

#### 5.1.4 Qualidade da água marinha

Para caracterização das condições ambientais da área de influência do FPSO P-48 serão utilizados dados obtidos na Bacia de Campos, onde atividades de exploração e produção de óleo e gás vem sendo desenvolvidas em diversos campos petrolíferos.

De uma forma geral, a distribuição dos parâmetros que caracterizam a qualidade da água marinha na região de Caratinga é fortemente afetada pela interação da AT (Água Tropical - Corrente do Brasil), com a ACAS (Água Central do Atlântico Sul - Corrente das Malvinas), principais massas d'água que regem o sistema hidrológico local.

Niencheski *et al.* (1999), analisaram os dados existentes no Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) da Marinha do Brasil e resumiram os valores limites de ocorrência de concentrações de alguns nutrientes, bem como de oxigênio dissolvido e pH, na costa brasileira até 200 metros, região diretamente influenciada pela interação entre AT e ACAS (Quadro 5.1.4-a)

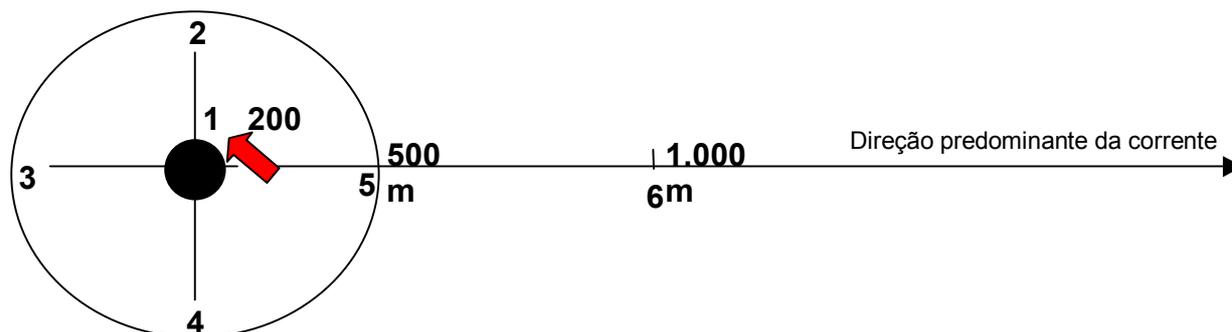
Quadro 5.1.4-a. Valores máximos e mínimos de ocorrências de alguns parâmetros físico-químicos na costa brasileira.

PROFUNDIDADE (m) →		VERÃO				OUTONO				PRIMAVERA				INVERNO			
		0	50	100	200	0	50	100	200	0	50	100	200	0	50	100	200
pH	Max	8,40	8,45	8,25	8,40	8,25	8,35	8,25	8,20	8,00	8,00	8,00	8,00	8,35	8,40	8,40	8,35
	Min	7,50	7,85	7,80	7,60	7,75	7,75	7,75	7,75	----	----	----	----	7,85	7,90	7,80	7,65
OD (mL/L)	Max	6,00	6,20	6,40	6,00	5,60	5,40	5,20	5,00	5,50	5,50	5,30	4,70	5,80	5,50	5,40	5,20
	Min	4,40	3,80	3,60	3,00	4,00	3,90	3,60	3,00	----	----	----	----	3,80	4,30	4,20	2,80
NITRITO ( $\mu$ atg/L)	Max	0,18	0,18	0,32	0,15	0,46	0,40	0,85	0,35	0,95	0,90	0,90	0,75	0,28	0,30	0,30	0,28
	Min	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,10	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,05	0,00	0,00	0,06	0,04
NITRATO ( $\mu$ atg/L)	Max	1,8	2,6	8,0	6,0	2,8	8,0	9,0	20,0	3,2	5,0	5,5	10,	3,5	5,5	10,0	16,0
	Min	0,2	0,2	0,5	0,5	0,2	1,0	1,0	1,0	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	2,0
FOSFATO ( $\mu$ atg/L)	Max	0,5	0,5	0,8	1,4	0,8	0,7	1,4	1,9	0,90	1,0	1,1	1,5	0,7	0,7	0,8	1,6
	Min	0,05	0,05	0,10	0,30	0,05	0,05	0,10	0,20	0,05	0,05	0,10	0,30	0,05	0,05	0,05	0,10
FÓSFORO TOTAL ( $\mu$ atg/L)	Max	1,8	2,4	1,6	2,2	1,1	1,0	1,0	0,8	0,9	0,9	1,1	1,6	0,9	0,9	1,2	1,2
	Min	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,1	0,1	0,05	0,1	0,1	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,2

Fonte: Projeto REVIZEE – Oceanografia química (Niencheski *et al.*, 1999).

Para uma melhor caracterização da qualidade da água do campo de Caratinga serão utilizados os dados primários obtidos durante a 1ª Campanha do Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá – fase de perfuração, localizado ao sul de Caratinga (vide Figura 5.1.4-a), onde estão sendo realizadas as atividades de perfuração do Projeto Bijupirá & Salema, operadas pela Enterprise Oil do Brasil (HABTEC, 2001). Esta campanha foi realizada em setembro de 2001, antes do início do descarte do fluido de perfuração sintético, permitindo a caracterização do *background* ambiental local. Ressalta-se a proximidade entre os campos de Bijupirá e Caratinga, localizados em lâminas d'água semelhantes (800 e 1000m, respectivamente), o que gera condições ambientais bastante similares entre os campos. Além disto, os campos de Bijupirá & Salema e Barracuda & Caratinga já foram alvo de atividades de produção anteriores, o que permite a utilização das informações geradas em Bijupirá & Salema para a caracterização de Caratinga.

A malha amostral utilizada para coleta de água e plâncton de Bijupirá é apresentada na figura a seguir. Para definição da malha considerou-se a direção da corrente superficial, de direção SW, conforme regime hidrológico local. Em cada ponto as amostras foram coletadas em duas profundidades (superfície e base da termoclina), utilizando garrafas de Niskin revestidas de Teflon. A profundidade da termoclina foi definida a partir da perfilagem vertical da coluna d'água, realizada com um CTD (*Conductivity, Temperature, Depth*), Sea-Bird Seacat SBE 19.



Fonte: HABTEC, 2001

Figura 5.1.4-a. Malha amostral das amostras de água da 1ª Campanha de Bijupirá, fase de perfuração (Setembro de 2001).

O quadro a seguir apresenta as coordenadas dos pontos amostrados para as amostras de água e plâncton:

Quadro 5.1.4-b. Estações realizadas para coleta de água e plâncton.

PONTO	DATA DE COLETA	LATITUDE	LONGITUDE	UTM Y (N)	UTM X (E)
1	24/09/2001	22° 39'41" S	040° 24'25,15"W	7493271,94	355442,23
2	24/09/2001	22° 39'26,02" S	040° 24'34,95"W	7493729,62	355158,45
3	24/09/2001	22° 39'44,72" S	040° 24'49,36"W	7493150,39	354752,86
4	24/09/2001	22° 39'58,10" S	040° 24'29,18"W	7492744,81	355332,08
5	24/09/2001	22° 39'39,37" S	040° 24'14,8" W	7493324,04	355737,67
6	24/09/2001	22° 39'36,72" S	040° 23'57,5" W	7493410,86	356230,07

Datum: Aratu

A malha amostral para as coletas de sedimento, que visaram subsidiar a análise de variáveis físico-químicas, da comunidade bentônica e dos ensaios de toxicidade e biodegradabilidade do fluido sintético utilizado pela Enterprise, foi estabelecida com base nos resultados da modelagem matemática de dispersão do cascalho e nas características específicas de cada etapa de perfuração. Foram definidos 8 pontos de coleta, considerando a posição do SDC (*Single Drilling Cluster*- ponto central da perfuração dos poços) e a direção predominante da corrente como SW, considerando o fluxo constante da Corrente do Brasil, característico da região. As coletas de sedimento foram realizadas utilizando um tipo *Box Corer* de 50x50 cm (0,25m<sup>2</sup> de área). Este equipamento é considerado ideal para este tipo de estudo uma vez que tem capacidade de amostrar um número significativo de organismos bentônicos, mesmo quando presentes em baixa abundância, sem alterar as condições granulométricas e físico-químicas do sedimento (Gage & Tyler, 1996). Para as amostragens da comunidade bentônica, foram feitos lançamentos com o *Box Corer* em triplicata. O quadro a seguir, mostra a localização dos pontos de coleta de sedimento.

