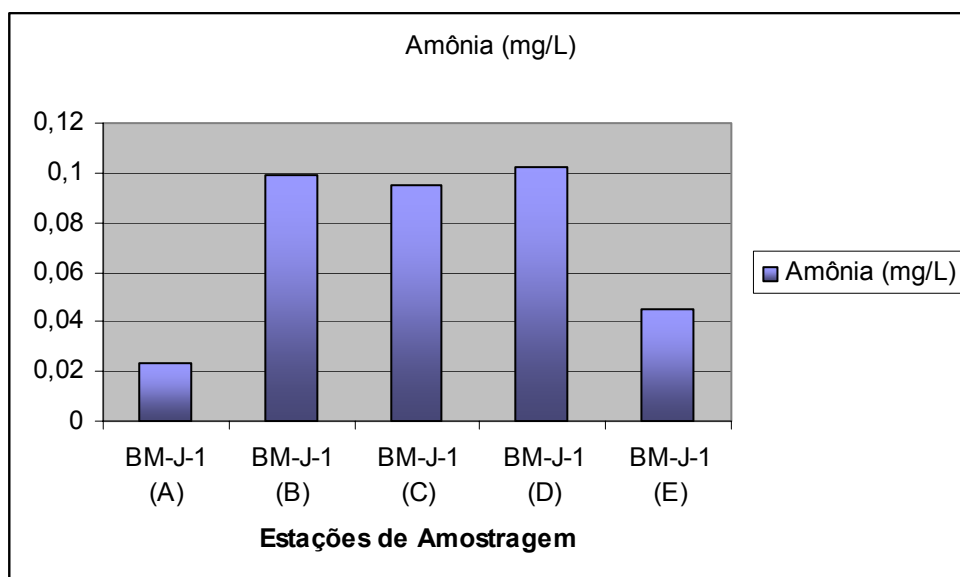


Figura II.5.1.4.2.3-7 - Variação do Nitrogênio Amoniacal entre as Estações de Amostragem no Bloco BM-J-1.

Nitrato

O nitrato é regenerado pelas bactérias a partir da oxidação de formas orgânicas nitrogenadas e participa como principal elemento nutriente para o fitoplâncton. As bactérias heterotróficas presentes no ambiente aquático degradam a matéria orgânica, disponibilizando seus constituintes na forma de nutrientes inorgânicos para serem principalmente utilizados pelo fitoplâncton. No caso do nitrato, a velocidade de disponibilização é menor que a de consumo,

tornando-o desta forma um elemento limitante ao desenvolvimento de algas (NIENCHESKI *et al*, 1999).

Os resultados obtidos para as cinco estações de amostragem variaram entre 0,006 e 0,008mg/L, valores considerados reduzidos para o tipo de ambiente avaliado, de acordo com outros estudos que foram realizados para a mesma região.

Os valores de nitrato obtidos na operação Central III do Projeto REVIZEE apresentaram valores entre não detectáveis (<0,05µM) e 9,67µM, e foram típicos da região do Atlântico em estudos realizados anteriormente (NIENCHESKI *et al*, 1997).

Nitrito

Em relação ao nitrato, as amostras coletadas nos pontos de amostragem na região do Bloco BM-J-1 apresentaram valores abaixo do limite de detecção, este resultado encontra-se dentro do esperado para regiões oceânicas.

Em estudos realizados durante a operação Central III pelo Projeto REVIZEE para a mesma região em estudo, as análises de nitrito apresentaram concentrações que oscilaram entre não detectável <0,02µM e 0,37µM.

Os valores apresentados foram típicos de regiões oceânicas oligotróficas e estiveram de acordo com trabalhos realizados no Atlântico sudoeste (NIENCHESKI *et al*, 1997). As concentrações de nutrientes são extremamente baixas em águas oceânicas e mais elevadas em regiões costeiras, seguindo o ciclo de utilização de nitrogênio pelo fitoplâncton.

Silicato

O Silicato é um parâmetro de grande importância para o desenvolvimento da comunidade fitoplantônica, que utilizam este elemento nutritivo na produção de suas carapaças. Após a morte de tais organismos, as carapaças afundam e se depositam sobre o assoalho marinho. As correntes de fundo que remobilizam o sedimento acabam disponibilizando o silicato para a coluna d'água, retornando assim, ao ciclo.

Em relação ao silicato, as amostras coletadas nas estações de amostragem do Bloco BM-J-1, apresentaram valores variando entre 0,302 a 0,406mg/L. (**Figura II.5.1.4.2.3-8**). As concentrações obtidas para a mesma região realizada pelo Projeto REVIZEE apresentaram concentrações variando entre 0,07 μ M a 21,00 μ M. Os valores mais altos foram observados na superfície.

Os baixos teores obtidos em ambas as operações foram característicos de águas oligotróficas marinhas e estiveram de acordo com Niencheski *et al.* (1999). Em relação à Resolução CONAMA 357/2005 não há limite máximo permissível para esse parâmetro.

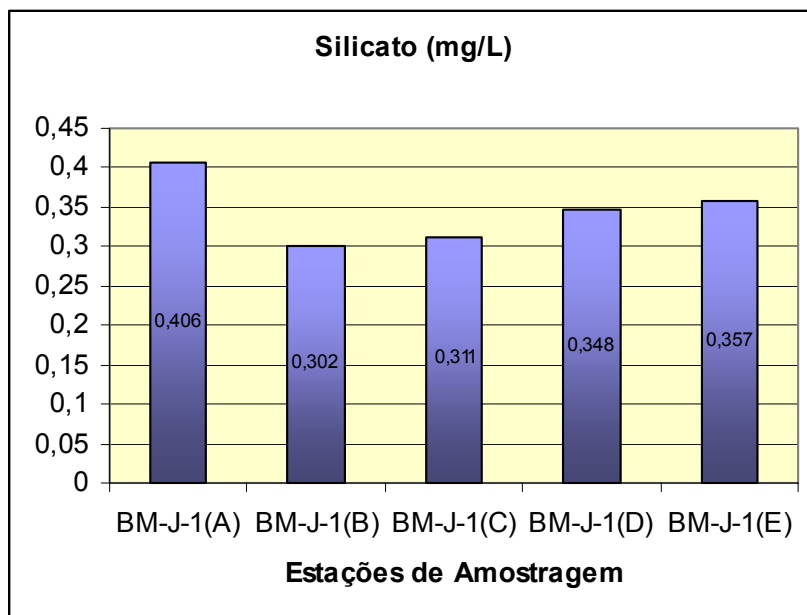


Figura II.5.1.4.2.3-8 - Variação do Silicato entre as Estações de Amostragem no Bloco BM-J-1.

Fosfato Total

As concentrações de fosfato, elemento nutriente limitante da atividade dos organismos fotossintetizantes em água do mar, foram reduzidas, sendo que apenas três pontos de amostragem apresentaram concentrações superiores ao limite de quantificação do método (0,01mg/L), (**Quadro II.5.1.4.2.3-2**).

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 50m 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 1.000m de profundidade.

Quadro II.5.1.4.2.3-2 - Resultados de nitrato, nitrito, amônia, silicato e fosfato obtidos nas amostras de água para a região do Bloco BM-J-1.

Estações de Amostragem	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Amônia (mg/L)	Silicato (mg/L)	Fosfato (mg/L)
BM-J-1 (A)	0,007	Nd	0,023	0,406	nd
BM-J-1 (B)	0,008	Nd	0,099	0,302	0,02
BM-J-1 (C)	0,006	Nd	0,095	0,311	0,02
BM-J-1 (D)	0,008	Nd	0,102	0,348	0,02
BM-J-1 (E)	0,008	Nd	0,045	0,357	0,02
Mínimo	0,006	-	0,023	0,302	0,02
Máximo	0,008	-	0,102	0,406	0,02
Média	0,01	-	0,073	0,345	0,02
Desvio Padrão	0,00	-	0,036	0,041	0,00

Carbono Orgânico Dissolvido (COD) e Carbono Orgânico Particulado (COP)

Os valores obtidos nas amostras de água para COD variaram de 7,00 a 12,00 mg/L. Observa-se 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 4,35mg/L, portanto, os resultados apresentados foram superiores aos de outros estudos realizados na mesma área. Cabe mencionar que as concentrações de COD são pouco usuais em ambiente oligotrófico.

Ao contrário dos dados de COD, os de COP variaram entre 3,00 a 7,00mg/L. Estes valores são coerentes com o tipo de massa d'água presente na região, bem como com os baixos valores determinados de clorofila a (**Figura II. 5.1.4.2.3-9**).

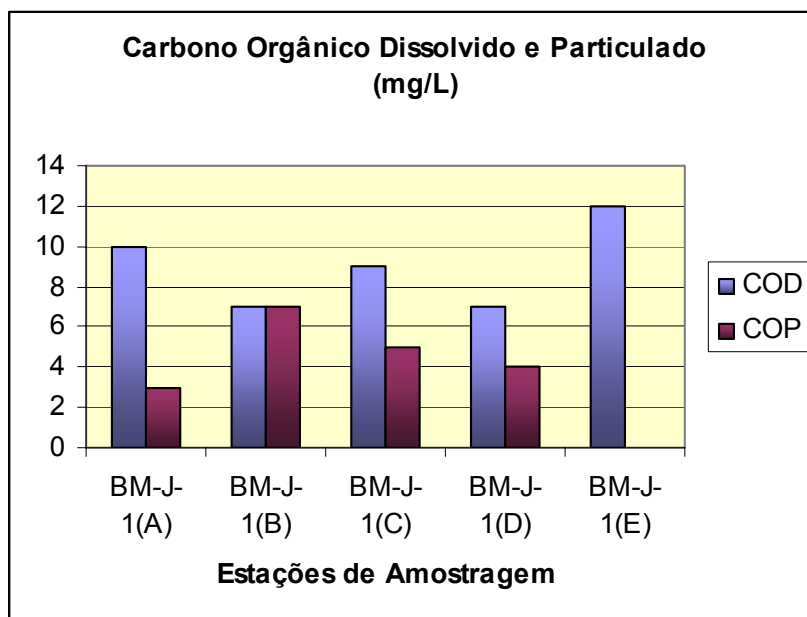


Figura II.5.1.4.2.3-9 - Variação do Carbono Orgânico Dissolvido e Particulado entre as Estações de Amostragem no Bloco BM-J-1.

Carbono Orgânico Total

O carbono orgânico é um dos principais constituintes das moléculas orgânicas. A sua disponibilidade no ambiente aquático é fundamental para assegurar que possam ser sintetizadas proteínas, aminoácidos e outras moléculas orgânicas essenciais para a vida. O carbono orgânico é também produzido na respiração dos organismos e na decomposição da matéria orgânica. Na água, o carbono é reciclado, sendo re-absorvido no processo de fotossíntese e re-assimilado na matriz orgânica de plantas e organismos aquáticos.

O carbono orgânico total (COT) é composto por uma variedade de componentes orgânicos em vários estados de oxidação. Alguns desses componentes orgânicos podem ser oxidados por processos químicos ou biológicos, como na demanda bioquímica de oxigênio (DBO), o carbono orgânico assimilável (COA) e na demanda química de oxigênio (DQO). No Brasil, a Resolução CONAMA 357/05 estabeleceu o limite de 3,0mg/L de COT para as águas salinas da Classe 1.

Foram detectadas concentrações elevadas de carbono em toda a massa d'água avaliada, apresentando uma oscilação de 11,0mg/L (BM-J-1(D)) a 14,00

mg/L (BM-J-1(B) e (C)). Em nenhuma das amostras analisadas as concentrações de COT foram inferiores a 3,0mg/L (**Figura II. 5.1.4.2.3-10**). As boas condições de mistura do ambiente favorecem a erosão deste substrato e a dissolução do carbono na água. A análise dos dados em perfil mostra padrões heterogêneos entre as estações avaliadas.

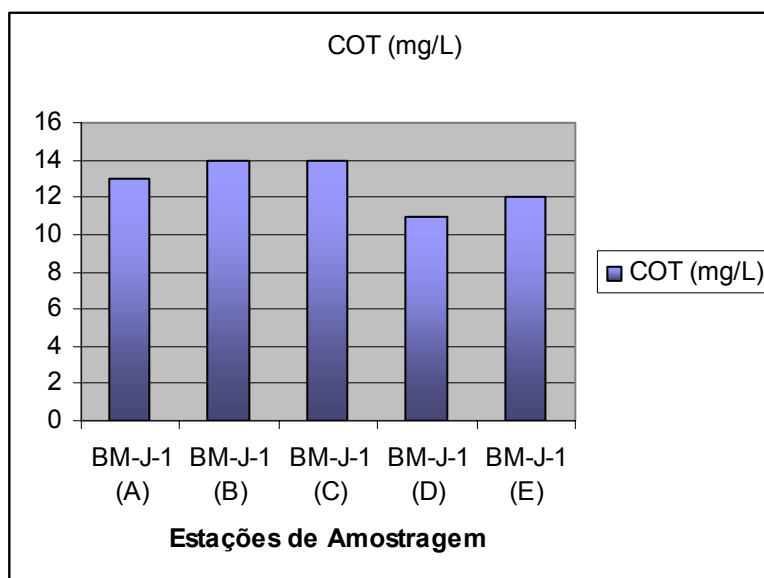


Figura II. 5.1.4.2.3-10 - Variação do Carbono Orgânico Total entre as Estações de Amostragem no Bloco BM-J-1.

Clorofila a

A clorofila *a* que é um indicador da biomassa fitoplanctônica, no presente estudo apresentou valores reduzidos, contudo, acima do limite da metodologia que é de 0,04µg/L **Quadro II.5.1.4.2.3-3**). Os valores obtidos para clorofila *a* na região do Bloco BM-J-1 foram de 0,16µg/L para todas as estações de amostragem. Estas baixas concentrações representam um ambiente extremamente oligotrófico. Andrade *et al.* (1999) encontraram valores de clorofila para a região um pouco mais elevados, oscilando entre 0,5 e 2,5µg/L, onde os maiores valores foram determinados na costa do Espírito Santo.

Sulfeto

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 (0,001mg/L). As 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.

Quadro II.5.1.4.2.3-3 - Resultados obtidos de clorofila a, carbono orgânico dissolvido (COD), Carbono orgânico particulado (COP), carbono orgânico total (COT) e sulfetos para as amostras de água no Bloco BM-J-1.

Estações de Amostragem	Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	COD (mg/L)	COP (mg/L)	COT (mg/L)	Sulfeto (mg/L)
BM-J-1 (A)	0,16	10,00	3,00	13,00	ND
BM-J-1 (B)	0,16	7,00	7,00	14,00	ND
BM-J-1 (C)	0,16	9,00	5,00	14,00	ND
BM-J-1 (D)	0,16	7,00	4,00	11,00	ND
BM-J-1 (E)	0,16	12,00	ND	12,00	ND
Mínimo	0,16	7,00	3,00	11,00	-
Máximo	0,16	12,00	7,00	14,00	-
Média	0,16	9,00	4,75	12,80	-
Desvio Padrão	0	2,12	1,71	1,30	-

* - ND – Não detectado.

No **Quadro II.5.1.4.2.3-4**, encontram-se listados os valores obtidos para sólidos dissolvidos, sólidos suspensos e sólidos totais, 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 sólidos dissolvidos variaram entre 44.152 e 45.958mg/L, os valores determinados podem ser considerados elevados considerando a distância da costa, de cerca de 30km. Os resultados dos Sólidos em Suspensão

nas amostras coletadas foram 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 134,00mg L⁻¹.

Estes resultados somados aos baixos valores de clorofila a e COP, sugerem que 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, registraram valores de 15 a 35mg L⁻¹ na costa baiana (ANDRADE *et al.*, 1999).

Quadro II.5.1.4.2.3-4 - Resultados obtidos para os sólidos dissolvidos, sólidos suspensos e sólidos totais para as amostras de água no Bloco BM-J-1.

Estações de Amostragem	Sólidos Dissolvidos (mg/L)	Sólidos em Suspensão (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)
BM-J-1 (A)	45498,00	158,00	45950,00
BM-J-1 (B)	45938,00	119,00	46170,00
BM-J-1 (C)	44358,00	ND*	45140,00
BM-J-1 (D)	44152,00	116,00	44500,00
BM-J-1 (E)	45958,00	143,00	46320,00
Mínimo	44152,00	116,00	44500,00
Máximo	45958,00	158,00	46320,00
Média	45180,80	134,00	45616,00
Desvio Padrão	867,96	20,05	772,35

* - ND – Não detectado.

O conjunto de sais dissolvidos na água (cloretos, bicarbonatos, sulfatos e outros em menor proporção) resulta no conjunto dos sólidos dissolvidos totais na água. Eles podem conferir sabor salino à água e propriedades laxativas. O teor de cloretos é um indicador de poluição das águas naturais por esgotos domésticos. O limite máximo de cloretos em águas para consumo humano não deve ultrapassar os 200mg/l (200ppm). O íon sulfato possui propriedades laxativas maior do que a dos outros sais; o sulfato associado ao cálcio, promove dureza permanente, sendo também indicador de poluição por decomposição da matéria orgânica, no ciclo do enxofre. Numerosas águas residuárias industriais, como as provenientes de curtumes, fábricas de celulose, papel e tecelagem, lançam sulfatos nos corpos

receptores. Recomenda-se que o teor de sólidos dissolvidos totais seja menor que 500mg/l, com um limite máximo aceitável de 1000 mg/l.

Fenóis

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 atua 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 mg/L), e não representam, portanto, risco à biota local.

Hidrocarbonetos Totais de Petróleo

Os hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) não nos fornecem a origem da contaminação e sim é mais uma ferramenta (em conjunto com os HPA's) para uma avaliação preliminar da contaminação do ambiente. O **Quadro II.5.1.4.2.3-5** apresenta os resultados para fenóis e HTP para as amostras de água obtidas no Bloco BM-J-1. De acordo com os resultados obtidos não foi observada uma contaminação expressiva da região estudada.

Quadro II.5.1.4.2.3-5 - Resultados obtidos de Fenóis e Hidrocarbonetos totais de Petróleo para as amostras de água no Bloco BM-J-1.

Estações de Amostragem	Fenóis (mg/L)	HTP (mg/L)
BM-J-1 (A)	ND	ND
BM-J-1 (B)	ND	ND
BM-J-1 (C)	ND	ND
BM-J-1 (D)	ND	ND
BM-J-1 (E)	ND	ND
Mínimo	-	-
Máximo	-	-
Média	-	-
Desvio Padrão	-	-

* - ND – Não detectado

O **Quadro II. 5.1.4.2.3-6**, 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.5.1.4.2.3-6 - Comparação dos dados obtidos de HTP 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> , 2006
Litoral Sul da Bahia	0,11-2,73	Queiroz Galvão, 2006

HPA's

Com relação aos HPA's, as concentrações em água são relativamente baixas. Segundo Knap *et al.* (1986) concentrações de HPA's totais acima de $1\mu\text{g L}^{-1}$, seriam características de regiões marinhas afetadas por óleo. De acordo com os resultados apresentados no **Quadro II.5.1.4.2.3-7**, todas as amostras apresentaram valores inferiores a este patamar, o que significa que as águas não se encontravam contaminadas por esta classe de compostos.

Quadro II.5.1.4.2.3-7 - Resultados obtidos de HPA's para as amostras de água no Bloco BM-J-1.

HPAs	BM-J-1(A)	BM-J-1(B)	BM-J-1(C)	BM-J-1(D)	BM-J-1(E)
Naftaleno	ND	ND	ND	ND	ND
Acenaftaleno	ND	ND	ND	ND	ND
Fluoreno	ND	ND	ND	ND	ND
Fenantreno	ND	ND	ND	ND	ND
Antraceno	ND	ND	ND	ND	ND
Fluoranteno	ND	ND	ND	ND	ND
Pireno	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo(a)antraceno	ND	ND	ND	ND	ND
Criseno	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo(b)fluoranteno	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo(k)fluoranteno	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo(a)pireno	ND	ND	ND	ND	ND
Indeno(123-cd)pireno	ND	ND	ND	ND	ND
Dibenzo(a,h)antraceno	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo(ghi)perileno	ND	ND	ND	ND	ND

* - ND – Não detectado

Para fins de comparação, o **Quadro II. 5.1.4.2.3-8** apresenta concentrações de HPA's 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.5.1.4.2.3-8 - Estudos de levantamento de dados de HPA's em águas da costa brasileiras e do mundo.

Local	Faixa de Concentração (P 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 et al, 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	Queiroz Galvão, 2006

BTEX

O principal problema relacionado liberação de combustíveis através do derramamento de tanques de armazenamento subterrâneos em aquíferos reside na dissolução na água subterrânea dos hidrocarbonetos mono aromáticos, denominados de BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno, e xilenos).

A biodegradação dos BTEX em ambientes de superfície está integralmente relacionada à biodegradação do etanol sendo necessário o desenvolvimento de metodologias de remediação que considerem as características da mistura gasolina/etanol.

Os resultados preliminares indicam que o nitrato é o principal receptor de elétrons utilizado na biodegradação do etanol. O aumento na massa dos BTEX indica que a taxa de migração destes compostos na água subterrânea ainda é maior que a taxa de biodegradação.

Em relação às estações de amostragem na região do Bloco BM-J-1 é possível afirmar que este ambiente está isento de compostos BTEX, pois não foi detectada nas análises a presença destes compostos (**Quadro II.5.1.4.2.3-9**).

Quadro II.5.1.4.2.3-9 - Resultados obtidos de BTEX para as amostras de água no Bloco BM-J-1.

BTEX	BM-J-1(A)	BM-J-1(B)	BM-J-1(C)	BM-J-1(D)	BM-J-1(E)
Benzeno	ND	ND	ND	ND	ND
Tolueno	ND	ND	ND	ND	ND
Etilbenzeno	ND	ND	ND	ND	ND
m,p-Xilenos	ND	ND	ND	ND	ND
o-Xileno	ND	ND	ND	ND	ND

* - ND- Não detectado

***N*-alcanos**

Os *n*-alcanos são compostos que podem ser sintetizados tanto por organismos terrestres como marinhos e são constituintes do petróleo (NISHIGIMA *et al.*, 2001; BÍCEGO, 1988). Os principais componentes do petróleo são os hidrocarbonetos saturados, os hidrocarbonetos aromáticos, as resinas e os asfaltenos. Os hidrocarbonetos saturados são usualmente o maior grupo e estão classificados em *n*-alcanos (*n*-parafinas), isoalcanos (isoparafinas) e cicloalcanos (naftênicos), sendo estes últimos os principais constituintes do petróleo (MELLO *et al.*, 1984).

O estudo de *n*-alcanos tem sido freqüentemente realizado com a finalidade de se avaliar a contribuição natural de hidrocarbonetos para o ambiente marinho. As principais fontes biológicas destes compostos são: plantas terrestres, fitoplâncton, animais, bactérias, macroalgas e microalgas (WANG *et al.*, 1999). A existência de uma predominância na introdução de *n*-alcanos de origem biológica pode ser evidenciada por uma maior concentração de compostos com número de cadeias ímpares de carbono.

Estes aportes de origem biogênica produzem tipicamente dois grupos de alcanos ímpares: os alcanos de menor número de carbonos provenientes de macro e microalgas (*n*-C₁₇ com usualmente menor quantidade de *n*-C₁₅, *n*-C₁₉ ou *n*-C₂₁) e os alcanos com maior número de carbonos provenientes de plantas superiores vasculares terrestres (alcanos ímpares de *n*-C₂₃ a *n*-C₃₃, com um máximo em *n*-C₂₇, *n*-C₂₉ ou *n*-C₃₁).

Assim, a predominância de alcanos ímpares pode prover uma valiosa indicação de aportes biogênicos. Já no petróleo, não existe uma predominância de determinados *n*-alcanos, ímpares ou pares. Dependendo do tipo do óleo, pode haver variação na composição do mesmo, com cadeias normais saturadas de até 40 carbonos ou mais (NRC, 1985).

Na área do Bloco BM-J-1 todas os resultados obtidos foram iguais ou inferiores ao limite de detecção do método de 1ug/L.

Mistura Complexa Não Resolvida (MCNR)

A MCNR é uma mistura estruturalmente complexa de muitos isômeros e homólogos de hidrocarbonetos ramificados e cíclicos que não podem ser resolvidos pela coluna capilar do cromatógrafo gasoso. Porém, usando técnicas de degradação química têm sido mostrados que a MCNR consiste primariamente de cadeias de carbono lineares unidas em pontos ramificados, as quais resultam em moléculas em formato de “T” (GOUGH e ROWLAND, 1990). Como estas moléculas são resistentes à biodegradação e acumulam nos sedimentos, a presença da MCNR nos cromatogramas é indício de contaminação crônica por petróleo. Alternativamente, a importância relativa da MCNR expressa como a razão dos compostos não resolvidos sobre os compostos resolvidos (MCNR/CR) é comumente usada como critério diagnóstico de aportes de contaminantes.

Em geral, as variações nas concentrações de *n*-alcanos acompanharam as dos hidrocarbonetos alifáticos totais indicando fontes semelhantes e uma uniformidade nos mecanismos de dispersão para os *n*-alcanos e a MCNR. Como é possível observar no **Quadro II.5.1.4.2.3-10** em nenhuma das amostras avaliadas estes parâmetros foram detectados.

Quadro II. 5.1.4.2.3-10 - Resultados obtidos de n-alcenos e MCNR para as amostras de água no Bloco BM-J-1.

n-Alcanos C8-C40	BM-J-1(A)	BM-J-1(B)	BM-J-1(C)	BM-J-1(D)	BM-J-1(E)
n-C8	ND	ND	ND	ND	ND
n-C9	ND	ND	ND	ND	ND
n-C10	ND	ND	ND	ND	ND
n-C11	ND	ND	ND	ND	ND
n-C12	ND	ND	ND	ND	ND
n-C13	ND	ND	ND	ND	ND
n-C14	ND	ND	ND	ND	ND
n-C15	ND	ND	ND	ND	ND
n-C16	ND	ND	ND	ND	ND
n-C17	ND	ND	ND	ND	ND
n-C18	ND	ND	ND	ND	ND
n-C19	ND	ND	ND	ND	ND
n-C20	ND	ND	ND	ND	ND
n-C21	ND	ND	ND	ND	ND
n-C22	ND	ND	ND	ND	ND
n-C23	ND	ND	ND	ND	ND
n-C24	ND	ND	ND	ND	ND
n-C25	ND	ND	ND	ND	ND
n-C26	ND	ND	ND	ND	ND
n-C27	ND	ND	ND	ND	ND
n-C28	ND	ND	ND	ND	ND
n-C29	ND	ND	ND	ND	ND
n-C30	ND	ND	ND	ND	ND
n-C31	ND	ND	ND	ND	ND
n-C32	ND	ND	ND	ND	ND
n-C33	ND	ND	ND	ND	ND
n-C34	ND	ND	ND	ND	ND
n-C35	ND	ND	ND	ND	ND
n-C36	ND	ND	ND	ND	ND
n-C37	ND	ND	ND	ND	ND
n-C38	ND	ND	ND	ND	ND
n-C39	ND	ND	ND	ND	ND
n-C40	ND	ND	ND	ND	ND
MCNR	ND	ND	ND	ND	ND

ND – Não detectado

Razão C:N:P

A razão molar entre o carbono e o nitrogênio presentes no material particulado 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 material particulado, uma vez que ela irá ditar, juntamente com outros poucos fatores, a distribuição de poluentes orgânicos. Quanto maior a concentração de COT em uma amostra de água, maior a tendência ao acúmulo de poluentes.

O **Quadro II.5.1.4.2.3-11** apresenta os resultados obtidos da Razão C:N:P para as amostras obtidas no Bloco BM-J-1.

Quadro II.5.1.4.2.3-11 - Resultados obtidos da Razão C:N:P para as amostras de água na região do Bloco BM-J-1.

Estações de Amostragem	NT	COT	PT	C/N	C/P
	(mg/L)		(mg/L)	molar	molar
BM-J-1(A)	0,030	13,00	nd	505	nd
BM-J-1(B)	0,107	14,00	0,0065	153	5542
BM-J-1(C)	0,101	14,00	0,0065	162	5542
BM-J-1(D)	0,110	11,00	0,0065	117	4354
BM-J-1(E)	0,053	12,00	0,0065	264	4750
Mínimo	0,030	11,00	0,0065	117	4354
Máximo	0,110	14,00	0,0065	505	5542
Média	0,080	12,80	0,0065	240	5047
Desvio-Padrão	0,036	1,30	0,0000	158	594

Carbono Orgânico Total (COT), Nitrogênio Total (NT, ambos em mg/L), e Fósforo Total (PT, todos expressos em mg/L) e razões molares (C/N e C/P) para as amostras de água.

As razões C/N (entre 117 e 505) e a C/P (entre 4354 e 5542) indicam a presença de material orgânico provavelmente originário do fitoplâncton que preserva valor nutritivo para a população bentônica local.

b) Amostras de Sedimento

Como mencionado anteriormente, a caracterização do sedimento na área de influencia da atividade de perfuração do Lead F2 no Bloco BM-J-1 foi realizada a través de campanhas de pré-perfuração em regiões representativas da plataforma continental e início do talude, avaliadas para os Blocos BM-CAL5 e 6, assim como dados obtidos em área próxima ao Bloco BM-J-1.

Granulometria

A importância da granulometria para a caracterização das comunidades bentônicas é bastante referenciada na bibliografia. Segundo Soares Gomes *et al*, (2002) como os fundos não consolidados são substratos formados por partículas móveis, cujas escalas de tamanhos são menores ou da mesma ordem que os organismos que nele vivem, sua relação com a fauna é obviamente muito íntima. Esta influência se dá na capacidade de escavação da fauna mais vágil, na fixação de organismos sésseis, na oxigenação dos espaços intersticiais do sedimento, no

acúmulo de alimento, na criação de micro habitat, dentre outros. Caracterizar o tipo de sedimento, principalmente no que concerne ao tamanho de suas partículas, é fundamental para a caracterização abiótica dos ambientes.

Os **Quadros II.5.1.4.2.3-12, II.5.1.4.2.3-13 e II.5.1.4.2.3-14** apresentam as medianas dos resultados obtidos nas análises granulométricas das amostras de sedimento obtidos nas 3 campanhas de amostragem, sendo denominadas a partir deste ponto de Zona 1, Zona 2 e Zona 3.

Quadro II.5.1.4.2.3-12 - Medianas dos resultados obtidos nas análises granulométricas das amostras de sedimento da Zona 1 situada na Bacia Camamu/Almada e estações controle.

Estação	Cascalho	Areia	Lama	AMG	AG	AM	AF	AMF	SMG	SG	SM	SF	SMF
200 P1 A	0	49,4	50,6	0	0	3,2	30,8	16,7	8,5	11,2	12,2	9,4	5,1
200 P1 B	0	38,2	61,8	0	0	2,6	21,9	13,7	9,2	13,9	15	11,7	6,5
200 P1 C	0	45,9	54,1	0	0	8,1	21,2	16,6	10,8	11,9	11,8	8,3	4,8
200 P2 A	0	18,4	81,6	0	0	1,2	7,9	12,2	13,3	19,9	20,5	12,8	6,2
200 P2 B	0	56	44	0	0	7,2	31,5	13,9	8,3	10,8	10,3	7,1	3,7
200 P3 A	0	50,6	49,4	0	0	6,6	28,7	16	6,7	12,4	11,7	8,5	4
200 P3 B	0	68,1	31,9	0	0	11,4	37,7	18,9	6,9	6,3	6,5	4,9	3,2
200 P3 C	0	7,1	92,9	0	0	0	0,8	6,4	13,4	28,8	25,5	14,8	6,8
200 P4 A	0	47,8	52,2	0	0	6,1	30,9	12,9	8,6	13,9	13,8	9	4,2
200 P4 B	0	24,2	75,8	0	0	2,1	9,7	14,3	9,7	15,6	18,8	14,8	7
200 P4 C	0	0	100	0	0	0	0	0	0,7	19,2	27,1	23	12,6
500 P1 A	0	20,5	79,5	0	0	0,3	8,9	9,4	11,6	17,2	19,2	16,1	8,9
500 P1 B	0	15,2	84,8	0	0	0	3,2	12	12,1	18,7	22,1	17,1	8,7
500 P1 C	0	49,5	50,5	0	0	7,3	22,9	19,9	11,1	11,7	10,5	7,2	4,3
500 P2 A	0	46,2	53,8	0	0	4	22,6	15,3	7,1	11,1	11,8	8,5	5
500 P2 B	0	8,5	91,5	0	0	0	0	8,5	14,2	19,2	15,7	10,7	6,1
500 P2 C	0	8,5	91,5	0	0	0	0	8,5	30,7	26,6	14,4	9,6	5,5
500 P4 A	0	8,5	91,5	0	0	0	0	8,5	27,5	26,5	15,9	10,5	5,7
500 P4 B	0	8,5	91,5	0	0	0	0	8,5	30,7	26,6	14,4	9,6	5,5
500 P4 C	0	8,5	91,5	0	0	0	0	8,5	30,7	26,6	14,4	9,6	5,5
2000 P1 B	0	0,7	99,3	0	0	0	0	0,7	5,3	16,1	27	26,6	12,5
2000 P2 A	0	10,7	89,3	0	0	0	0,8	9,9	13,3	26,2	22,5	14,9	6,5
2000 P3 A	0	66,7	33,3	0	0	15,5	36,1	13	7,6	7,3	6,1	5	3,5
2000 P3 B	0	24,2	75,8	0	0	0,4	14	6,6	17,8	22,4	16,8	10,7	5,5
2000 P3 C	0	71,2	28,8	0	0	17,6	45,4	17,1	5,6	6,6	6,1	4,6	2,7
2000 P4 A	0	30,1	69,9	0	0	5,8	10,7	14,9	15	16,5	14,9	9,9	5,6
2000 P4 B	0	20,9	79,1	0	0	0	5,3	13	13,2	18,8	20,2	15,4	8
2000 P4 C	0	40	60	0	0	12,5	12,7	12,3	13,6	18,4	18,7	8,8	5,8
Controle P1 A	0	15	85	0	0	0	2	13	11,6	15,6	22,5	9,9	2,1
Controle P1 B	0	12,6	87,4	0	0	0	1,5	8,9	11,9	18,2	20,5	16,9	8,1
Controle P1 C	0	7,1	92,9	0	0	0	0	7	11,4	23,3	25,8	18	8,5
Controle P2 A	0	0	100	0	0	0	0	0	0,3	17,4	34,8	26,8	11
Controle P2 B	0	9	91	0	0	0	0,2	8,8	10,5	18,2	25,8	16,8	7,5
Controle P2 C	0	0	100	0	0	0	0	0	0,7	19,2	30	24,3	12,6

AMG = Areia Muito Grossa

AG = Areia Grossa

AM = Areia Média

AF = Areia Fina

AMF = Areia Muito Fina

SMG = Silte Muito Grosso

SG = Silte Grosso

SM = Silte Médio

SF = Silte Fino

SMF = Silte Muito Fino

Quadro II.5.1.4.2.3-13 - Medianas dos resultados obtidos nas análises granulométricas das amostras de sedimento da Zona 2 situada na Bacia Camamu/Almada e estações controle.

