

ÍNDICE

II.5.1.4 -	Qualidade da Água e Sedimento.....	1/62
II.5.1.4.1 -	Qualidade da água	4/62
II.5.1.4.1.1 -	Transparência	4/62
II.5.1.4.1.2 -	pH.....	5/62
II.5.1.4.1.3 -	Sólidos Totais, Dissolvidos e em Suspensão	9/62
II.5.1.4.1.4 -	Oxigênio dissolvido.....	15/62
II.5.1.4.1.5 -	Carbono orgânico e razão C:N:P	19/62
II.5.1.4.1.6 -	Hidrocarbonetos	24/62
II.5.1.4.1.7 -	N-alcanos;	25/62
II.5.1.4.1.8 -	Fenóis;	26/62
II.5.1.4.1.9 -	Produtividade primária (clorofila a);.....	26/62
II.5.1.4.1.10 -	Nutrientes (Amônia, Nitrato, Nitrito, Fosfato e Silicato)	31/62
II.5.1.4.1.11 -	Sulfetos.	50/62
II.5.1.4.2 -	Qualidade do sedimento	51/62
II.5.1.4.2.1 -	Granulometria	51/62
II.5.1.4.2.2 -	Teor de Carbonatos	54/62
II.5.1.4.2.3 -	Matéria Orgânica	56/62
II.5.1.4.2.4 -	HTP, N-alcanos e MCNR.....	57/62
II.5.1.4.2.5 -	HPA	59/62
II.5.1.4.2.6 -	Metais	62/62

II.5.1.4 - Qualidade da Água e Sedimento

A região dos Blocos BM-ES-37, 38, 39, 40 e 41 representa uma área com reduzido número de informações relacionadas à qualidade da água e sedimento. Como forma a suprir esta carência, atendendo o TR 02/09, a PERENCO realizará uma campanha de levantamento de dados físico-químicos, na área destes blocos, de forma a caracterizar o sedimento e massas d'água da região. Este levantamento deverá ocorrer em uma etapa anterior ao início das atividades de perfuração.

Como forma de elaborar um diagnóstico prévio da área, são apresentados a seguir dados relacionados à qualidade da água e sedimento, obtidos através de estudos anteriormente realizados na Bacia do Espírito Santo, conforme a descrição a seguir. Ressalta-se que estas informações foram obtidas com a autorização desta CGPEG no CEDOC/IBAMA em Agosto de 2009.

Estudo de Impacto Ambiental - EIA - Atividade de Produção e Escoamento de Gás Natural nos Campos de Peroá-Cangoá - Bacia do Espírito Santo (Petrobras, 2004).

Através deste estudo, foram obtidos dados relacionados às campanhas de monitoramento ambiental realizadas pela PETROBRAS no entorno dos campos de Peroá-Cangoá, nos Blocos BC-15, BFRD, BE-49, BES-2 e BES-200, conforme apresentado no **Quadro II.5.1.4-1**. As amostras de água foram obtidas através de garrafas de Niskin, em dois estratos de profundidade a analisadas quanto aos níveis de hidrocarbonetos (TPH e TPAH), oxigênio dissolvido (OD), metais-traços traço (Ba, Cd, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, V, e Zn), total de sólidos dissolvidos (TDS) e de sólidos particulados suspensos (PMS). Os sedimentos foram obtidos através de Box Corer, e analisados quanto aos níveis de hidrocarbonetos (TPH e TPAH) e COT.

Quadro II.5.1.4-1 - Informações sobre os locais de aquisição de dado.

Data	Poço	Bloco	Latitude	Longitude	Batimetria local
15/7/2001	ESS-104	BC-15	21°03'45.78"S	39°54'31.14"W	1590m
9 a 13/7/2001	ESS-105	BFRD	19°35'46.52"S	39°15'26.17"W	60m
10 a 12/7/2001	ESS-106	BE-49	19°11'22.01"S	39°13'12.63"W	50m
9 a 14/7/2001	ESS-107	BES-2	19°51'18.43"S	39°18'43.29"W	300m
14 e 15/7/2001	ESS-108	BES-200	20°49'25.46"S	39°11'32.69"W	2260m
9/7/2001	Polvo	BES-2	19°50'21.02"S	39°02'43.45"W	1500m

Fonte: PETROBRAS, 2001

Ampliação do Sistema de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Campo de Golfinho (Módulo II), Bacia do Espírito Santo (2006).