Quadro 5.1.4-c. Estações realizadas para coleta de sedimento/bentos na 1ª Campanha de Bijupirá – fase de perfuração.

PONTO	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)
1	22°39'43,12"	040°24'38,97"
2	22°39'43,64"	040°24'42,45"
3	22°39'44,72"	040°24'49,36"
4	22°39'46,32"	040°24'59,71"
5	22°39'50,07"	040°25'23,89"
6	22°39'31,37"	040°23'22,97"
7	22°39'50,06"	040°24'41,29"
8	22°39'37,23"	040°24'43,57"

Durante as coletas, foram adotados alguns procedimentos operacionais a fim de evitar o risco de alteração e/ou contaminação das amostras coletadas para os parâmetros físico-químicos, como por exemplo, a coleta prioritária amostras para análises de metais e hidrocarbonetos.

A Figura 5.1.4-b apresenta a distribuição dos pontos amostrais do sedimento da 1ª Campanha de Bijupirá – fase de perfuração.

Figura 5.1.4-b Malha amostral do sedimento – 1ª Campanha de Bijupirá, fase de perfuração.

Além desses dados, serão utilizados os resultados obtidos no Programa de Monitoramento Ambiental Oceânico da Baía de Campos, onde foram feitas coletas na região compreendida entre 21°30' e 23°30' S de latitude e 39°30' e 42°00' W de longitude (PETROBRAS, 1997; FUNDESPA, 1994). Este programa apresentou três campanhas oceanográficas sazonais, tendo sido iniciado no inverno de 1991. As malhas amostrais definidas para as coletas de água/plâncton e bentos/sedimento basearam-se em radiais a partir da costa, com amostragens entre as isóbatas de 20 e 2000m, tendo sido avaliados diversos parâmetros físicos, químicos, físico-químicos e biológicos na água e no sedimento.

São apresentados também os dados obtidos na 1ª Campanha de Inverno (setembro de 2000), para caracterização ambiental do campo de Espadarte – Baía de Campos, localizado ao sul de Barracuda & Caratinga (PETROBRAS/CENPES, 2001), conforme apresentado na Figura 5.1-a. Para amostragem do sedimento, seis estações foram distribuídas em um raio de 4Km no entorno do navio Espadarte FPSO (lat.=22°42'30,64"S; lon.= 40°27'40,48"W), de acordo com o esquema apresentado a seguir:

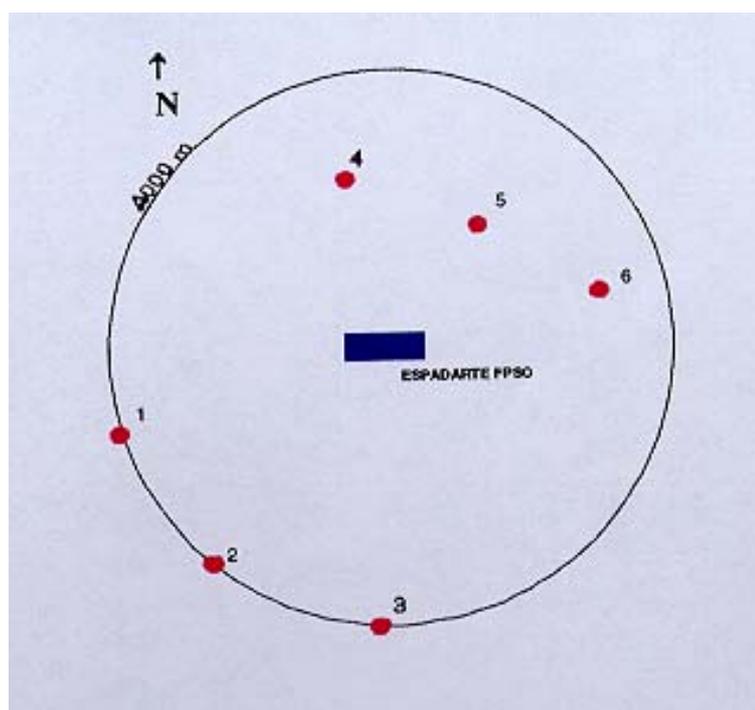


Figura 5.1.4-c. Malha esquemática para as coletas de sedimento no campo de Espadarte.  
 Fonte: PETROBRAS/CENPES (2001).

A distribuição dos pontos de sedimento baseou-se na corrente predominante de fundo, sendo as amostragens com *Box Corer* realizadas em triplicatas em cada ponto. Durante a retirada do sedimento do amostrador, classificou-se cada porção do sedimento coletado em termos de prioridade, a fim de evitar possíveis contaminações e/ou alterações nos parâmetros químicos a serem avaliados (PETROBRAS/CENPES, 2001).

O quadro a seguir apresenta as coordenadas dos pontos amostrados durante a 1ª Campanha de Espadarte:

Quadro 5.1.4-d. Estações realizadas durante a 1ª Campanha de Espadarte – Setembro de 2000.

PONTO	PROFUNDIDADE (m)	LATITUDE (°S)	LONGITUDE (°W)
1	890	22°43'23,00"	040°29'48,65"
2	990	22°44'13,18"	040°29'60,26"
3	930	22°44'39,01"	040°28'00,63"
4	720	22°37'48,62"	040°22'50,14"
5	780	22°41'25,36"	040°26'49,19"
6	830	22°41'56,91"	040°25'46,30"

Fonte: PETROBRAS/CENPES, 2001

Datum: Aratu

Já as amostras de água foram coletadas com garrafas de Niskin em estações flutuantes dentro da área de 4km pré-definida, tendo sido feitas coletas em 3 profundidades (superfície, 75 e 150m).

#### a. Oxigênio dissolvido, pH e Carbono Orgânico Total (COT)

O oxigênio dissolvido tem suas altas concentrações associadas às regiões de ressurgência no verão, representadas por pequenos vórtices de ocorrência do composto. Na coluna d'água, na faixa de profundidade da AIA (Água Intermediária Antártica), os valores também são altos (4,4 mL/L), o que é característica desta massa d' água. Ao norte do paralelo de 21° S, a AIA dá lugar a uma água equatorial pobre no parâmetro, havendo, portanto, uma queda no seu valor.

Com o decréscimo das ressurgências no outono, os valores diminuem, reduzindo também os vórtices. A primavera é marcada pela presença de núcleos com concentrações decrescentes, com um máximo em 4,7 mL/L na costa do Espírito Santo.

Alguns estudos (Programa REVIZEE – Central III, apresentado em Cupelo, 2000 e Niencheski *et al.*, 1999) indicam valores máximos de 5,50 mL/L durante a primavera, tendendo a diminuir após a profundidade de 100m.

Em relação ao pH, a distribuição dos valores no verão é caracterizada pela convergência de núcleos de máxima concentração, em frente às costas dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, estando este fenômeno também associado à ressurgência. No outono, há um espalhamento de vórtices de máximos por toda a área, dispersando a referida alta concentração na costa do Rio de Janeiro.

Os dados de pH e Oxigênio Dissolvido obtidos durante o Programa de Monitoramento Oceânico da Petrobrás apresentaram-se mais elevados no inverno do que no verão, apresentando os dois parâmetros comportamento similar nas diferentes condições sazonais (FUNDESPA, 1994; PETROBRÁS, 1997).

Em Espadarte, os valores de oxigênio dissolvido e pH apresentaram pequena variabilidade espacial e temporal, estando todos os resultados (superfície, meio e fundo), dentro dos valores relatados para a região (Andrade *et al*, 1999; Niencheski *et al*, 1999). O oxigênio dissolvido apresentou marcada estratificação vertical, sendo os maiores valores encontrados em superfície. Por outro lado, observou-se uma grande homogeneidade na distribuição vertical do pH (valores entre 7,7 e 8,1), com os menores valores a 150m, estrutura típica de ambientes oceânicos (PETROBRAS/CENPES, 2001).