Estação	Cascalho	Areia	Lama	AMG	AG	AM	AF	AMF	SMG	SG	SM	SF	SMF	A
200 P1A	0	3,6	96,4	0	0	0	0	3,6	12,6	16,9	26	21,3	11,5	8,9
200 P1B	0	6,1	93,9	0	0	0	0	6,1	15	14,9	20,2	19,5	11,7	14,8
200 P1C	0	1,4	98,6	0	0	0	0	1,4	8,9	9,1	21,5	28,8	14,5	14,4
200 P2A	0	5,6	94,4	0	0	0	0	5,6	13,6	13,1	19,5	23,2	13,7	13,3
200 P2B	0	8,7	91,3	0	0	0	0	8,7	16,9	15,6	16,8	16,2	11,9	13,3
200 P2C	0	2,4	97,6	0	0	0	0	2,4	13,5	16,4	23,1	21,2	12,8	11,4
200 P3A	0	0,3	99,7	0	0	0	0	0,3	8,1	10,9	23,2	26,2	14,1	16,4
200 P3B	0	0,4	99,6	0	0	0	0	0,4	15,5	15,7	19,1	18	12,5	17,1
200 P3C	0	0,0	100,0	0	0	0	0	0	0,3	16,4	31,3	25,7	12,2	11,2
200 P4A	0	0,3	99,7	0	0	0	0	0,3	9,4	12,9	23,4	23,1	14,5	18,4
200 P4B	0	2,5	97,5	0	0	0	0	2,5	12,4	13,8	20	23,4	14,5	15
200 P4C	0	0,3	99,7	0	0	0	0	0,3	8,8	12,8	24	23	14,2	14,6
500 P1A	0	8,7	91,3	0	0	0	0	8,7	15,4	14,6	18,9	18,5	11,6	11,7
500 P1B	0	8,4	91,6	0	0	0	0	8,4	14,3	13,3	20	20,2	12,5	11,3
500 P1C	0	16,4	83,6	0	0	0	1,2	15,3	15,4	13,2	16,4	16,5	10,8	11,1
500 P2A	0	2,3	97,7	0	0	0	0	2,3	12	15,5	21,5	22,4	11,9	12,3
500 P2B	0	1,0	99,0	0	0	0	0	1	8,1	9,3	21	27,1	15,6	17,2
500 P2C	0	7,6	92,4	0	0	0	0,1	7,6	13,9	13,8	16,5	20,3	13,2	15,6
500 P3A	0	5,4	94,6	0	0	0	0	5,4	14	14,2	15,9	17,9	14,4	18,3
500 P3B	0	0,2	99,8	0	0	0	0	0,2	7	11,6	21,5	25,9	14,8	16,5
500 P3C	0	1,2	98,8	0	0	0	0	1,2	9,2	11,5	22,7	24,6	13,7	16,2
500 P4A	0	2,1	97,9	0	0	0	0	2,1	11,4	18,7	26,5	21,3	11,8	9,4
500 P4B	0	4,4	95,6	0	0	0	0	4,4	12,7	15,8	23,7	21,8	12,6	9,8
500 P4C	0	5,4	94,6	0	0	0	0	5,4	11,7	15,1	24,7	20,8	12,2	8,8
2000 P1A	0	19,1	80,9	0	0	0,2	4,2	14,9	15	22	15,5	12,3	7,3	6,9
2000 P1B	0	13,5	86,5	0	0	0	0,8	12,7	14,6	15,5	18,7	17	10,3	9,6
2000 P1C	0	31,9	68,1	0	0	0,4	10,4	21,1	11,5	11,4	11,5	11,3	8,7	10,8
2000 P2A	0	1,2	98,8	0	0	0	0	1,2	9,2	11,1	20,3	25,1	13,1	17,7
2000 P2B	0	3,0	97,0	0	0	0	0	3	12,8	13,3	19	23,3	14,4	14,6
2000 P2C	0	1,5	98,5	0	0	0	0	1,5	15,2	13,1	18,1	22,5	12,6	14,8
2000 P3A	0	0,2	99,8	0	0	0	0	0,2	5,8	11,2	28,8	26,6	14,4	13,4
2000 P3B	0	0,2	99,8	0	0	0	0	0,2	7,3	13	23,2	26,4	14,1	14,3
2000 P3C	0	0,2	99,8	0	0	0	0	0,2	7,3	11,1	19,3	25,4	14,5	18
2000 P4A	0	0,3	99,7	0	0	0	0	0,3	7,4	15,2	26,6	25,4	13,3	14,6
2000 P4B	0	1,8	98,2	0	0	0	0	1,8	11,4	14,6	24,7	21,5	13,5	13,6
2000 P4C	0	0,2	99,8	0	0	0	0	0,2	7,4	10,5	21,2	26,5	15,6	18,5
Controle P1A	0	0,2	99,8	0	0	0	0	0,2	6	15,5	24,8	25,2	12,4	15,5
Controle P1B	0	4,0	96	0	0	0	0	4	14,7	15,4	17,8	20,3	13,9	15,9
Controle P1C	0	2,8	97,2	0	0	0	0	2,8	18,5	15,9	17,3	16	10,6	15,1
Controle P2A	0	0,2	99,8	0	0	0	0	0,2	6,1	10,3	22,2	27,6	15,6	19,4
Controle P2B	0	0,0	100,0	0	0	0	0	0	4,6	11,5	19,9	26,3	16,2	20,6
Controle P2C	0	0,0	100,0	0	0	0	0	0	4	12,4	21,8	27,9	17,3	18,5

AMG = Areia Muito Grossa

AG = Areia Grossa

AM = Areia Média

AF = Areia Fina

AMF = Areia Muito Fina

SMG = Silte Muito Grosso

SG = Silte Grosso

SM = Silte Médio

SF = Silte Fino

SMF = Silte Muito Fino

Quadro II.5.1.4.2.3-14 - Medianas dos resultados obtidos nas análises granulométricas das amostras de sedimento da Zona 3 situada na Bacia Camamu/Almada e estações controle

Estação	Cascalho	Areia	Lama	AMG	AG	AM	AF	AMF	SMG	SG	SM	SF	SMF	A
200 P1A	0,00	0,01	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,11	0,13	0,18	0,26	0,18	0,14
200 P1B	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,10	0,19	0,27	0,17	0,18
200 P1C	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,11	0,20	0,24	0,16	0,22
200 P2A	0,00	0,01	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,08	0,12	0,20	0,25	0,16	0,17
200 P2B	0,00	0,01	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,11	0,20	0,28	0,14	0,16
200 P2C	0,00	0,02	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,12	0,14	0,20	0,21	0,14	0,18
200 P3A	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,12	0,23	0,25	0,16	0,15
200 P3B	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,13	0,24	0,26	0,16	0,17
200 P3C	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,08	0,20	0,33	0,18	0,18
200 P4A	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,11	0,24	0,26	0,15	0,15
200 P4B	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,12	0,29	0,29	0,14	0,13
200 P4C	0,00	0,01	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,09	0,20	0,28	0,17	0,20
500 P1A	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,10	0,22	0,30	0,16	0,16
500 P1B	0,00	0,01	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,09	0,20	0,29	0,16	0,18
500 P1C	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,10	0,22	0,29	0,16	0,17
500 P2A	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,09	0,26	0,30	0,16	0,16
500 P2B	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,10	0,20	0,28	0,16	0,18
500 P2C	0,00	0,01	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,13	0,15	0,19	0,19	0,14	0,18
500 P3A	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,10	0,23	0,26	0,16	0,16
500 P3B	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,24	0,30	0,16	0,15
500 P3C	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,13	0,23	0,26	0,15	0,15
500 P4A	0,00	0,05	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,13	0,13	0,18	0,22	0,14	0,14
500 P4B	0,00	0,01	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,07	0,10	0,20	0,26	0,16	0,19
500 P4C	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,12	0,26	0,29	0,15	0,13
2000 P1A	0,00	0,16	0,84	0,00	0,00	0,00	0,01	0,15	0,13	0,13	0,16	0,15	0,11	0,16
2000 P1B	0,00	0,09	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,12	0,14	0,18	0,18	0,12	0,17
2000 P1C	0,00	0,07	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,12	0,14	0,17	0,19	0,14	0,17
2000 P2A	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,11	0,24	0,28	0,15	0,15
2000 P2B	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,11	0,23	0,26	0,15	0,18
2000 P2C	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,09	0,18	0,29	0,17	0,17
2000 P3A	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,11	0,22	0,29	0,16	0,16
2000 P3B	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,10	0,20	0,26	0,16	0,18
2000 P3C	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,10	0,24	0,31	0,16	0,15
2000 P4A	0,00	0,16	0,84	0,00	0,00	0,00	0,03	0,11	0,11	0,14	0,17	0,16	0,11	0,16
2000 P4B	0,00	0,14	0,86	0,00	0,00	0,00	0,03	0,11	0,10	0,13	0,17	0,16	0,11	0,18
2000 P4C	0,00	0,12	0,88	0,00	0,00	0,00	0,01	0,11	0,11	0,13	0,18	0,17	0,11	0,15
Controle P1A	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,17	0,20	0,18	0,12	0,19
Controle P1B	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,12	0,21	0,28	0,17	0,15
Controle P1C	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,13	0,19	0,25	0,17	0,20
Controle P2A	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,11	0,24	0,30	0,15	0,14
Controle P2B	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,24	0,29	0,16	0,17
Controle P2C	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,11	0,25	0,27	0,14	0,14

AMG = Areia Muito Grossa

AG = Areia Grossa

AM = Areia Média

AF = Areia Fina

AMF = Areia Muito Fina

SMG = Silte Muito Grosso

SG = Silte Grosso

SM = Silte Médio

SF = Silte Fino

SMF = Silte Muito Fino

Em relação à Zona 1 o **Quadro II.5.1.4.2.3-12** demonstra a predominância de sedimentos finos na área de estudo. Nenhuma estação de amostragem apresentou teores de cascalho, areia muito grossa e areia grossa. De modo geral os sedimentos mais grossos estiveram concentrados nas estações próximas ao poço da Zona 1 (radial de 200m), com exceção das estações 2000 P3 e 2000 P4 que apresentaram importantes contribuições de sedimentos mais grossos.

O **Quadro II.5.1.4.2.3-13** apresenta as medianas dos resultados obtidos nas análises granulométricas das amostras de sedimento obtidos no monitoramento DA Zona 2. Nesta área as medianas foram obtidas com base nos resultados mensurados nas camadas de 0 a 2cm, 2 a 5cm e 5 a 10cm.

Em relação à Zona 3 o **Quadro II.5.1.4.2.3-14** evidencia a predominância de sedimentos finos na área avaliada. Nenhuma estação de amostragem apresentou teores de cascalho, areia muito grossa, areia grossa e areia média. De modo geral a textura mais grossa do sedimento não esteve associada à distância do ponto onde será perfurado o poço da Zona 3, e sim a um padrão evidente de sedimentação orientado para oeste da grade amostral.

As três Zonas apresentaram características semelhantes caracterizando a região em estudo como um ambiente com predominância de sedimentos finos.

Sumarizando os resultados obtidos no presente estudo em relação às areias apresenta-se, nas **Figuras II.5.1.4.2.3-11 a II.5.1.4.2.3-13**, gráficos *Box-plot* das medianas do percentual de areia nas estações de amostragem no entorno das Zonas 1, 2, e 3 situados na Bacia Camamu/Almada.

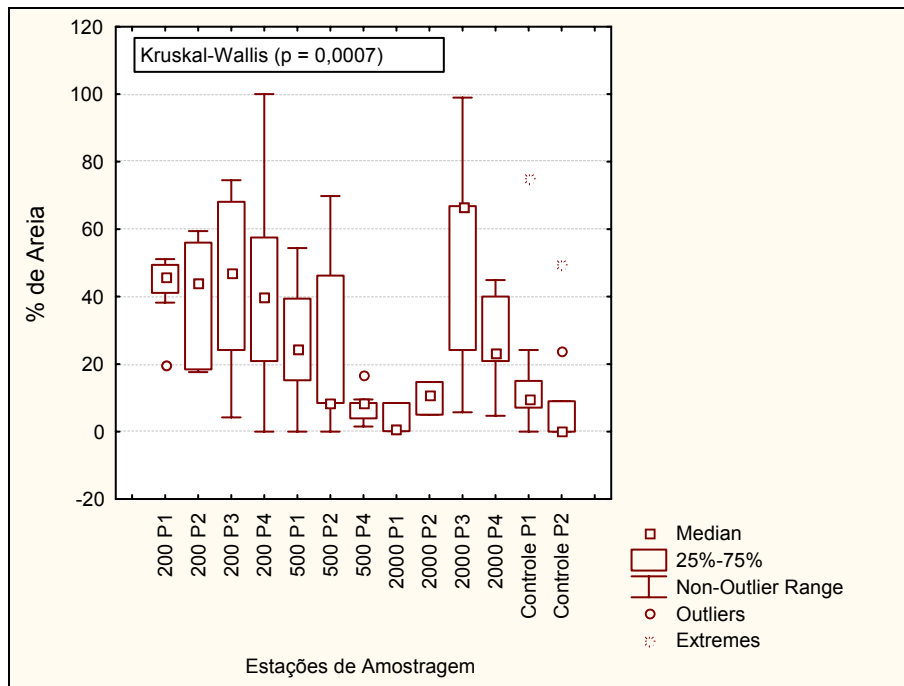


Figura II.5.1.4.2.3-11 - Gráfico Box-plot do % de areia nas estações de amostragem no entorno da Zona 1.

A partir do gráfico para a Zona 1 (**Figura II.5.1.4.2.3-11**) observa-se que o padrão de concentração de sedimentos mais grossos (areia) no seu entorno imediato ficou mais evidente, exceto pelas estações 2000 P3 e 2000 P4, que apresentaram teores elevados de areia. A diferença entre as medianas dos teores de areia das estações de amostragem foi considerada significativa pelo teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis* ($p = 0,0007$), evidenciando um padrão heterogêneo na distribuição da textura do sedimento na grade amostral utilizada.

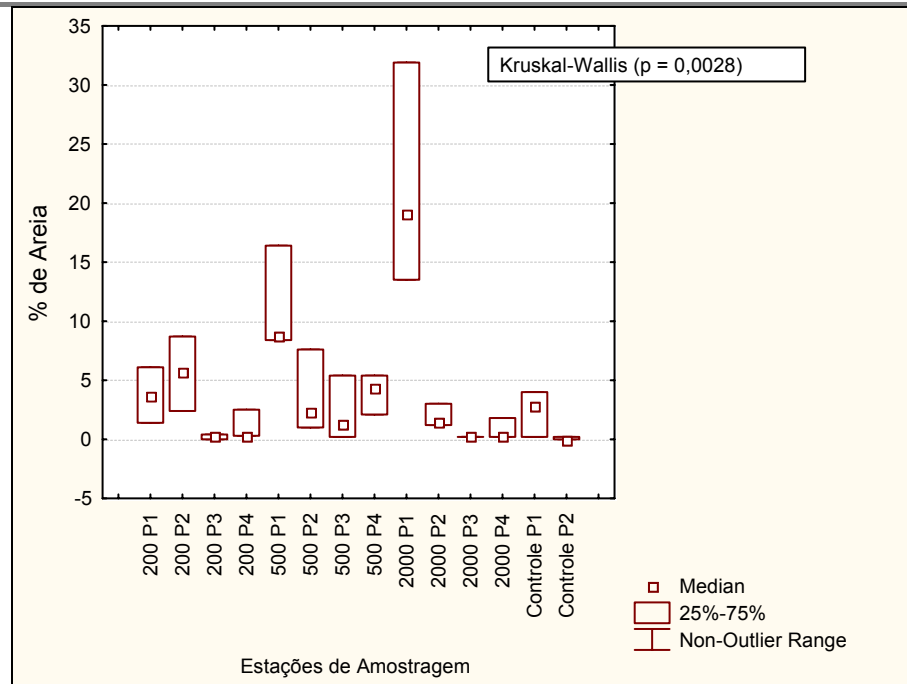


Figura II.5.1.4.2.3-12 - Gráfico Box-plot do % de areia nas estações de amostragem no entorno da Zona 2.

Em relação à Zona 2 (**Figura II.5.1.4.2.3-12**), o padrão de concentração de sedimentos mais grossos (areia) orientado para noroeste da grade amostral pode ser observado através dos maiores valores das estações P1 e P2. A diferença entre as medianas dos teores de areia das estações de amostragem foi considerada significativa pelo teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis* ($p = 0,0028$), evidenciando um padrão heterogêneo na distribuição da textura do sedimento na grade amostral utilizada.

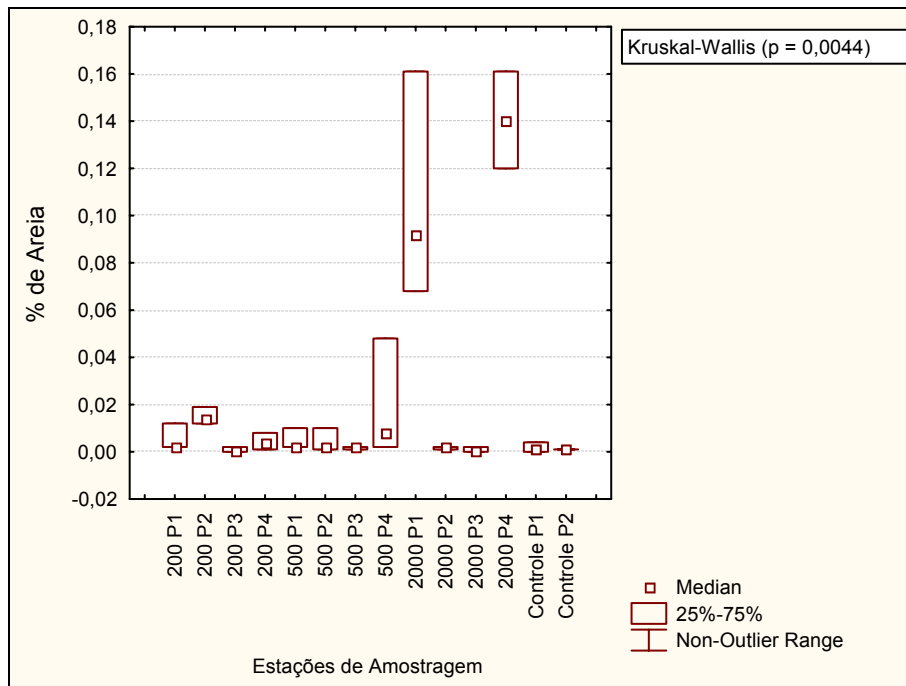


Figura II.5.1.4.2.3-13 - Gráfico Box-plot do % de areia nas estações de amostragem no entorno da Zona 3.

Na **Figura II.5.1.4.2.3-13** tem-se que o padrão de concentração de sedimentos mais grossos (areia) orientado para noroeste da grade amostral pode ser observado através dos maiores valores das estações P1 e P4 (principalmente na radial de 2000m). A diferença entre as medianas dos teores de areia das estações de amostragem foi considerada significativa pelo teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis* ($p = 0,0044$), evidenciando um padrão heterogêneo na distribuição da textura do sedimento na grade amostral utilizada.

Os percentuais de lama associados às estações de amostragem estão sumarizados nos gráficos apresentados nas **Figuras II.5.1.4.2.3-14, II.5.1.4.2.3-15, e II.5.1.4.2.3-16**. Uma vez que não foram observados teores de cascalho em nenhuma estação de amostragem, os padrões observados para o percentual de lama nos sedimentos foram exatamente complementares aos apresentados anteriormente para areia.

Portanto foi observado um padrão de predominância de grãos mais finos nas estações mais afastadas da Zona 1, exceto pelas estações 2000 P3 e 2000 P4, que apresentaram teores reduzidos de lama. Em relação à Zona 2, foi observado um padrão de predominância de grãos mais finos na região sudeste da grade

amostral, diferente da Zona 3 que a predominância de grãos finos ocorreu na região leste da grade amostral.

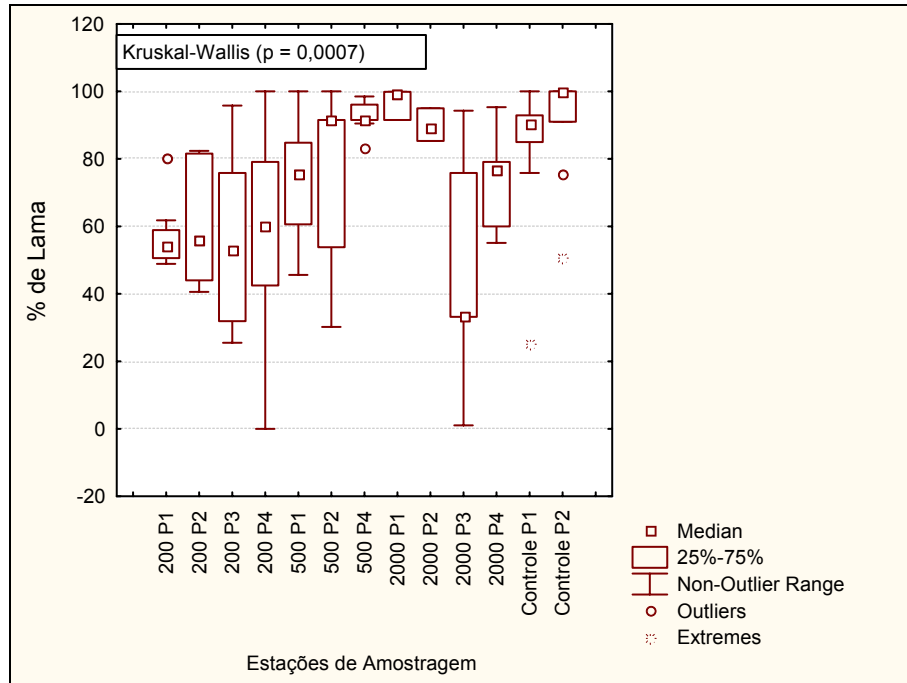


Figura II.5.1.4.2.3-14 - Gráfico Box-plot do % de lama nas estações de amostragem no entorno da Zona 1 .

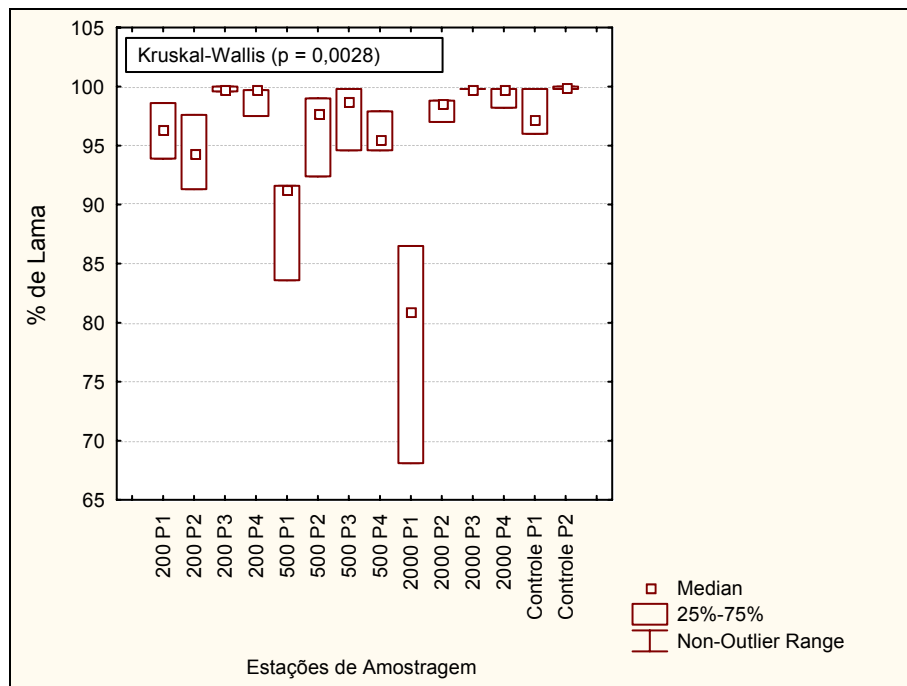


Figura II.5.1.4.2.3-15 - Gráfico Box-plot do % de lama nas estações de amostragem no entorno da Zona 2.

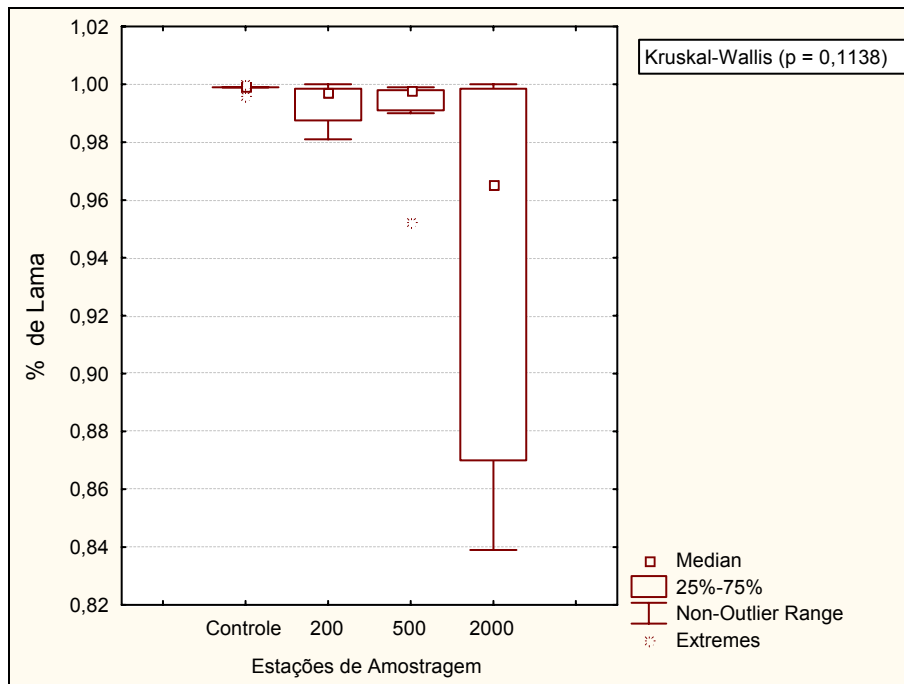


Figura II.5.1.4.2.3-16 - Gráfico Box-plot do % de lama agrupado por radiais de distância da Zona 3.

Teor de Carbonatos e Matéria Orgânica

Os carbonatos são sais inorgânicos ou seus respectivos minerais que apresentam na sua composição química o íon carbonato CO_3^{-2} . Uma solução aquosa de dióxido de carbono contém uma quantidade mínima de H_2CO_3 , chamado ácido carbônico que se dissocia formando íons hidrogênio (H^+) e ions carbonatos. O termo carbonato é usado para referir-se a sais e a minerais que contém o íon. O mais comum é o calcário, ou carbonato de cálcio.

A detecção de possíveis alterações na concentração de metais pesados em sedimentos da plataforma continental devido às atividades de produção e exploração de petróleo e gás, depende de uma caracterização prévia da variação natural destes contaminantes nos sedimentos. A distribuição de metais nos sedimentos de plataforma pode variar dependendo de fatores alóctones (e.g. aporte continental) e autóctones (e.g. precipitação de carbonatos), o que pode dificultar a interpretação de resultados de programas de monitoramento bem como

a identificação de eventos de contaminação recente (LACERDA e MARINS, 2006).

O **Quadro II.5.1.4.2.3-15** apresenta as medianas dos resultados do teor de carbonatos para as amostras obtidas na grade amostral do presente monitoramento.

Quadro II.5.1.4.2.3-15 - Mediana dos resultados do teor de carbonatos (%) das amostras de sedimento das Zonas 1, 2 e 3 e estações controle.

Estação	Teor de Carbonatos (%)		
	Zona 1	Zona 2	Zona 3
200 P1 A	59,44	53	59,7
200 P1 B	48,38	52,6	59,6
200 P1 C	41,55	51,8	57,4
200 P2 A	49,79	52,1	60,7
200 P2 B	45,49	51,5	61,6
200 P2 C	-	42,3	61,5
200 P3 A	50,71	53,3	59,1
200 P3 B	53,9	52,2	61,4
200 P3 C	46,69	53	58,2
200 P4 A	47,73	53,1	57,6
200 P4 B	44,56	52,8	60,6
200 P4 C	51,13	52,7	58,9
500 P1 A	57,23	49,7	59,2
500 P1 B	59,29	50,2	59
500 P1 C	56,06	32	58,1
500 P2 A	48,03	57,1	62,2
500 P2 B	48,95	56,1	59,9
500 P2 C	47,7	55,6	59,2
500 P3 A	-	53,9	61,5
500 P3 B	-	52,7	59,2
500 P3 C	-	54,2	59,5
500 P4 A	36,3	51,7	62,7
500 P4 B	33,54	53	58,6
500 P4 C	42,08	53	59,7
2000 P1 A	-	25,2	64,4
2000 P1 B	73,94	39,9	62,9
2000 P1 C	-	34,6	61,7
2000 P2 A	49,83	56,6	61,5
2000 P2 B	-	56,6	63,1
2000 P2 C	-	56	59,9
2000 P3 A	50,17	60,3	61,9
2000 P3 B	44,68	61,1	61
2000 P3 C	53,93	57	63,8
2000 P4 A	55,14	56,8	65,7
2000 P4 B	63,9	57,2	67,4

Continua

Continuação Quadro II.5.1.4.2.3-15

Estação	Teor de Carbonatos (%)		
	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Controle P1 A	53,51	63,2	62,7
Controle P1 B	52,82	63,7	64,1
Controle P1 C	53,72	61,9	65
Controle P2 A	58,04	64,9	65,1
Controle P2 B	55,21	65	64,8
Controle P2 C	57,59	64,8	64,7

Para a Zona 1 as medianas dos valores de carbonatos variaram entre 33,54% (500 P4 B) e 73,94 (2000 P1 B). De um modo geral, os maiores valores de carbonatos estiveram associados às estações controle e estações da radial 2000. Em relação à Zona 2 as medianas dos valores de carbonatos variaram entre 25,20% (2000 P1 A) e 65,00 (Controle P2 B). Na Zona 3 as medianas dos valores de carbonatos variaram entre 57,40% (200 P1 C) e 67,40 (2000 P4 B). Logo nas Zonas 2 e 3 os maiores valores de carbonatos estiveram associados às estações mais afastadas do ponto de futura alocação do poço, exceto a estação 2000 P1.

A interação entre a sedimentação terrígena e a carbonácea controla a distribuição de sedimentos, quanto maior a influência continental, menor o teor de carbonatos nos sedimentos da plataforma (KNOPPERS *et al.*, 1999). Portanto, a área amostral deve ser pouco influenciada por aportes continentais, uma vez que os valores de carbonatos foram, relativamente, altos em todas as estações.

As **Figuras II.5.1.4.2.3-17, II.5.1.4.2.3-18 e II.5.1.4.2.3-19** exibem gráficos *Box-plot* da mediana do percentual de carbonatos nas estações de amostragem no entorno das Zonas 1, 2 e 3 respectivamente, resumindo os resultados obtidos no presente estudo. A diferença entre as medianas dos teores de carbonatos das estações de amostragem foi considerada significativa para ambas as Zonas pelo teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis*.

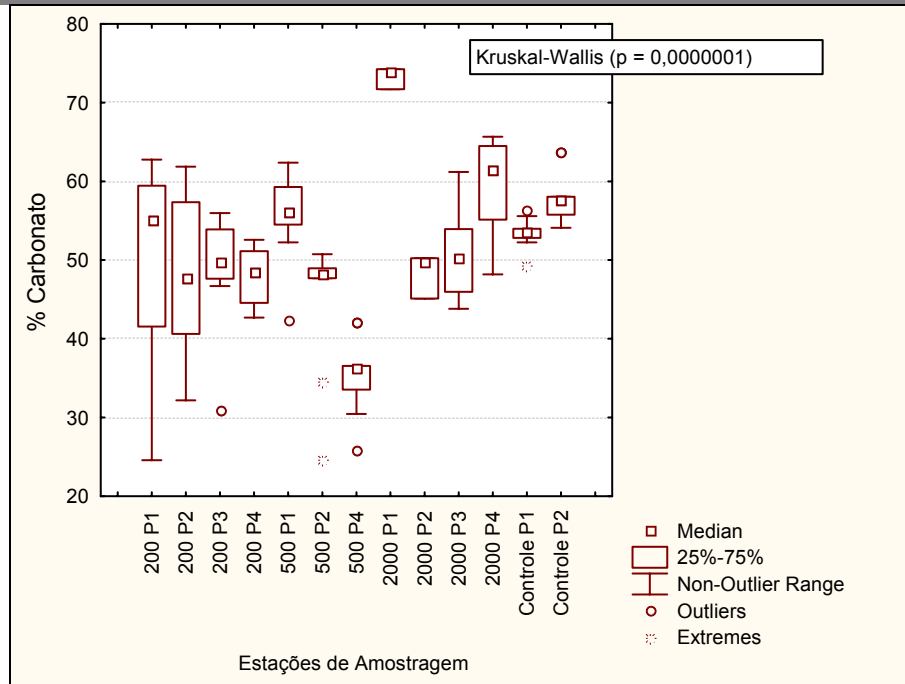


Figura II.5.1.4.2.3-17 - Gráfico Box-plot do % de carbonatos nas estações de amostragem no entorno da Zona 1.

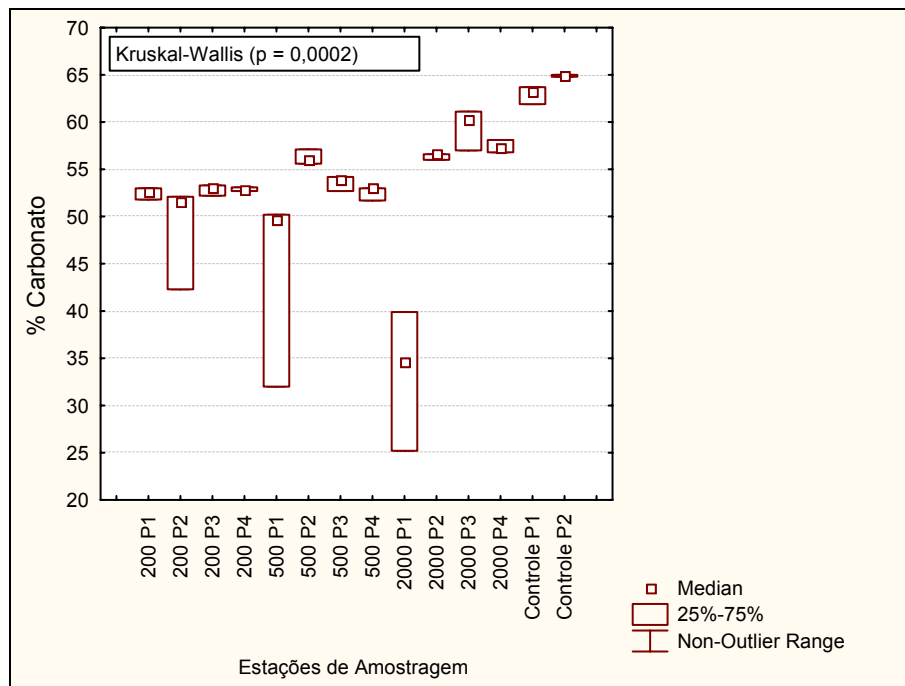


Figura II.5.1.4.2.3-18 - Gráfico Box-plot do % de carbonatos nas estações de amostragem no entorno da Zona 2.