Através deste estudo, foram obtidos dados relacionados às campanhas de Caracterização e Monitoramento Ambiental no entorno das Unidades FPSO Seillean e FPSO Capixaba, no Campo de Golfinho. A primeira campanha foi realizada entre os dias 19 e 27 de maio de 2005, sendo efetuadas as coletas de amostras de água para análise de parâmetros físico-químicos. Entre os dias 18 e 28 de julho de 2005 foi realizada a segunda campanha, na qual foram coletadas amostras de sedimento para análises química e granulométrica. As estações foram alocadas no entorno das coordenadas N 7.788.182 / E 441.537 e N 7.782.338 / E 447.541, correspondentes respectivamente à localização do FPSO Capixaba e do FPSO Seillean. Tal região é caracterizada como oceânica, distando aproximadamente 50 km da costa, apresentando profundidade média de 1.340 metros. A malha amostral foi distribuída de maneira idêntica no entorno da localização das duas unidades, e contemplou pontos à jusante e à montante dos FPSO, incluindo uma estação controle (Figura II.5.1.4-1). Neste sentido, totalizaram-se 26 estações de coleta para análise hidroquímica (13 para cada FPSO), e 24 estações para coleta de sedimento (12 para cada FPSO).

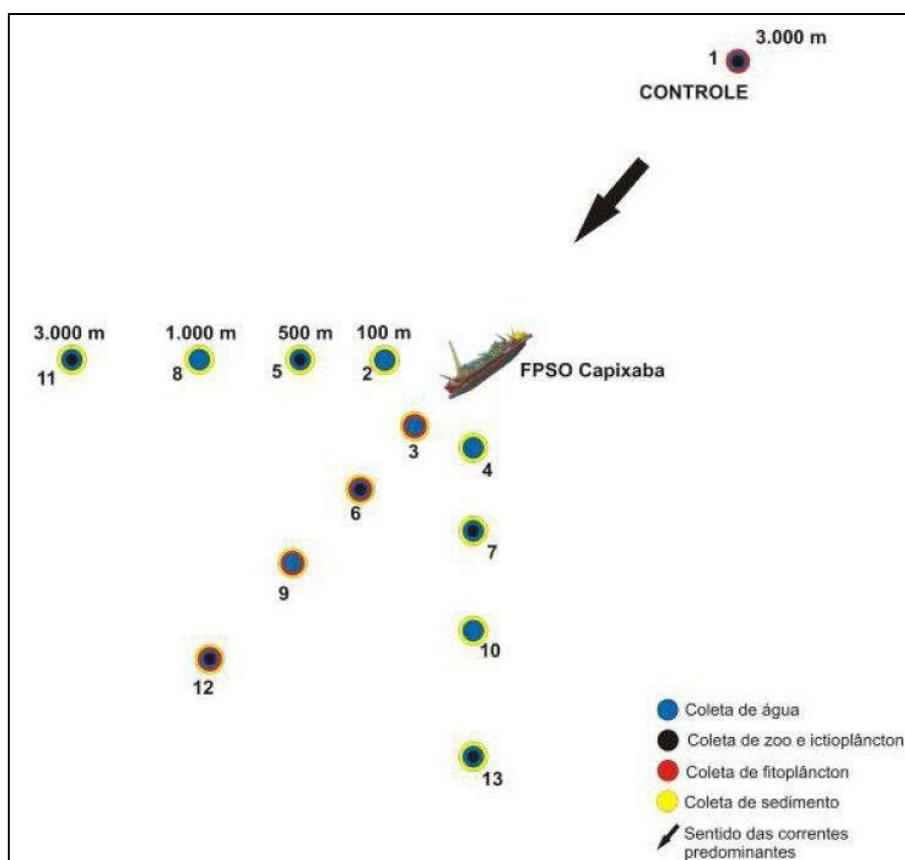


Figura II.5.1.4-1 - Desenho esquemático da malha amostral utilizada para as coletas no entorno da localização do FPSO Capixaba e do FPSO Seillean.