Os valores de pH obtidos em todos os pontos do monitoramento de Bijupirá foram relativamente homogêneos, tendo variado entre 8,0 e 8,2, dentro dos padrões definidos por Niencheski *et al*. (1999) para a plataforma continental brasileira e apresentados por Cupelo (2000), para a região oceânica tropical.

Durante a 1ª Campanha de Bijupirá (HABTEC, 2001), a maioria dos pontos de coleta apresentaram concentrações de COT abaixo do nível de detecção do método (1 ppm), conforme apresentado no Quadro 5.1.4-b. Os pontos 2 e 6, apresentaram, respectivamente, 2,5 e, 2,0 ppm nas amostras coletadas na superfície. No ponto 5 - 70m, foi registrada a maior concentração de COT (3,0 ppm). Estes valores são corroborados pelos dados registrados pelo Programa REVIZEE – Central III, apresentados em Cupelo (2000), os quais apresentam como valores máximos e mínimos de COT, 2,5 e 0,37 mg/L, para a região da costa central do Brasil.

Quadro 5.1.4-e. Concentrações de Carbono Orgânico Total (COT), Oxigênio Dissolvido (OD) e pH nas amostras de água coletadas durante a 1ª campanha do Programa de Monitoramento Ambiental de Bijupirá, Bacia de Campos.

PONTOS DE COLETA	PROFUNDIDADE (m)	COT (ppm)	OD (ml/L)	pH
# 1	10	< 1,00	6,26	8,23
	70	< 1,00	6,16	8,13
# 2	10	2,51	6,38	8,19
	70	< 1,00	6,14	8,13
# 3	10	< 1,00	6,43	8,24
	70	< 1,00	6,46	8,19
# 4	10	< 1,00	6,36	8,17
	70	< 1,00	6,46	8,14
# 5	10	< 1,00	6,28	8,22
	70	3,05	6,20	8,16
# 6	10	1,99	6,04	8,08
	120	< 1,00	4,63	8,03

Fonte: HABTEC (2001).

## b. Nutrientes

No verão, da Bahia ao Rio de Janeiro, são observadas formações de vórtices e ressurgências locais para os valores de fosfato. Durante o inverno, em toda a plataforma da região leste, as concentrações encontram-se relativamente mais reduzidas e homogêneas.

Para o nutriente fósforo total, no verão, as concentrações são menores, sem registros de vórtices ao norte do estado do Rio de Janeiro. Estes aparecem na primavera, em altas concentrações observadas, na região de Cabo Frio. Em toda a costa brasileira, as maiores concentrações localizam-se sempre junto ao fundo (Niencheski *et al.*, 1999).

O nitrito é um dos nutrientes mais bem representados no universo dos dados. No verão, nos 100 primeiros metros de profundidade, podem-se distinguir vórtices na região leste, possivelmente ressurgidos da ACAS, que flui em profundidades abaixo da Corrente do Brasil. No outono, este registro fica muito tênue, associado ao enfraquecimento do fenômeno dinâmico. No inverno, as concentrações são pequenas, atingindo valores de  $0,3 \mu\text{mol/L}$ . Com a chegada da primavera e o reinício da ressurgência, ao longo da região leste, aparecem em todas as profundidades vórtices de concentrações crescentes, chegando a um máximo de  $0,9 \mu\text{mol/L}$  (FUNDESPA, 1994).

O nitrato apresenta baixos valores de 0 a 100 metros no verão, nas regiões de domínio da Corrente do Brasil (áreas costeiras e oceânicas). Confirmando a relação direta com o fenômeno da ressurgência, no outono, é encontrado em maiores valores nas profundidades de 200 metros, relacionadas à posição da ACAS na coluna d'água. Na primavera, as isolinhas alinham-se em ordem crescente paralelas à costa, com registro de altas concentrações nas proximidades de áreas de água ressurgida (Weber *et al.*, 1994).

De uma forma geral, os dados obtidos na Bacia de Campos (FUNDESPA, 1994; PETROBRAS, 1997), demonstraram que a dinâmica e distribuição dos nutrientes na coluna d'água são fortemente influenciadas pelo regime hidrológico e em especial, pela presença da ACAS na camada fótica, o que gera um enriquecimento nas condições oligotróficas típicas do oceano aberto.

Os compostos nitrogenados são elementos importantes para o desenvolvimento fitoplanctônico, sendo limitantes da atividade fotossintética. Entretanto, sua velocidade de regeneração através de reações bioquímicas é inferior a taxa de utilização por organismos fotossintéticos, constituindo-se como um fator limitante à atividade fotossintética do fitoplâncton.

Em todos os pontos de coleta do monitoramento ambiental de Bijupirá (superfície e termoclina) foram analisados os nutrientes nitrato e amônia. Ambos os parâmetros apresentaram concentrações abaixo do nível de detecção ( $< 0,01 \text{ mg/L}$ ) em todas as amostras coletadas (HABTEC, 2001). Observa-se que as águas oligotróficas da Corrente do Brasil comumente apresentam valores baixos de nitrato e amônia, gerando condições tróficas baseadas na produção regenerada do bacterioplâncton (Cupelo, 2000). Por esse motivo, suas concentrações freqüentemente encontram-se inferiores aos limites de detecção dos métodos analíticos em sistemas com características oligotróficas como as águas oceânicas do campo de Bijupirá (Niencheski *et al.*, 1999).

Em Espadarte, os valores de amônia foram encontrados em apenas algumas estações ( $< 0,06 \mu\text{M}$ ), o que reflete a rápida mineralização do nitrogênio na região oceânica, de forma a subsidiar a produção primária local (PETROBRAS/CENPES, 2001).

Os valores observados em Espadarte para o nitrito estiveram entre não detectável ( $< 0,02\mu\text{M}$ ) e  $0,15\mu\text{M}$ , estando na mesma faixa dos valores relatados por Niencheski *et al* (1999) e Andrade *et al* (1999), para a região. O nitrito pode ser uma exceção ao padrão típico da distribuição oceânica dos nutrientes, sendo os maiores valores registrados em superfície. Já as concentrações de nitrato seguiram um padrão típico de distribuição, com a estratificação definida pela distribuição vertical das massas d' água. Os valores estiveram entre  $0,41$  e  $3,61\mu\text{M}$ , e a média observada na superfície foi de  $1,01\mu\text{M}$  enquanto a média registrada para 150m (fundo) foi de  $1,84\mu\text{M}$  (PETROBRAS/CENPES, 2001). Para o ortofosfato, as maiores concentrações foram encontradas no fundo (média de  $0,36\mu\text{M}$ ), contrastando com as concentrações em superfície (média de  $0,08\mu\text{M}$ ). É importante observar que de uma forma geral, os valores de ortofosfato estão diretamente relacionados ao aporte continental, apresentando, portanto, um decréscimo com o afastamento da costa.

### c. Clorofila *a*

A concentração de clorofila *a* registrada na 1ª Campanha de Bijupirá esteve abaixo do limite de detecção ( $0,01\text{ mg/L}$ ), nas amostras de superfície em 2 pontos de amostragem (HABTEC, 2001). Nas demais amostras de superfície, as concentrações variaram entre  $0,26$  e  $0,27\text{ mg/L}$ . Nas amostras coletadas a 70 metros de profundidade (termoclina), os valores oscilaram entre  $0,27$  e  $0,54\text{ mg/L}$ . As concentrações de clorofila na termoclina foram geralmente maiores que as de superfície. Os resultados de clorofila *a* encontram-se apresentados no Quadro 5.1.4-f.

Quadro 5.1.4-f. Concentração de clorofila *a* e feofitina *a* nas amostras de água coletadas durante a 1ª Campanha do Programa de Monitoramento Ambiental de Bijupirá, Bacia de Campos.