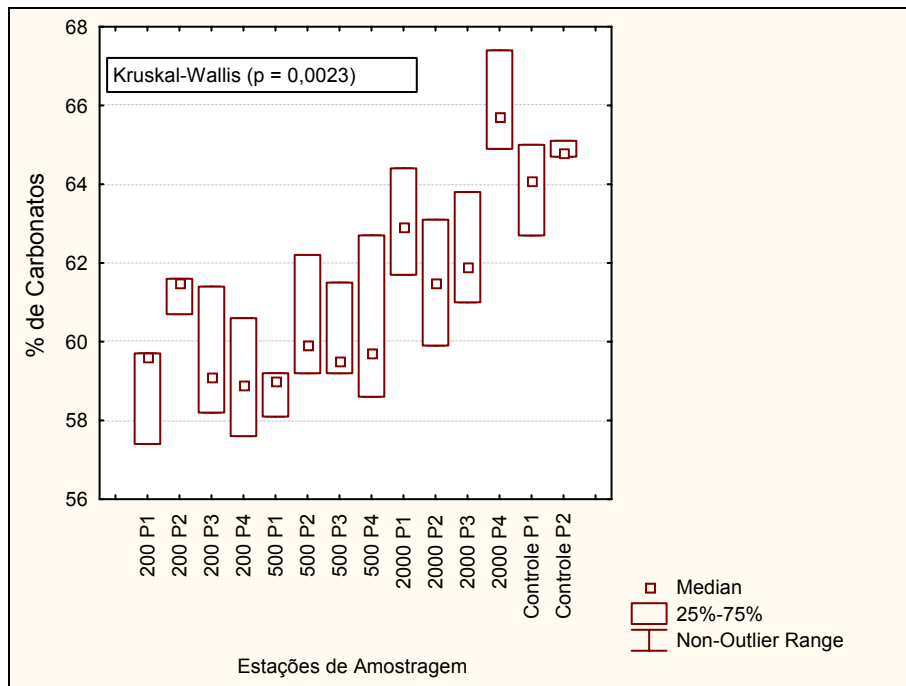


Figura II.5.1.4.2.3-19 - Gráfico Box-plot do % de carbonatos nas estações de amostragem no entorno da Zona 3.

O teor de matéria orgânica foi utilizado neste monitoramento como indicador de enriquecimento orgânico nas estações de amostragem. A matéria orgânica, ou simplesmente MO, são todos os elementos vivos e não vivos que contêm compostos de carbono. Uma vez que os compostos derivados de petróleo contêm cadeias de carbono este indicador pode refletir a contaminação do sedimento por hidrocarbonetos, embora não seja um indicador direto por variar também em função de diversos outros fatores. Segundo Soares-Gomes, *et al.* (2003) os estudos de fundos não consolidados enfatizam o papel do tipo de sedimento na estruturação das comunidades desses ambientes (e.g. GRAY 1974; ALONGI e CHRISTOFFERSEN 1992), sendo granulometria e o teor de matéria orgânica as variáveis sedimentares mais comumente apontadas como as mais importantes (e.g. PEARSON e ROSENBERG 1978; FRESI, *et al.* 1983; WESTON 1988).

A distribuição de matéria orgânica em sedimentos marinhos depende de uma série de fatores, tais como taxa de sedimentação, profundidade da coluna d'água, produção primária na coluna d'água, fluxo de constituintes terrígenos, condições redox (influência na preservação), produção *in situ* por bactérias e impactos

antropogênicos (KENNICUTT, 1995). Este grande número de fatores dificulta a interpretação simples desta variável.

A capacidade de o sedimento acumular compostos faz deste compartimento um dos mais importantes na avaliação do nível de contaminação dos ecossistemas aquáticos continentais. De acordo com Adams (1995), as abordagens integradas, envolvendo análises químicas, físicas e biológicas dos sedimentos, parecem ser as mais adequadas nos estudos toxicológicos.

Em relação ao teor de matéria orgânica total, apenas na Zona 1 foram realizadas análises deste parâmetro. O **Quadro II.5.1.4.2.3-16** mostra as medianas dos resultados do teor de matéria orgânica para as amostras avaliadas.

Quadro II.5.1.4.2.3-16 - Mediana dos resultados do teor de matéria orgânica (%) das amostras de sedimento da Zona 1 e estações controle.

Estação	Teor de Matéria Orgânica (%)
200 P1 A	2,25
200 P1 B	1,15
200 P1 C	2,79
200 P2 A	1,58
200 P2 B	4,10
200 P3 A	1,73
200 P3 B	1,62
200 P3 C	3,82
200 P4 A	1,77
200 P4 B	2,65
200 P4 C	1,68
500 P1 A	1,87
500 P1 B	2,01
500 P1 C	4,39
500 P2 A	1,85
500 P2 B	1,93
500 P2 C	3,24
500 P4 A	6,11
500 P4 B	11,96
500 P4 C	10,61
2000 P1 B	2,04
2000 P2 A	2,77
2000 P3 A	3,47
2000 P3 B	2,34
2000 P3 C	1,34
2000 P4 A	5,82
2000 P4 B	5,29
2000 P4 C	1,64

Continua

Continuação Quadro II.5.1.4.3.-16

Estação	Teor de Matéria Orgânica (%)
Controle P1 A	2,81
Controle P1 B	4,86
Controle P1 C	2,79
Controle P2 A	2,17
Controle P2 B	2,73
Controle P2 C	1,70

As medianas dos valores de matéria orgânica variaram entre 1,15% (200 P1 B) e 11,96 (500 P4 B). De modo geral os valores de matéria orgânica foram muito baixos em todas as estações de amostragem, exceto para a estação 500 P4.

A **Figura II.5.1.4.2.3-20** apresenta um gráfico *Box-plot* da mediana do % de matéria orgânica nas estações de amostragem no entorno da Zona 1, resumizando os resultados obtidos no presente estudo. Apenas a estação 500 P4 apresentou valores mais elevados quando comparadas às demais estações. Esta diferença foi considerada significativa pelo teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis* ($p = 0,0045$).

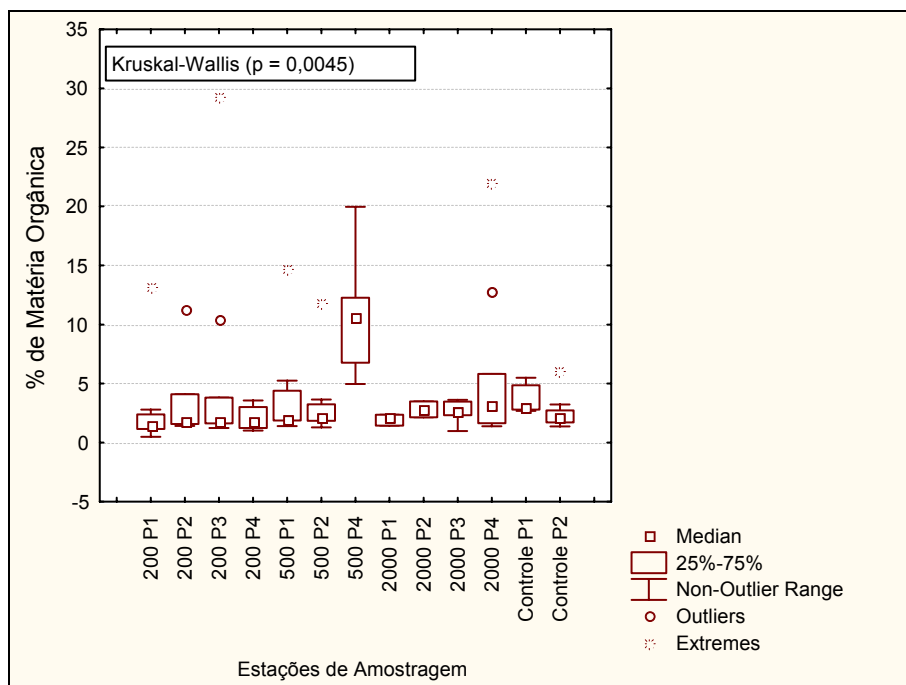


Figura II.5.1.4.2.3-20 - Gráfico *Box-plot* do % de matéria orgânica nas estações de amostragem no entorno da Zona 1.

Os resultados obtidos a partir das análises de amostras de sedimento para as Zonas 1, 2 e 3 que estão situadas na Bacia de Camamu/Almada foram comparados com um estudo realizado na Bacia do Jequitinhonha que serão apresentados abaixo.

Os resultados de percentual de matéria orgânica e de carbonatos das amostras realizados na Bacia do Jequitinhonha na região do Bloco BM-J-1 como parte da caracterização da região do Bloco BM-J-2 seguem no **Quadro II.5.1.4.2.3-17**.

Quadro II.5.1.4.2.3-17 - Percentual de carbonatos (CaCO_3) e matéria orgânica determinados nas amostras de sedimento.

Estação	P1	P2	P3	P4	P6
CaCO_3	26,1	13,2	26,4	35,7	11,7
Matéria Orgânica	5,7	8,3	13,2	5,7	4,6

Razão C: N: P

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.

Os maiores valores de C, N e P foram determinados na amostra QGP3. Esta amostra também apresentou uma maior concentração de matéria orgânica com 13,2% (**Quadro II.5.1.4.2.3-18**). 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.5.1.4.2.3-18 - Resultados obtidos

Estações de Amostragem	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 ug g⁻¹) e razões molares (C/N e C/P) para as amostras de sedimento

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.

Sulfetos

Os sulfetos não são estáveis em ambiente oxidante e a presença deste composto denota uma deficiência de oxigênio nas amostras de sedimento. O **Quadro II.5.1.4.2.3-19** e **Figura II.5.1.4.3-21** apresentam valores de sulfetos obtidos na área do Bloco BM-J-1.

Quadro II.5.1.4.2.3-19 - Resultados obtidos de sulfetos, expressos em $\mu\text{g g}^{-1}$, para as amostras de sedimento na área do Bloco BM-J-1.

Estação	Sulfetos ($\mu\text{g/g}$)
P1	5,38
P2	11,28
P3	3,82
P4	5,37
P6	4,43
Mínimo	3,82
Máximo	11,28
Média	6,06
Desvio-Padrão	2,99

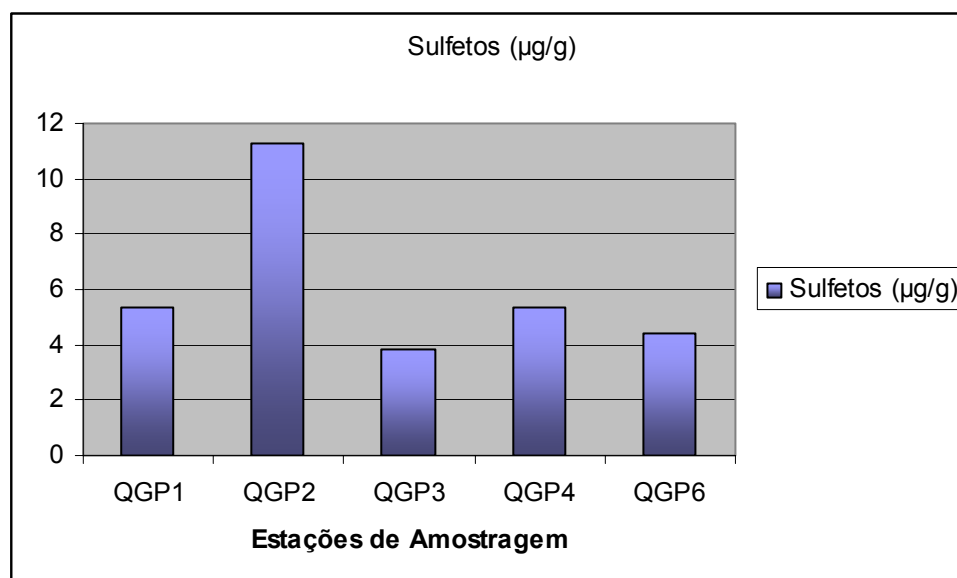


Figura II.5.1.4.2.3-21 - Resultados da avaliação de Sulfeto na área do Bloco BM-J-1.

Hidrocarbonetos

Segundo Silva (2002), os hidrocarbonetos são compostos orgânicos constituídos por átomos de carbono e hidrogênio arranjados em configurações estruturais variadas. De um modo geral são divididos em alifáticos e aromáticos, e diferem pelo padrão de ligações carbônicas. A **Figura II.5.1.4.2.3-22** apresenta as relações estruturais entre os hidrocarbonetos.

Os hidrocarbonetos alifáticos compreendem o grupo dos alcanos (cicloalcanos), alcenos, e alcinos, conforme o tipo de ligação apresentada entre os átomos de carbono, respectivamente simples, dupla ou tripla ligação. Os alcanos também apresentam estrutura cíclica, sendo assim chamados cicloalcanos, também conhecidos como cicloparafinas ou naftenos (SILVA, *op cit.*. 2002).

Os hidrocarbonetos alifáticos analisados neste trabalho foram os n-alcanos (C₁₂-C₃₆) e os alcanos isoprenóides (pristano e fitano). Os n-alcanos podem ser de origem natural provenientes de plantas terrestres, fitoplâncton, zooplâncton, bactérias ou sintetizados por organismos. O predomínio de cadeias carbônicas longas (C₁₅-C₃₅) e com número ímpar de carbonos é característica dos n-alcanos de origem natural (VOLKMAN *et al.*, 1992; MEDEIROS, 2000). Já os de origem petrogênica têm composição variada dependendo do tipo de petróleo, oscilando de 1 a 40 átomos de carbono, não havendo predominância de cadeias com número de carbonos ímpares ou pares (SIMONEIT, 1993). Os n-alcanos com cadeias ímpares também podem ser provenientes da biota marinha, com destaque para os compostos entre C₁₅ e C₂₁. A **Figura II.5.1.4.2.3-23** apresenta teores de Hidrocarbonetos Alifáticos em sedimentos marinhos no mundo, esses valores foram obtidos do Monitoramento ambiental em fontes de exploração marítima – MAPEM.

A presença em maior quantidade de cadeias com C₁₅, C₁₇, C₁₉ e C₂₁ (Ímpar/Par < C₂₁) maior que 1 indica fontes de matéria orgânica provenientes de diversos tipos de algas (macro e micro). Já as espécies C₂₃, C₂₅, C₂₇, C₂₉ e C₃₁ (Ímpar/Par) < C₂₂ maiores que 1 sugere fontes de matéria orgânica oriundas de plantas vasculares (COLOMBO *et al.*, 1989).

A presença de uma mistura complexa não resolvida (MCNR), também chamada de UCM, do inglês *Unresolved Complex Mixture*, na fração saturada, que se apresenta como uma elevação na linha de base do cromatograma indica a existência efetiva de hidrocarbonetos degradados, estando associada a óleos intemperizados e possíveis aportes crônicos de petróleo (SIMONEIT, 1978).

Os hidrocarbonetos aromáticos diferenciam-se dos alifáticos por apresentarem um ou mais anéis de benzeno como componentes estruturais. Os padrões de ligação entre as estruturas aromáticas contribuem para a polaridade que apresentam, ocorrendo o oposto com os compostos alifáticos que são apolares ou muito pouco polares. A polaridade das estruturas dos hidrocarbonetos explica como as moléculas desses compostos interagem entre si e com a água: com o incremento da polaridade, a solubilidade na água e o ponto de ebulição também se elevam (SILVA, 2002).

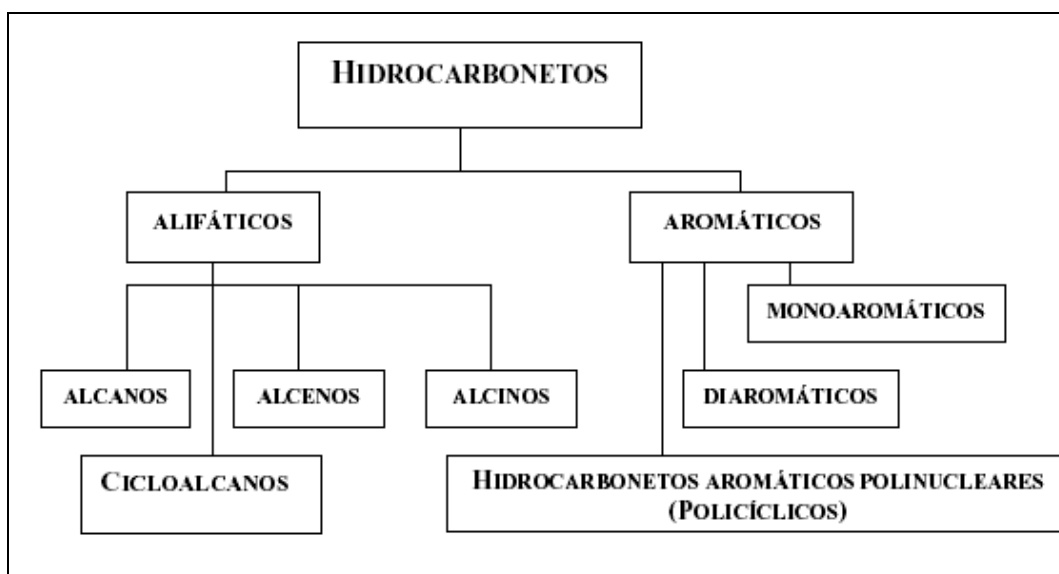


Figura II.5.1.4.2.3-22 - Relações estruturais entre os hidrocarbonetos.
(Fonte: SILVA, 2000).

Parâmetro	Concentração ng/g (ppb)	Local	Fonte
n-alcanos	1.600.000 - 28.000.000	Plataformas de Perfuração - Mar do Norte	OGP
n-alcanos	40.400.000	Plataforma Perfuração - Austrália	OGP
n-alcanos	2.500.000	Plataforma Perfuração - Irlanda	OGP
n-alcanos + UCM	4.000 - 30.000.000	Plataformas no Mar do Norte	Breuer, E. <i>et al.</i> , 2004
n-alcanos	< 100 - 17.000	Sul do Mar Cáspio	Tolosa, <i>et al.</i> , 2004
n-alcanos	63 - 23.900	Plataformas do Golfo do México	Petrobras, 2001
n-alcanos	906 - 2.241	Plataforma de Pargo - Brasil	Petrobras, 2001
n-alcanos	847 - 2.366	Plataforma de Pampo - Brasil	Petrobras, 2001
n-alcanos	7.000 - 143.000	Porto de Alexandria - Egito	Petrobras, 2001
UCM	1.000 - 160.000	Mar Negro	Readman, J.W. <i>et al.</i> 2002
Alifáticos totais	210 - 8.100	Rio de La Plata	Colombo, J.C. <i>et al.</i> 1989
UCM + n-alcanos	60 - 2.876.000		
n-alcanos	4.900 - 20.400	APA ^a -Guapimirim - Baía de Guanabara, Brasil	Meniconi, M. F. G. <i>et al.</i> 2002
n-alcanos	até 4.000	Alaska	Venkatesan, M.I.
n-alcanos (áreas pristinas)	400	Antártica	Tolosa, I. <i>et al.</i> , 2004
	1.100	Mar Mediterrâneo	
UCM + n-alcanos	150 - 23.330	Transocean Legend - Brasil	MAPEM
n-alcanos	80 - 14.870	Transocean Legend - Brasil	MAPEM

a- APA: área de proteção ambiental.

(Fonte: Monitoramento ambiental em fontes de exploração marítima – MAPEM)

Figura II.5.1.4.2.3-23 - Teores de Hidrocarbonetos Alifáticos em sedimentos marinhos no mundo.

TPH (Hidrocarbonetos Totais de Petróleo) é um termo que descreve uma grande família de centenas de combinações químicas que originalmente derivam de óleo cru. O óleo cru é usado para fazer produtos de petróleo que podem contaminar o ambiente. Já que existem tantas substâncias químicas diferentes no óleo cru e em outros produtos de petróleo, não é prático medir cada um separadamente. Entretanto, é útil medir o total de TPH's em um local.

A bibliografia de padrões de referência para TPH's e HPA's em sedimentos é extremamente escassa, portanto, os valores de TPH's e HPA's foram comparados com a *Revised Dutch Reference Framework* (STI Values) – *Dutch Ministry of Housing, Physical Planning and the Environment* (VROM) (conhecida como Lista Holandesa), que estabelece critérios de qualidade para estes parâmetros em solos.

A lista holandesa apresenta dois grupos de critérios de qualidade, um para solos com 0% de matéria orgânica e argila, e outro para solos com 10% de matéria orgânica e 25% de argila. Os padrões para solos com 0% de matéria orgânica são mais restritivos, e, portanto, foram utilizados como critério de qualidade para comparação com os dados obtidos. Entretanto, uma vez que os sedimentos obtidos no presente monitoramento apresentaram teores de matéria

orgânica, foram considerados também os padrões de qualidade da lista holandesa para 10% de matéria orgânica.

A lista holandesa estabelece valores orientadores organizados em três categorias, a saber:

- Nível S (*Target Level*) - Equivale ao "*background*" da área, o risco é negligível para seres humanos e ecossistema.
- Nível T (*Futher Investigation Value*) - Valores acima dos quais é necessária a realização de investigações adicionais.
- Nível I (*Intervention Value*) - Valores acima dos quais deve haver uma intervenção na área existindo risco à saúde e ecossistema.

Nos Quadros II.5.1.4.2.3-20, II.5.1.4.2.3-21 e II.5.1.4.2.3-22 podem ser vistos os resultados para a concentração de TPH's para as Zonas 1, 2 e 3.

Quadro II.5.1.4.2.3-20 - Resultados da concentração de TPH's das amostras de sedimento da Zona 1 e estações controle .

Estação	Concentração de TPHs (mg/Kg)	
	0% de argila e de matéria orgânica: Nível S (10mg/Kg) Nível T (505mg/Kg) Nível I (1000mg/Kg)	10% de matéria orgânica e 25 % de argila Nível S (50mg/Kg) Nível T (2525mg/Kg)** Nível I (5000mg/Kg)
200 P1 A		42,3
200 P1 B		49,5
200 P1 C		75,3
200 P2 A		85,8
200 P2 B		55,6
200 P3 A		67,9
200 P3 B		54,4
200 P3 C		52,7
200 P4 A		47,9
200 P4 B		< 0,01
200 P4 C		< 0,01
500 P1 A		214,8
500 P1 B		2808,6**
500 P1 C		564,9
500 P2 A		482,4
500 P2 B		568,5
500 P2 C		31,3
500 P4 A		546,1
500 P4 B		320,6
500 P4 C		639,5
2000 P1 B		342,6
2000 P2 A		< 0,01

Continua

Continuação Quadro II.5.1.4.2.3-20

Estação	Concentração de TPHs (mg/Kg)	
	0% de argila e de matéria orgânica: Nível S (10mg/Kg) Nível T (505mg/Kg) Nível I (1000mg/Kg)	10% de matéria orgânica e 25 % de argila Nível S (50mg/Kg) Nível T (2525mg/Kg)** Nível I (5000mg/Kg)
2000 P3 A	3692,0**	
2000 P3 B	2433,7	
2000 P3 C	< 0,01	
2000 P4 A	< 0,01	
2000 P4 B	< 0,01	
2000 P4 C	< 0,01	
Controle P1 A	872,2	
Controle P1 B	275,4	
Controle P1 C	844,6	
Controle P2 A	50,4	
Controle P2 B	< 0,01	
Controle P2 C	< 0,01	

De acordo com os resultados obtidos para a Zona 1 pode-se observar que os valores de TPH's variaram entre < 0,01mg/Kg a 3.692,0mg/Kg (2000 P3 A). De modo geral, os valores de TPH's foram mais elevados nas estações mais distantes da Zona 1.

As estações 500 P1 C, 500 P2 B, 500 P4 A, 500 P4 C, Controle P1 A e Controle P1 C estiveram acima do nível T (grupo de critérios de qualidade para solos com 0% de argila e matéria orgânica), o que sugere ser necessária à realização de investigações adicionais. Entretanto, vale ressaltar que estas estações apresentaram teores de matéria orgânica superiores a 0%. Quando os resultados foram comparados com o grupo de critérios de solos com teores de matéria orgânica de 10%, nenhuma destas estações esteve acima do nível T.

As estações 2000 P3 A, 2000 P3 B e 500 P1 B estiveram acima do nível I (grupo de critérios de qualidade para solos com 0% de argila e matéria orgânica), o que sugere ser necessária uma intervenção na área existindo risco ao ecossistema. Entretanto, vale ressaltar também que estas estações também apresentaram teor de matéria orgânica superior a 0%. Quando estes resultados foram comparados com o grupo de critérios de solos com teores de matéria orgânica de 10%, a estação 2000 P3 B obteve valor inferior ao nível T, e as estações 500 P1 B e 2000 P3 A se mantiveram acima do nível T. Portanto, considerando os critérios de solos de matéria orgânica de 10% apenas as

estações 500 P1 B e 2000 P3 A estiveram acima do nível T o que sugere realização de investigações adicionais.

O **Quadro II.5.1.4.2.3-21** apresenta os resultados da concentração de TPH's obtidos no entorno do local previsto para a perfuração do poço da Zona 2.

Quadro II.5.1.4.2.3-21 - Resultados da concentração de TPH's das amostras de sedimento da Zona 2 e estações controle.

Estação	Concentração de TPH's (mg/kg)	
	0% de argila e de matéria orgânica: Nível S (10mg/Kg) Nível T (505mg/Kg) Nível I (1000mg/Kg)*	10% de matéria orgânica e 25 % de argila Nível S (50mg/Kg) Nível T (2525mg/Kg)** Nível I (5000mg/Kg)***
200 P1 A		795,9
200 P1 B		814,7
200 P1 C		538,7
200 P2 A		299,6
200 P2 B		251,2
200 P2 C		285,3
200 P3 A		801,4
200 P3 B		429,9
200 P3 C		502,8
200 P4 A		80,3
200 P4 B		67,1
200 P4 C		61,9
500 P1 A		47,0
500 P1 B		162,4
500 P1 C		146,3
500 P2 A		142,6
500 P2 B		173,3
500 P2 C		132,2
500 P3 A		185,4
500 P3 B		170,6
500 P3 C		188,4
500 P4 A		139,9
500 P4 B		141,7
500 P4 C		128,8
2000 P1 A		192,6
2000 P1 B		229,5
2000 P1 C		176,6
2000 P2 A		40,7
2000 P2 B		55,8
2000 P2 C		7427,9 (***) ***
2000 P3 A		339,9
2000 P3 B		452,2
2000 P3 C		205,1
2000 P4 A		0,8
2000 P4 B		439,8
2000 P4 C		332,0
Controle P1 A		166,0
Controle P1 B		230,6
Controle P1 C		150,7
Controle P2 A		126,7
Controle P2 B		146,4
Controle P2 C		96,4

(***) – Valor *outlier*, estando associado a contaminação da amostra durante a coleta e/ou processamento analítico da amostra. Este foi desconsiderado por não ser considerado como representativo da realidade local.

Para a Zona 2 os valores de TPH's variaram entre 0,8mg/Kg (2000 P4 A) e 814,7mg/Kg (200 P1 B). O dado extremo registrado na réplica 2000 P2 C distingue-se de tal forma dos resultados obtidos das réplicas na mesma estação, e do conjunto de resultados de todas as outras estações que o valor foi considerado como *outlier*, estando provavelmente associado à contaminação da amostra durante a coleta e/ou processamento analítico. Por essa razão, esse dado foi desconsiderado. De um modo geral, os valores de TPH's foram mais elevados nas estações da radial 200m de distância do ponto de futura alocação do poço da Zona 2.

As estações 200 P1 A, 200 P1 B, 200 P1 C e 200 P3 A apresentaram concentrações de TPH superiores ao nível T (grupo de critérios de qualidade para solos com 0% de argila e matéria orgânica), o que sugere ser necessária à realização de investigações adicionais. Entretanto, vale ressaltar que estas estações apresentaram teores de matéria orgânica superiores a 0%. Quando os resultados foram comparados com o grupo de critérios de solos com teores de matéria orgânica de 10%, nenhuma destas estações esteve acima do nível T. Por esta razão, os resultados obtidos nestas estações foram considerados como dados de *background* da área em estudo.

Os resultados obtidos para os hidrocarbonetos totais de petróleo na Zona 3 são expostos no **Quadro II.5.1.4.2.3-22**.

Quadro II.5.1.4.2.3-22 - Resultados da concentração de TPH's das amostras de sedimento da Zona 3 e estações controle.

Estação	Concentração de TPH's (mg/Kg)	
	0% de argila e de matéria orgânica: Nível S (10mg/Kg) Nível T (505mg/Kg) Nível I (1000mg/Kg)*	10% de matéria orgânica e 25 % de argila Nível S (50mg/Kg) Nível T (2525mg/Kg)** Nível I (5000mg/Kg)***
200 P1 A		233
200 P1 B		75,9
200 P1 C		254,4
200 P2 A		19,2
200 P2 B		53,5
200 P2 C		57,3
200 P3 A		24,6
200 P3 B		173,6
200 P3 C		223,3
200 P4 A		66,2
200 P4 B		114,3
200 P4 C		53,2
500 P1 A		103
500 P1 B		88,7
500 P1 C		265
500 P2 A		88,3
500 P2 B		89
500 P2 C		89,4
500 P3 A		240,2
500 P3 B		89,4
500 P3 C		96,6
500 P4 A		121,9
500 P4 B		204,1
500 P4 C		151,6
2000 P1 A		202,4
2000 P1 B		96,8
2000 P1 C		570
2000 P2 A		136,3
2000 P2 B		272,2
2000 P2 C		65,7
2000 P3 A		131
2000 P3 B		167
2000 P3 C		105,4
2000 P4 A		168,4
2000 P4 B		93,5
2000 P4 C		61,7
Controle P1 A		249,9
Controle P1 B		119,4
Controle P1 C		220,3
Controle P2 A		54,6
Controle P2 B		179,9
Controle P2 C		38,6

Em relação a Zona 3 os valores de TPHs variaram entre 19,2mg/Kg (200 P2 A) e 570,0mg/Kg (2000 P1 C). Os valores de TPHs foram relativamente baixos e

homogêneos nas estações de amostragem. Apenas a réplica 2000 P1 C esteve acima do nível T (grupo de critérios de qualidade para solos com 0% de argila e matéria orgânica), o que sugere ser necessária a realização de investigações adicionais. Entretanto, vale ressaltar que esta estação apresentou teor de matéria orgânica superior a 0%. Quando os resultados foram comparados com o grupo de critérios de solos com teores de matéria orgânica de 10%, nenhuma estação ficou acima do nível T.

As **Figuras II.5.1.4.2.3-24, II.5.1.4.2.3-25 e II.5.1.4.2.3-26** apresentam os gráficos *Box-plot* da concentração de TPH's nas estações de amostragem no entorno das Zonas 1, 2 e 3, respectivamente, resumindo os resultados obtidos no presente estudo.

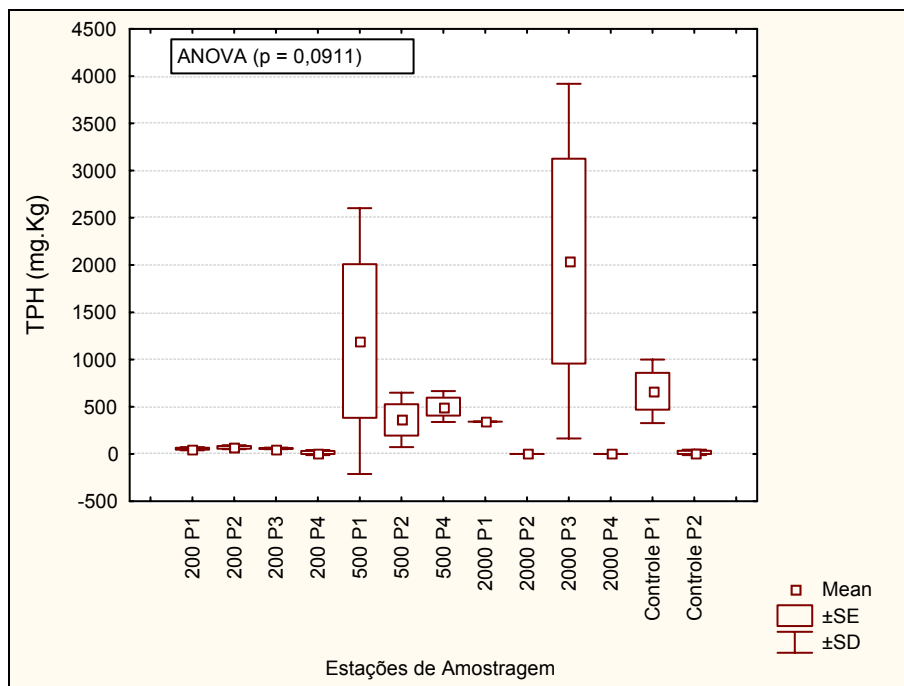


Figura II.5.1.4.2.3-24 - Gráfico *Box-plot* da concentração de TPH's (mg/Kg) nas estações de amostragem no entorno da Zona 1 .

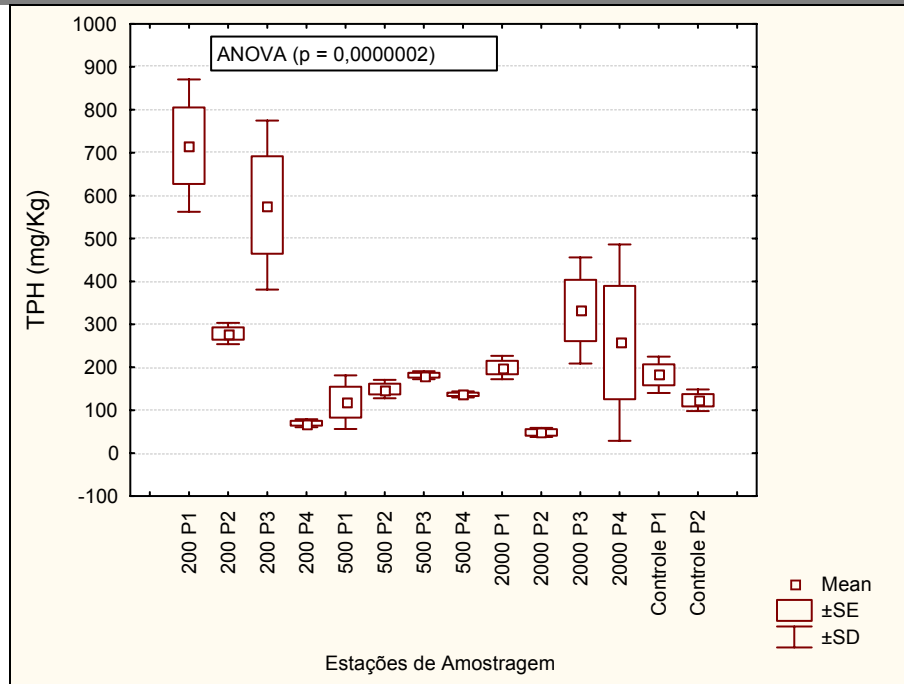


Figura II.5.1.4.2.3-25 - Gráfico Box-plot da concentração de TPHs (mg/Kg) nas estações de amostragem no entorno da Zona 2.