Dados relacionados aos nutrientes obtidos na região dos blocos, através do Projeto de Avaliação e Monitoramento dos Impactos Ambientais da Atividade de Pesquisa Sísmica Marítima Sobre a Comunidade Zooplanctônica - Etapa de Caracterização onde foram obtidos dados de relacionados aos nutrientes na região dos blocos.

Os dados desta campanha foram obtidos no período de 12 a 17 de março de 2009 em 10 pontos distribuídos nos blocos Blocos BM-ES- 37, 38, 39, 40 e 41 (Quadro II.5.1.4-2). Nesta campanha foram obtidas informações dos seguintes parâmetros para o compartimento água: transparência, temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido (OD) e nutrientes (amônia, fósforo, nitrato e nitrito).

Quadro II.5.1.4-2 - Pontos de amostragem nos Blocos BM-ES- 37, 38, 39, 40 e 41.

COORDENADAS DOS PONTOS DE COLETA DE ZOOPLANCTON		
PONTO	W	S
1	38° 52' 1,80" W	19° 34' 2,41" S
2	38° 38' 2,88" W	19° 34' 2,41" S
3	38° 52' 1,80" W	19° 42' 24,04" S
4	38° 38' 2,88" W	19° 42' 41,33" S
5	38° 52' 1,80" W	19° 53' 55,94" S
6	38° 37' 36,93" W	19° 54' 4,58" S
7	38° 37' 10,99" W	20° 4' 18,64" S
8	38° 22' 28,82" W	20° 4' 44,59" S
9	38° 37' 28,28" W	20° 12' 57,57" S
10	38° 22' 20,17" W	20° 13' 32,16" S

A Figura II.5.1.4-2 a seguir apresenta a localização das amostragens relacionadas aos dados discutidos ao longo do texto. A área circundada de vermelho representa os blocos BM-ES- 37, 38, 39, 40 e 41.

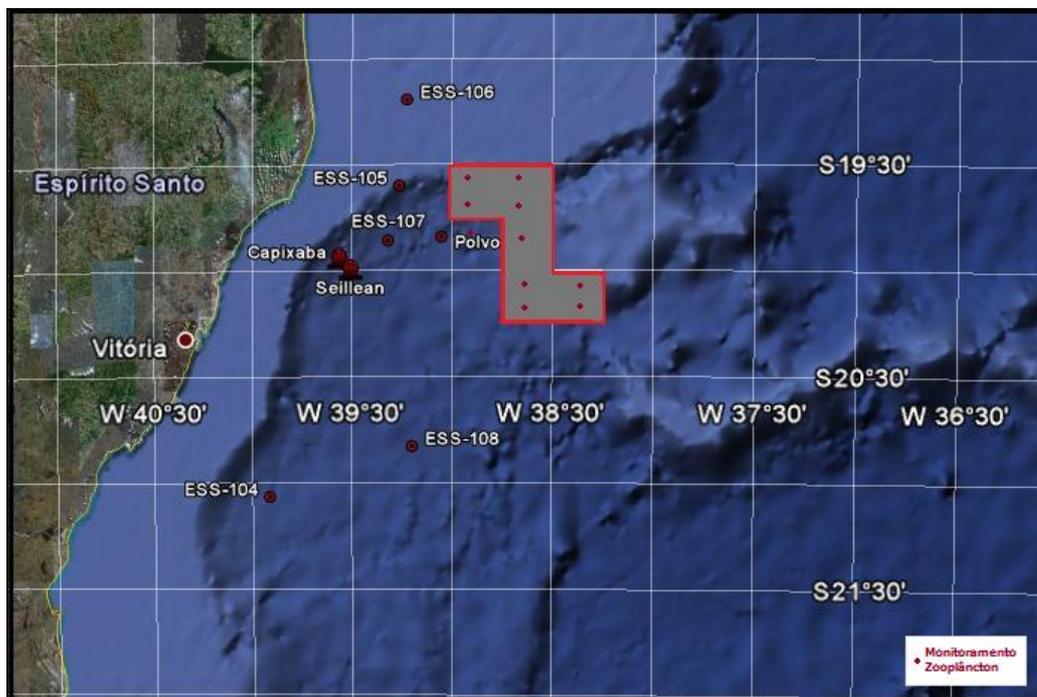


Figura II.5.1.4-2 - Localização das estações amostrais relacionadas aos dados apresentados.