PONTOS DE COLETA	PROFUNDIDADE (m)	CLOROFILA <i>a</i> (mg/L)	FEOFITINA <i>a</i> (mg/L)
# 1	10	$< 0,01$	0,18
	70	0,27	0,38
# 2	10	0,26	0,20
	70	0,40	$< 0,01$
# 3	10	0,27	0,01
	70	0,53	0,03
# 4	10	0,27	$< 0,01$
	70	0,54	$< 0,01$
# 5	10	$< 0,01$	0,09
	70	0,27	0,01
# 6	10	0,27	$< 0,01$
	120	0,13	0,05

Fonte: HABTEC (2001)

Estes valores corroboram com Cupelo (2000), que encontrou na região da costa central, valores entre  $0,04$  e  $1,63\text{ mg/L}$ , característicos de regiões oligotróficas, sustentadas pela produção primária regenerada. A análise do teor de clorofila na água é um importante indicativo da biomassa fitoplanctônica. Sua maior concentração na profundidade relativa à

termoclina, corrobora a hipótese desta feição oceanográfica representar uma barreira física à sedimentação dos organismos fitoplanctônicos. Ressalta-se que esta região é considerada a mais produtiva da zona fótica dos oceanos tropicais estratificados (Mann & Lazier, 1991; Cupelo, 2000).

Os valores de clorofila encontrados no Programa de Monitoramento Ambiental Oceânico (FUNDESPA, 1994; PETROBRAS, 1997) também refletiram a oligotrofia das condições ambientais do oceano aberto, estando as maiores concentrações restritas a águas rasas (<20m), próximas à região costeira.

Em Espadarte (PETROBRAS/CENPES, 2001), os valores de clorofila obtidos na campanha de inverno corroboraram a oligotrofia da região oceânica da Bacia de Campos. Os valores observados estiveram na faixa entre não detectável (<0,02µg/L) até 1,14µg/L. Os maiores valores foram encontrados na superfície, enquanto na camada de 150m os valores foram menores ou não detectáveis, onde a pouca ou nenhuma disponibilidade de luz limita o crescimento das populações fitoplanctônicas.

Quanto aos valores de feofitina *a*, foram observados em Bijupirá valores iguais ou abaixo do limite de detecção (0,01 mg/L) na maioria dos pontos amostrados, conforme apresentado no Quadro 5.1.4-c. Os demais pontos registraram valores entre 0,18 e 0,38 mg/L, sendo as concentrações de superfície menores do que na termoclina, nos pontos 1, 3 e 6 (HABTEC, 2001). Ressalta-se que os valores de feofitina representam a degradação da clorofila por organismos heterotróficos, principalmente zooplanctônicos.

#### d. Hidrocarbonetos

Para caracterizar os hidrocarbonetos presentes na coluna d'água no campo de Espadarte, foram coletadas amostras de água com garrafas de 1,0L em superfície e extraídos os valores de HPAS totais (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos) em equivalentes de criseno, de acordo com o método EPA – 3510/3540 através de Espectrofotometria de Fluorescência de Ultra Violeta, conforme apresentado no quadro a seguir (Quadro 5.1.4-g):

Quadro 5.1.4-g. Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) em amostras de água do campo de Espadarte ( $\mu\text{g/L}$ ).

ESTAÇÕES	HPAS TOTAIS EM EQUIVALENTES DE CRISENO ( $\mu\text{g/L}$ )
1	0,90
2	0,40
3	0,13
4	0,34
5	0,07
6	0,12
7	1,56
8	0,13
9	0,08
10	0,76
11	0,12
12	0,49

Fonte: PETROBRAS/CENPES (2001).

Os valores obtidos demonstram que, com exceção de uma estação, a região apresenta valores inferiores a  $1\mu\text{g/L}$ . Desta forma, os resultados de HPAs totais encontrados em Espadarte demonstram que a coluna d'água apresenta níveis típicos de regiões não impactadas por hidrocarbonetos (PETROBRAS/CENPES, 2001).

Os resultados das análises de HPAs e de óleos graxas, realizadas nas amostras de água coletadas na 1ª Campanha de Bijupirá (HABTEC, 2001), encontram-se apresentados no Quadro 5.1.4-h.

Quadro 5.1.4-h. Resultados das análises de hidrocarbonetos e óleos e graxas nas amostras de água coletadas durante a 1ª Campanha do Programa de Monitoramento Ambiental de Bijupirá, Bacia de Campos.

PARÂMETROS <sup>1</sup>	PONTOS DE COLETA / PROFUNDIDADE (m)											
	#1		#2		#3		#4		#5		#6	
	10	70	10	70	10	70	10	70	10	70	10	120
Naftaleno	0,06	nd	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	nd	0,04	nd	0,05	nd
Acenaftaleno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Acenafteno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fluoreno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fenantreno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Antraceno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fluorantreno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Pireno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Benzantraceno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Crizeno	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Benzofluoranteno b	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Benzofluoranteno k	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Benzopireno a	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Indenopireno 123-cd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Dibenzoantraceno ah	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Benzoperileno ghi	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Óleos e Graxas	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4

<sup>1</sup> Limite de Detecção: HPA's - 0,03 µg/L e Óleos e Graxas - < 4 mg/L.

Fonte: HABTEC, 2001

Foram determinados os 16 HPAs prioritários listados pela agência americana de proteção ambiental (U.S.EPA, protocolo 8270), incluindo compostos entre 2 e 6 anéis aromáticos. Esta identificação foi possível pelo uso de cromatografia em fase gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG/EM), que é a técnica mais adequada para este tipo de determinação pela sua alta sensibilidade e por permitir identificar HPAs individuais de forma inequívoca.

Segundo os resultados obtidos, apenas o naftaleno apresentou concentrações acima do limite de detecção do método usado, que é de 0,03 µg l<sup>-1</sup>. As concentrações de naftaleno nas amostras de superfície (10m) foram de 0,05±0,01 µg l<sup>-1</sup>. Nas amostras da termoclina, o naftaleno foi encontrado apenas em duas amostras (# 2 e 3), na concentração de 0,05 µg l<sup>-1</sup>.

Não existem informações disponíveis sobre a concentração de HPAs individuais para águas brasileiras, medidos por CG/EM, o que dificulta a correta avaliação dos resultados encontrados. Os dados existentes sobre HPAs em águas de regiões *offshore* no Brasil referem-se à determinação pela técnica de fluorescência. Os dados gerados pelas duas metodologias não podem ser diretamente correlacionados. Para a Bacia de Campos, concentrações entre 0,16 e 1,88 µg/L (padrão óleo Carmópolis) foram consideradas como

características de áreas não impactadas por óleo (Tommasi, 1994). Trata-se de um valor até 2 ordens de grandeza superiores aos encontrados na 1ª Campanha de Bijupirá pela técnica de CG/EM.

A título de comparação, podem ser citados os níveis de HPAs (somatório de 15 ou 16 compostos individuais), para águas oceânicas, sem a presença de contaminação por petróleo. Geralmente eles ficam abaixo do nível de detecção dos métodos usados (entre 0,015 e 0,030 µg/L) (Laws, 1997 e NRC, 1995), embora possam chegar a 0,045 µg/L (Utvik, 1999). Esta variabilidade encontrada para o que seriam valores de referência (*background*) está associada às dificuldades analíticas de trabalho em baixas concentrações, aos métodos de coleta e de análise usados e a parâmetros ambientais, como o teor de material particulado em suspensão, que podem interferir nos resultados devido à tendência dos HPAs estarem associados à fase sólida.

Nas áreas próximas a plataformas de produção, com o lançamento de água de produção, as concentrações de naftaleno, fenantreno e dibenzotiofeno variam entre 0,3 e 0,8 µg/L em função da distância do ponto de lançamento (Patin, 1999), sendo muitas vezes utilizados para monitorar o descarte do efluente.

Nas amostras coletadas em Bijupirá, o único HPA detectado foi o naftaleno. Este fato deve ser avaliado com cautela, uma vez que contaminação por hidrocarboneto de petróleo geralmente ocorre pela introdução de mais de um composto aromático. O naftaleno é um composto de baixo peso molecular, composto por 2 anéis aromáticos. Normalmente, está presente em grande quantidade na água de produção, embora não seja o único aromático encontrado (também há presença de fenantreno e dibenzotiofeno), tendo ainda concentrações significativas de compostos alquilados. Neste trabalho não foram determinadas as concentrações de compostos alquilados, o que inviabiliza a origem petrogênica do naftaleno. Outra fonte possível de HPAs para a água é através da combustão e transporte atmosférico. Neste caso, os naftalenos não seriam componentes principais (NRC, 1985), o que elimina a origem pirolítica de hidrocarbonetos nas amostras estudadas.