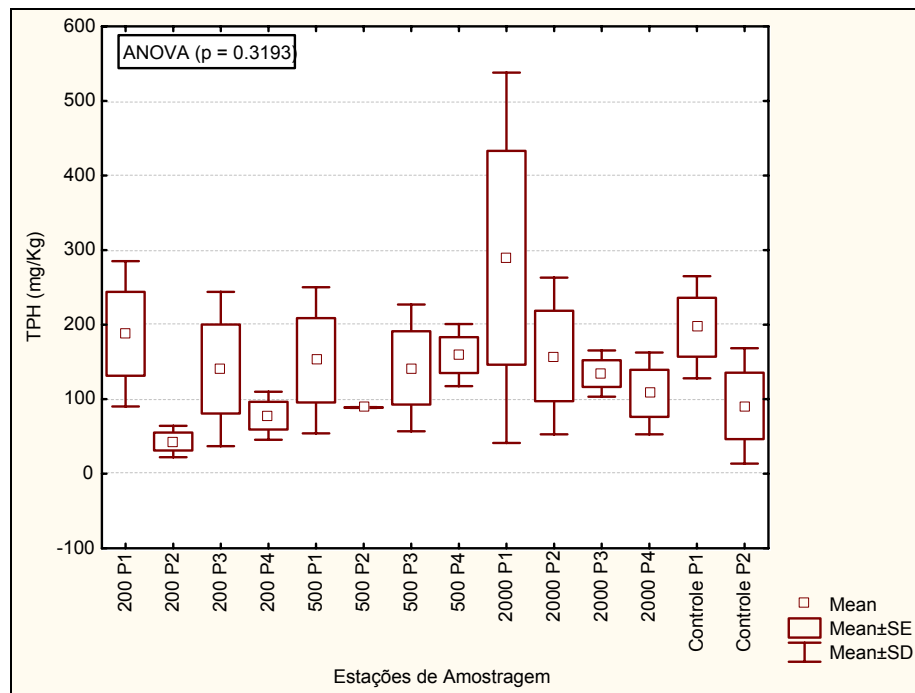


Figura II.5.1.4.2.3-26 - Gráfico Box-plot da concentração de TPHs (mg/Kg) nas estações de amostragem no entorno da Zona 3.

De modo geral para a Zona 1, os valores de TPH's foram mais elevados nas estações mais distantes do poço. Entretanto, em função da alta variabilidade nos

dados das estações mais afastadas as diferenças nas médias das estações de amostragem não foram consideradas significativas pela análise de variâncias (ANOVA) ($p = 0,0911$). A estação 2000 P3 apresentou, por exemplo, o valor 3.692,0mg/kg na réplica A e o valor $< 0,01$ mg/kg na réplica C. Este resultado pode sugerir uma contaminação muito pontual, ou problemas no processamento e análise das amostras. Já para a Zona 2 os valores de TPH's foram mais elevados nas estações da radial 200 (e estação 2000 P2). No poço da Zona 3 a diferença nas médias das estações de amostragem não foi considerada significativa pela análise de variâncias (ANOVA) ($p = 0,3193$), corroborando a homogeneidade dos valores na grade amostral.

O padrão de distribuição observado evidencia as estações a 200 metros de distância da localidade prevista para perfuração do poço como as com menores concentrações de TPH's. Este padrão servirá como base para a avaliação futura dos possíveis impactos da perfuração e operação do poço situado na Zona 1 e 2. Porém para a Zona 3 não foi observado um padrão claro na distribuição dos dados de TPH's na área de estudo. Os valores observados foram considerados baixos quando comparados com as referências da lista holandesa, o que corrobora a hipótese de serem valores de *background* para a área. Os **Quadros II.5.1.4.2.3-23, II.5.1.4.2.3-24 e II.5.1.4.2.3-25** apresentam os resultados da concentração de HPA's.

Quadro II.5.1.4.2.3-23 - Resultados da concentração de HPA's das amostras de sedimento da Zona 1 – Bloco BM-CAL-5 – Bacia Camamu/Almada e estações controle.

Estação	Concentração de HPAs (mg/Kg)
	0% de argila e de matéria orgânica: Nível S (0,2mg/Kg) Nível T (4,1mg/Kg) Nível I (8,0mg/Kg)
200 P1 A	0,012
200 P1 B	0,023
200 P1 C	0,030
200 P2 A	0,018
200 P2 B	0,026
200 P3 A	0,013
200 P3 B	0,018
200 P3 C	0,011
200 P4 A	0,020
200 P4 B	0,009

Continua

Continuação Quadro II.5.1.4.2.3-23

Estação	Concentração de HPAs (mg/Kg)
	0% de argila e de matéria orgânica: Nível S (0,2mg/Kg) Nível T (4,1mg/Kg) Nível I (8,0mg/Kg)
200 P4 C	0,010
500 P1 A	0,014
500 P1 B	0,016
500 P1 C	0,045
500 P2 A	0,011
500 P2 B	0,013
500 P2 C	0,012
500 P4 A	0,045
500 P4 B	0,023
500 P4 C	0,022
2000 P1 B	0,021
2000 P2 A	0,013
2000 P3 A	0,017
2000 P3 B	0,019
2000 P3 C	0,010
2000 P4 A	0,016
2000 P4 B	0,007
2000 P4 C	0,015
Controle P1 A	0,020
Controle P1 B	0,021
Controle P1 C	0,021
Controle P2 A	0,014
Controle P2 B	0,023
Controle P2 C	0,014

Os valores de HPA's para a Zona 1 variaram entre 0,007mg/Kg (2000 P4 B) a 0,045mg/Kg (500 P4 A e 500 P1 C). Os valores de HPA's foram extremamente baixos quando comparados com os limites estabelecidos pela lista holandesa. Nenhuma estação ultrapassou o nível S considerado como nível de *background* ambiental do parâmetro, mesmo considerando os critérios de 0% de matéria orgânica que são mais restritivos.

Quadro II.5.1.4.2.3-24 - Resultados da concentração de HPA's das amostras de sedimento da Zona 2 – Bloco BM-CAL-5 – Bacia Camamu/Almada e estações controle

Estação	Concentração de HPAs (mg/Kg)	
	0% de argila e de matéria orgânica: Nível S (0,2mg/Kg) Nível T (4,1mg/Kg) Nível I (8,0mg/Kg)*	10% de matéria orgânica e 25 % de argila Nível S (50mg/Kg)** Nível T (2525mg/Kg)*** Nível I (5000mg/Kg)****
200 P1 A		0,021
200 P1 B		0,011
200 P1 C		0,011
200 P2 A		0,011
200 P2 B		0,015
200 P2 C		0,026
200 P3 A		0,012
200 P3 B		0,013
200 P3 C		0,016
200 P4 A		0,102
200 P4 B		0,025
200 P4 C		0,039
500 P1 A		0,019
500 P1 B		0,013
500 P1 C		0,014
500 P2 A		0,029
500 P2 B		0,032
500 P2 C		0,021
500 P3 A		0,019
500 P3 B		0,018
500 P3 C		0,016
500 P4 A		0,030
500 P4 B		0,020
500 P4 C		0,020
2000 P1 A		0,019
2000 P1 B		0,014
2000 P1 C		0,018
2000 P2 A		0,002
2000 P2 B		0,003
2000 P2 C		0,078
2000 P3 A		0,043
2000 P3 B		0,045
2000 P3 C		0,016
2000 P4 A		0,012
2000 P4 B		0,029
2000 P4 C		0,029
Controle P1 A		0,001
Controle P1 B		0,003
Controle P1 C		0,001
Controle P2 A		0,009
Controle P2 B		0,006
Controle P2 C		0,003

Os valores de HPA's para a Zona 2 variaram entre 0,001mg/Kg (Controle P1 A e Controle P1 C) a 0,102mg/Kg (200 P4 A). Estes foram extremamente baixos

quando comparados com os limites estabelecidos pela lista holandesa. Nenhuma estação ultrapassou o nível S considerado como nível de background ambiental do parâmetro, mesmo considerando os critérios de 0% de matéria orgânica que são mais restritivos.

Quadro II.5.1.4.2.3-25 - Resultados da concentração de HPA's das amostras de sedimento da Zona 3 – Bloco BM-CAL-6 – Bacia Camamu/Almada e estações controle.

Estação	Concentração de HPAs (mg/Kg)	
	0% de argila e de matéria orgânica: Nível S (0,2mg/Kg) Nível T (4,1mg/Kg) Nível I (8,0mg/Kg)*	10% de matéria orgânica e 25 % de argila Nível S (50mg/Kg)** Nível T (2525mg/Kg)*** Nível I (5000mg/Kg)****
200 P1 A		0,01216
200 P1 B		0,00591
200 P1 C		0,01149
200 P2 A		0,00511
200 P2 B		0,00282
200 P2 C		0,00218
200 P3 A		0,01105
200 P3 B		0,01602
200 P3 C		0,01632
200 P4 A		0,00561
200 P4 B		0,01837
200 P4 C		0,00121
500 P1 A		0,00846
500 P1 B		0,01102
500 P1 C		0,01438
500 P2 A		0,01035
500 P2 B		0,01991
500 P2 C		0,01386
500 P3 A		0,00809
500 P3 B		0,04221
500 P3 C		0,00790
500 P4 A		0,00774
500 P4 B		0,01828
500 P4 C		0,01147
2000 P1 A		0,00837
2000 P1 B		0,07719
2000 P1 C		0,01017
2000 P2 A		0,00467
2000 P2 B		0,01487
2000 P2 C		0,02434
2000 P3 A		0,00771
2000 P3 B		0,00447
2000 P3 C		0,01002
2000 P4 A		0,00634
2000 P4 B		0,00778
2000 P4 C		0,01036
Controle P1 A		0,00296
Controle P1 B		0,00851
Controle P1 C		0,01152

Continua

Continuação Quadro II.5.1.4.2.3-25

Estação	Concentração de HPAs (mg/Kg)	
	0% de argila e de matéria orgânica: Nível S (0,2mg/Kg) Nível T (4,1mg/Kg) Nível I (8,0mg/Kg)*	10% de matéria orgânica e 25 % de argila Nível S (50mg/Kg)** Nível T (2525mg/Kg)*** Nível I (5000mg/Kg)****
Controle P2 A	0,00056	
Controle P2 B	0,00222	
Controle P2 C	< 0,0002	

Os valores de HPA's para a Zona 3 variaram entre < 0,0002mg/Kg (Controle P2 C) a 0,07719mg/Kg (2000 P1 B) e foram extremamente baixos quando comparados aos limites estabelecidos pela lista holandesa. Nenhuma estação ultrapassou o nível S considerado como nível de *background* ambiental do parâmetro, mesmo considerando os critérios de 0% de matéria orgânica que são mais restritivos.

Todos os resultados também foram muito baixos quando comparados com os valores de referência de TEL (*Threshold Effects Level*) e PEL (*Probable Effects Level*) definidos pela NOAA (1999), para sedimentos marinhos. O TEL é o limite abaixo do qual não há probabilidade de que a concentração do poluente no sedimento possa provocar efeitos tóxicos em organismos aquáticos. Já o PEL é a concentração acima da qual existe maior probabilidade de ocorrência de efeitos tóxicos nos organismos.

É citado na literatura que concentrações de HPA's nos sedimentos costeiros podem variar de 5 a 10mg/Kg, sem que necessariamente esta concentração represente contaminação (VOLKMAN *et al.*, 1992; UNEP, 1991). A **Figura II.5.1.4.3-30** apresenta Teores de HPA's em amostras de sedimento no mundo como parte do Monitoramento ambiental em fontes de exploração marítima – MAPEM.

Os resultados obtidos no presente monitoramento estão muito longe destes limites. Nas **Figuras II.5.1.4.2.3-27, II.5.1.4.2.3-28 e II.5.1.4.2.3-29** tem-se gráficos *Box-plot* para a concentração de HPA's nas estações de amostragem no entorno das Zonas 1, 2 e 3. As diferenças nas médias das estações de amostragem não foram consideradas significativas pela análise de variâncias (ANOVA).

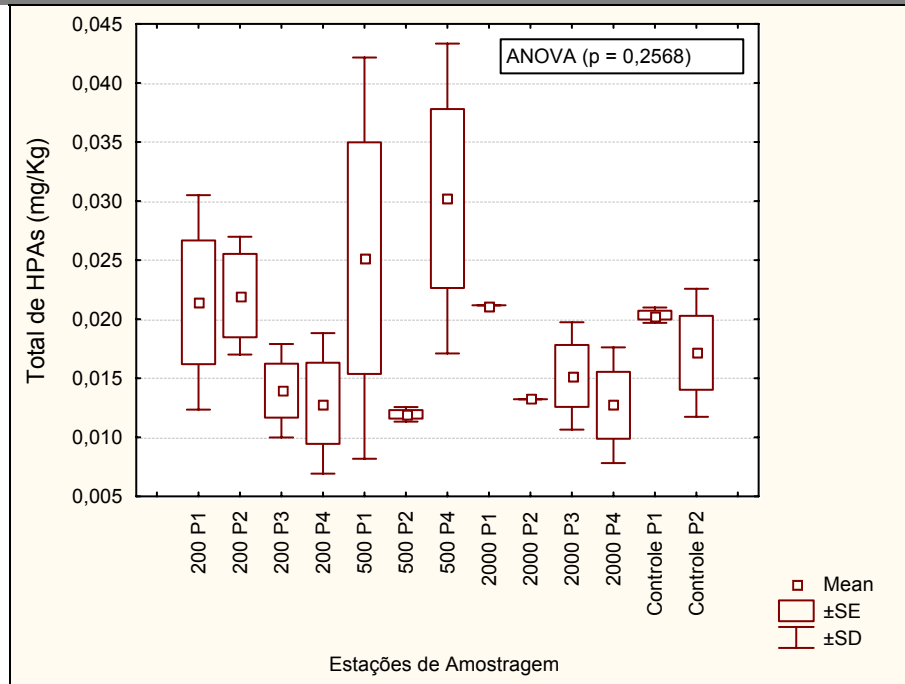


Figura II.5.1.4.2.3-27 - Gráfico Box-plot da concentração de HPA's nas estações de amostragem no entorno da Zona 1.

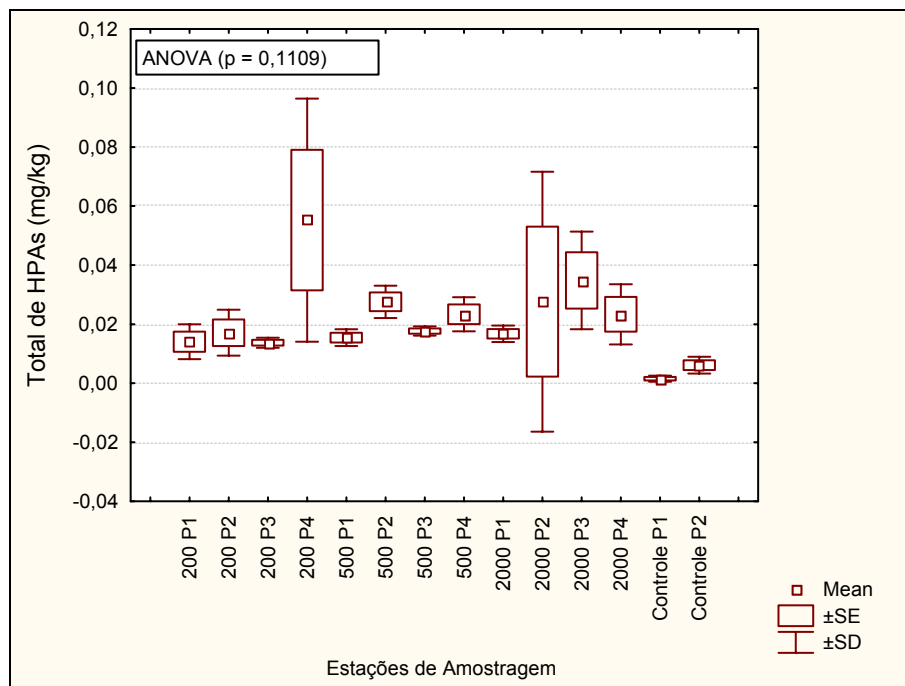


Figura II.5.1.4.2.3-28 - Gráfico Box-plot da concentração de HPA's nas estações de amostragem no entorno da Zona 2.

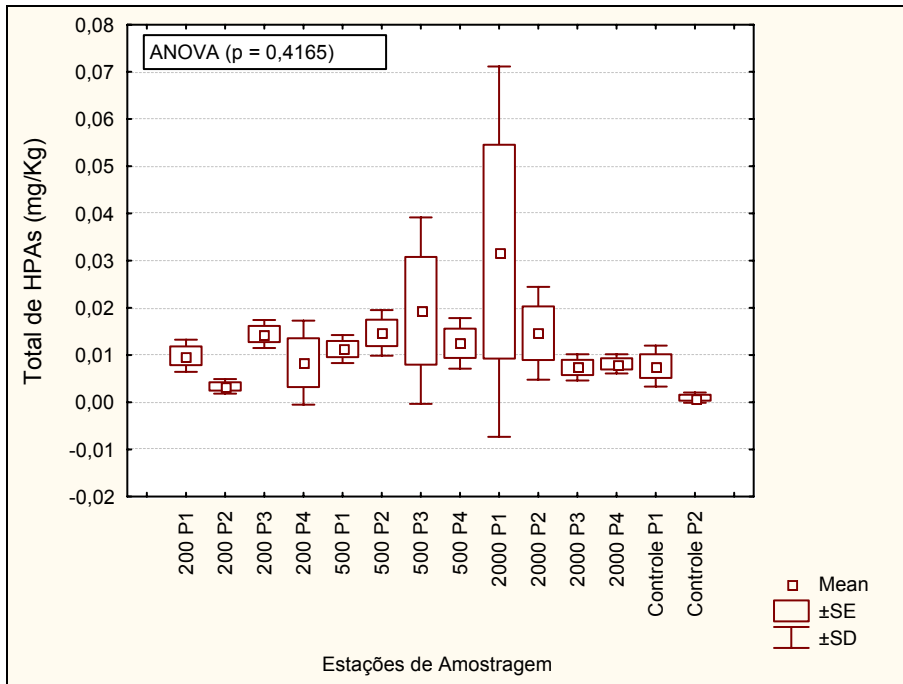


Figura II.5.1.4.2.3-29 - Gráfico Box-plot da concentração de HPA's nas estações de amostragem no entorno da Zona 3 .

Substância	Concentração ng/g (ppb)	Local	Fonte
Σ HPAs (áreas pristinas) ^a	8 - 280	Antártica	Tolosa, I. <i>et al.</i> , 2004
	24 - 501	Mar Adriático ^b	Magi, E. <i>et al.</i> 2002
	30	Ilhas Baleares (Espanha)	Baumard, P. <i>et al.</i> 1998
	< 40	Ilhas Shetland (Inglaterra)	Tolosa, I. <i>et al.</i> , 2004
Σ HPAs	94 - 1.789	Irã, Mar Cáspio	Tolosa, I. <i>et al.</i> 2004
	280 - 3.000	Azerbaijão, Mar Cáspio	
	7.266 - 358.092	Porto de Boston (EUA)	Wang, X.C. <i>et al.</i> 2001
	91 - 8.035	Baía de Guanabara	Meniconi, M. F. G. <i>et al.</i> 2002
	50 - 555.000	Rio de La Plata	Colombo, J.C. <i>et al.</i> 1989
	7 - 638	Mar Negro	Readman, J. W. <i>et al.</i> 2002
	34 - 682	Golfo de Trieste (Mar Adriático)	Notar, M. <i>et al.</i> 2001
	6 - 2.095	Plataforma de Pargo	Petrobras S.A.
	61 - 207	Plataforma de Pampo	Petrobras S.A.
	8 - 6.400	Plataformas do Golfo do México	Kennikut, M. C. 1995
Σ HPAs	2 - 224	Transocean Legend - Brasil	MAPEM

a- classificação destas áreas dada por Tolosa, I. *et al.*, 2004. b- áreas costeiras.

(Fonte: Monitoramento ambiental em fontes de exploração marítima – MAPEM)

Figura II.5.1.4.2.3-30 - Teores de HPA's em amostras de sedimento no mundo.

Metais

Os valores de referência de TEL (*Threshold Effects Level*) e PEL (*Probable Effects Level*) definidos pela NOAA (1999) para sedimentos marinhos foram utilizados como padrão de referência na presente caracterização. O TEL é o limite abaixo do qual não há probabilidade de que a concentração do metal no sedimento possa provocar efeitos tóxicos em organismos aquáticos. Já o PEL é a concentração acima da qual existe maior probabilidade de ocorrência de efeitos tóxicos nos organismos.

A Resolução CONAMA 344/04 estabelece os padrões de qualidade para sedimentos a serem dispostos em atividades de dragagem, uma vez que não é pretendida a dragagem dos sedimentos avaliados, não foram utilizados os padrões desta resolução para fins de comparação. Cabe mencionar que os critérios do NOAA (1999) são inclusive mais exigentes que os termos da referida Resolução.

Os resultados de metais pesados das análises realizadas no presente monitoramento são apresentados nos **Quadros II.5.1.4.2.3-26** ao **II.5.1.4.2.3-37**, respectivamente para as estações distantes 200, 500, 2000 metros e estações controle.

Quadro II.5.1.4.2.3-26 - Resultados da concentração de metais das amostras distantes cerca de 200m da Zona 1 e estações controle.

Metal	LDM	TEL (NOAA, 1999) ¹	PEL (NOAA, 1999) ²	200 P1 A	200 P1 B	200 P1 C	200 P2 A	200 P2 B	200 P3 A	200 P3 B	200 P3 C	200 P4 A	200 P4 B	200 P4 C
Al	20	Valor de <i>Background</i> (4700)		13825	13043	13977	11563	16468	9622	7789	15133	655	12411	9181
As	0,5	7,24	41,60	37,7	44,3	51,1	28,7	28	17,4	17,9	20,8	27,8	28,4	36,7
Ba	20	Valor de <i>Background</i> (440,00)		29	25	29	29	33	29	28	36	33	29	25
Cd	0,4	0,68	4,21	0,7	0,9	1	0,7	0,7	0,4	0,4	0,5	0,7	0,6	0,7
Pb	1	30,24	112,18	7	9	9	7	7	5	5	6	8	8	8
Cu	2	18,70	108,20	3	3	4	4	4	3	3	4	4	3	3
Cr	2	52,30	160,40	31	34	38	30	32	21	20	24	28	27	28
Fe	4	Valor de <i>Background</i> (1800)		40794	45126	47908	28639	387396	20406	20114	23972	769	31207	35018
Mn	2	Valor de <i>Background</i> (330)		116	116	149	104	129	97	102	131	128	104	92
Hg	0,02	0,13	0,70	0,17	0,15	0,21	0,14	0,2	0,13	nd	0,16	nd	nd	0,19
Ni	4	15,90	42,80	8	9	10	7	8	5	5	7	8	7	7
V	20	Valor de <i>Background</i> (58)		66	78	86	60	62	41	41	43	62	62	75
Zn	1	124,00	271,00	31	34	38	27	30	17	16	19	27	26	27

Todos os valores em mg/Kg

1- *Threshold Effects Level* – Limite abaixo do qual não foi observado efeito tóxico em organismos aquáticos estudados pelo NOAA (1999).

2- *Probable Effects Level* – Limite acima do qual se espera que ocorram efeitos tóxicos em organismos aquáticos, segundo a NOAA (1999).

LEGENDA

	Valores acima do TEL
	Valores acima do PEL
	Valores acima do valor de <i>Background</i>

Quadro II.5.1.4.2.3-27 - Resultados da concentração de metais das amostras distantes cerca de 500m da Zona 1 e estações controle.

Metal	LDM	TEL (NOAA, 1999) ¹	PEL (NOAA, 1999) ²	500 P1 A	500 P1 B	500 P1 C	500 P2 A	500 P2 B	500 P2 C	500 P4 A	500 P4 B	500 P4 C
Al	20	Valor de <i>Background</i> (4700)		19107	19113	17761	12978	13589	13126	27447	32255	18621
As	0,5	7,24	41,60	72,2	54,1	68	27	26,9	27,9	18,6	21,4	69,5
Ba	20	Valor de <i>Background</i> (440,00)		33	30	33	36	36	35	48	54	33
Cd	0,4	0,68	4,21	1,3	1,1	1,2	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	1,3
Pb	1	30,24	112,18	11	9	11	7	7	7	10	10	11
Cu	2	18,70	108,20	4	5	5	4	4	4	12	12	4
Cr	2	52,30	160,40	45	43	48	28	29	29	40	41	49
Fe	4	Valor de <i>Background</i> (1800)		65431	58712	66888	28575	28851	29935	29109	31831	67173
Mn	2	Valor de <i>Background</i> (330)		191	143	188	116	125	145	137	132	169
Hg	0,02	0,13	0,70	0,13	0,11	0,26	0,19	0,3	0,07	0,13	0,22	0,05
Ni	4	15,90	42,80	13	12	13	8	8	8	15	16	13
V	20	Valor de <i>Background</i> (58)		104	91	102	55	55	56	53	55	102
Zn	1	124,00	271,00	43	42	45	26	27	28	34	34	46

Todos os valores em mg/Kg

1- *Threshold Effects Level* – Limite abaixo do qual não foi observado efeito tóxico em organismos aquáticos estudados pelo NOAA (1999).

2- *Probable Effects Level* – Limite acima do qual se espera que ocorram efeitos tóxicos em organismos aquáticos, segundo a NOAA (1999).

LEGENDA

	Valores acima do TEL
	Valores acima do PEL
	Valores acima do valor de <i>Background</i>

Quadro II.5.1.4.2.3-28 - Resultados da concentração de metais das amostras distantes cerca de 2000m do Poço Copaíba – Bloco BM-CAL-5 – Bacia Camamu/Almada e estações controle.

Metal	LDM	TEL (NOAA, 1999) ¹	PEL (NOAA, 1999) ²	2000 P1 B	2000 P2 A	2000 P3 A	2000 P3 B	2000 P3 C	2000 P4 A	2000 P4 B	2000 P4 C
Al	20	Valor de <i>Background</i> (4700)		16246	19460	7600	9813	7829	23930	24447	22807
As	0,5	7,24	41,60	21	19	8,4	13,6	7,7	124,3	111,1	129,7
Ba	20	Valor de <i>Background</i> (440,00)		36	49	27	33	24	35	34	33
Cd	0,4	0,68	4,21	nd	0,5	nd	nd	nd	2,1	1,8	2,2
Pb	1	30,24	112,18	4	6	4	6	4	13	12	13
Cu	2	18,70	108,20	3	7	3	5	3	4	4	4
Cr	2	52,30	160,40	14	30	13	21	15	56	50	57
Fe	4	Valor de <i>Background</i> (1800)		20297	25960	10898	19189	12083	104940	95655	120395
Mn	2	Valor de <i>Background</i> (330)		106	156	81	100	87	269	221	267
Hg	0,02	0,13	0,70	0,14	0,1	0,19	0,18	0,06	0,11	0,23	0,04
Ni	4	15,90	42,80	5	10	nd	6	4	17	15	17
V	20	Valor de <i>Background</i> (58)		24	42	20	35	21	139	123	144
Zn	1	124,00	271,00	10	28	13	21	14	56	50	59

Todos os valores em mg/Kg

1 – *Threshold Effects Level* – Limite abaixo do qual não foi observado efeito tóxico em organismos aquáticos estudados pelo NOAA (1999).

2– *Probable Effects Level* – Limite acima do qual se espera que ocorram efeitos tóxicos em organismos aquáticos, segundo a NOAA (1999).

LEGENDA

	Valores acima do TEL
	Valores acima do PEL
	Valores acima do valor de <i>Background</i>

Quadro II.5.1.4.2.3-29 - Resultados da concentração de metais das amostras controle da Zona 1 e estações controle.

Metal	LDM	TEL (NOAA, 1999) ¹	PEL (NOAA, 1999) ²	Controle P1 A	Controle P1 B	Controle P1 C	Controle P2 A	Controle P2 B	Controle P2 C
Al	20	Valor de <i>Background</i> (4700)		20620	18580	21304	25369	19338	23324
As	0,5	7,24	41,60	10,1	16,7	16,7	13,6	13	14
Ba	20	Valor de <i>Background</i> (440,00)		64	78	77	111	103	109
Cd	0,4	0,68	4,21	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5
Pb	1	30,24	112,18	6	6	7	7	7	6
Cu	2	18,70	108,20	8	9	9	12	11	12
Cr	2	52,30	160,40	26	27	27	27	25	26
Fe	4	Valor de <i>Background</i> (1800)		19383	20841	21176	21372	20953	22085
Mn	2	Valor de <i>Background</i> (330)		116	179	230	179	170	182
Hg	0,02	0,13	0,70	0,25	0,15	0,26	0,15	0,03	0,11
Ni	4	15,90	42,80	9	10	11	11	10	11
V	20	Valor de <i>Background</i> (58)		36	41	41	40	39	40
Zn	1	124,00	271,00	22	23	24	25	24	25

Todos os valores em mg/Kg

1- *Threshold Effects Level* – Limite abaixo do qual não foi observado efeito tóxico em organismos aquáticos estudados pelo NOAA (1999).

2- *Probable Effects Level* – Limite acima do qual se espera que ocorram efeitos tóxicos em organismos aquáticos, segundo a NOAA (1999).

LEGENDA

	Valores acima do TEL
	Valores acima do PEL
	Valores acima do valor de <i>Background</i>

Quadro II.5.1.4.2.3-30 - Resultados da concentração de metais das amostras distantes cerca de 200m da Zona 2 e estações controle.

Metal	LDM	TEL (NOAA, 1999) ¹	PEL (NOAA, 1999) ²	200 P1 A	200 P1 B	200 P1 C	200 P2 A	200 P2 B	200 P2 C	200 P3 A	200 P3 B	200 P3 C	200 P4 A	200 P4 B	200 P4 C
Al	20	Valor de <i>Background</i> (4700)		18790	20229	19951	22300	18222	21291	18926	20368	19570	20400	16446	19866
As	0,5	7,24	41,60	14,1	15,5	14,3	13,6	14,7	14,6	15,5	14,5	15,5	15,6	13,3	15,5
Ba	20	Valor de <i>Background</i> (440,00)		91	112	95	91	115	82	127	129	119	115	102	124
Cd	0,4	0,68	4,21	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6
Pb	1	30,24	112,18	6	7	7	7	7	8	7	8	7	8	7	7
Cu	2	18,70	108,20	10	12	11	11	11	12	13	13	12	12	11	12
Cr	2	52,30	160,40	25	29	26	25	26	31	29	29	28	29	26	28
Fe	4	Valor de <i>Background</i> (1800)		19136	21779	20484	20356	20522	21774	21761	21929	21304	21760	20322	21893
Mn	2	Valor de <i>Background</i> (330)		170	191	173	172	173	182	220	207	203	227	182	208
Hg	0,02	0,13	0,70	0,09	0,37	0,26	0,14	< 0,02	0,29	0,09	0,22	0,29	0,26	0,09	0,24
Ni	4	15,90	42,80	10	11	10	10	10	12	11	11	11	12	10	11
V	20	Valor de <i>Background</i> (58)		37	42	39	38	39	39	43	42	42	43	39	42
Zn	1	124,00	271,00	22	25	23	23	24	27	26	26	25	25	23	25

Todos os valores em mg/Kg

- 1– *Threshold Effects Level* – Limite abaixo do qual não foi observado efeito tóxico em organismos aquáticos estudados pelo NOAA (1999).
2– *Probable Effects Level* – Limite acima do qual se espera que ocorram efeitos tóxicos em organismos aquáticos, segundo a NOAA (1999).

LEGENDA

	Valores acima do TEL
	Valores acima do PEL
	Valores acima do valor de <i>Background</i>

Quadro II.5.1.4.2.3-31 - Resultados da concentração de metais das amostras distantes cerca de 500m da Zona 2 e estações controle.

Metal	LDM	TEL (NOAA, 1999) ¹	PEL (NOAA, 1999) ²	500 P1 A	500 P1 B	500 P1 C	500 P2 A	500 P2 B	500 P2 C	500 P3 A	500 P3 B	500 P3 C	500 P4 A	500 P4 B	500 P4 C
Al	20	Valor de <i>Background</i> (4700)		19417	18741	16118	19273	20967	19839	20690	19779	17683	18930	17982	16677
As	0,5	7,24	41,60	13,6	13,5	13,9	14,2	15,5	14,6	16,1	15,1	13,4	13,8	15	14,6
Ba	20	Valor de <i>Background</i> (440,00)		83	80	82	116	113	111	134	137	122	106	107	106
Cd	0,4	0,68	4,21	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
Pb	1	30,24	112,18	7	7	6	6	7	7	8	8	7	7	7	7
Cu	2	18,70	108,20	10	10	10	11	12	11	14	14	12	11	12	11
Cr	2	52,30	160,40	27	26	25	27	28	28	31	29	27	27	28	27
Fe	4	Valor de <i>Background</i> (1800)		19860	19997	19079	21662	21657	21536	23302	22545	20882	20625	21657	20914
Mn	2	Valor de <i>Background</i> (330)		152	155	158	202	216	185	219	215	235	189	190	208
Hg	0,02	0,13	0,70	0,17	0,17	0,16	0,05	0,28	0,08	0,28	0,29	0,35	0,28	0,34	0,09
Ni	4	15,90	42,80	10	10	10	11	11	11	12	11	11	11	11	10
V	20	Valor de <i>Background</i> (58)		39	38	37	40	41	40	43	42	40	40	42	40
Zn	1	124,00	271,00	23	22	21	24	26	24	27	28	24	23	25	23

Todos os valores em mg/Kg

1- *Threshold Effects Level* – Limite abaixo do qual não foi observado efeito tóxico em organismos aquáticos estudados pelo NOAA (1999).

2- *Probable Effects Level* – Limite acima do qual se espera que ocorram efeitos tóxicos em organismos aquáticos, segundo a NOAA (1999).

LEGENDA

	Valores acima do TEL
	Valores acima do PEL
	Valores acima do valor de <i>Background</i>

Quadro II.5.1.4.2.3-32 - Resultados da concentração de metais das amostras distantes cerca de 2000m da Zona 2 e estações controle.