II.5.1.4.1 - Qualidade da água

II.5.1.4.1.1 - Transparência

A transparência é a extinção da luz a partir da superfície da coluna d'água e está relacionada à presença de sólidos em suspensão que refletem a luz, dificultando a sua passagem pela solução (Ballesteros & Larroque, 1975). Portanto, a transparência da água oferece informações indiretas sobre algumas propriedades físicas além de servir como estimativa da amplitude da zona eufótica.

Dados relacionados à transparência na área dos Blocos BM-ES- 37, 38, 39, 40 e 41, foram coletados pela PERENCO através do *Projeto de Avaliação e Monitoramento dos Impactos Ambientais da Atividade de Pesquisa Sísmica Marítima Sobre a Comunidade Zooplânctônica*.

Os dados foram obtidos através de leituras do disco de Secchi em apenas quatro estações, já que as demais estações foram realizadas a noite. Os valores de transparência (**Quadro II.5.1.4-3**) encontrados variaram de 24 m (estação 7) a 28 m (estação 9). Todos os valores encontrados são comuns em águas oceânicas.

Quadro II.5.1.4-3 - Valores de transparência (m) registrados durante a campanha de caracterização do plâncton realizada em março de 2009.

Estações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Profundidade (m)	-	-	-	-	-	-	24	25	28	25

*Leitura não realizada, pois as coletas foram feitas durante a noite.

II.5.1.4.1.2 - pH

O potencial hidrogeniônico (pH) da água do mar tende a ser levemente alcalino pela presença de CO_2 e dos íons CO_3^{2-} , sódio, potássio e cálcio, apresentando valores de pH normalmente entre 7,5 e 8,4 (Aminot & Chaussepied, 1983; Soares-Gomes & Figueiredo, 2002). Modificações nas concentrações de CO_2 , devido às atividades de respiração, fotossíntese e trocas entre a atmosfera e o oceano, ou de CO_3^{2-} , devidas às precipitações, podem modificar os valores de pH (Aminot & Chaussepied, 1983).

O pH, em águas oceânicas, costuma apresentar um perfil de distribuição vertical marcado por diminuição de valores em função do aumento da profundidade. A redução do pH em função do aumento da profundidade é considerada um padrão de distribuição vertical típico no Oceano Atlântico Sudoeste (ANDRADE *et al.*, 1999) e já foi descrito em campanhas de monitoramento nas Bacias de Santos e Campos (GEOMAP/FUNDESPA, 1994). Os dados apresentados por Petrobras (2001) são apresentados no Quadro II.5.1.4-4.

Quadro II.5.1.4-4 - Resultados das medidas de pH da água obtidos na Bacia do Espírito Santo.

Poço	Profundidade (m)	1	2	3
ESS-104	pH			
	10m	8,18	8,24	8,14
	100m	8,10	8,13	8,07
ESS-105	pH			
	10m	8,20	8,17	8,09
	60m	8,05	8,04	8,00
ESS-106	pH			
	10m	8,20	8,10	8,13
	100m	8,08	8,06	8,09
ESS-107	pH			
	10m	8,18	8,12	8,1
	100m	8,00	8,08	8,00
ESS-108	pH			
	10m	8,20	8,17	8,24
	100m	8,10	8,07	8,03
Polvo	pH			
	10m	8,18	8,09	8,10
	100m	8,00	8,10	8,00