Como o naftaleno foi encontrado em todas as amostras superficiais praticamente na mesma concentração, assim como em algumas amostras de fundo, é descartada a hipótese de que a fonte deste composto sejam atividades de perfuração, ressaltando que a plataforma de perfuração Ocean Yorktown ainda não estava lançando cascalho ao mar. Também não é possível correlacionar sua presença com as atividades de produção anteriormente desenvolvidas em Bijupirá pela PETROBRAS, uma vez que a dinâmica de circulação da água e processos de biodegradação e volatilização seriam responsáveis pela rápida queda na concentração destes compostos.

Devido à dificuldade em estabelecer a origem do naftaleno nas amostras estudadas, não se pode descartar a introdução de contaminação nestas amostras. O naftaleno é um composto extremamente volátil, que pode contaminar ambientes de trabalho (Netto *et al.*, 2000). Portanto, é possível que a contaminação tenha sido introduzida durante os procedimentos de coleta e/ou análise.

Por fim, ressalta-se que as concentrações de naftaleno encontradas, no caso de não serem derivadas de contaminação das amostras, não representam risco ambiental

representativo. Embora não haja na legislação brasileira níveis máximos de HPAs em águas salinas, podemos considerar as concentrações máximas permitidas (acima das quais efeitos biológicos adversos são observados), de naftaleno em água de 1,2 µg/L citadas por Kalf *et al.* (1997). Este valor é duas ordens de grandeza superiores aos encontrados neste trabalho.

Considerando o que se conhece sobre a distribuição de HPAs em águas oceânicas e em águas próximas a campos de produção de petróleo, que não há dados disponibilizados sobre a distribuição de HPAs individuais para águas brasileiras, e que o único HPA encontrado foi naftaleno, conclui-se que as amostras de água coletadas em Bijupirá não caracterizaram contaminação por hidrocarbonetos de petróleo.

Como pode ser observado no Quadro 5.1.4-h, não foi constatada a presença de óleos e graxas nas amostras de água na 1ª Campanha da Enterprise. Esta informação é bastante relevante, uma vez que indica as condições ambientais de *background* para Bijupirá, região onde já foram realizadas atividades de produção, assim como em Caratinga.

Durante o Programa de Monitoramento Ambiental da Bacia de Campos (PETROBRAS, 1997; FUNDESPA, 1994), as três campanhas realizadas (inverno-verão-inverno) demonstraram que a região levantada não apresentava características de águas marinhas significativamente impactadas por óleo. Entretanto, foram encontradas concentrações de até 26,3 µg/L (superfície) e 31,2 µg/L (fundo) de Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTPs, dispersos e/ou dissolvidos), na região próxima a Macaé durante a campanha de verão (PETROBRAS, 1994), o que sugere uma contaminação gerada pelo transporte de águas costeiras contaminadas para a plataforma continental pelas chuvas de verão. O quadro a seguir sintetiza as informações obtidas nas três campanhas:

Quadro 5.1.4-i: Síntese dos resultados de hidrocarbonetos nas amostras de água das 3 campanhas de monitoramento da Bacia de Campos.

CAMPANHA	Nº DE AMOSTRAS	EVIDÊNCIAS
Inverno 91	33 de água 56 de sedimentos	0,16 – 1,88 µg/l; típicas de águas não contaminadas 55 amostras <2 µg/g; 1 com 2,08µg/g
Verão 92	265 de água 57 de sedimento	121 amostras > 2µg/l; 23 >10µg/l 2 amostras >2 µg/g
Inverno 92	222 de água	193 amostras < 2 µg/l 26 amostras > 2 µg/l e 3 amostras > 10 µg/l

Fonte: FUNDESPA (1994).

Desta forma, os resultados de HTPs acima de 10 µg/L são relativos a ambientes efetivamente afetados por introdução antropogênica de hidrocarbonetos de petróleo, tendo sido encontrados em áreas costeiras próximas a terminais petrolíferos (FUNDESPA, 1994).

Em relação aos Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs), as concentrações encontradas nas plataformas de Pampo e Pargo (valores entre 0,06 e 2,20 µg/L), representam concentrações típicas de áreas de exploração e produção de petróleo

*offshore* (CEPEMAR, 2001), diferentemente do que foi encontrado no campo de Bijupirá durante a 1ª Campanha do Programa de Monitoramento.

#### f. Fenóis

Os fenóis são compostos derivados dos hidrocarbonetos aromáticos, pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio por hidroxilas (OH). Geralmente não ocorrem naturalmente nos corpos de água, podendo ser introduzidos no ambiente marinho de diferentes formas, estando muitas vezes associados a produtos químicos utilizados em atividades de produção, bem como em resíduos oriundos de refinarias.

Azevedo (1993 *apud* CEPEMAR, 2001), levantou a concentração de fenóis presentes em águas rasas superficiais e de fundo na região costeira de Cabiúnas, Bacia de Campos, entre as latitudes 22°00' S e 22°30' S e as longitudes 42°00' W e 41°30' W, tendo identificado uma pequena variação entre os valores obtidos. Os valores registrados na superfície (média dos valores = 0,00304 mg/L) apresentaram maior homogeneidade em relação aos obtidos nas estações de fundo (média dos valores = 0,00297 mg/L). Evidencia-se que todos os valores encontrados, com exceção de um ponto amostrado, estão acima do máximo permitido pela Resolução CONAMA 020/86 (0,001 mg/L), para águas salinas de classe 5, águas costeiras.

Entretanto, na região das plataformas de Pampo e Pargo os resultados de fenóis obtidos por ETBC-1 (1998 *apud* CEPEMAR, 2001), foram inferiores a 0,010 mg/L. As amostras, neste caso, foram obtidas em profundidades variando de 1,0 a cerca de 100 metros.

#### g. Sulfetos

Para caracterizar a concentração de sulfetos presentes na água do mar, são apresentados os resultados obtidos na área no entorno das plataformas de Pampo e Pargo (ETBC-01, 1998 *apud* CEPEMAR, 2001), do campo de Marlim.

Em Marlim, as 45 amostras coletadas apresentaram concentrações inferiores a 0,002mg/L com exceção de uma coletada à 250m da plataforma de Pampo, no sentido preferencial da corrente, cuja concentração encontrada foi de 0,004 mg/L. Através de cálculos verificou-se que todas as amostras não apresentaram contaminação por H<sub>2</sub>S, pois as concentrações mantiveram-se dentro dos padrões estipulados para classe 5 (águas costeiras).

### 5.1.5 Qualidade do sedimento

#### a. Granulometria

O diâmetro médio do sedimento das estações monitoradas durante a 1ª Campanha de Bijupirá variou entre 6,7 (Ponto 8) e 7,1  $\phi$  (Ponto 6). Estes valores correspondem a sedimentos bastante finos compostos por silte e argila (Figura 5.1.5-a). Em termos percentuais a fração silte-argila representou aproximadamente 85 % do sedimento, enquanto que a fração areia, apenas 5 %. Este tipo de sedimento corresponde ao encontrado nas planícies abissais, onde também podem ser encontrados depósitos biogênicos, dependendo da produtividade das águas superficiais, tais como vasas de foraminíferos, radiolários e diatomáceas silicosas (Gage & Tyler, 1996).

Nas amostras de Bijupirá não foi observado um gradiente de distribuição espacial do sedimento, com todos os pontos apresentando granulometria relativamente homogênea, característica corroborada pelo grau de seleção onde o desvio-padrão para todos os pontos foi de aproximadamente 2,2.