Metal	LDM	TEL (NOAA, 1999) ¹	PEL (NOAA, 1999) ²	2000 P1 A	2000 P1 B	2000 P1 C	2000 P2 A	2000 P2 B	2000 P2 C	2000 P3 A	2000 P3 B	2000 P3 C	2000 P4 A	2000 P4 B	2000 P4 C
Al	20	Valor de <i>Background</i> (4700)		21980	18650	18606	7829	27912	27755	19325	22483	26605	27758	23675	24712
As	0,5	7,24	41,60	14,5	12,9	15,4	7,7	14,9	15,2	14,2	12,9	14,2	16,6	17,1	15,9
Ba	20	Valor de <i>Background</i> (440,00)		68	72	76	24	101	101	135	134	146	134	118	120
Cd	0,4	0,68	4,21	0,6	0,5	0,5	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,7	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6
Pb	1	30,24	112,18	9	7	7	4	7	7	7	7	7	8	7	8
Cu	2	18,70	108,20	11	9	9	3	11	11	13	13	14	12	11	11
Cr	2	52,30	160,40	35	28	27	15	27	27	27	27	29	31	29	30
Fe	4	Valor de <i>Background</i> (1800)		24412	20360	20409	12083	20990	20375	19680	20625	21905	22337	22291	22431
Mn	2	Valor de <i>Background</i> (330)		251	181	365	87	188	187	196	192	201	229	234	206
Hg	0,02	0,13	0,70	0,18	0,08	0,26	0,06	0,05	0,1	0,31	0,29	0,14	0,5	0,3	0,06
Ni	4	15,90	42,80	14	11	12	4	12	12	10	11	12	13	12	12
V	20	Valor de <i>Background</i> (58)		42	37	39	21	35	36	39	38	41	42	42	43
Zn	1	124,00	271,00	29	23	23	14	23	23	24	24	27	27	25	26

Todos os valores em mg/Kg

- 1- *Threshold Effects Level* – Limite abaixo do qual não foi observado efeito tóxico em organismos aquáticos estudados pelo NOAA (1999).
 2- *Probable Effects Level* – Limite acima do qual se espera que ocorram efeitos tóxicos em organismos aquáticos, segundo a NOAA (1999).

LEGENDA

	Valores acima do TEL
	Valores acima do PEL
	Valores acima do valor de <i>Background</i>

Quadro II.5.1.4.2.3-33 - Resultados da concentração de metais das amostras controle da Zona 2 e estações controle.

Metal	LDM	TEL (NOAA, 1999) ¹	PEL (NOAA, 1999) ²	Controle P1 A	Controle P1 B	Controle P1 C	Controle P2 A	Controle P2 B	Controle P2 C
Al	20	Valor de <i>Background</i> (4700)		25428	25988	25807	21812	23702	24513
As	0,5	7,24	41,60	13,2	13,3	12,3	12	12,1	12,6
Ba	20	Valor de <i>Background</i> (440,00)		162	135	160	119	122	124
Cd	0,4	0,68	4,21	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Pb	1	30,24	112,18	6	6	6	6	6	6
Cu	2	18,70	108,20	14	13	14	12	12	12
Cr	2	52,30	160,40	23	24	23	22	22	22
Fe	4	Valor de <i>Background</i> (1800)		18688	18991	18911	17224	18078	17917
Mn	2	Valor de <i>Background</i> (330)		191	179	192	159	171	162
Hg	0,02	0,13	0,70	< 0,02	0,25	0,16	0,09	0,12	0,1
Ni	4	15,90	42,80	10	10	10	10	10	10
V	20	Valor de <i>Background</i> (58)		32	32	32	31	32	32
Zn	1	124,00	271,00	23	22	23	22	22	22

Todos os valores em mg/Kg

- 1– *Threshold Effects Level* – Limite abaixo do qual não foi observado efeito tóxico em organismos aquáticos estudados pelo NOAA (1999).
2– *Probable Effects Level* – Limite acima do qual se espera que ocorram efeitos tóxicos em organismos aquáticos, segundo a NOAA (1999).

LEGENDA

	Valores acima do TEL
	Valores acima do PEL
	Valores acima do valor de <i>Background</i>

Quadro II.5.1.4.2.3-34 - Resultados da concentração de metais das amostras distantes cerca de 200m da Zona 3 e estações controle.

Metal	LDM	TEL (NOAA, 1999) ¹	PEL (NOAA, 1999) ²	200 P1 A	200 P1 B	200 P1 C	200 P2 A	200 P2 B	200 P2 C	200 P3 A	200 P3 B	200 P3 C	200 P4 A	200 P4 B	200 P4 C
Al	20	Valor de <i>Background</i> (4700)		25531	28172	29121	26866	28492	26495	28526	29414	30072	31433	28973	29458
As	0,5	7,24	41,60	16,8	18,2	19,3	16,2	15,3	14,5	18,4	20,4	19,2	19,5	17,4	19,3
Ba	20	Valor de <i>Background</i> (440,00)		64	67	75	74	70	64	74	75	79	76	73	72
Cd	0,4	0,68	4,21	< 0,4	< 0,4	0,4	0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,4	< 0,4	< 0,4	0,4
Pb	1	30,24	112,18	7	7	8	7	7	6	8	8	8	7	7	7
Cu	2	18,70	108,20	8	9	10	9	9	8	10	10	10	10	9	9
Cr	2	52,30	160,40	27	28	28	27	27	26	29	29	28	29	28	29
Fe	4	Valor de <i>Background</i> (1800)		20023	21995	22675	20630	21037	20406	22129	23445	23367	24589	23013	23259
Mn	2	Valor de <i>Background</i> (330)		161	160	209	231	225	155	240	284	284	240	173	174
Hg	0,02	0,13	0,70	0,05	< 0,02	0,18	0,12	0,14	0,04	< 0,02	0,07	< 0,02	0,29	0,14	< 0,02
Ni	4	15,90	42,80	11	11	13	12	12	10	13	13	13	12	12	12
V	20	Valor de <i>Background</i> (58)		32	34	36	34	32	33	36	36	37	37	34	36
Zn	1	124,00	271,00	20	22	24	21	22	< 1	< 1	24	24	23	22	22

Todos os valores em mg/Kg

- 1– *Threshold Effects Level* – Limite abaixo do qual não foi observado efeito tóxico em organismos aquáticos estudados pelo NOAA (1999).
 2– *Probable Effects Level* – Limite acima do qual se espera que ocorram efeitos tóxicos em organismos aquáticos, segundo a NOAA (1999).

LEGENDA

	Valores acima do TEL
	Valores acima do PEL
	Valores acima do valor de <i>Background</i>

Quadro II.5.1.4.2.3-35 - Resultados da concentração de metais das amostras distantes cerca de 500m da Zona 3 e estações controle.

Metal	LDM	TEL (NOAA, 1999) ¹	PEL (NOAA, 1999) ²	500 P1 A	500 P1 B	500 P1 C	500 P2 A	500 P2 B	500 P2 C	500 P3 A	500 P3 B	500 P3 C	500 P4 A	500 P4 B	500 P4 C
Al	20	Valor de <i>Background</i> (4700)		30305	29959	28227	28352	23718	29335	27572	28445	29013	22684	26796	19441
As	0,5	7,24	41,60	18,8	18,7	19,2	17,1	17	16,9	18,3	17,5	18,6	13,3	18,1	13,3
Ba	20	Valor de <i>Background</i> (440,00)		74	72	70	86	75	85	79	84	83	58	65	55
Cd	0,4	0,68	4,21	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Pb	1	30,24	112,18	8	8	7	7	7	7	7	7	7	6	7	6
Cu	2	18,70	108,20	9	9	9	10	9	10	10	10	10	7	8	7
Cr	2	52,30	160,40	29	29	28	28	26	28	27	28	28	25	27	22
Fe	4	Valor de <i>Background</i> (1800)		24248	23675	22666	21457	18923	22278	21347	22202	22706	18242	22314	16365
Mn	2	Valor de <i>Background</i> (330)		206	237	195	227	142	213	196	249	222	126	180	154
Hg	0,02	0,13	0,70	0,29	0,17	0,26	0,22	0,21	0,14	0,27	0,08	0,06	0,14	0,2	0,04
Ni	4	15,90	42,80	13	13	12	12	11	12	12	12	12	10	11	9
V	20	Valor de <i>Background</i> (58)		36	35	34	36	34	36	35	36	36	32	34	28
Zn	1	124,00	271,00	22	22	21	23	21	23	22	23	23	20	22	17

Todos os valores em mg/Kg

- 1- *Threshold Effects Level* – Limite abaixo do qual não foi observado efeito tóxico em organismos aquáticos estudados pelo NOAA (1999).
2- *Probable Effects Level* – Limite acima do qual se espera que ocorram efeitos tóxicos em organismos aquáticos, segundo a NOAA (1999).

LEGENDA

	Valores acima do TEL
	Valores acima do PEL
	Valores acima do valor de <i>Background</i>

Quadro II.5.1.4.2.3-36 - Resultados da concentração de metais das amostras distantes cerca de 2000m da Zona 3 e estações controle.

Metal	LDM	TEL (NOAA, 1999) ¹	PEL (NOAA, 1999) ²	2000 P1 A	2000 P1 B	2000 P1 C	2000 P2 A	2000 P2 B	2000 P2 C	2000 P3 A	2000 P3 B	2000 P3 C	2000 P4 A	2000 P4 B	2000 P4 C
Al	20	Valor de <i>Background</i> (4700)		19351	22198	23846	25345	26630	24446	28578	30992	31535	22458	21017	20592
As	0,5	7,24	41,60	19,9	26,8	29,1	14,7	13	12,4	15,3	15,4	15,9	39,7	40,5	35,8
Ba	20	Valor de <i>Background</i> (440,00)		38	47	47	106	105	105	101	99	103	43	42	43
Cd	0,4	0,68	4,21	0,4	0,4	0,5	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,4	0,6	0,6	0,6
Pb	1	30,24	112,18	6	7	7	7	7	6	7	7	7	7	8	7
Cu	2	18,70	108,20	6	6	7	11	11	11	11	11	12	6	6	6
Cr	2	52,30	160,40	28	29	28	25	24	24	28	28	29	32	32	30
Fe	4	Valor de <i>Background</i> (1800)		23259	27133	29121	21648	20901	19048	21876	23472	23929	38236	34623	35138
Mn	2	Valor de <i>Background</i> (330)		103	212	184	165	161	161	205	213	187	141	176	140
Hg	0,02	0,13	0,70	0,06	0,1	0,11	0,22	0,14	0,06	0,23	0,24	0,03	0,16	0,09	< 0,02
Ni	4	15,90	42,80	9	11	11	11	11	11	12	12	12	11	11	11
V	20	Valor de <i>Background</i> (58)		39	44	46	34	33	34	37	36	37	56	57	54
Zn	1	124,00	271,00	20	22	24	24	23	23	24	24	24	24	24	24

Todos os valores em mg/Kg

- 1- *Threshold Effects Level* – Limite abaixo do qual não foram observados efeitos tóxicos em organismos aquáticos estudados pelo NOAA (1999).
 2- *Probable Effects Level* – Limite acima do qual se espera que ocorram efeitos tóxicos em organismos aquáticos, segundo a NOAA (1999).

LEGENDA

	Valores acima do TEL
	Valores acima do PEL
	Valores acima do valor de <i>Background</i>

Quadro II.5.1.4.2.3-37 - Resultados da concentração de metais das amostras controle da Zona 3 e estações controle.

Metal	LDM	TEL (NOAA, 1999) ¹	PEL (NOAA, 1999) ²	Controle P1 A	Controle P1 B	Controle P1 C	Controle P2 A	Controle P2 B	Controle P2 C
Al	20	Valor de <i>Background</i> (4700)		26070	25298	26979	25221	25850	26163
As	0,5	7,24	41,60	13,4	12,7	12,9	13	13,6	13
Ba	20	Valor de <i>Background</i> (440,00)		133	160	131	149	150	150
Cd	0,4	0,68	4,21	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Pb	1	30,24	112,18	6	6	6	6	6	7
Cu	2	18,70	108,20	12	14	13	14	14	14
Cr	2	52,30	160,40	24	24	24	23	23	23
Fe	4	Valor de <i>Background</i> (1800)		18699	18401	19441	18260	18896	18892
Mn	2	Valor de <i>Background</i> (330)		191	188	185	208	257	228
Hg	0,02	0,13	0,70	0,11	0,24	0,17	0,3	0,07	0,05
Ni	4	15,90	42,80	10	11	11	11	11	11
V	20	Valor de <i>Background</i> (58)		32	32	33	32	32	32
Zn	1	124,00	271,00	22	22	23	23	23	22

Todos os valores em mg/Kg

- 1- *Threshold Effects Level* – Limite abaixo do qual não foram observados efeitos tóxicos em organismos aquáticos estudados pelo NOAA (1999).
2- *Probable Effects Level* – Limite acima do qual se espera que ocorram efeitos tóxicos em organismos aquáticos, segundo a NOAA (1999).

LEGENDA

	Valores acima do TEL
	Valores acima do PEL
	Valores acima do valor de <i>Background</i>

Alumínio

O alumínio (Al) é o terceiro elemento químico mais abundante na crosta terrestre, ocorrendo em minerais, rochas e argila. Está presente em águas sob forma de sais solúveis, colóides ou compostos insolúveis. O alumínio é um metal leve, macio porém resistente, de aspecto cinza prateado; e fosco, devido à fina camada de oxidação que se forma rapidamente quando exposto ao ar. O alumínio não é tóxico (como metal), não-magnético, e não cria faíscas quando exposto à atrito. O alumínio puro possui tensão de cerca de 19 megapascals (MPa) e 400 MPa se inserido dentro de uma liga. Sua densidade é aproximadamente de um terço da do aço ou cobre. É muito maleável, muito dúctil e apto para a mecanização e para a fundição, além de ter uma excelente resistência à corrosão e durabilidade devido à camada protetora de óxido. É o segundo metal mais maleável (o primeiro é o ouro) e o sexto mais dúctil.

Os valores de alumínio para a Zona 1 variaram entre 655mg/Kg (200 P4 A) a 32.255,00mg/Kg (500 P4 B) bem parecido com os resultados obtidos para a Zona 2, onde os valores de alumínio obtidos no presente monitoramento variaram entre 7.829,00mg/Kg (2000 P2 A) a 27.912,00mg/Kg (2000 P2 B), e por fim para a Zona 3 os valores de alumínio variaram entre 19.351,00mg/Kg (2000 P1 A) a 31.525,00mg/Kg (2000 P3 C). Todas as três Zonas apresentaram valores equivalentes. A publicação SQUIRTs da NOAA não apresenta valores de TEL e PEL para alumínio. Entretanto, aponta o valor de 4.700mg/Kg como valor de background para sedimentos marinhos. Todos os valores de alumínio obtidos estiveram muito acima deste valor de *background*, exceto a estação 200 P4 réplica A (655mg/Kg) situada na Zona 1.

Azevedo e Chasin (2003) analisaram diversos estudos que avaliaram o teor de alumínio no sedimento apresentando a faixa de 20.000 a 80.000mg/Kg como faixa de ocorrência deste metal no sedimento de algumas regiões na América do Norte e Europa. Os mesmos autores afirmam que a toxicidade do alumínio está relacionada com a acidez da água, sendo difícil analisar relação causa x efeito em ambientes ácidos. Todos os valores observados no presente estudo estão dentro ou foram inferiores em relação à faixa de variação nas concentrações de alumínio apresentada por Azevedo e Chasin *op cit.*

As Figuras II.5.1.4.2.3-31, II.5.1.4.2.3-32 e II.5.1.4.2.3-33 são gráficos *Box-plot* para a concentração de alumínio nas estações de amostragem no entorno das Zonas 1, 2 e 3. As diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas significativas pela análise de variâncias (ANOVA). De modo geral, houve um padrão de aumento da concentração de alumínio nas estações mais afastadas da Zona 1. A alta variabilidade interna no grupo das réplicas da estação 2000 P2 foi importante para a não detecção de diferenças gerais entre as médias dos grupos. Entretanto, pode ser observada no gráfico uma tendência de aumento das médias nas estações mais distantes (2000 e controle) do ponto de futura alocação da Zona 2.

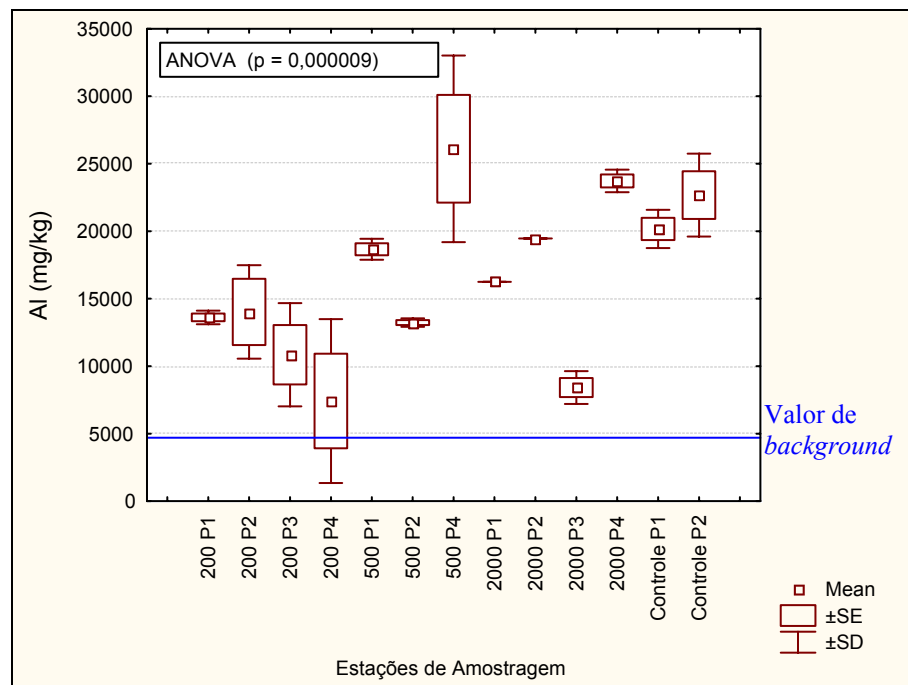


Figura II.5.1.4.2.3-31 - Gráfico Box-plot da concentração de alumínio nas estações de amostragem no entorno da Zona 1.

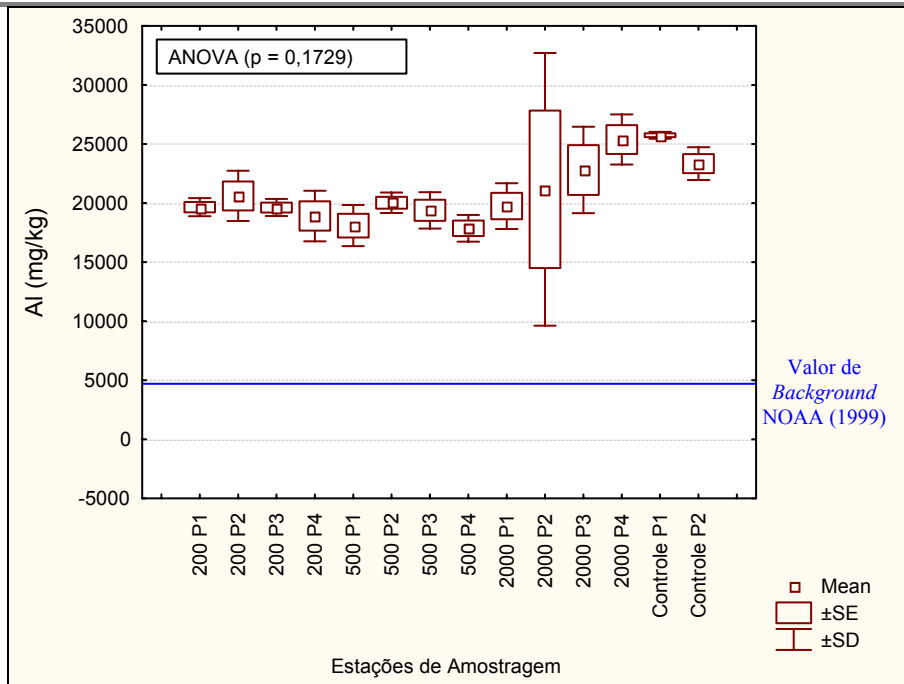


Figura II.5.1.4.2.3-32 - Gráfico Box-plot da concentração de alumínio nas estações de amostragem no entorno da Zona 2.

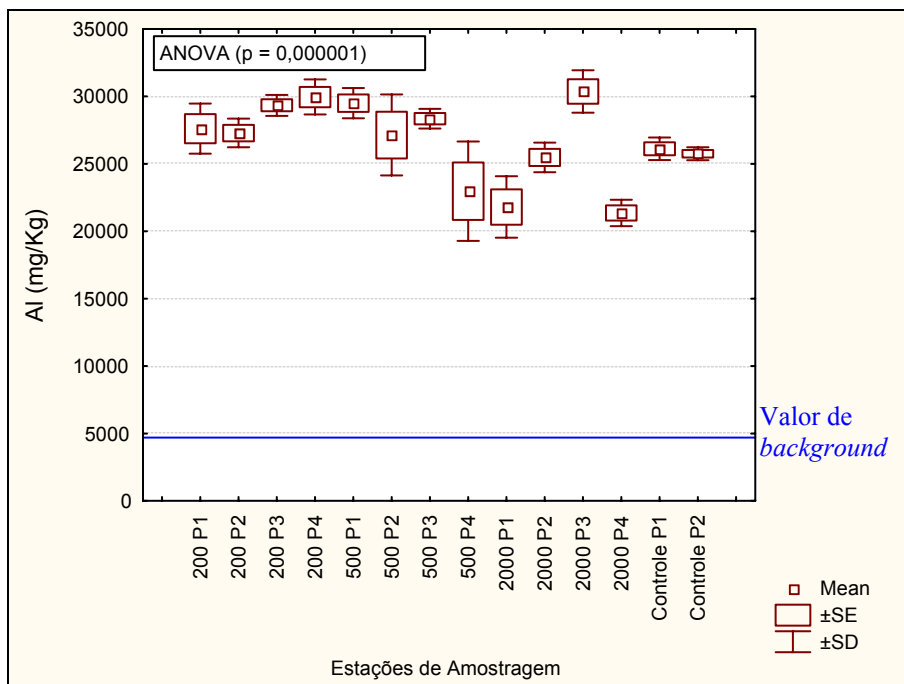


Figura II.5.1.4.2.3-33 - Gráfico Box-plot da concentração de alumínio nas estações de amostragem no entorno da Zona 3.

Arsênio

O arsênio é um semi-metal muito quebradiço, ubíquo, que ocorre naturalmente, ou por ação humana, no solo, na água, no ar e nos alimentos. Geralmente este elemento encontra-se associado a outros minérios, tais como: ouro, prata, cobalto, níquel, chumbo, cobre e antimônio. O mineral mais conhecido que tem o arsênio como componente principal é a arsenopirita (FeAsS). Na verdade, o arsênio é obtido como sub-produto do tratamento de minérios como cobre, chumbo, cobalto, manganês e ouro. No Brasil os compostos à base de arsênio são usados como herbicidas (metano-arseniato ácido monossódico-MSMA), componentes de rações de aves e suínos (compostos arilarseniais), na indústria de produção de garrafas e vidrarias (trióxido de arsênio e ácido arsênico), produção de ligas de chumbo (arsênio metálico) e até como medicamento no combate da tripanossomíase africana (melasoprol) (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

Para a Zona 1 os valores de arsênio variaram entre 7,7mg/Kg (2000 P3 C) a 129,7mg/Kg (2000 P4 C). Todas as estações ultrapassaram os valores de TEL. As réplicas 200 P1 B, 200 P1 C, 500 P1 A, 500 P1 B, 500 P1 C, 500 P4 C, 2000 P4 A, 2000 P4 B, 2000 P4 C estiveram acima do PEL, indicando níveis que apresentam probabilidade de causar efeitos tóxicos na biota marinha. Já para a Zona 2 os valores de arsênio obtidos no presente monitoramento variaram entre 7,7mg/Kg (2000 P2 A) a 17,1mg/Kg (2000 P4 B). Para a Zona 3 os valores de arsênio variaram entre 12,4mg/Kg (2000 P2 C) a 40,5mg/Kg (2000 P4 B). Todas as estações ultrapassaram os valores de TEL, entretanto, nenhuma estação apresentou valores acima do PEL.

Os estudos realizados sobre bioacumulação de arsênio em organismos aquáticos revelaram baixo risco de bioacumulação. Lyytikainen *et al.*, *apud* Azevedo e Chasin *op cit*, em estudos realizados com oligoquetas expostos a sedimentos contaminados com altos teores de arsênio (170 ± 11 mg/Kg de arsênio) indicaram que a bioacumulação por arsênio foi baixa.

A **Figura II.5.1.4.2.3-34** apresenta um gráfico *box-plot* no qual observa-se a concentração de arsênio nas estações de amostragem no entorno da Zona 1. As

diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p < 0,0001$). A estação 2000 P4 apresentou grande discrepância em relação às demais estações da radial 2000. Este resultado pode sugerir uma contaminação muito pontual. Não foi observado um padrão claro nos dados obtidos de arsênio no sedimento.

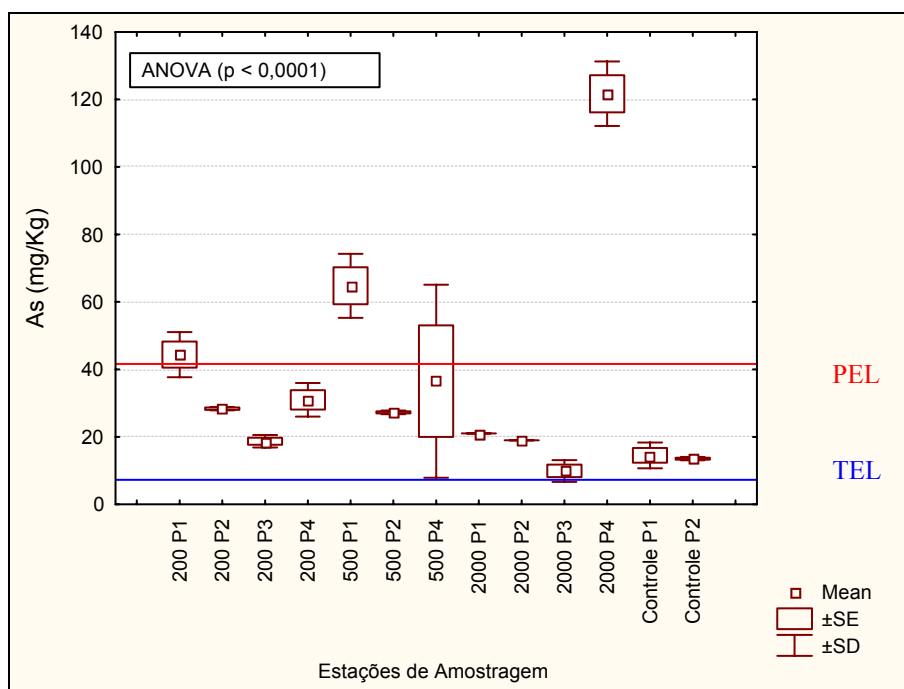


Figura II.5.1.4.2.3-34 - Gráfico Box-plot da concentração de arsênio nas estações de amostragem no entorno da Zona 1.

Já a concentração de arsênio nas estações de amostragem no entorno da Zona 2 pode ser vista no gráfico *box-plot* da **Figura II.5.1.4.2.3-35**. As diferenças nas médias das estações de amostragem não foram consideradas significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p = 0,0644$).

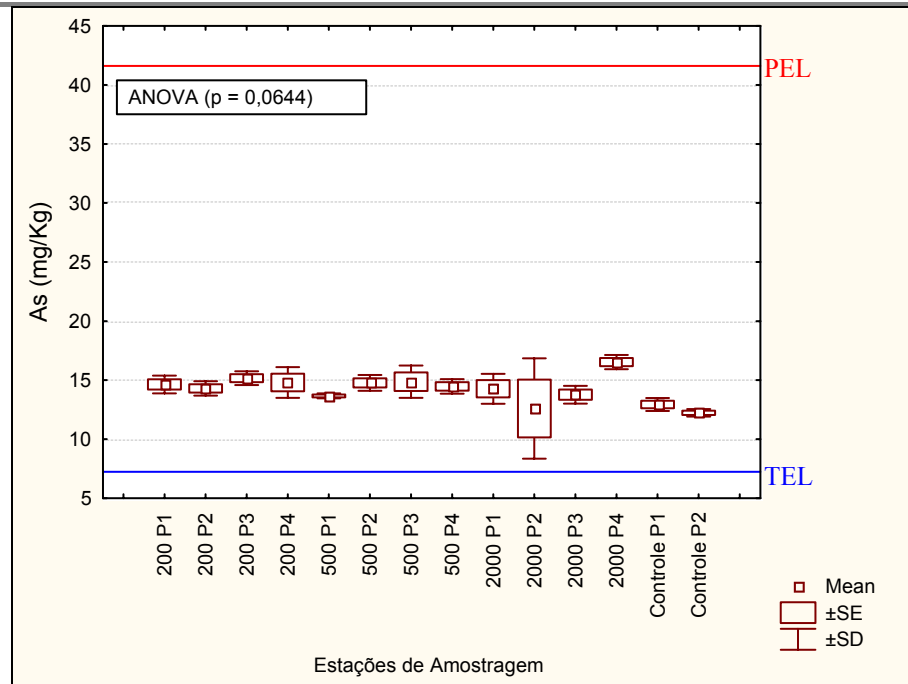


Figura II.5.1.4.2.3-35 - Gráfico Box-plot da concentração de arsênio nas estações de amostragem no entorno da Zona 2.

A **Figura II.5.1.4.2.3-36** exibe um gráfico *box-plot* da concentração de arsênio nas estações de amostragem no entorno da Zona 3. As diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p < 0,0001$). Esta diferença foi influenciada, principalmente, pelas estações 2000 P1 e 2000 P4, que apresentaram as maiores concentrações.

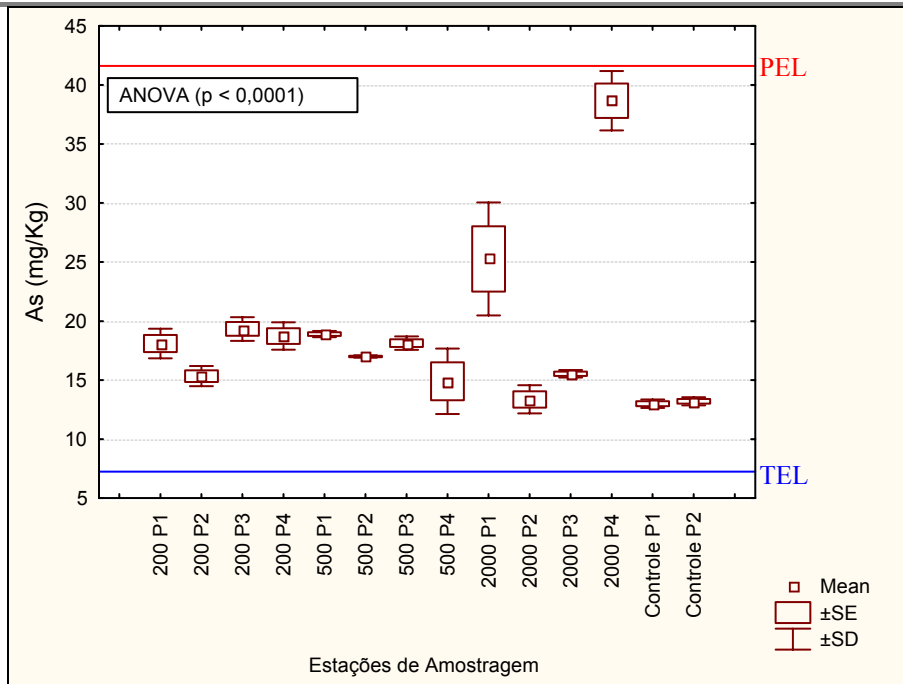


Figura II.5.1.4.2.3-36 - Gráfico Box-plot da concentração de arsênio nas estações de amostragem no entorno da Zona 3.

Bário

O bário é um elemento metálico quimicamente semelhante ao cálcio, contudo é macio e, na forma pura, apresenta aspecto branco prateado semelhante ao chumbo. Este metal oxida-se muito facilmente quando exposto ao ar e é altamente reativo com água ou álcool. Alguns dos compostos de bário são notáveis pela elevada massa específica, como o sulfato de bário, BaSO_4 , (barita). A barita é usada extensivamente em fluidos para a perfuração de poços de petróleo e na produção da borracha (WIKIPÉDIA, 2006). Devido ao seu uso nas atividades de perfuração de poços e, por conseguinte, ao seu potencial para deposição e acúmulo no entorno dos mesmos, é que este metal foi inserido como parâmetro no monitoramento.

Em relação à Zona 1 os valores de bário variaram entre 24mg/Kg (2000 P3 C) a 111,0mg/Kg (Controle P2 A), para a Zona 2 os valores de bário variaram entre 24mg/Kg (2000 P2 A) a 162,0mg/Kg (Controle P1 A) e para a Zona 3 os valores de bário variaram entre 38mg/Kg (2000 P1 A) a 160,0mg/Kg (Controle P1 B). A tabela SQUIRTs da NOAA não apresenta valores de TEL e PEL para bário, entretanto esta referência aponta o valor de 440mg/Kg como valor de *background*

BIOMONITORAMENTO E MEIO AMBIENTE

para sedimentos marinhos. Todos os valores de bário obtidos foram inferiores ao valor de *background* sugerido pela NOAA (1999).

As **Figuras II.5.1.4.2.3-37, II.5.1.4.2.3-38, e II.5.1.4.2.3-39** mostram gráficos *Box-plot* da concentração de bário nas estações de amostragem no entorno das Zonas 1, 2 e 3. As diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p < 0,0001$). Para a zona 1 as estações controle apresentaram concentrações de bário significativamente maiores que as demais estações e para a Zona 3 foi observado um padrão de aumento da concentração no sentido leste da grade amostral.

Segundo Hartley (1982) o teor de bário dos sedimentos é usado como uma medida da introdução de fluidos de perfuração ricos em bário. As áreas no entorno da Zona 1, 2 e 3 apresentaram concentrações relativamente baixas de bário, quando comparadas com as estações controle e referências da *SQUIRTs*. O departamento de proteção ambiental de *Massachusetts* indica o valor de 50mg/Kg como concentração de *background* para solos (DEP, 1992).

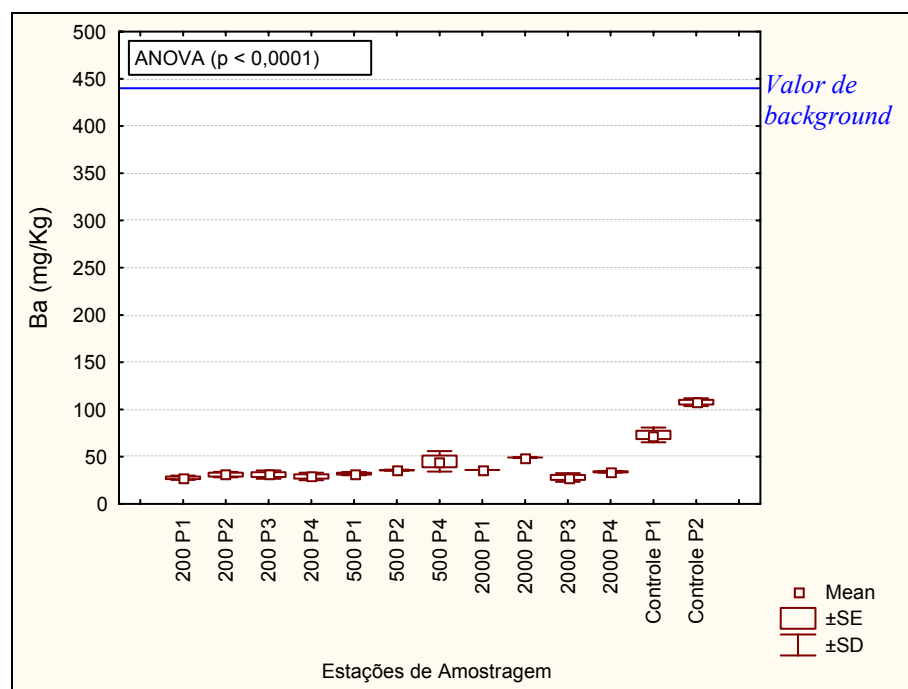


Figura II.5.1.4.2.3-37 - Gráfico *Box-plot* da concentração de bário nas estações de amostragem no entorno da Zona 1.

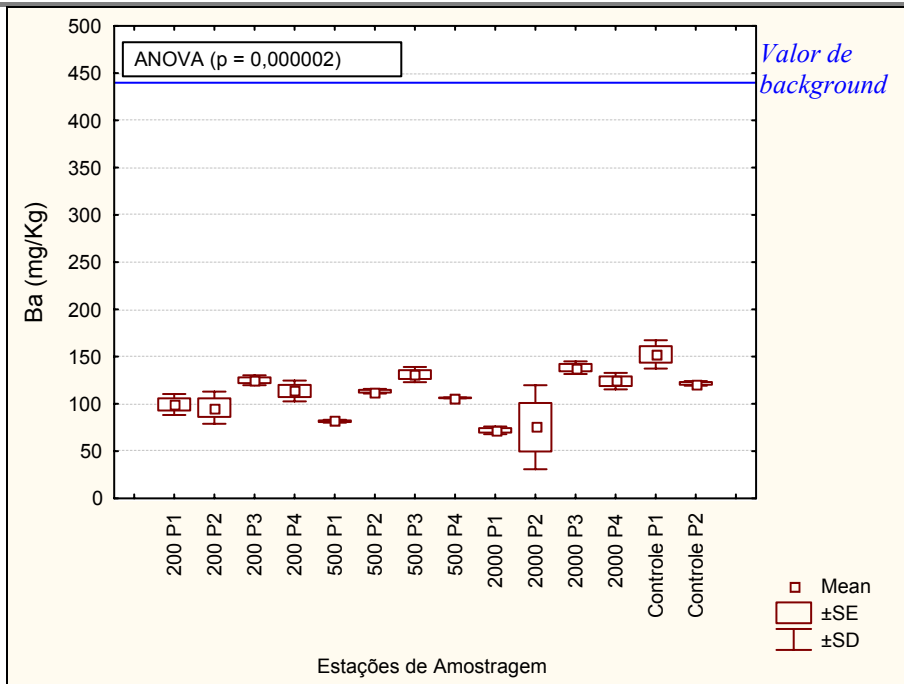


Figura II.5.1.4.2.3-38 - Gráfico Box-plot da concentração de bário nas estações de amostragem no entorno da Zona 2.

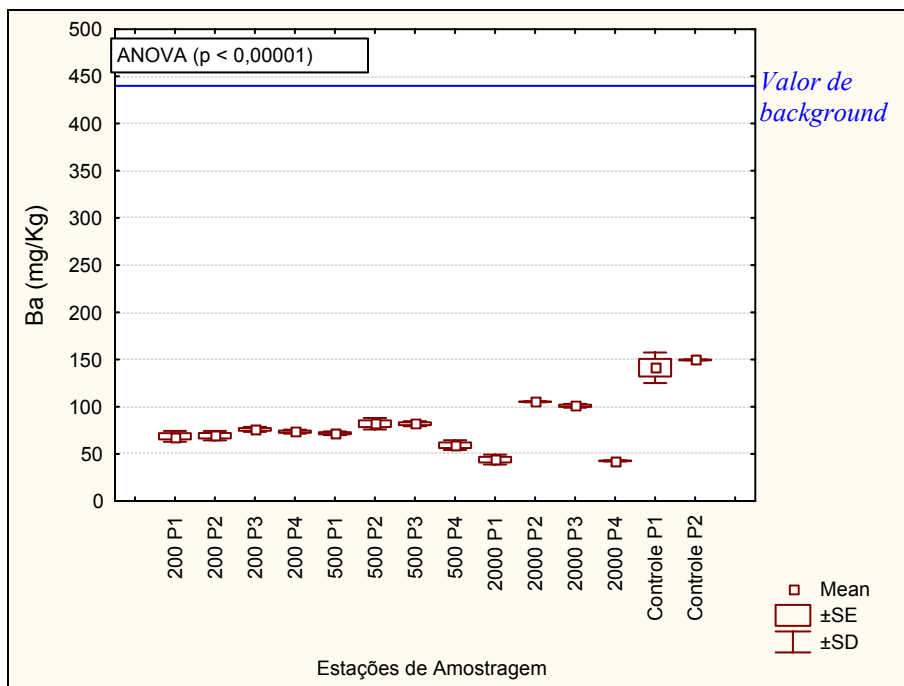


Figura II.5.1.4.2.3-39 - Gráfico Box-plot da concentração de bário nas estações de amostragem no entorno da Zona 3.

Cádmio

O cádmio é um metal pesado que produz efeitos tóxicos nos organismos vivos, mesmo em concentrações muito pequenas. A exposição ao cádmio nos humanos ocorre geralmente através de duas fontes principais: a primeira é por via oral (por ingestão de água ou alimentos contaminados), e a segunda por inalação (WIKIPÉDIA, 2006).

O cádmio é um elemento encontrado de forma natural na crosta terrestre. É um metal macio com um brilho muito semelhante ao da prata, porém dificilmente encontrado na forma elementar. Em geral, este metal é encontrado ligado a outros elementos, tais como oxigênio, cloro ou enxofre, formando compostos. Todos estes compostos são sólidos estáveis que não se evaporam. Somente o óxido de cádmio é encontrado na atmosfera na forma de pequenas partículas.

Para a Zona 1 os valores de cádmio variaram entre $< 0,4\text{mg/Kg}$ (estações 2000 P3 A, 2000 P3 B, 2000 P3 C e 2000 P1 B) e $2,2\text{mg/Kg}$ (2000 P4 C). A tabela SQUIRTs da NOAA apresenta os valores $0,676$ e $4,21\text{mg/Kg}$ como valores de TEL e PEL, respectivamente. Segundo Azevedo e Chasin (2003) a ATSDR (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*) considera a faixa de $0,1$ a $1,0\text{mg/Kg}$ como nível natural de cádmio no sedimento marinho. As estações 200 P1 A, 200 P1 B, 200 P2 A, 200 P2 B, 200 P4 A, 500 P4 A, 500 P4 B ultrapassaram os valores de TEL, mas ficaram dentro da faixa recomendada pela ATSDR apresentando valores de cádmio inferiores à $1,0\text{mg/Kg}$. As estações 200 P1 C, 500 P1 A, 500 P1 B, 500 P1 C, 500 P4 C, 2000 P4 A, 2000 P4 B e 2000 P4 C ultrapassaram a faixa recomendada pela ATSDR e o TEL. Entretanto, os valores de cádmio em todas as estações de amostragem estiveram abaixo do PEL, onde efeitos adversos para a biota são prováveis.

Para a Zona 2 os valores de cádmio variaram entre $<0,4\text{mg/Kg}$ (2000 P2 A, 2000 P2 B, 2000 P2 C, Controle P2 A, Controle P2 B, Controle P2 C, Controle P1 B, Controle P1 C e Controle P1 A) e $0,7\text{mg/Kg}$ (2000 P3 A).

Já para a Zona 3 os valores de cádmio variaram entre $< 0,4\text{mg/Kg}$ (500 P4 C, 500 P4 A, 200 P2 C, 200 P1 A, 500 P4 B, 200 P1 B, 200 P2 B, 500 P1 C, 500 P1 B, 200 P4 B, 200 P3 A, 500 P1 A, 500 P2 B, 200 P3 B, 200 P4 A, 500 P3 A, 500

P3 B, 500 P2 C, 500 P2 A, 2000 P3 B, 2000 P3 A, 2000 P2 C, 2000 P2 B, 2000 P2 A, Controle P1 C, Controle P1 A, Controle P2 A, Controle P2 C, Controle P2 B, Controle P1 B) a 0,6 mg/Kg (2000 P4 B, 2000 P4 C e 2000 P4 A). Segundo Azevedo e Chasin (2003) a ATSDR (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*) considera a faixa de 0,1 a 1,0mg/Kg como nível natural de cádmio no sedimento marinho. Apenas a réplica 2000 P3 A da Zona 3 ultrapassou o valor de TEL (em 0,024mg/Kg).

Todas as estações ficaram dentro da faixa recomendada pela ATSDR apresentando valores de cádmio inferiores à 1,0mg/Kg. Os valores de cádmio em todas as estações de amostragem estiveram abaixo do PEL, onde efeitos adversos para a biota são prováveis. A tabela *SQUIRTs* da NOAA apresenta os valores 0,676 e 4,21mg/Kg como valores de TEL e PEL, respectivamente.

O diagnóstico ambiental do meio físico do Estudo de Impacto Ambiental da Atividade de Produção Marítima do Bloco Piranema (UFS, 2006) obteve a faixa de variação de < 0,01 a 2,71mg/Kg de cádmio no sedimento da região da Bacia Sergipe/Alagoas. Este estudo pode ser considerado como referencial comparativo da variabilidade do cádmio no sedimento, em uma área relativamente próxima à área em estudo e também isenta de atividades de perfuração petrolífera no momento da elaboração do estudo. Todos os valores obtidos no presente estudo estiveram dentro desta faixa de variação.

Chumbo

O chumbo é um metal cinza-azulado, sem odor, maleável, sensível ao ar, que possui isótopos de ocorrência natural no meio ambiente. O chumbo é depositado naturalmente na água ou por via atmosférica ou por lixiviação dos solos. Entre as fontes antropogênicas mais importantes estão as operações de produção e processamento deste metal. Entre os fatores que regulam a estabilização no sedimento ou permanência deste metal na água, os principais são o pH e a salinidade. Em condições normais, o chumbo encontra-se fortemente ligado aos sedimentos de ambientes marinhos. O efeito da absorção do elemento nas plantas não parece grave. No entanto, estas acumulam chumbo que será absorvido pelos animais. O chumbo pode causar diversos males à saúde,

interfere na produção da hemoglobina, causa distúrbios renais, neurológicos e no encéfalo (MEDITEXT, 1998).

Em organismos aquáticos a exposição ao chumbo apresenta diferentes comportamentos, em função da comunidade exposta. Em peixes, por exemplo, o chumbo costuma se acumular na região das brânquias, fígados, rins e ossos. No entanto, a espécie de chumbo de acumulação mais rápida pelos peixes – o chumbo tetralquila – também é rapidamente eliminada pelos organismos logo após o final da exposição. Já em crustáceos, este metal costuma se associar mais às carapaças ricas em cálcio que nos tecidos. De modo geral, em águas salinas, a disponibilidade para os organismos é reduzida, graças à baixa solubilidade dos sais de chumbo em água e à competição promovida pela presença de outros sais dissolvidos em maior número.

Dentre as principais fontes de contaminação por chumbo está a queima de combustíveis fósseis, sua utilização em metalurgias, baterias, proteção contra radiação, tintas, tubulações, revestimento de cabos, dentre outras (GESAMP, 1974).

Para a Zona 1 os valores de chumbo variaram entre 4,0 (2000 P1 B) e 13,0mg/Kg (2000 P4 C), para a Zona 2 os valores de chumbo variaram entre 4,0 (2000 P2 A) e 9,0mg/Kg (2000 P1 A) e para a Zona 3 os valores de chumbo variaram entre 6,0mg/Kg (200 P2 C, 500 P4 A, 500 P4 C, 2000 P1 A, 2000 P2 C, Controle P1 A, Controle P1 B, Controle P1 C, Controle P2 A, Controle P2 B) e 8,0mg/Kg (200 P1 C, 200 P3 A, 200 P3 B, 200 P3 C, 500 P1 A, 500 P1 B, 2000 P4 B). A tabela *SQUIRTs* da NOAA apresenta os valores 30,24 e 112,18mg/Kg de chumbo como valores de TEL e PEL, respectivamente. Os valores de chumbo foram considerados baixos quando comparados com os padrões de referência da NOAA, já que nenhuma estação obteve concentrações acima do TEL ou do PEL.

O diagnóstico ambiental do meio físico do Estudo de Impacto Ambiental da Atividade de Produção Marítima do Bloco Piranema (UFS, 2006), obteve a faixa de variação de $0,75 \pm 0,08$ a $17,39 \pm 0,14$ mg/Kg de chumbo no sedimento da região da Bacia Sergipe/Alagoas. Este estudo pode ser considerado como referencial comparativo da variabilidade do chumbo no sedimento, em uma área relativamente próxima à área em estudo, na região do Talude Continental, em

área isenta de atividades de perfuração marítima de poços de petróleo. Todos os valores obtidos no presente estudo estiveram dentro desta faixa de variação.

A **Figura II.5.1.4.2.3-40** apresenta um gráfico *box-plot* da concentração de chumbo nas estações de amostragem no entorno da Zona 1. As diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p < 0,0001$). Um padrão semelhante ao observado para cádmio foi também observado para a variação espacial do chumbo, já que de um modo geral as estações com os maiores valores foram aquelas posicionadas à oeste da grade, representando as estações P1 e P4 (exceto a 2000 P1 e Controle P1) o que sugere uma maior concentração nesta região da grade.

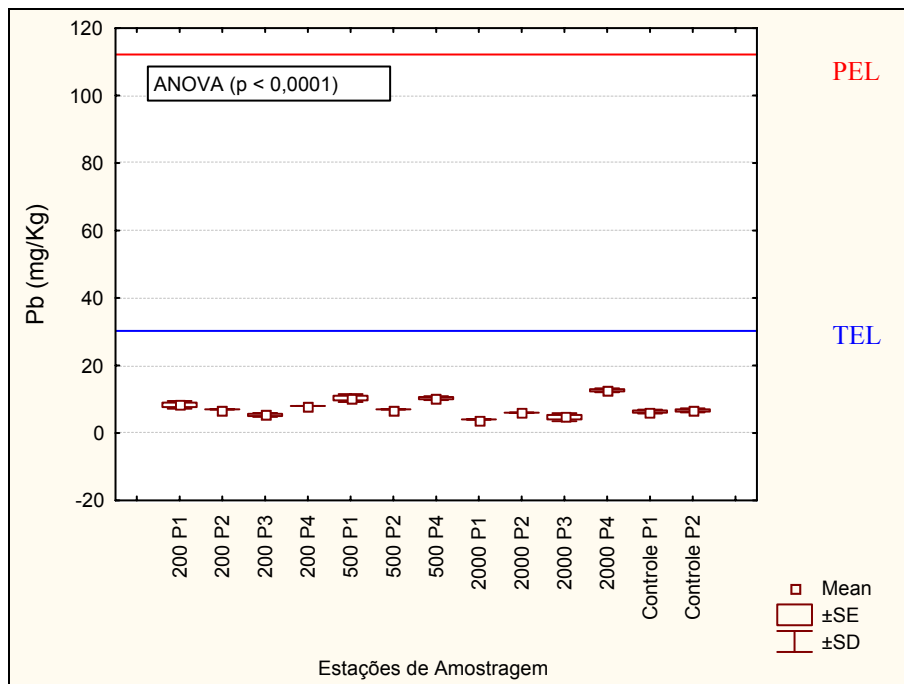


Figura II.5.1.4.2.3-40 - Gráfico *Box-plot* da concentração de chumbo nas estações de amostragem no entorno da Zona 1.

A concentração de chumbo nas estações de amostragem no entorno do local previsto para a implantação da Zona 2 pode ser analisada a partir do gráfico *box-plot* da **Figura II.5.1.4.2.3-41**. As diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p = 0,0334$). Em termos quantitativos houve grande

homogeneidade nos valores da concentração de chumbo na área amostral. Não foi observado um padrão claro nos dados obtidos de chumbo no sedimento.

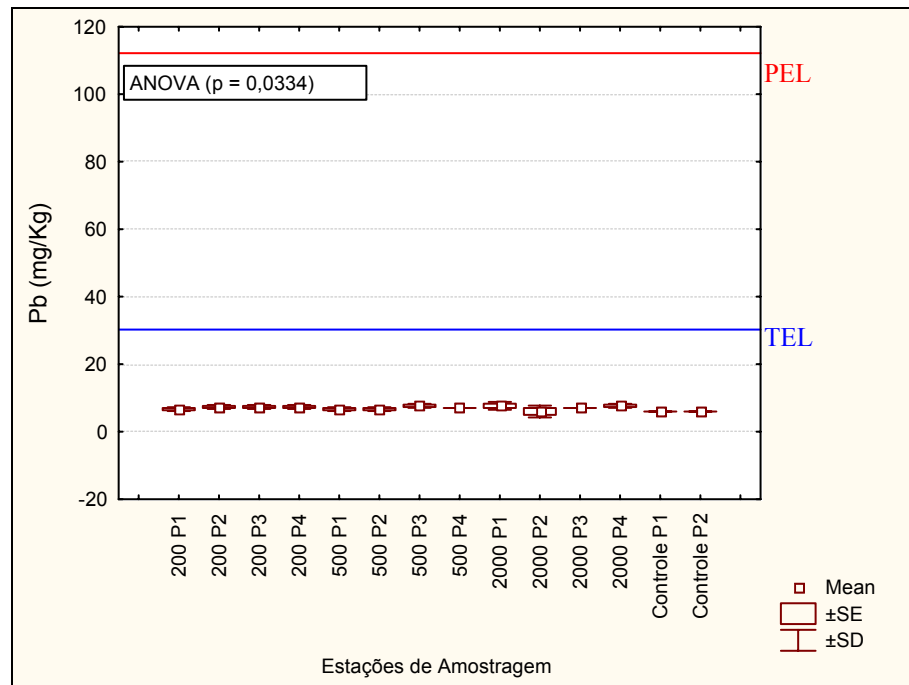


Figura II.5.1.4.2.3-41- Gráfico *Box-plot* da concentração de chumbo nas estações de amostragem no entorno da Zona 2.

A **Figura II.5.1.4.2.3-42** apresenta um gráfico *box-plot* da concentração de chumbo nas estações de amostragem no entorno da Zona 3. As diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p = 0,0003$). Em termos quantitativos houve grande homogeneidade nos valores da concentração de chumbo na área amostral. Não foi observado um padrão claro nos dados obtidos de chumbo no sedimento.

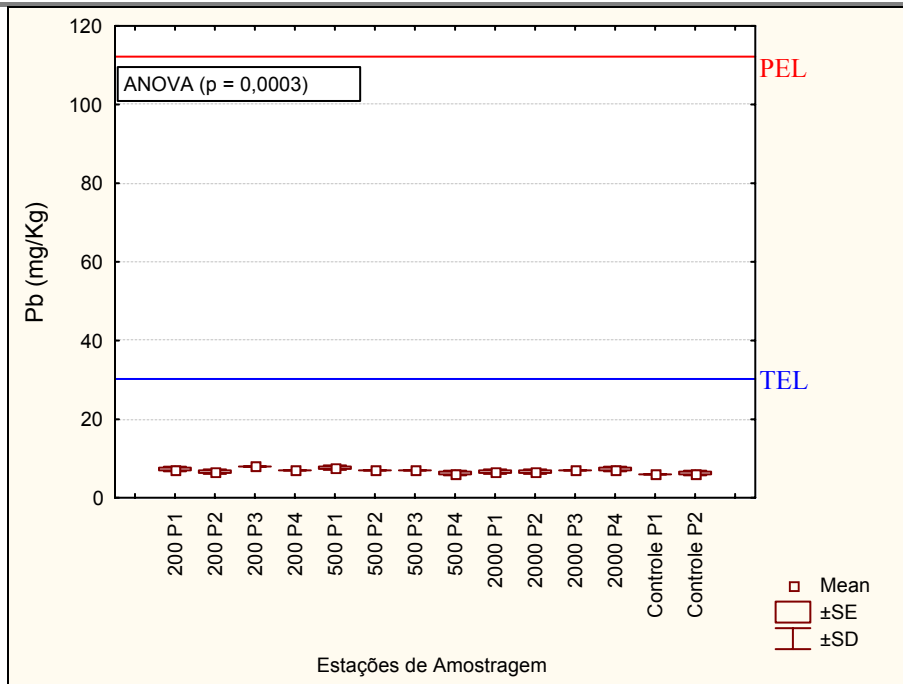


Figura II.5.1.4.2.3-42 - Gráfico Box-plot da concentração de chumbo nas estações de amostragem no entorno da Zona 3.

Cobre

O cobre é um metal amplamente distribuído na natureza no seu estado elementar ou na forma de sulfetos, arsenitos, cloretos e carbonatos. Os usos do cobre são vastos e diversos, devido a uma combinação única de características como durabilidade, maleabilidade, condutividade elétrica e térmica. Dentre eles destacam-se: fabricação de ligas, manufatura de fios e condutores, galvanoplastia, utensílios de cozinha, tubulações residenciais e para linhas de serviço, manufatura de moedas, defensivos agrícolas, desinfetantes, tintas, baterias, eletrodos, pigmentos e etc (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

A atividade do cobre no metabolismo vegetal manifesta-se de duas formas: na síntese da clorofila e na atividade de algumas enzimas. Embora não exista na clorofila, o cobre é indispensável à sua produção. A sua falta provoca deficiências fotossintéticas e incapacidade de produção de sementes. O cobre é também constituinte de muitas enzimas responsáveis pela catálise de reações de oxidação-redução. Este elemento desempenha igualmente um papel importante no metabolismo animal. Um homem adulto necessita de 4mg de cobre por dia contendo seu corpo cerca de 100 a 150mg do elemento. A falta de cobre na dieta

animal pode provocar anemia, diarreia e distúrbios nervosos. Por outro lado, a ingestão excessiva de compostos como o sulfato de cobre pode causar vômitos, câibras, convulsões ou mesmo a morte (GESAMP, 1974).

A biodisponibilidade do cobre em sedimentos é influenciada pela presença de sulfetos solúveis ácidos voláteis (SVA). A toxicidade ao cobre não se manifesta quando este está estabilizado no sedimento, e quando a concentração de SVA é superior à soma de todos os metais presentes na amostra. Azevedo e Chasin (2003), afirmam que o cobre, em geral, apresenta disponibilidade limitada no meio ambiente. A maioria dos moluscos e crustáceos, inclusive, contém cobre em seu principal fluido corpóreo, a hemocianina, responsável pelo transporte do oxigênio entre as células.

Para a Zona 1 os valores de cobre variaram entre 3,0 (2000 P1 B) e 12,0mg/Kg (500 P4 B), para a Zona 2 os valores de cobre variaram entre 3,0 (2000 P2 A) e 14,0mg/Kg (Controle P1 C, Controle P1 A, 2000 P3 C, 500 P3 A e 500 P3 B) e para a Zona 3 os valores de cobre variaram entre 6,0 (2000 P1 A, 2000 P1 B, 2000 P4 A, 2000 P4 C, 2000 P4 B) e 14,0mg/Kg (Controle P1 B, Controle P2 A, Controle P2 B, Controle P2 C). A tabela *SQUIRTs* da NOAA apresenta os valores 18,70 e 108,20mg/Kg de cobre como valores de TEL e PEL, respectivamente. Os valores de cobre foram considerados baixos quando comparados com os padrões de referência da NOAA, já que nenhuma estação obteve concentrações acima do TEL ou do PEL.

O diagnóstico ambiental do meio físico do Estudo de Impacto Ambiental da Atividade de Produção Marítima do Bloco Piranema (UFS, 2006), obteve a faixa de variação de $2,59 \pm 0,63$ a $28,88 \pm 0,59$ mg/Kg de cobre no sedimento da região da Bacia Sergipe/Alagoas. Este estudo pode ser considerado como referencial comparativo da variabilidade do cobre no sedimento, em uma área relativamente próxima à área em estudo, na região do talude continental, em uma área isenta de atividades de perfuração marítima de poços de petróleo, no momento da execução do referido estudo. Todos os valores obtidos no presente estudo estiveram dentro desta faixa de variação.

As **Figuras II.5.1.4.2.3-43, II.5.1.4.2.3-44 e II.5.1.4.2.3-45** exibem gráficos *box-plot* nos quais é observada a concentração de cobre nas estações de amostragem no entorno do Poço Copaíba. As diferenças nas médias das

estações de amostragem foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p < 0,0001$).

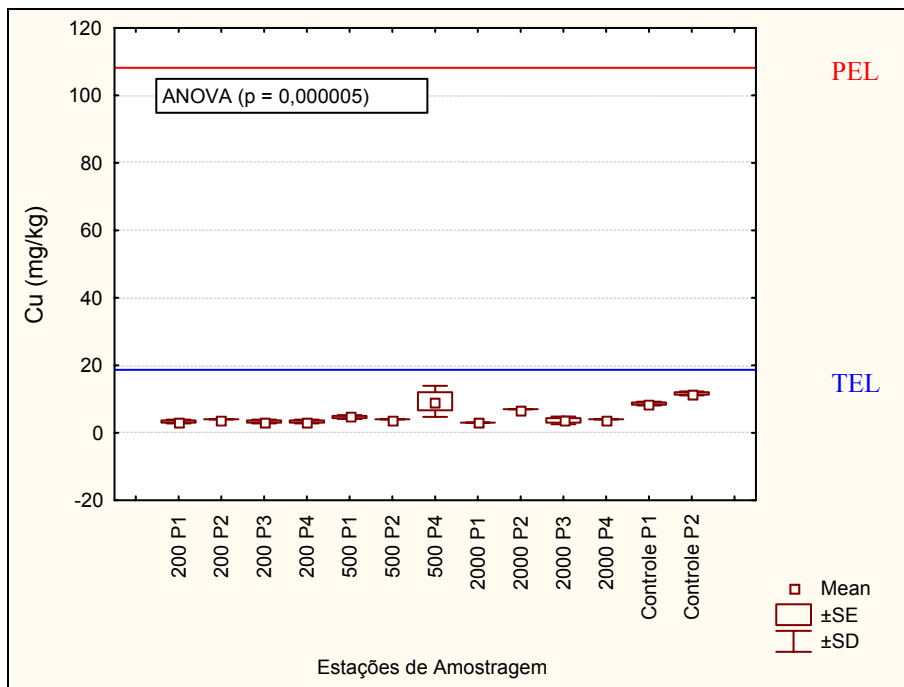


Figura II.5.1.4.2.3-43 - Gráfico Box-plot da concentração de cobre nas estações de amostragem no entorno da Zona 1.

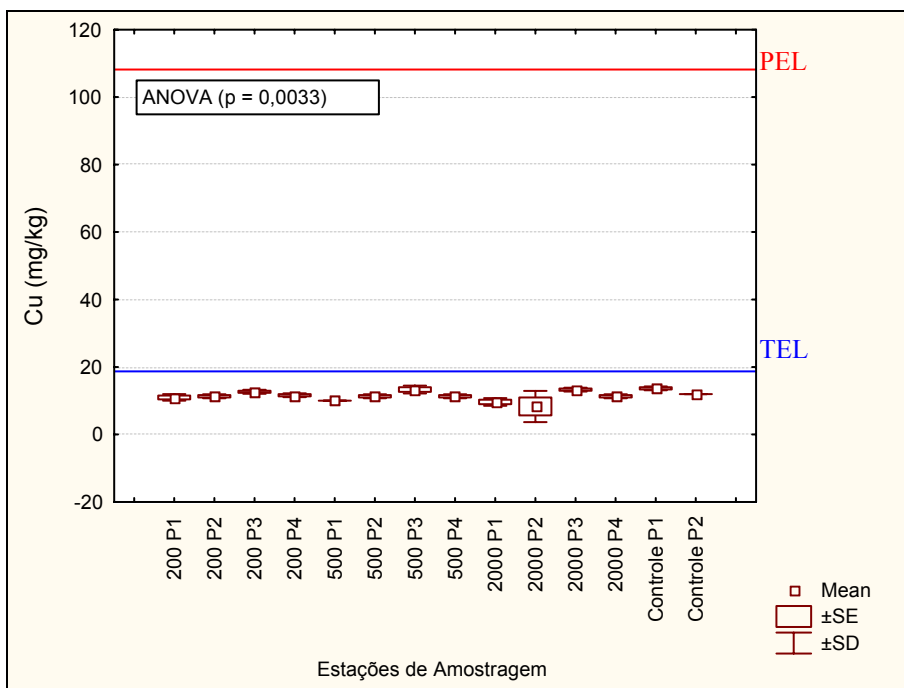


Figura II.5.1.4.2.3-44 - Gráfico Box-plot da concentração de cobre nas estações de amostragem no entorno da Zona 2.

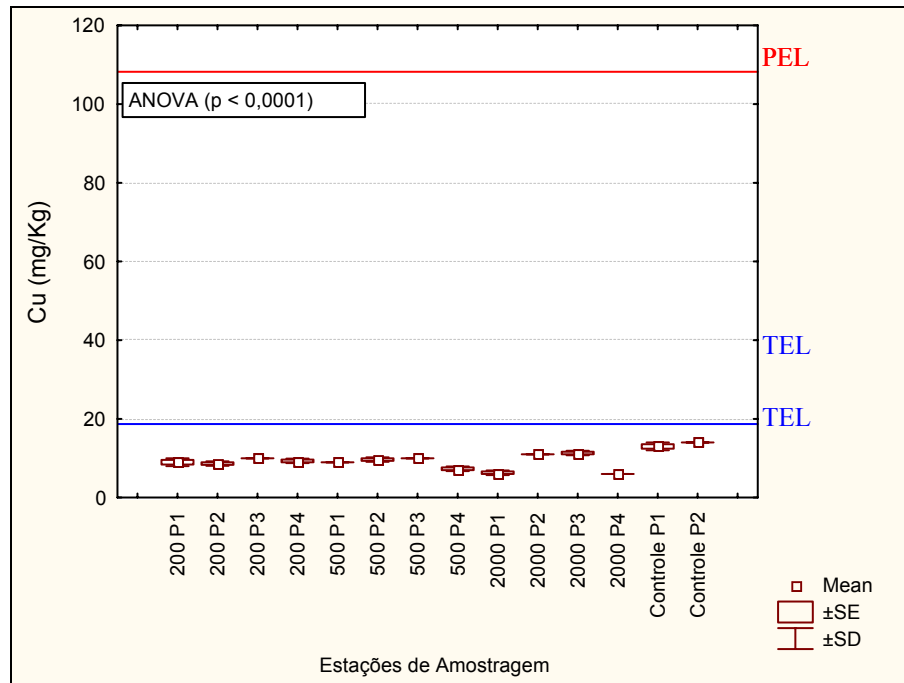


Figura II.5.1.4.2.3-45 - Gráfico Box-plot da concentração de cobre nas estações de amostragem no entorno da Zona 3.

Cromo

O cromo é um metal de transição, duro, frágil, de coloração cinza semelhante ao aço. É muito resistente à corrosão. Seu maior estado de oxidação é +6, ainda que estes compostos sejam muito oxidantes. Os estados de oxidação +4 e +5 são pouco freqüentes, enquanto que os estados mais estáveis são +2 e +3. Também é possível obter-se compostos, nos quais o cromo apresenta estados de oxidação mais baixos, porém são bastante raros (WIKIPÉDIA, 2007).

Geralmente, não se considera que o cromo metálico e os compostos de cromo III sejam, especialmente, um risco para a saúde. Trata-se de um elemento essencial para o ser humano, porém em altas concentrações é tóxico. Os compostos de cromo VI são tóxicos quando ingeridos, sendo a dose letal de algumas gramas. Em níveis não letais, o cromo VI é carcinógeno. A maioria dos compostos de cromo VI irrita os olhos, a pele e as mucosas. A exposição crônica a compostos de cromo VI pode provocar danos permanentes nos olhos. A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda desde 1958 uma concentração

máxima de 0,05mg/litro de cromo VI na água de consumo (WHO, 2003) Este valor está sendo revisado, havendo novos estudos sobre os seus efeitos a saúde.

Em princípio, se considera o cromo (em seu estado de oxidação +3) um elemento químico essencial, ainda que não se conheça com exatidão sua função. Parece participar no metabolismo dos lipídios, e no dos hidratos de carbono, assim como em outras funções. Tem-se observado que alguns de seus complexos parecem participar na potencialização da ação da insulina, sendo por isso, denominado de "fator de tolerância à glicose" devido a esta relação com a ação da insulina. A ausência de cromo provoca uma intolerância à glicose, e como consequência o aparecimento de diversos distúrbios. Não se tem encontrado nenhuma metaloproteína com atividade biológica que contenha cromo, e por isso não se tem podido explicar como atua. Por outro lado, os compostos de cromo no estado de oxidação +6 são muito oxidantes e são cancerígenos.

Para a Zona 1 os valores de cromo obtidos no presente estudo variaram entre 13,0 (2000 P3 A) e 57,0mg/Kg (2000 P4 C) , para a Zona 2 os valores de cromo obtidos no presente estudo variaram entre 15,0 (2000 P2 A) e 35,0mg/Kg (2000 P1 A) e para a Zona 3 os valores de cromo obtidos no presente estudo variaram entre 22,0 (500 P4 C) e 32,0mg/Kg (2000 P4 A e 2000 P4 B).A tabela SQUIRTs da NOAA apresenta os valores 52,3 e 160,40mg/Kg de cromo como valores de TEL e PEL, respectivamente. Os valores de cromo foram considerados baixos quando comparados aos padrões de referência da NOAA.

O diagnóstico ambiental do meio físico do Estudo de Impacto Ambiental da Atividade de Produção Marítima do Bloco Piranema (UFS, 2006), obteve a faixa de variação de $14,93 \pm 1,26$ a $88,52 \pm 2,00$ mg/Kg de cromo no sedimento da região da Bacia Sergipe/Alagoas. Este estudo pode ser considerado como referencial comparativo da variabilidade do cromo no sedimento, em uma área relativamente próxima à área em estudo, na zona do talude continental, em local isento de atividades de perfuração marítima de poços de petróleo. Todos os valores obtidos no presente estudo estiveram dentro desta faixa de variação.

A **Figura II.5.1.4.2.3-46** é um gráfico *box-plot* para a concentração de cromo nas estações de amostragem no entorno da Zona 1. As diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas estatisticamente significativas

pela análise de variâncias (ANOVA) ($p < 0,0001$). Um padrão semelhante ao observado para cádmio e chumbo foi também registrado em relação à variação espacial do cromo. De um modo geral, as estações com os maiores valores foram aquelas posicionadas à oeste da grade, representando as estações P1 e P4 (exceto as estações 2000 P1 e Controle P1) o que sugere uma maior concentração nesta região da grade.