Já os teores de matéria orgânica (Figura 5.1.5-b) foram relativamente baixos, com as maiores concentrações no Ponto 3 (3%). Nos pontos 1, 5, 6 e 7 onde foram realizados os ensaios de biodegradabilidade do sedimento (item 4.2.6), o teor de matéria orgânica foi de 2%. Estes valores indicam que, antes do descarte do cascalho com fluido sintético adsorvido, o sedimento de Bijupirá apresentava um baixo teor de matéria orgânica susceptível a biodegradabilidade natural. Entretanto, estes valores de matéria orgânica são considerados compatíveis com o observado para fundos localizados em regiões produtivas onde podem alcançar valores superiores a 0,5 % (Gage & Tyler, 1996).

A porcentagem de carbonatos variou de 28,5 % (Ponto 7) a 31,8 % (Ponto 3) o que provavelmente indica a presença de depósitos biogênicos provenientes de organismos com carapaças calcárias ou exoesqueletos de carbonato de cálcio.

Desta forma, o sedimento coletado no campo de Bijupirá apresentou uma textura semelhante em todas as estações, caracterizado por um sedimento muito fino e biogênico, rico em carapaças de foraminíferos, o que corrobora o apresentado pela CEPEMAR (2001) para o campo de Marlim.

No campo de Espadarte foram coletadas amostras em 6 estações distribuídas em torno da unidade de produção (PETROBRAS/CENPES, 2001), não tendo sido observadas diferenças importantes no tipo de composição dos sedimentos. De acordo com a classificação de Shepard (1963), todas as amostras foram compostas por lamas com quantidades de areia variando entre 0,98% na estação 3 e 7,62 na estação 4. As estações 1, 2 e 3, situadas a montante da unidade, apresentaram valores percentuais de areia maiores do que as de jusante. As frações de argila apresentaram resultados entre 49,3% na estação 4 e 58,4% na estação 1. Os sedimentos a montante eram pobremente selecionados enquanto que a jusante os sedimentos encontrados foram muito

pobremente selecionados, sugerindo a existência de um gradiente ambiental que engloba diferenças nas profundidades dos dois conjuntos de estações e podem explicar a presença de maiores porcentagens de areias nas estações mais rasas.

Durante o Programa de Monitoramento Oceânico da Bacia de Campos (FUNDESPA, 1994; CEPENAR, 2001), a maior parte das amostras analisadas consistia em areia média ou grossa e até calcários coralinos, tendo sido coletadas na região da plataforma continental. Sedimentos com esta granulometria acumulam baixíssimos níveis de hidrocarbonetos, sejam esses biogênicos ou de petróleo.

Figura 5.1.5-a (excel), Granulometria do sedimento coletado durante a 1ª Campanha do Programa de Monitoramento Ambiental de Bijupirá.

Figura 5.1.5-a (excel)

## b. Hidrocarbonetos

Durante a 1ª Campanha de Bijupirá, as amostras de sedimento foram coletadas nos 8 pontos de amostragens, sendo coletadas e armazenadas apropriadamente para posterior análise em laboratório. Ressalta-se que durante as coletas foi tomado o cuidado de se amostrar a camada superficial do sedimento, uma vez que as concentrações de possíveis contaminantes geralmente são maiores na superfície do sedimento (0-5 cm) do que nas camadas mais profundas (5-8 cm), conforme sugerido pela EPA (2000) e Neff *et al.* (2000).

As análises de hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs) foram realizadas de acordo com o protocolo U.S. EPA Method 8270 por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/EM) em frações de hidrocarbonetos aromáticos, totalizando 16 compostos. O limite de detecção foi de 0,05 mg/kg. Para avaliar o teor de HTP no sedimento, foi utilizada a metodologia ISO CD 16703 através de cromatografia gasosa (CG). O limite de detecção do método é de aproximadamente 1 mg/kg. As frações de hidrocarbonetos foram então divididas em 2 grupos: fração C10 a C24 e fração C25 a C40, de acordo com o número de átomos de carbono de cada hidrocarboneto.

As concentrações de alcanos presentes no sedimento, na fração de C5-C12 foram avaliadas através de Cromatografia Gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG/EM). Os limites de detecção variaram de 1 a 5 µg/kg, de acordo com o alcano analisado. O Quadro 5.1.5-a apresenta os resultados de THPs, HPAs e MCNR para as amostras de sedimento coletadas durante a 1ª Campanha do Monitoramento Ambiental de Bijupirá, fase de perfuração.

Quadro 5.1.5-a. Resultados das análises de hidrocarbonetos nas amostras de sedimento coletadas durante a 1ª campanha do Programa de Monitoramento Ambiental de Bijupirá, Bacia de Campos.

PARÂMETROS <sup>1</sup>	PONTOS DE COLETA DE SEDIMENTO							
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
THP (C10-C24)	nd	nd	nd	nd	nd	120	44	40
THP (C25-C40)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HPA (naftaleno)	nd	0,05	0,05	nd	nd	0,07	nd	nd
HPA (acenaftaleno)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HPA (acenafteno)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HPA (fluoreno)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HPA (fenantreno)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HPA (antraceno)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HPA (fluorantreno)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HPA (pireno)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HPA (benzantraceno)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HPA (crizeno)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HPA (benzofluoranteno b)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HPA (benzofluoranteno k)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HPA (benzopireno a)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HPA (indenopireno 123-cd)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HPA (dibenzoantraceno ah)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
HPA (benzoperileno ghi)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
n-alcanos (2-metilpentano)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
n-alcanos (n-hezano)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
n-alcanos (2-metilhexano)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
n-alcanos (n-heptano)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
n-alcanos (2-metilheptano)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
n-alcanos (n-octano)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
n-alcanos (2-metiloctano)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
n-alcanos (n-nonano)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
n-alcanos (n-decano)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
n-alcanos (n-undecano)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
n-alcanos (n-dodecano)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

<sup>1</sup> Limites de detecção: THP: 1 mg/Kg; HPA: 0,03 µg/L; n-alcanos: 1-5 µg/Kg.  
 Fonte: HABTEC, 2001

De modo semelhante ao observado nas amostras de água de Bijupirá, o sedimento coletado e analisado para avaliar a presença de HPAs, registrou concentrações de Naftaleno variando entre 0,05 e 0,07 µg/L, nos pontos 2, 3 e 6. Os demais hidrocarbonetos poliaromáticos analisados não foram detectados nas amostras de sedimento.

A fração alifática dos hidrocarbonetos de petróleo nos sedimentos foi medida por três formas: (i) faixa de 'leves', com hidrocarbonetos entre 5 e 12 átomos de carbono; (ii) faixa entre 10 e 24 átomos de carbono; e (iii) faixa entre 25 e 40 átomos de carbono. Nestas duas últimas faixas, os valores foram apresentados como 'somatório dos compostos', ou seja, como total de hidrocarbonetos para cada faixa.

Nas faixas entre C5-C12 e C25-C40, todas as amostras apresentaram concentrações abaixo do limite de detecção do método. Na faixa entre C10-C24, os pontos 6 (120 mg/kg), 7 (44 mg/kg) e 8 (40 mg/kg) tiveram concentrações detectáveis. Estes valores, da ordem de ppm (parte por milhão), são superiores aos encontrados em escala regional na Bacia de Campos (<2 mg/kg até 5,49 mg/kg), embora tenham sido empregados métodos diferentes de análise; as concentrações mais altas da Bacia de Campos apontam uma leve contaminação dos sedimentos por hidrocarbonetos de petróleo (Tommasi, 1994). Nos casos dos sedimentos de Bijupirá, as concentrações encontradas são comparáveis a sedimentos costeiros contaminados por hidrocarbonetos (Wakeham, 1996).

Os sedimentos foram coletados em coluna d'água de 800m, o que facilita a maior dispersão dos efluentes lançados durante a perfuração, portanto, não se esperaria a deposição extensiva deste cascalho no sedimento. Como comparação, foram encontradas concentrações de hidrocarbonetos totais (HTP) da ordem de 50-100 mg/kg em sedimentos de plataformas no Golfo do México (Kennicut, 1995), em águas rasas (<100m) e limitados a distância de 200m da plataforma, condições bastante diferentes de Bijupirá (800m de profundidade).