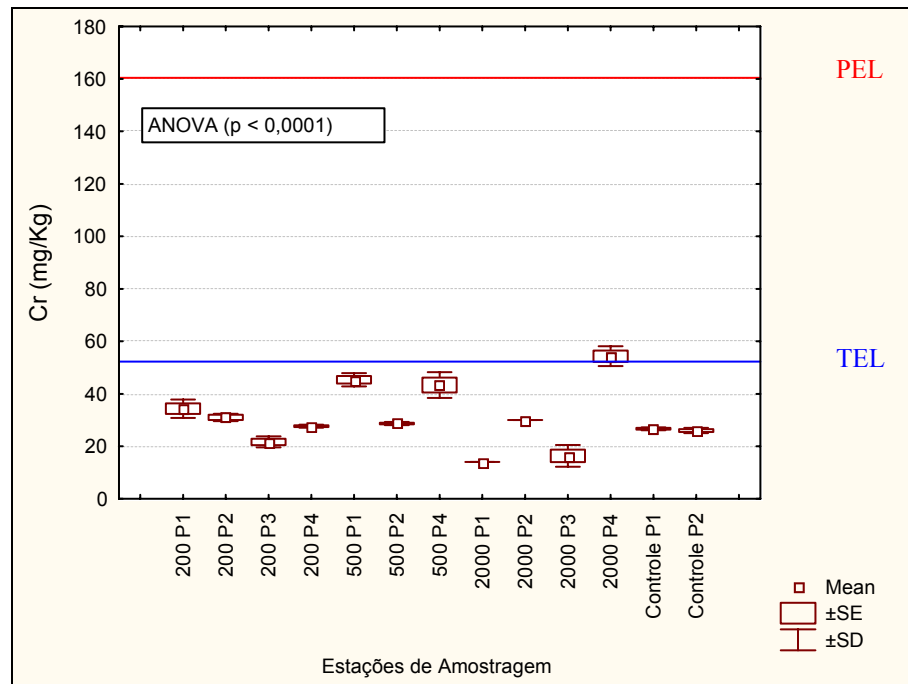


Figura II.5.1.4.2.3-46 - Gráfico Box-plot da concentração de cromo nas estações de amostragem no entorno da Zona 1.

A partir do gráfico *box-plot* da concentração de cromo nas estações de amostragem no entorno da Zona 2 (**Figura II.5.1.4.2.3-47**) tem-se que as diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variâncias (ANOVA) ($p = 0,0099$).

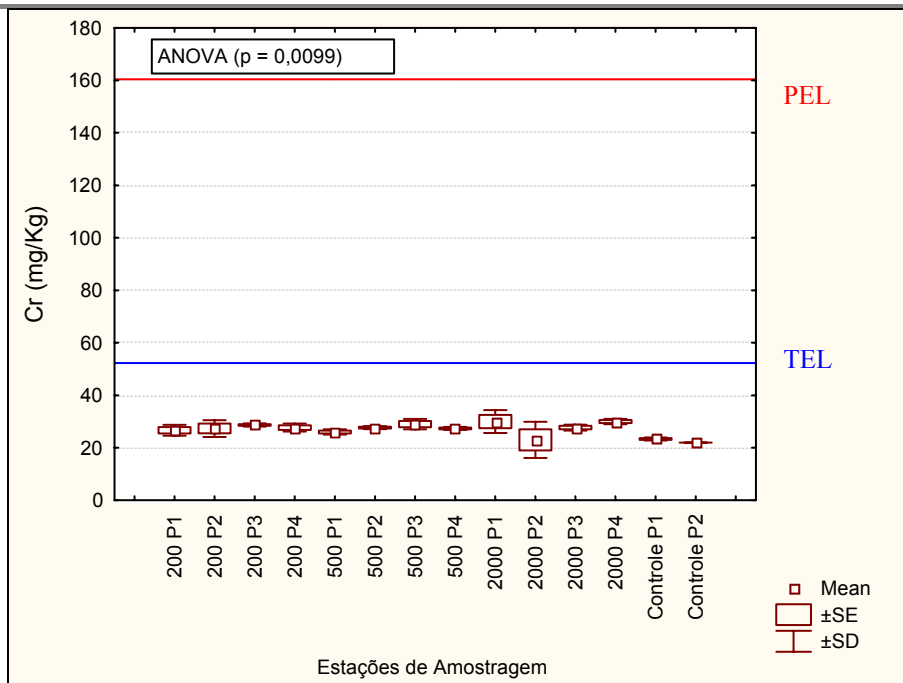


Figura II.5.1.4.2.3-47 - Gráfico *Box-plot* da concentração de cromo nas estações de amostragem no entorno da Zona 2.

A **Figura II.5.1.4.2.3-48** apresenta um gráfico *box-plot* da concentração de cromo nas estações de amostragem no entorno da Zona 3. As diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variâncias (ANOVA) ($p < 0,0001$).

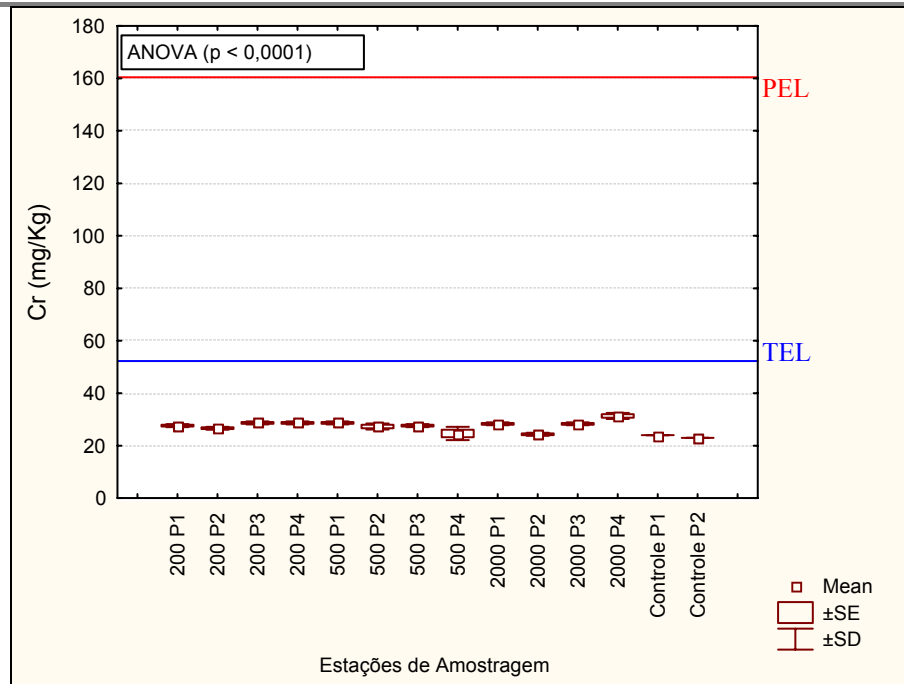


Figura II.5.1.4.2.3-48 - Gráfico Box-plot da concentração de cromo nas estações de amostragem no entorno da Zona 3.

Ferro

O ferro (do latim *ferrum*) é um elemento químico de número atômico 26 (26 prótons e 26 elétrons) e massa atômica 56. À temperatura ambiente, o ferro encontra-se no estado sólido. É extraído da natureza sob a forma de minério de ferro que, depois de passado para o estágio de ferro-gusa, através de processos de transformação, é usado na forma de lingotes. Adicionando-se carbono dá-se origem a várias formas de aço. Este metal de transição é encontrado no grupo 8 (8B) da Classificação Periódica dos Elementos. É o quarto elemento mais abundante da crosta terrestre (aproximadamente 5%) e, entre os metais, somente o alumínio é mais abundante (WIKIPÉDIA, 2006).

O ferro é encontrado na natureza fazendo parte da composição de diversos minerais, entre eles muitos óxidos, como o FeO (óxido de ferro II, ou óxido ferroso) ou como Fe₂O₃ (óxido de ferro III, ou óxido férrico). Os números que acompanham o íon ferro dizem respeito aos estados de oxidação apresentados pelo ferro, que são +2 e +3, e é raramente encontrado livre. Para obter-se ferro no estado elementar, os óxidos são reduzidos com carbono, e imediatamente são submetidos a um processo de refinação para retirar as impurezas presentes.

O ferro em excesso é tóxico. A dose letal de ferro em crianças de 2 anos é de 3 gramas. Um grama pode provocar um envenenamento importante. O envenenamento por ferro é denominado hemocromatose. O ferro em excesso se acumula no fígado provocando danos neste órgão.

Para a Zona 1 os valores de ferro obtidos no presente estudo variaram entre 769 (200 P4 A) e 387.396,00mg/Kg (200 P2 B) todos os valores de ferro obtidos estiveram muito acima deste valor de *background*, exceto a estação 200 P4 A. Para a Zona 2 os valores de ferro obtidos no presente estudo variaram entre 12.083,00 (2000 P2 A) e 24.412,00mg/Kg (2000 P1 A). E para a Zona 3 os valores de ferro obtidos no presente estudo variaram entre 16.365,00 (500 P4 C) e 38.236,00mg/Kg (2000 P4 A). A tabela *SQUIRTs* da NOAA não apresenta valores de TEL e PEL para ferro. Entretanto, esta referência aponta o valor de 1.800mg/Kg como valor de *background* para solos. Todos os valores de ferro obtidos estiveram muito acima deste valor de *background*. Entretanto, vale ressaltar que o valor orientador é para solos e não para sedimento marinho.

O diagnóstico ambiental do meio físico do Estudo de Impacto Ambiental da Atividade de Produção Marítima do Bloco Piranema (UFS, 2006), obteve a faixa de variação de 11.173,00 ± 42 a 75.114,00 ± 7,045mg/Kg de ferro no sedimento da região da Bacia Sergipe/Alagoas. Este estudo pode ser considerado como referencial comparativo da variabilidade do ferro no sedimento, em uma área relativamente próxima à área em estudo, na região do talude continental em um local isento de atividades de perfuração marítima de poços de petróleo.

No gráfico *box-plot* da concentração de ferro nas estações de amostragem no entorno da Zona 1, exibido na **Figura II.5.1.4.2.3-49**, percebe-se que as diferenças nas médias das estações de amostragem não foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p < 0,0759$). Houve grande variabilidade nas amostras da estação 200 P2. Não foi identificado um padrão de distribuição espacial claro nos dados de concentração de ferro no sedimento.

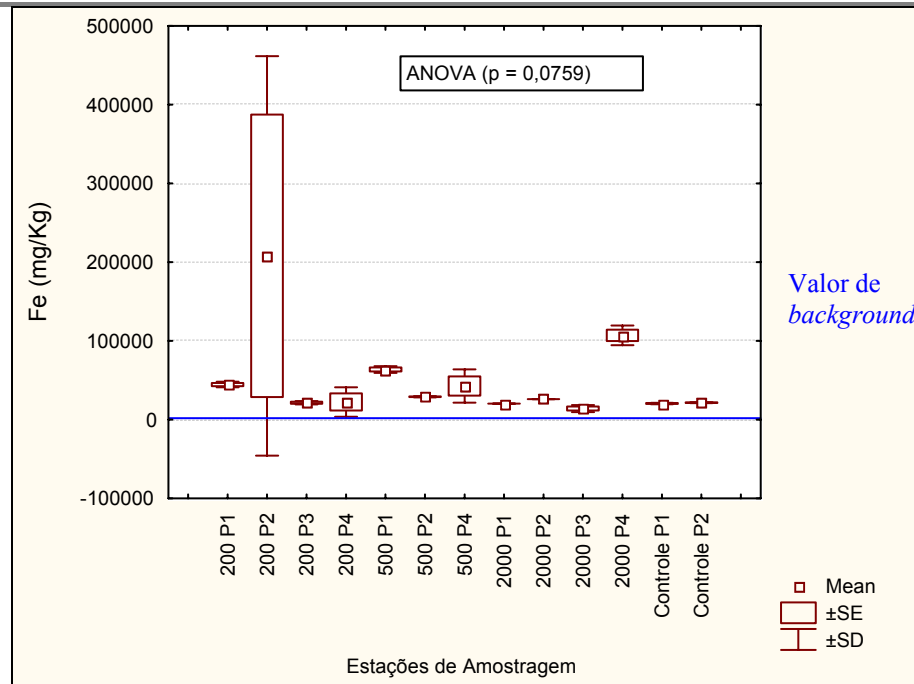


Figura II.5.1.4.2.3-49 - Gráfico *Box-plot* da concentração de cromo nas estações de amostragem no entorno da Zona 1.

A **Figura II.5.1.4.2.3-50** exibe um gráfico *box-plot* da concentração de ferro nas estações de amostragem no entorno da Zona 2. As diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p = 0,0160$). Houve grande variabilidade nas amostras da estação 2000 P2. Não foi identificado um padrão de distribuição espacial claro nos dados de concentração de ferro no sedimento. As estações controle apresentaram de modo geral menores concentrações médias.

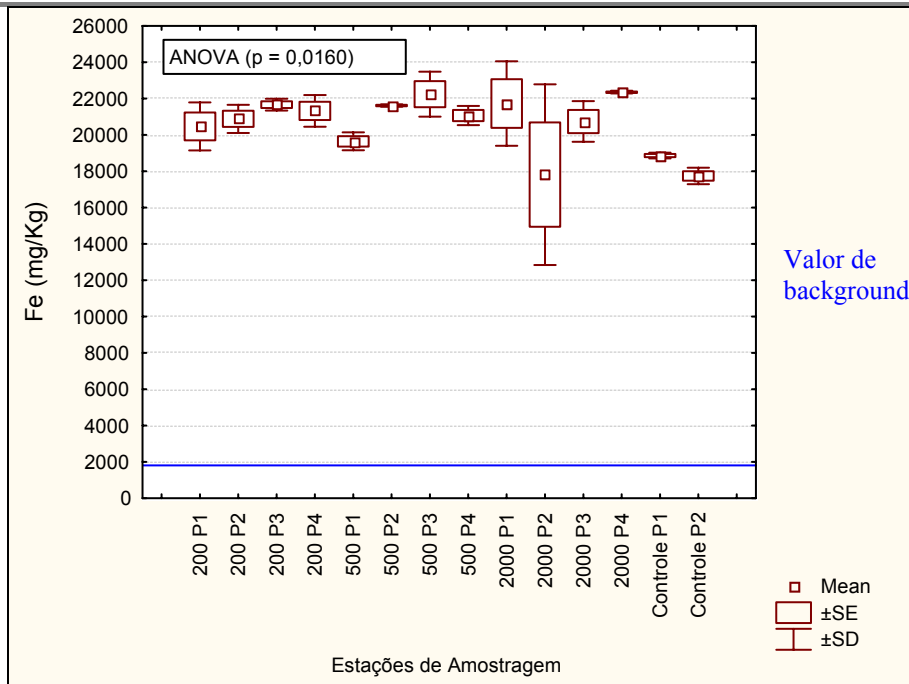


Figura II.5.1.4.2.3-50 - Gráfico *Box-plot* da concentração de cromo nas estações de amostragem no entorno da Zona 2.

A partir da **Figura II.5.1.4.2.3-51**, gráfico *box-plot* para a concentração de ferro nas estações de amostragem no entorno da Zona 3, vê-se que as diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p < 0,0001$). Não foi identificado um padrão de distribuição espacial claro nos dados de concentração de ferro no sedimento. As estações controle apresentaram de modo geral menores concentrações médias.

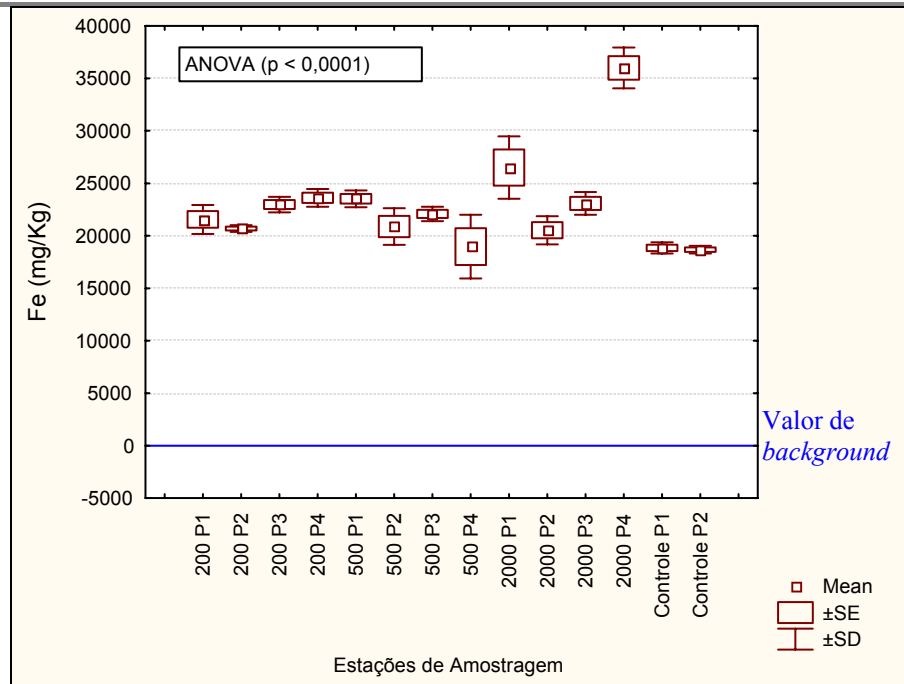


Figura II.5.1.4.2.3-51 - Gráfico Box-plot da concentração de cromo nas estações de amostragem no entorno da Zona 3.

Manganês

O manganês é um elemento essencial à vida animal e vegetal, que entra na constituição de certas enzimas, e provavelmente condiciona a utilização de certas vitaminas (B1). Por estas razões, é frequentemente adicionado a fertilizantes e a preparados vitamínicos farmacêuticos (glicerofosfato e hipofosfito manganosos). A sua deficiência provoca a diminuição de clorofila nas plantas (que adquirem um aspecto amarelado) e perturbações nos tecidos ósseos dos animais. Os compostos de manganês, geralmente, não são considerados tóxicos. Contudo, as propriedades oxidantes de alguns permanganatos podem causar irritação da pele e a inalação dos seus vapores pode ser bastante prejudicial. É usado principalmente na manufatura de ligas de aço. Compostos de manganês são usados como agentes oxidantes (KMnO_4), em baterias (MnO_2) e em pinturas e tinturas (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

Segundo Azevedo e Chasin (*op cit*), existem estudos que demonstram processos de bioacumulação de manganês principalmente em organismos vegetais (plantas marinhas, de água doce e fitoplâncton), e também em peixes e moluscos. Segundo os mesmos autores, o processo de bioacumulação deste

metal está muito associado às condições de pH, temperatura, salinidade e concentração do metal particulado na água. Quando estabilizado no sedimento, a biodisponibilização deste metal depende em grande parte das condições de acidez do meio.

Para a Zona 1 os valores de manganês obtidos no presente estudo variaram entre 81,00 (2000 P3 A) e 269,00mg/Kg (2000 P4 A) todos os valores de manganês obtidos estiveram abaixo deste valor de *background*. Para a Zona 2 os valores de manganês obtidos no presente estudo variaram entre 87,00 (2000 P2 A) e 365,00mg/Kg (2000 P1 C) apenas a réplica 2000 P1 C obteve valor de manganês acima deste valor de *background*. Para a Zona 3 os valores de manganês obtidos no presente estudo variaram entre 103,00 (2000 P1A) e 284,00mg/Kg (200 P3 C e 200 P3 B) nenhuma estação apresentou concentrações acima deste valor de *background*. A tabela *SQUIRTs* da NOAA não apresenta valores de TEL e PEL para manganês. Entretanto, esta referência aponta o valor de 330mg/Kg como valor de *background* para solos. Neff (1988) *apud* Patin (1999) atribui uma faixa de variação para manganês em sedimentos marinhos entre 100,0 a 10.000,0mg/Kg.

O diagnóstico ambiental do meio físico do Estudo de Impacto Ambiental da Atividade de Produção Marítima do Bloco Piranema (UFS, 2006), obteve a faixa de variação de $41,0 \pm 2,6$ a $375,4 \pm 8,2$ mg/Kg de manganês no sedimento da região da Bacia Sergipe/Alagoas. Este estudo pode ser considerado como referencial comparativo da variabilidade natural do manganês no sedimento, em uma área relativamente próxima à área em estudo, na região do talude continental, em um local isento das atividades de perfuração marítima de poços de petróleo.

A **Figura II.5.1.4.2.3-52** apresenta um gráfico *box-plot* da concentração de manganês nas estações de amostragem no entorno da Zona 1. As diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p < 0,00001$). Houve grande variabilidade nas amostras mais afastadas do poço. Foi observado um padrão de aumento da concentração de manganês com o aumento da distância do poço (exceto para as estações 2000 P1 e 2000 P3).

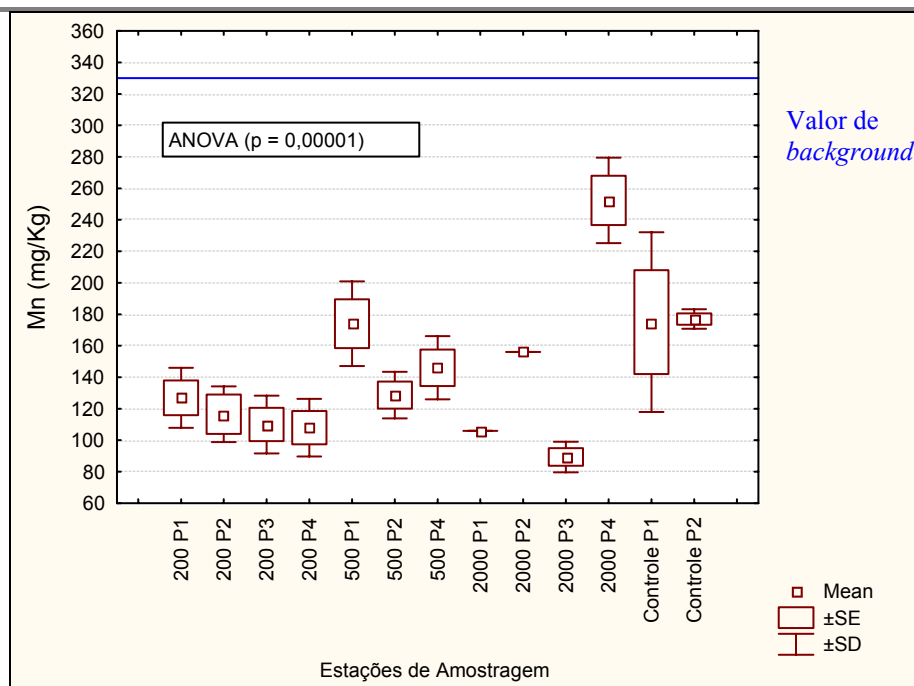


Figura II.5.1.4.2.3-52 - Gráfico Box-plot da concentração de manganês nas estações de amostragem no entorno da Zona 1.

A **Figura II.5.1.4.2.3-53** exibe um gráfico *box-plot* para a concentração de manganês nas estações de amostragem no entorno da Zona 2. As diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p = 0,0101$). Houve grande variabilidade nas amostras 2000 P1 e 2000 P2. Não foi observado um padrão claro da concentração de manganês no sedimento.

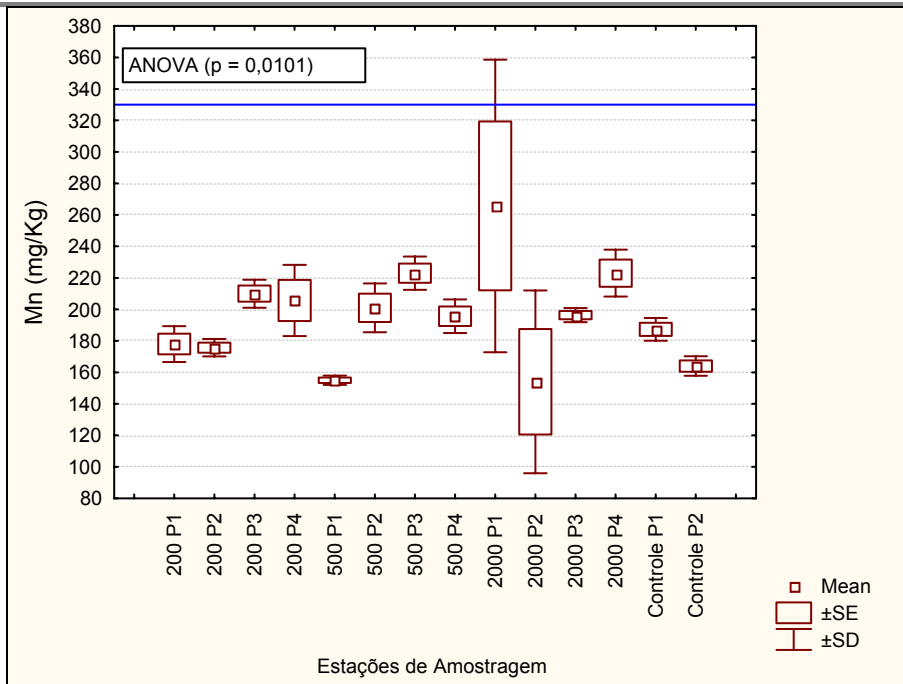


Figura II.5.1.4.2.3-53 - Gráfico Box-plot da concentração de manganês nas estações de amostragem no entorno da Zona 2.

A **Figura II.5.1.4.2.3-54** apresenta um gráfico *box-plot* da concentração de manganês nas estações de amostragem no entorno da Zona 3. As diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p = 0,0031$). Não foi observado um padrão claro da concentração de manganês no sedimento.

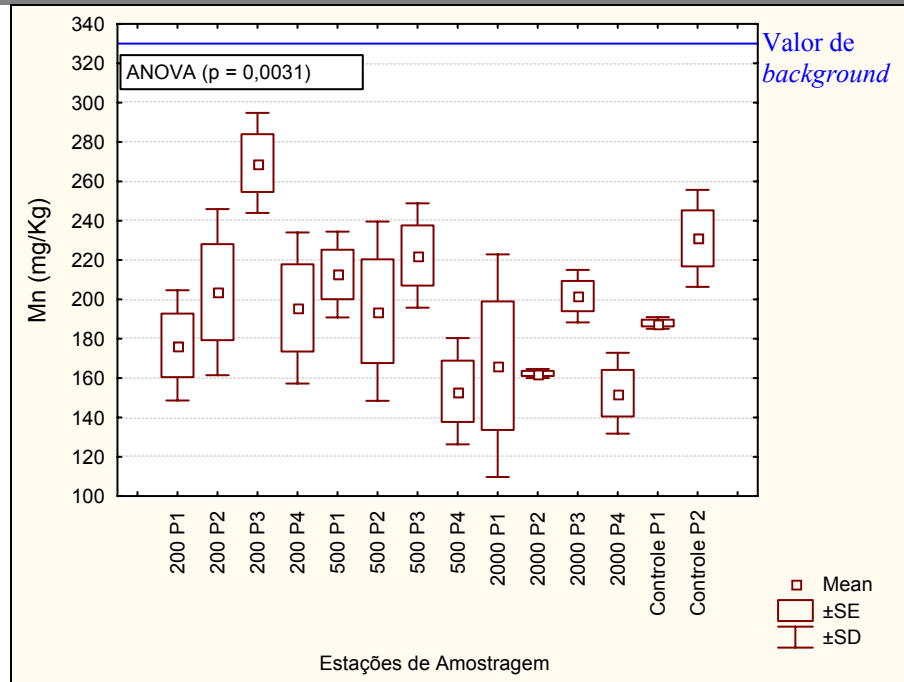


Figura II.5.1.4.2.3-54 - Gráfico Box-plot da concentração de manganês nas estações de amostragem no entorno da Zona 3.

Mercúrio

O mercúrio é um metal pesado de aspecto argênteo, inodoro, geralmente encontrado na forma líquida em condições normais de temperatura e pressão. Também pode ser encontrado sob a forma de mercúrio metálico, mercúrio I e mercúrio II. Na natureza o mercúrio é encontrado em rochas vulcânicas sob a forma do minério cinábrio. Para Azevedo e Chasin (2003), a crosta terrestre é uma importante fonte de liberação de mercúrio para a contaminação de corpos aquáticos naturais. Entre os usos mais atribuídos a este mineral estão: produção de cloro e soda cáustica, fabricação de baterias domésticas, lâmpadas elétricas, equipamentos elétricos, medidores de pressão, tubos de raios-X, válvulas de rádio, dispositivos de navegação, amálgamas dentários, pigmentos e formulações farmacêuticas diversas. No Brasil, o mercúrio é amplamente utilizado em processos de mineração de amálgamas de ouro.

Existem dois ciclos básicos de transporte e distribuição do mercúrio descritos na literatura. O primeiro envolve a circulação atmosférica do mercúrio elementar na forma de vapores emanados de fontes terrestres, que retornam aos oceanos através das chuvas. O outro ciclo está associado à atividade humana, e envolve a

metilação de compostos mercuriais utilizados na atividade de mineração, que tanto pode ser carregado aos oceanos por meio do ciclo das chuvas, como por liberação direta através de efluentes líquidos (AZEVEDO e CHASIN 2003).

De acordo com os mesmos autores, o mercúrio é um metal que se bioacumula em plantas aquáticas, invertebrados, peixes e mamíferos, graças à alta capacidade de ligação das formas inorgânicas neutras de mercúrio com ligantes intracelulares. Em microorganismos, estudos apontam para grande toxicidade deste metal, mesmo quando em baixas concentrações. Quando o mercúrio está presente na água ou nos sedimentos, os organismos nectônicos ou bentônicos podem ser contaminados através da ingestão direta. Contudo, as formas orgânicas do mercúrio tendem a se acumular com mais facilidade em organismos aquáticos que as formas inorgânicas. No zoobentos, estudos comprovam a bioacumulação de mercúrio em ostras da espécie *Crassostrea rhizophorae*, caranguejos e camarões.

Em relação à Zona 1 os valores de mercúrio obtidos no presente estudo variaram entre < 0,02mg/Kg (200 P3 B, 200 P4 A e 200 P4 B) e 0,3mg/Kg (500 P2 B) a maioria das estações obteve concentração acima do limite TEL da NOAA. Entretanto, nenhuma estação ultrapassou o valor de PEL. Para a Zona 2 os valores de mercúrio obtidos no presente estudo variaram entre < 0,02mg/Kg (200 P2 B e controle P1 A) e 0,5mg/Kg (2000 P4 A) a maioria das estações obteve concentração acima do limite TEL da NOAA. Entretanto, nenhuma estação ultrapassou o valor de PEL. Para a Zona 3 os valores de mercúrio obtidos no presente estudo variaram entre < 0,02mg/Kg (2000 P4 C, 200 P1 B, 200 P4 C, 200 P3 A e 200 P3 C) e 0,3mg/Kg (Controle P2 A) a maioria das estações (200 P1 C, 200 P2 B, 200 P4 A, 200 P4 B, 500 P1 A, 500 P1 B, 500 P1 C, 500 P2 A, 500 P2 B, 500 P2 C, 500 P3 A, 500 P4 A, 500 P4 B, 2000 P2 A, 2000 P2 B, 2000 P3 A, 2000 P3 B, 2000 P4 A, Controle P1 B, Controle P1 C, Controle P2 A) obteve concentração acima do limite TEL da NOAA. Entretanto, nenhuma estação ultrapassou o valor de PEL. A tabela *SQUIRTs* da NOAA apresenta os valores 0,13 e 0,7mg/Kg de mercúrio como valores de TEL e PEL, respectivamente.

Na **Figura II.5.1.4.2.3-55** tem-se o gráfico *box-plot* para a concentração de mercúrio nas estações de amostragem no entorno da Zona 1. As diferenças nas médias das estações de amostragem não foram consideradas significativas pela

análise de variâncias (ANOVA) ($p = 0,681$). Não foi identificado um padrão de distribuição espacial claro nos dados de concentração de mercúrio no sedimento.

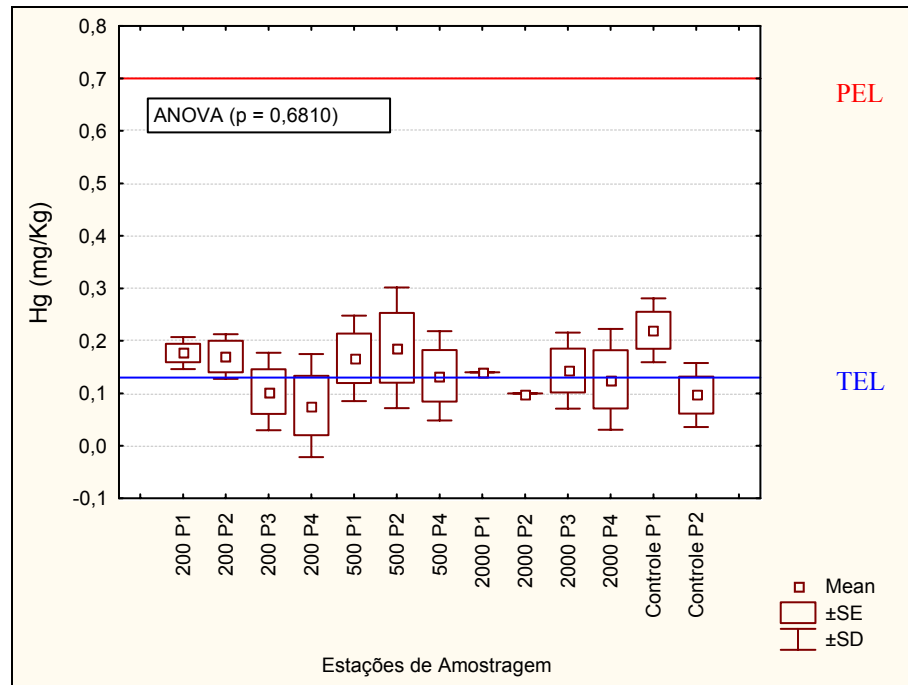


Figura II.5.1.4.2.3-55 - Gráfico *Box-plot* da concentração de mercúrio nas estações de amostragem no entorno da Zona 1.

A **Figura II.5.1.4.2.3-56** apresenta um gráfico *box-plot* da concentração de mercúrio nas estações de amostragem no entorno da Zona 2. As diferenças nas médias das estações de amostragem não foram consideradas significativas pela análise de variâncias (ANOVA) ($p = 0,3692$). Não foi identificado um padrão de distribuição espacial claro nos dados de concentração de mercúrio no sedimento.

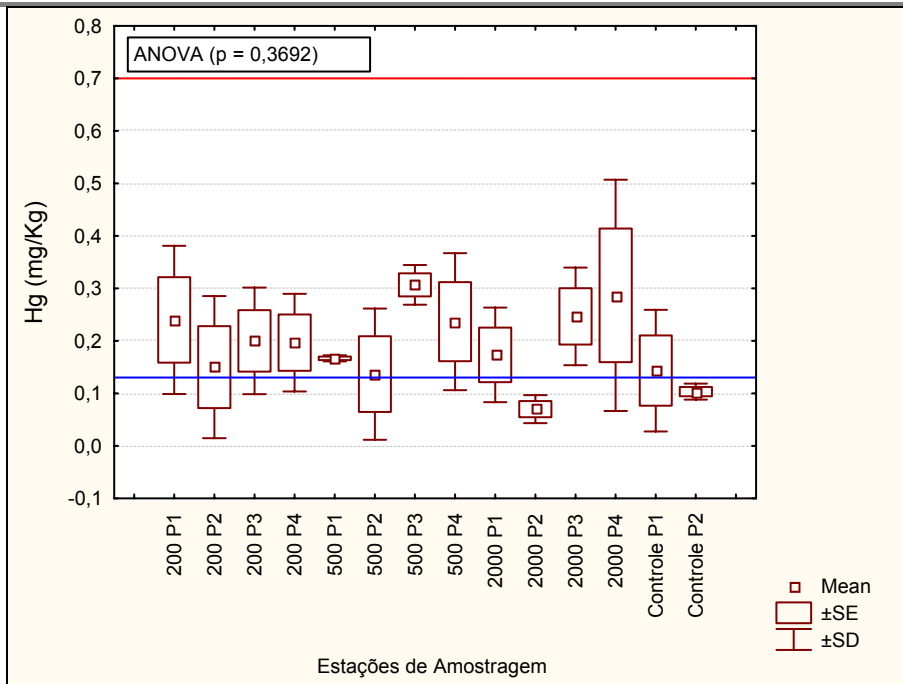


Figura II.5.1.4.2.3-56 - Gráfico *Box-plot* da concentração de mercúrio nas estações de amostragem no entorno da Zona 2.

A concentração de mercúrio nas estações de amostragem no entorno da Zona 3 é observada no gráfico *box-plot* apresentado na **Figura II.5.1.4.2.3-57**. As diferenças nas médias das estações de amostragem não foram consideradas significativas pela análise de variâncias (ANOVA) ($p = 0,4251$). Não foi identificado um padrão de distribuição espacial claro nos dados de concentração de mercúrio no sedimento.

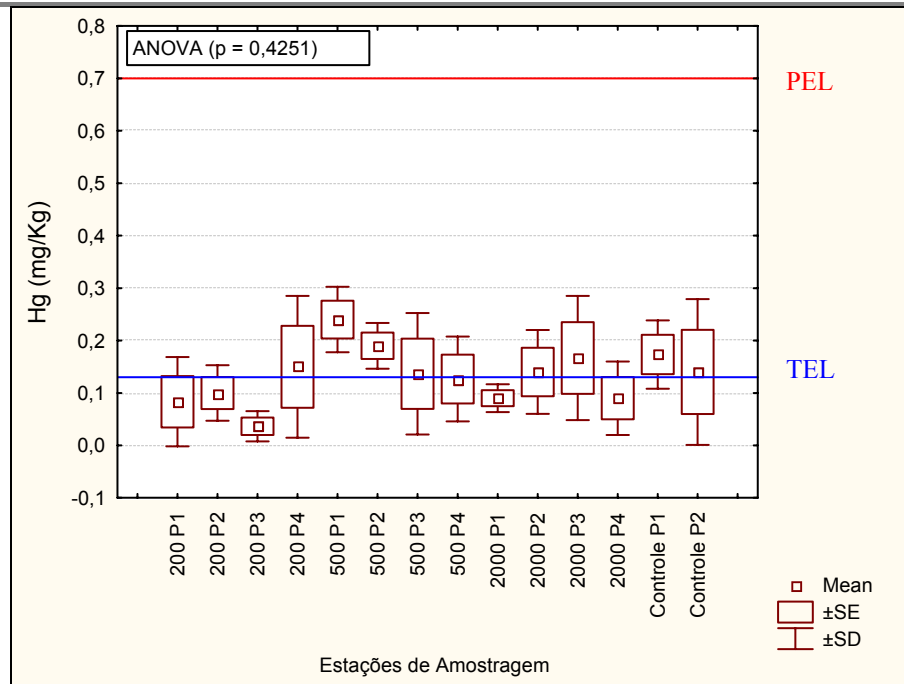


Figura II.5.1.4.2.3-57 - Gráfico Box-plot da concentração de mercúrio nas estações de amostragem no entorno da Zona 3.

Níquel

O níquel é um metal de transição de coloração branco prateado, condutor de eletricidade e calor, dúctil e maleável, porém não pode ser laminado, polido ou forjado facilmente, apresentando certo caráter ferromagnético. É encontrado em diversos minerais, em meteoritos (formando liga metálica com o ferro) e, em princípio, existe níquel no núcleo da Terra. É resistente a corrosão, e só pode ser utilizado como revestimento por eletrodeposição. O metal e algumas de suas ligas metálicas, como o metal Monel, são utilizados para manejar o flúor e alguns fluoretos porque reage com dificuldade com estas substâncias (WIKIPÉDIA, 2007).

Todas as enzimas hidrogenases contêm níquel, especialmente aquelas cuja função é oxidar o hidrogênio. Parece que o níquel sofre mudanças no seu estado de oxidação indicando que o núcleo de níquel é a parte ativa da enzima. A exposição ao metal níquel e seus compostos solúveis não deve superar os $0,05\text{mg/cm}^3$, medidos em níveis de níquel equivalente para uma exposição laboral de 8 horas diárias e 40 horas semanais. Os vapores e o pó de sulfeto de níquel

suspeita-se que sejam cancerígenos. O (NiCO), gerado durante o processo de obtenção do metal, é um gás extremamente tóxico.

Para a Zona 1 Os valores de níquel obtidos no presente estudo variaram entre < 4mg/Kg (2000 P3 A) e 17,00mg/Kg (2000 P4 A). Poucas estações estiveram acima do limite TEL da NOAA. Para a Zona 2 os valores de níquel obtidos no presente estudo variaram entre 4mg/Kg (2000 P2 A) e 14,00 mg/Kg (2000 P1 A). Para a Zona 3 os valores de níquel obtidos no presente estudo variaram entre 9mg/Kg (2000 P1 A e 500 P4 C) e 13,00mg/Kg (200 P3 A, 200 P3 C, 500 P1 A, 200 P1 C, 500 P1 B e 200 P3 B). Nenhuma estação esteve acima do limite TEL da NOAA, bem como nenhuma ultrapassou o valor de PEL.

O diagnóstico ambiental do meio físico do Estudo de Impacto Ambiental da Atividade de Produção Marítima do Bloco Piranema (UFS, 2006), obteve a faixa de variação de $8,1 \pm 0,7$ a $45,4 \pm 3,0$ mg/Kg de níquel no sedimento da região da Bacia Sergipe/Alagoas. Este estudo pode ser considerado como referencial comparativo da variabilidade do níquel no sedimento, em uma área relativamente próxima à área em estudo, na zona do talude continental, em um local isento de atividades de perfuração marítima de poços de petróleo.

A **Figura II.5.1.4.2.3-58** apresenta um gráfico *box-plot* da concentração de níquel nas estações de amostragem no entorno da Zona 1. As diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p < 0,0001$). Não foi identificado um padrão de distribuição espacial claro nos dados de concentração de níquel no sedimento.

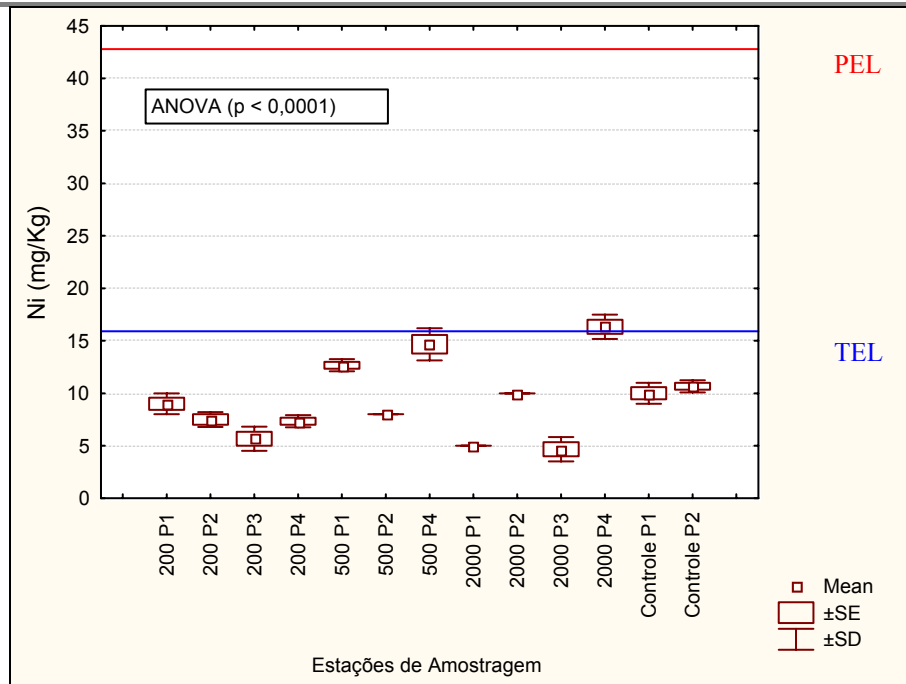


Figura II.5.1.4.2.3-58 - Gráfico *Box-plot* da concentração de Níquel nas estações de amostragem no entorno da Zona 1.

A **Figura II.5.1.4.2.3-59** exibe gráfico *box-plot* para a concentração de níquel nas estações de amostragem no entorno da Zona 2. As diferenças nas médias das estações de amostragem não foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p = 0,4136$). Não foi identificado um padrão de distribuição espacial claro nos dados de concentração de níquel no sedimento.

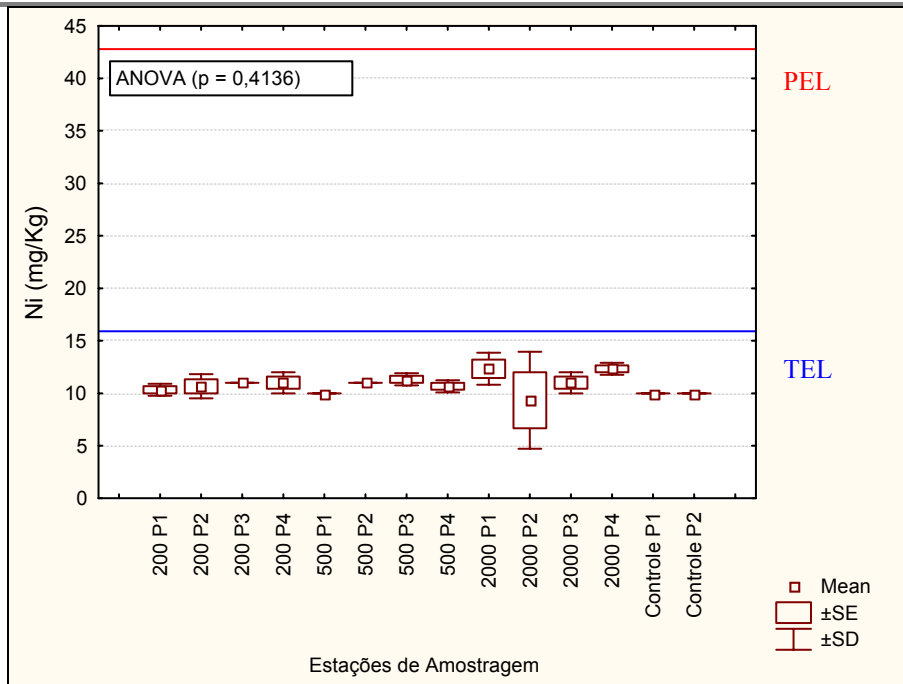


Figura II.5.1.4.2.3-59 - Gráfico Box-plot da concentração de Níquel nas estações de amostragem no entorno da Zona 2.

Por meio do gráfico *box-plot* da concentração de níquel nas estações de amostragem no entorno da Zona 3 (**Figura II.5.1.4.2.3-60**) tem-se que as diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p = 0,0002$). Não foi identificado um padrão de distribuição espacial claro nos dados de concentração de níquel no sedimento.

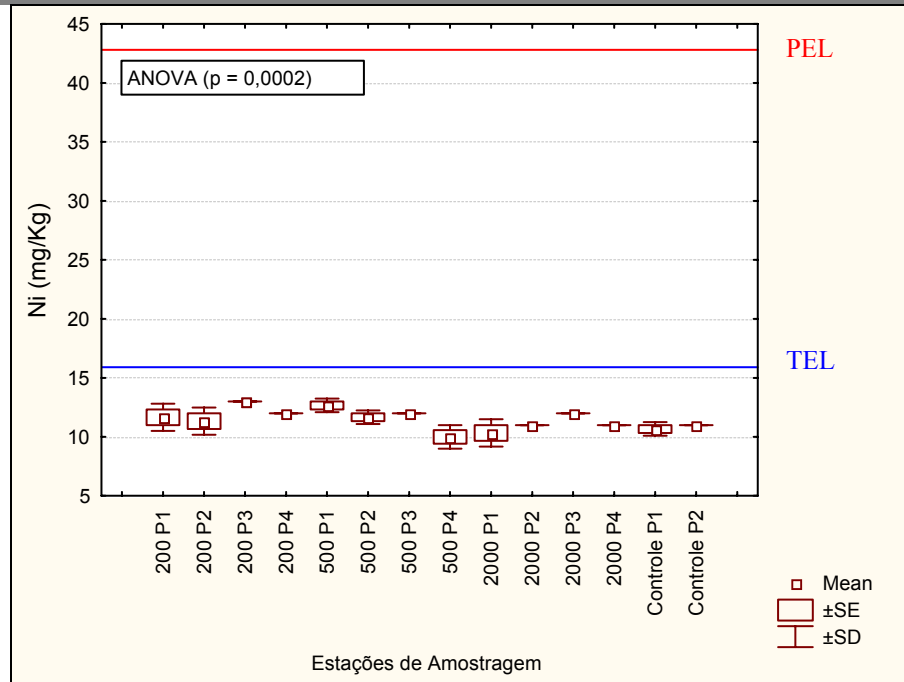


Figura II.5.1.4.2.3-60 - Gráfico Box-plot da concentração de Níquel nas estações de amostragem no entorno da Zona 3.

Vanádio

O vanádio é um metal de transição mole, dúctil de cor cinzenta e brilhante. Apresenta alta resistência ao ataque das bases, ao ácido sulfúrico (H_2SO_4) e ao ácido clorídrico (HCl). É obtido a partir de diversos minerais, até do petróleo. Também pode ser obtido da recuperação do óxido de vanádio em pó procedente de processos de combustão. Tem algumas aplicações nucleares devido a sua baixa captura de nêutrons. É um elemento químico essencial em alguns seres vivos, embora não seja conhecida exatamente a sua função (WIKIPÉDIA, 2007).

O vanádio é um elemento essencial em alguns organismos. Em humanos não está demonstrada a sua essencialidade, ainda que existam compostos de vanádio que imitam e potencializam a atividade da insulina. É encontrado em algumas enzimas de diferentes seres vivos. Por exemplo, nas "haloperoxidasas" (geralmente bromoperoxidasas) de algumas algas, que reduzem peróxidos e halogenam um substrato orgânico.

As ascídias (alguns organismos marítimos urocordados, do subfilho urochordata) armazenam altas concentrações de vanádio, em torno de um milhão de vezes mais altas que na água ao seu redor, encontrando-se numa molécula

denominada "hemovanadina". Nestes organismos o vanádio se armazena em células chamadas de "vanadócitos". Também acumulam altas concentrações de vanádio o fungo *Amanita muscaria*. Forma-se um complexo com um ligante ionóforo chamado "amavadina". O pó metálico é pirofórico e os compostos de vanádio deveriam ser considerados como altamente tóxicos. Sua inalação pode causar câncer de pulmão.

A Administração de Segurança e Saúde Ocupacional americana (OSHA) tem estabelecido um limite de exposição para o pó de pentóxido de vanádio de $0,05\text{mg}/\text{m}^3$, e de $0,1\text{mg}/\text{m}^3$ para o gás de pentóxido de vanádio no ar do local de trabalho para uma jornada de 8 horas, 40 horas semanais. O Instituto Nacional de Saúde e Segurança Ocupacional americano (NIOSH) recomenda que deve considerar-se perigoso para a saúde um nível de $35\text{mg}/\text{m}^3$ de vanádio. Este nível pode causar problemas permanentes de saúde ou morte.

Para a Zona 1 os valores de vanádio obtidos no presente estudo variaram entre 20,0 (2000 P3 A) e 144,0mg/Kg (2000 P4 C). Poucas estações estiveram acima deste valor de referência. Para a Zona 2 os valores de vanádio obtidos no presente estudo variaram entre 21,0 (2000 P2 A) e 43,0mg/Kg (200 P3 A, 500 P3 A, 200 P4 A e 2000 P4 C). Para a Zona 3 os valores de vanádio obtidos no presente estudo variaram entre 28,0(500 P4 C) e 57,0mg/Kg (2000 P4 B). Nas Zonas 2 e 3 nenhuma estação esteve acima deste valor de referência. A tabela SQUIRTs da NOAA não apresenta valores de TEL e PEL para vanádio. Entretanto, esta referência aponta o valor de 58mg/Kg como valor de *background* para solos.

O diagnóstico ambiental do meio físico do Estudo de Impacto Ambiental da Atividade de Produção Marítima do Bloco Piranema (UFS, 2006), obteve a faixa de variação de $26,9 \pm 2,4$ a $131,4 \pm 3,8\text{mg}/\text{Kg}$ de vanádio no sedimento da região da Bacia Sergipe/Alagoas. Este estudo pode ser considerado como referencial comparativo da variabilidade do vanádio no sedimento, em uma área relativamente próxima à área em estudo, no talude continental e em local isento de atividades de perfuração marítima de poços de petróleo. Os valores obtidos no presente foram semelhantes aos obtidos na Bacia de Sergipe/Alagoas.

A **Figura II.5.1.4.2.3-61** apresenta um gráfico *box-plot* da concentração de vanádio nas estações de amostragem no entorno da Zona 1. As diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p < 0,000001$). Houve grande variabilidade nas amostras de modo geral.

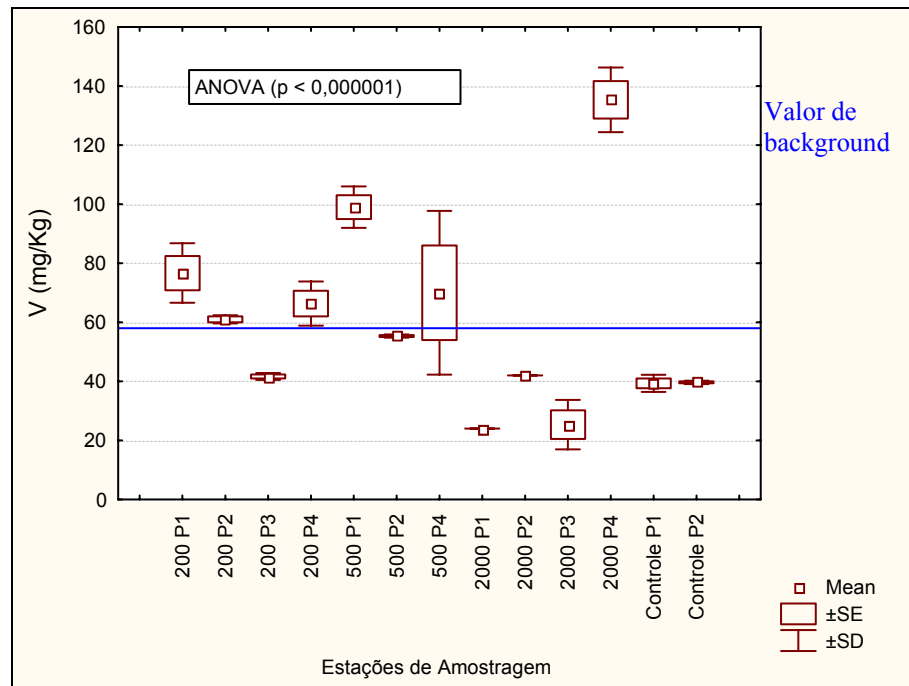


Figura II.5.1.4.2.3-61 - Gráfico *Box-plot* da concentração de vanádio nas estações de amostragem no entorno da Zona 1.

A **Figura II.5.1.4.2.3-62** mostra o gráfico *box-plot* para a concentração de vanádio nas estações de amostragem no entorno da Zona 2. As diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p < 0,000001$). Houve grande variabilidade na estação 2000 P2. De modo geral o grupo controle apresentou menores valores médios de vanádio.

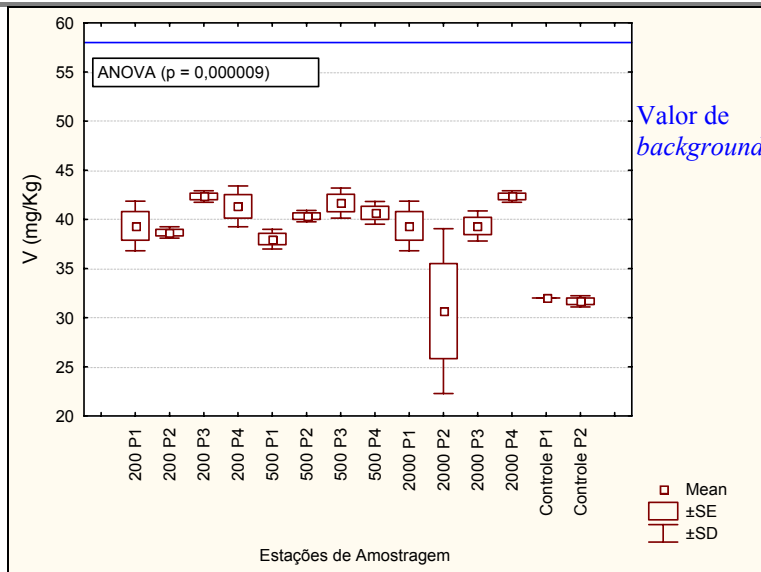


Figura II.5.1.4.2.3-62 - Gráfico *Box-plot* da concentração de vanádio nas estações de amostragem no entorno da Zona 2.

A **Figura II.5.1.4.2.3-63** exibe um gráfico *box-plot* da concentração de vanádio nas estações de amostragem no entorno da Zona 3. As diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variância (ANOVA) ($p = 0,0004$). De modo geral o grupo controle apresentou menores valores médios de vanádio.

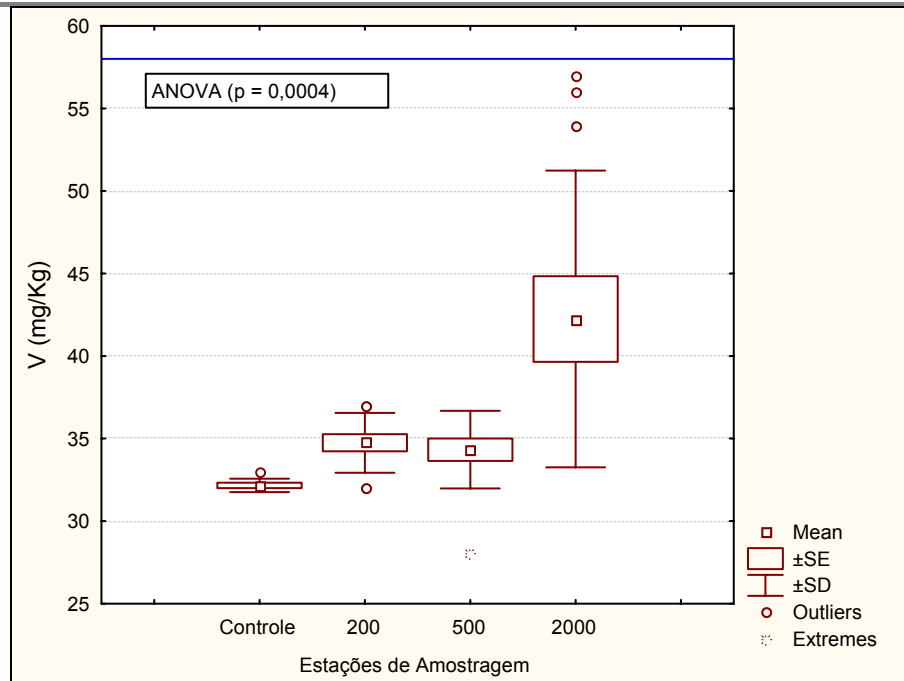


Figura II.5.1.4.2.3-63 - Gráfico Box-plot da concentração de vanádio nas estações de amostragem no entorno da Zona 3.

Zinco

O zinco é um metal branco-azulado brilhante, estável ao ar seco, de ampla distribuição na crosta terrestre, sendo encontrado naturalmente no ar, na água, nos solos e nos alimentos. A utilização mais comum do zinco é em revestimentos de ferro e ligas metálicas, para prevenção de corrosão. Além destes, outros usos na indústria são: fabricação de tintas brancas, cerâmicas, preservação de madeiras e tingimento de tecidos. Na área de saúde, o cloreto de zinco e o óxido de zinco são compostos comumente utilizados em aplicações odontológicas, médicas, domésticas e como agente solubilizante de muitos fármacos (WIKIPÉDIA, 2007).

Quando disponibilizado na água, o zinco é logo estabilizado nos sedimentos através de sua ligação com o ferro, óxidos de manganês e outros materiais orgânicos. Uma vez estabilizados nos sedimentos, a sua disponibilização na água é muito difícil, somente ocorrendo em condições redutoras em águas altamente poluídas. Em condições normais, a liberação do zinco retido no sedimento somente ocorre em caso de grandes perturbações, como durante atividades de dragagens.

O zinco é um nutriente essencial para os organismos vivos, e pode se acumular em concentrações muito superiores às observadas na água. Porém, ele não sofre bioacumulação através da cadeia alimentar. A contaminação dos organismos se dá por via direta, seja pela ingestão da água ou do sedimento. Em humanos, a exposição aguda a compostos de zinco pode provocar distúrbios hematológicos, neurológicos, respiratórios, gastrointestinais, imunológicos, dérmicos e até a morte. Em organismos aquáticos há estudos que comprovam a acumulação e morte em algas, peixes e moluscos pela exposição a altas concentrações de zinco.

Para a Zona 1 os valores de zinco encontrados no presente trabalho variaram entre 10,00 (2000 P1 B) e 59,00mg/Kg (2000 P4 C). Para a Zona 2 os valores de zinco encontrados no presente trabalho variaram entre 14,00 (2000 P2 A) e 29,00mg/Kg (2000 P1 A). Para a Zona 3 os valores de zinco encontrados no presente trabalho variaram entre < 1 (200 P2 C e 200 P3 A) e 24,00mg/Kg (2000 P2 A, 2000 P3 B, 200 P1 C, 200 P3 B, 2000 P3 A, 2000 P3 C, 200 P3 C, 2000 P1 C, 2000 P4 C, 2000 P4 A e 2000 P4 B). A tabela SQUIRTs da NOAA apresenta os valores 124,0 e 271,0mg/Kg como valores de TEL e PEL, respectivamente. As concentrações de zinco foram muito inferiores aos valores recomendados pela NOAA (1999).

O diagnóstico ambiental do meio físico do Estudo de Impacto Ambiental da Atividade de Produção Marítima do Bloco Piranema (UFS, 2006), obteve a faixa de variação de $1,31 \pm 0,11$ a $8,81 \pm 0,69$ mg/Kg de zinco no sedimento da região da Bacia Sergipe/Alagoas. Este estudo pode ser considerado como referencial comparativo da variabilidade do zinco no sedimento, em uma área relativamente próxima à área em estudo, na região do Talude Continental, e em um local isento da influência das atividades de perfuração marítima de poços.

A concentração de zinco nas estações de amostragem no entorno da Zona 1 pode ser observada no gráfico *box-plot* (**Figura II.5.1.4.2.3-64**). As diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variâncias (ANOVA) ($p < 0,00001$). De modo geral as estações com os maiores valores foram as posicionadas à oeste da grade,

representando as estações P1 e P4 (exceto a 2000 P1 e Controle P1) o que sugere uma maior concentração nesta região da grade.

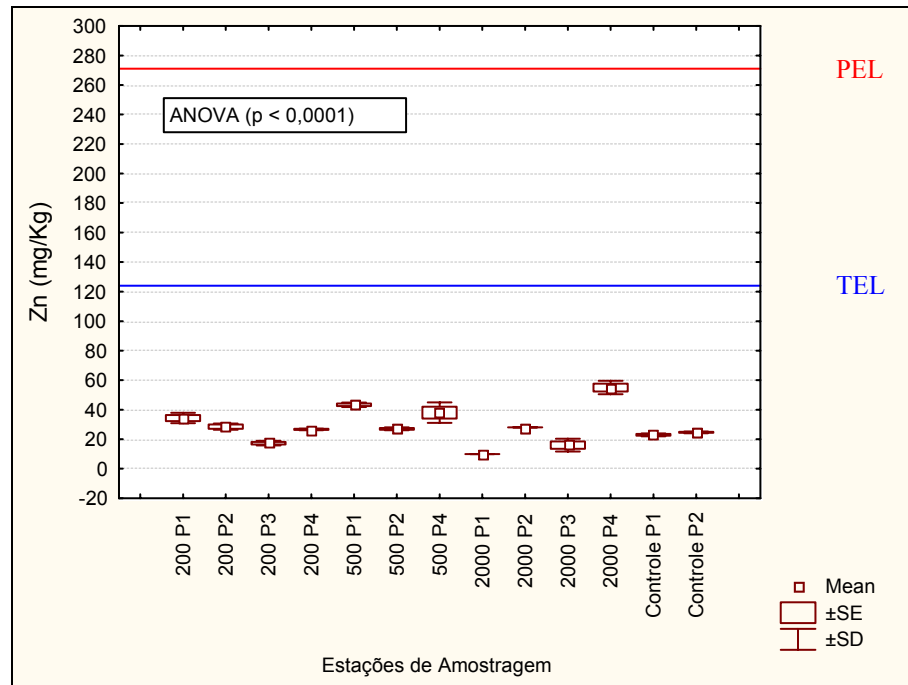


Figura II.5.1.4.2.3-64 - Gráfico Box-plot da concentração de zinco nas estações de amostragem no entorno da Zona 1.

A **Figura II.5.1.4.2.3-65** apresenta um gráfico *box-plot* da concentração de zinco nas estações de amostragem no entorno da Zona 2. As diferenças nas médias das estações de amostragem foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variâncias (ANOVA) ($p = 0,0354$).

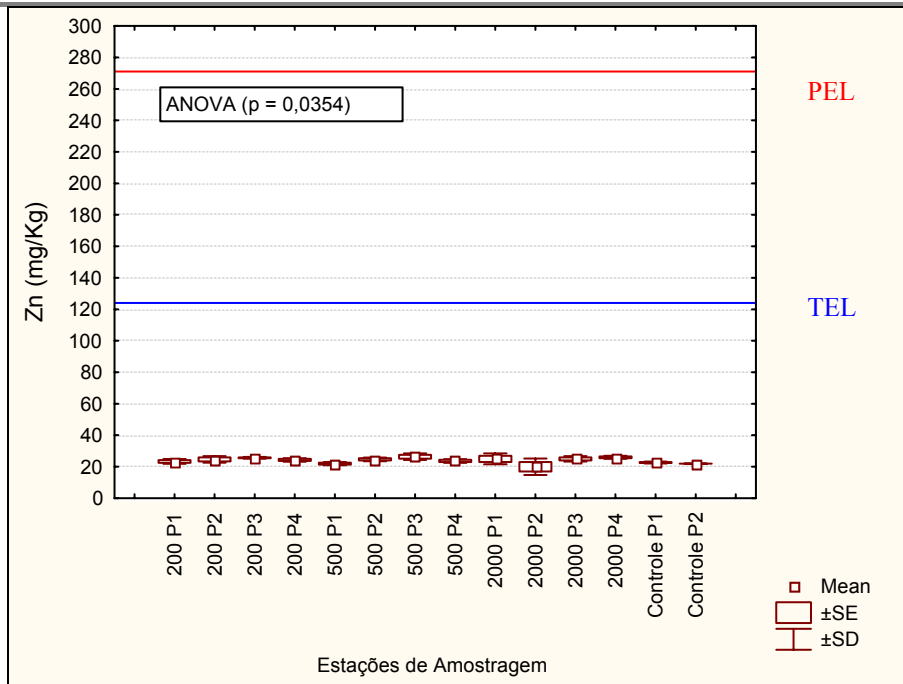


Figura II.5.1.4.2.3-65 - Gráfico *Box-plot* da concentração de zinco nas estações de amostragem no entorno da Zona 2.

A **Figura II.5.1.4.2.3-66** é um gráfico *box-plot* para a concentração de zinco nas estações de amostragem no entorno da Zona 3. As diferenças nas médias das estações de amostragem não foram consideradas estatisticamente significativas pela análise de variâncias (ANOVA) ($p = 0,5228$).

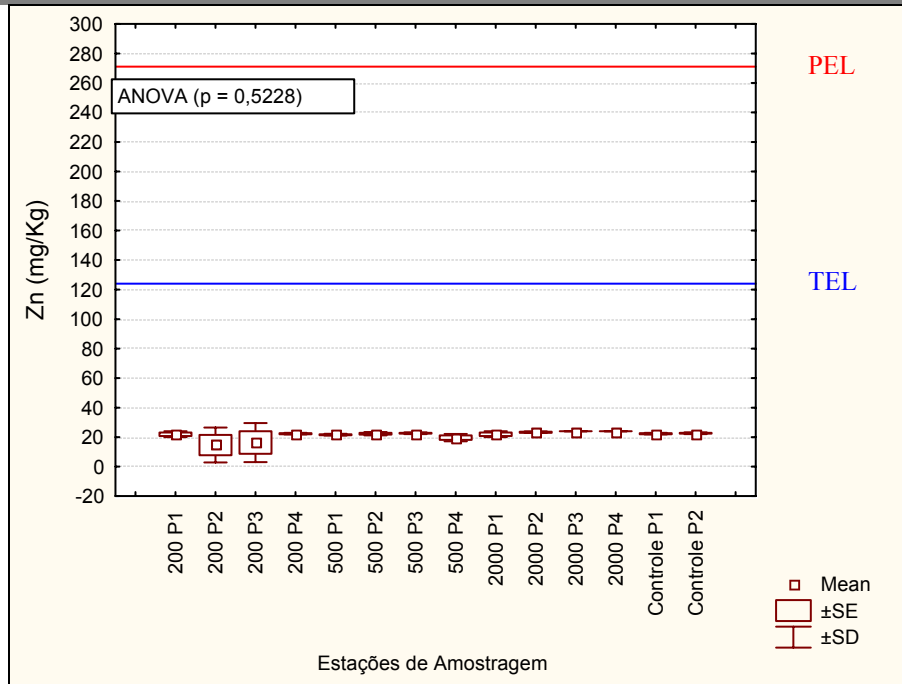


Figura II.5.1.4.2.3-66 - Gráfico Box-plot da concentração de zinco nas estações de amostragem no entorno da Zona 3.