A presença de hidrocarbonetos leves e a ausência de mistura complexa não-resolvida (MCNR) no cromatograma indicam o aporte recente e contínuo de hidrocarbonetos, possivelmente derivado de vazamentos de dutos de atividades de produção vizinhas ou da exudação natural de petróleo.

Em relação aos hidrocarbonetos aromáticos, assim como já observado nas amostras de água, o único HPA encontrado em sedimento foi o naftaleno: nos pontos 2 e 3, com concentração de 0,05 mg/kg e no ponto 7, com concentração de 0,07 mg/kg. Estes valores estão praticamente no nível de detecção do método (0,05 mg/kg).

Considerando os dados obtidos, pode-se afirmar que não há a presença de hidrocarbonetos aromáticos nos sedimentos da região de Bijupirá. O valor encontrado para naftaleno é irrelevante e possivelmente está associado a questões analíticas, e não ambientais.

Em Espadarte, foram coletadas amostras de sedimentos em seis estações posicionadas equidistantes do navio para determinação de n-alcanos, isoprenóides, mistura complexa não resolvida (MCNR), hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs) individuais, estando as estações 1, 2 e 3 à montante e as estações 4 e 5 à jusante do FPSO (PETROBRAS/CENPES, 2001)

Os resultados dos hidrocarbonetos alifáticos e n-alcanos encontrados em Espadarte são apresentados no quadro a seguir:

Quadro 5.1.5-b. Hidrocarbonetos Alifáticos (ng/g) e MCNR\* (µg/g) nos sedimentos de Espadarte.

COMPOSTO	ESTAÇÕES					
	1	2	3	4	5	6
nC10	nd	nd	Nd	nd	19,3	nd
nC11	nd	nd	10,8	nd	Nd	nd
nC12	nd	nd	nd	nd	Nd	nd
nC13	nd	29,8	12,5	20,9	40,6	nd
nC14	18,8	101,5	425,2	79,5	155,0	227,6
nC15	nd	32,0	171,3	22,2	45,2	91,7
nC16	nd	54,5	91,5	41,5	78,1	69,6
nC17	nd	12,8	19,9	7,8	14,1	13,8
Pristano	nd	nd	24,6	20,8	Nd	nd
nC18	nd	28,3	31,8	23,9	Nd	28,5
Fitano	nd	9,4	9,3	6,6	Nd	11,3
nC19	44,6	32,9	9,9	23,4	35,5	12,1
nC20	nd	20,9	20,9	19,5	29,9	20,8
nC21	60,8	13,1	54,1	30,3	21,9	19,4
nC22	15,6	22,2	15,1	22,1	26,9	18,2
nC23	18,5	21,5	10,7	23,4	51,2	15,8
nC24	14,5	22,0	12,9	24,4	25,1	17,8
nC25	12,6	18,2	11,7	21,8	20,0	15,9
nC26	9,9	15,0	10,1	15,2	16,7	13,4
nC27	19,8	20,4	13,5	14,7	36,3	15,6
nC28	12,4	17,2	14,8	9,8	Nd	12,9
nC29	29,1	30,9	18,5	17,8	Nd	22,1
nC30	9,8	16,3	10,3	nd	21,5	13,7
nC31	nd	20,4	14,8	nd	Nd	17,8
nC32	14,5	19,2	13,8	10,4	Nd	15,6
nC33	16,5	22,5	15,2	11,4	33,7	17,7
nC34	nd	14,7	nd	nd	Nd	nd
Soma(ng/g)	297,4	595,6	1043,2	467,5	671,0	691,3
MCNR(µg/g)	nd	nd	nd	nd	Nd	nd

\* Mistura Complexa não Resolvida

Fonte: PETROBRAS/CENPES.

Já os resultados obtidos em Espadarte para HPAs individuais e totais estão sintetizados no quadro a seguir:

Quadro 5.1.5-c. HPAs\* individuais (ng/g) para sedimentos\*\* coletados no entorno do Espadarte

HPAs	ESTAÇÕES					
	1	2	3	4	5	6
<b>Naftaleno</b>	15,0	127,7	98,5	117,0	173,4	73,2
2 Metil naftaleno	nd	12,9	10,2	11,5	15,8	8,8
1 Metil naftaleno	nd	3,4	2,8	3,3	4,8	nd
C2 naftalenos	nd	1,9	nd	2,4	3,0	nd
C3 naftalenos	nd	nd	nd	2,2	2,6	nd
C4 naftalenos	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Acenafteno</b>	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Acenaftileno</b>	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Fluoreno</b>	nd	nd	nd	nd	nd	nd
C1 fluorenos	nd	nd	nd	nd	nd	nd
C2 fluorenos	nd	1,9	1,8	1,6	1,8	1,8
C3 fluorenos	nd	nd	1,6	nd	2,6	nd
<b>Fentantreno</b>	1,6	3,9	3,1	2,9	3,3	2,9
C1 fenantrenos	3,0	7,9	6,4	6,1	6,8	5,7
C2 fenantrenos	2,4	5,7	4,8	4,7	5,0	4,1
C3 fenantrenos	nd	3,8	2,9	2,7	3,4	2,5
C4 fenantrenos	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Antraceno</b>	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Fluoranteno</b>	2,0	4,3	3,4	2,7	2,6	2,5
<b>Pireno</b>	nd	3,7	nd	nd	nd	nd
C1 pirenos	nd	nd	nd	nd	nd	nd
C2 pirenos	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Benzo(a)antraceno</b>	nd	2,5	nd	nd	nd	nd
<b>Criseno</b>	nd	nd	nd	nd	nd	nd
C1 crisenos	nd	nd	nd	nd	nd	nd
C2 crisenos	nd	nd	nd	nd	nd	Nd
<b>Benzo(b)fluoranteno</b>	2,6	5,9	3,7	3,0	2,7	2,3
<b>Benzo(k)fluoranteno</b>	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Benzo(a)pireno</b>	nd	3,8	2,6	nd	nd	nd
<b>Indeno(1,2,3-cd)pireno</b>	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Dibenzo(a,h)antraceno</b>	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Benzo(ghi)perileno</b>	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Total 16 HPAs</b>	21,3	151,9	111,4	125,6	182,0	80,9
<b>Total HPAs alquilados</b>	5,4	37,5	30,5	34,5	45,8	22,9
<b>Total HPAs</b>	26,7	189,3	141,9	160,1	227,8	103,9

\* Técnica CG-EM

Os resultados de HPAs totais em água do mar indicam que esta região se enquadra nos níveis de regiões não impactadas (PETROBRAS/CENPES, 2001). A soma dos n-alcenos no sedimento oscilou entre 0,297 a 1,043  $\mu\text{g/g}$  e os teores de HPAs estiveram entre 0,026

a 0,228  $\mu\text{g/g}$ , sendo que os níveis de concentrações de hidrocarbonetos para áreas não impactadas podem variar entre 5 a 10  $\mu\text{g/g}$  nos sedimentos costeiros sem que este represente contaminação. Isto indica que os resultados obtidos nesta campanha podem ser considerados como típicos de sedimentos não contaminados por hidrocarbonetos.

Durante o Programa de Monitoramento Ambiental da Bacia de Campos (FUNDESPA, 1994), foram avaliados os valores de hidrocarbonetos da fração saturada obtidos através da cromatografia gasosa de alta resolução. Durante a campanha realizada no inverno de 1991, os sedimentos apresentaram valores variáveis entre a faixa de não detectado ( $< 0,02 \mu\text{g/g}$  para parafinas individuais), até o máximo de 2,08  $\mu\text{g/g}$ . Com exceção da amostra de sedimento da estação 6, contendo 2,08  $\mu\text{g/g}$ , todas as outras 55 amostras apresentaram valores abaixo de 2  $\mu\text{g/g}$  de parafinas totais. Na campanha do verão de 1992, somente 2 amostras apresentaram teores totais acima de 2  $\mu\text{g/g}$ . Ressalta-se que estas amostras foram coletadas na Bacia de Campos em uma área limitada pelas latitudes 21°30' S e 23°30' S e longitudes 39°30' W e 42°00' W, que abrange uma grande porção da plataforma continental e marcada pela influência costeira.

Os quadros 5.1.4-d e 5.1.4-e sintetizam os dados de hidrocarbonetos alifáticos obtidos nas campanhas de inverno e verão, respectivamente.

Quadro 5.1.5-d: Hidrocarbonetos alifáticos totais nos sedimentos. Bacia de Campos. Inverno de 1991. Concentração em  $\mu\text{g/g}$  de sedimento seco.

ESTAÇÃO	HIDROCARBONETOS TOTAIS	ESTAÇÃO	HIDROCARBONETOS TOTAIS
01	0,03	02	n.d.*
03	0,37	04	n.d.*
05	1,18	06	2,08
07	0,96	08	n.d.*
09	n.d.*	10	0,14
11	0,26	12	0,12
13	0,86	14	0,98
15	0,02	16	0,03
17	0,22	18	0,10
19	0,06	20	0,17
21	n.d.*	22	0,38
23	0,12	24	0,66
25	0,16	26	n.d.*
27	0,04	28	0,79
29	0,29	30	n.d.*
31	0,14	32	0,30
33	0,11	34	0,08
35	0,12	36	0,54
37	0,25	38	n.d.*
39	0,21	40	0,59
41	0,51	42	0,81
43	0,29	44	0,21
45	0,56	46	1,07
47	0,66	48	1,35
49	0,21	50	n.d.*
51	n.d.*	52	0,04
53	0,17	54	0,63
55	n.d.*	56	0,03

\*n.d.= abaixo do limite de detecção

Fonte: FUNDESPA, 1994.

Quadro 5.1.5-e: Hidrocarbonetos alifáticos totais nos sedimentos. Bacia de Campos. Verão de 1992. Concentração em  $\mu\text{g/g}$  de sedimento seco.

ESTAÇÃO	HIDROCARBONETOS TOTAIS	ESTAÇÃO	HIDROCARBONETOS TOTAIS
01	0,03	02	0,25
03	0,89	04	0,37
05	0,82	06	1,26
07	5,49	08	n.d.*
09	0,22	10	n.d.*
11	n.d.*	12	n.d.*
13	n.d.*	14	0,76
15	0,46	16	1,29
17	0,54	18	0,78
19	n.d.*	20	n.d.*
21	n.d.*	22	0,45
23	0,81	24	0,23
25	0,37	26	0,23
27	n.d.*	28	0,44
29	1,03	30	n.d.*
31	n.d.*	32	0,35
33	1,40	34	0,55
35	0,35	36	0,56
37	n.d.*	38	n.d.*
39	0,24	40	0,75
41	1,98	42	1,70
43	0,65	44	0,24
45	1,53	46	3,82
47	1,99	48	2,04
49	0,22	50	0,41
51	n.d.*	52	n.d.*
53	0,44	54	1,75
55	0,23	56	0,52
57	0,80		

\*n.d.= abaixo do limite de detecção  
 Fonte: FUNDESPA, 1994.

### c. Metais Pesados

Em relação aos metais pesados encontrados nos sedimentos do campo de Bijupirá, os parâmetros cádmio, cromo III, cromo VI e mercúrio apresentaram-se em concentrações abaixo dos limites de detecção durante a 1ª Campanha de Monitoramento (Quadro 5.1.5-f).

Quadro 5.1.5-f. Concentração de metais - traço nas amostras de sedimento coletadas durante a 1ª Campanha de Monitoramento de Bijupirá, Bacia de Campos.

PONTOS DE COLETA	BÁRIO (mg/g)	CÁDMIO (mg/g)	CHUMBO (mg/g)	COBRE (mg/g)	CROMO III (mg/g)	CROMO VI (mg/g)	MERCÚRIO (µg/g)
# 1	0,12	< 0,001	0,03	0,008	< 0,002	< 0,01	< 0,05
# 2	0,20	< 0,001	0,03	0,006	< 0,002	< 0,01	< 0,05
# 3	0,14	< 0,001	0,03	0,008	< 0,002	< 0,01	< 0,05
# 4	0,10	< 0,001	0,03	0,010	< 0,002	< 0,01	< 0,05
# 5	0,20	< 0,001	0,04	0,010	< 0,002	< 0,01	< 0,05
# 6	0,12	< 0,001	0,04	0,008	< 0,002	< 0,01	< 0,05
# 7	0,16	< 0,001	0,02	0,008	< 0,002	< 0,01	< 0,05
# 8	0,12	< 0,001	0,02	0,008	< 0,002	< 0,01	< 0,05

Para o elemento bário, foram registradas concentrações entre 0,10 mg/g (ponto 4) e 0,20 mg/g (pontos 2 e 5). O elemento chumbo apresentou concentrações entre 0,02 e 0,04 mg/g em todos os pontos de coleta. O cobre foi encontrado entre as concentrações 0,006 e 0,010 mg/g, nos pontos amostrados.

As faixas de variação de metais em sedimentos estão apresentadas no Quadro 5.1.5-g. De forma geral, todos os metais nos sedimentos de Bijupirá apresentam concentrações comparáveis aos encontrados nas plataformas de produção de Pargo e Pampo e na média de sedimentos da costa fluminense.

Nas plataformas de Pargo e Pampo, situadas em coluna d'água de 100m de profundidade na Bacia de Campos, Ovalle *et al.* (2000) observaram enriquecimento de Bário em relação aos sedimentos da costa fluminense. Em Pampo, os resultados apontam enriquecimento de Cr, Ba e Cu nas estações próximas à plataforma, derivado de atividade antropogênica, enquanto em Pargo foi detectada a presença de fonte terrestre.

Considerando que não foi observado um gradiente de concentração definido em função da distância da plataforma e que as concentrações dos metais estudados estão na ordem de grandeza observada em escala regional, conclui-se que os sedimentos de Bijupirá apresentam valores de *background* para os metais estudados, não estando possivelmente, associados a atividades de exploração e produção de petróleo.

Quadro 5.1.5-g. Média e faixa de variação de metais pesados em sedimentos coletados durante a 1ª Campanha de Bijupirá, no entorno das plataformas de produção de Pampo e Pargo e para sedimentos da costa do Rio de Janeiro.\* (Ovalle *et al.*, 2000).

METAL	BIJUPIRÁ (1ª Campanha) (µg/g)	PARGO* (µg/g)	PAMPO* (µg/g)	RIO DE JANEIRO* (µg/g)
Bário	145 100-200	165 70,4-269	188 76,2-402	193 103-242
Cádmio	<1	<0,10 <0,10-0,21	<0,10 <0,10-0,27	0,52 <0,10-2,61
Chumbo	30 20-40	5,54 3,50-11,9	6,70 1,57-10,9	15,4 0,40-34,1
Cobre	8,2 6-10	3,38 1,86-7,06	6,30 3,92-9,48	7,29 0,30-11,2
Cromo III	<2	-	-	-
Cromo VI	<10	-	-	-
Cromo total	-	15,0 9,36-20,4	14,0 9,85-20,6	24,4 5,74-47,2

Em Espadarte, foram analisados os teores de Vanádio e Bário nos sedimentos de 6 pontos, tendo sido encontrados valores relativamente baixos (PETROBRAS/CENPES, 2001), conforme apresentado no quadro a seguir. A metodologia de análise baseou-se no protocolo EPA-3051.

Quadro 5.1.5-h – Resultados de Bário e Vanádio nos sedimentos de Espadarte

PONTO	VANÁDIO (µg/g)	BÁRIO (µg/g)
Espadarte 1A	51	92
Espadarte 1B	53	79
Espadarte 2A	54	123
Espadarte 2B	56	117
Espadarte 3A	58	165
Espadarte 3B	54	155
Espadarte 4A	47	68
Espadarte 4B	50	77
Espadarte 5A	50	151
Espadarte 5B	51	182
Espadarte 6A	50	158
Espadarte 6B	49	138

Fonte: PETROBRAS/CENPES, 2001

O regime hidrodinâmico local auxilia a rápida diluição de possíveis contaminantes, principalmente se comparado com regiões mais rasas como o Golfo do México, onde o descarte do cascalho de perfuração é uma das principais fontes de metais para o sedimento marinho (Grant & Briggs, 2002).