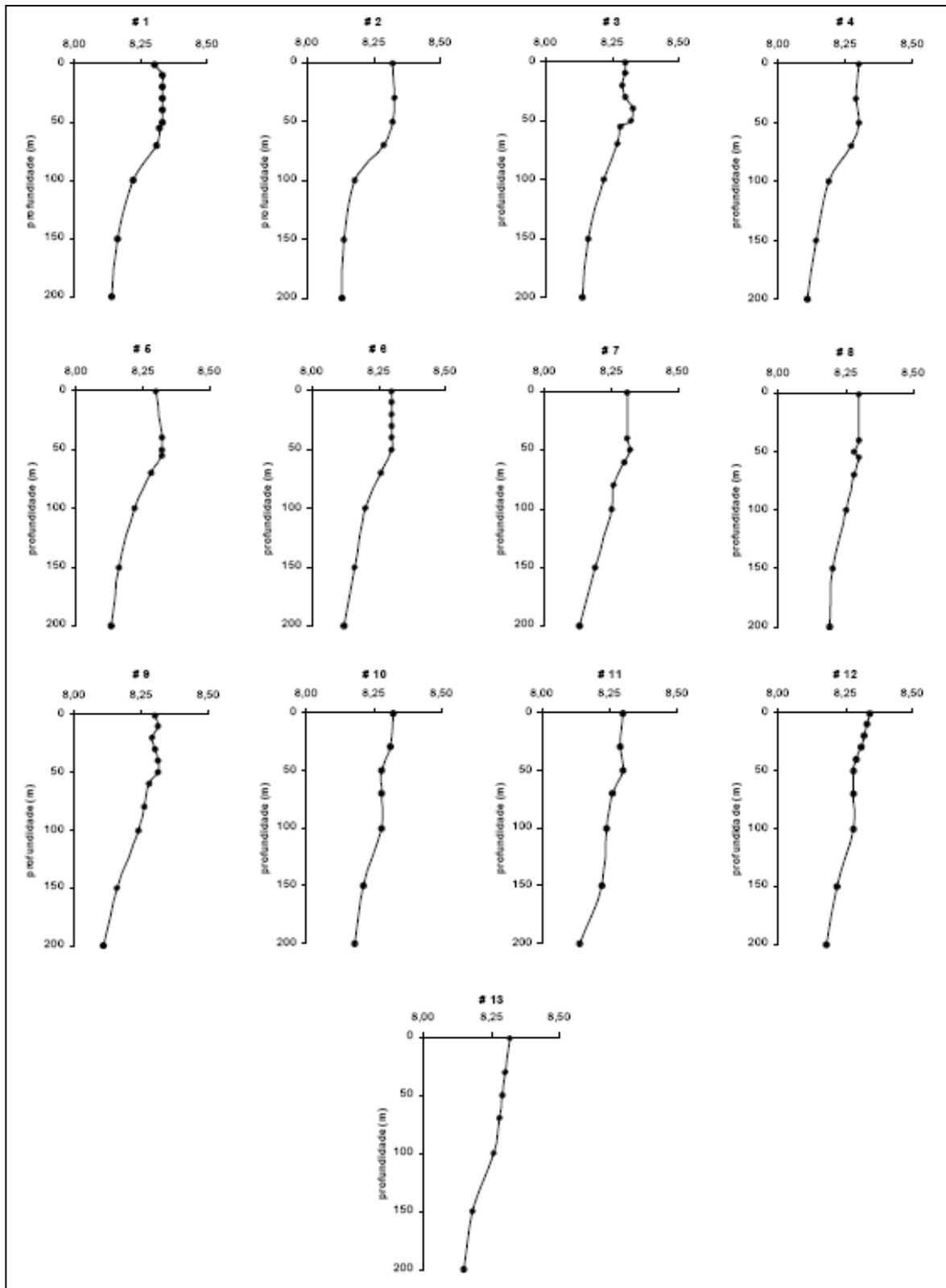
Fonte: PETROBRAS, 2001

Os resultados apresentados por PETROBRAS (2006) para este parâmetro, obtidos na campanha de monitoramento do FPSO Seillean, estiveram distribuídos entre 8,11 e 8,34 e apresentaram média

igual a 8,26. O maior dos resultados foi obtido na superfície da estação #12, enquanto o menor valor foi encontrado na profundidade de 200 m das estações #4 e #9.

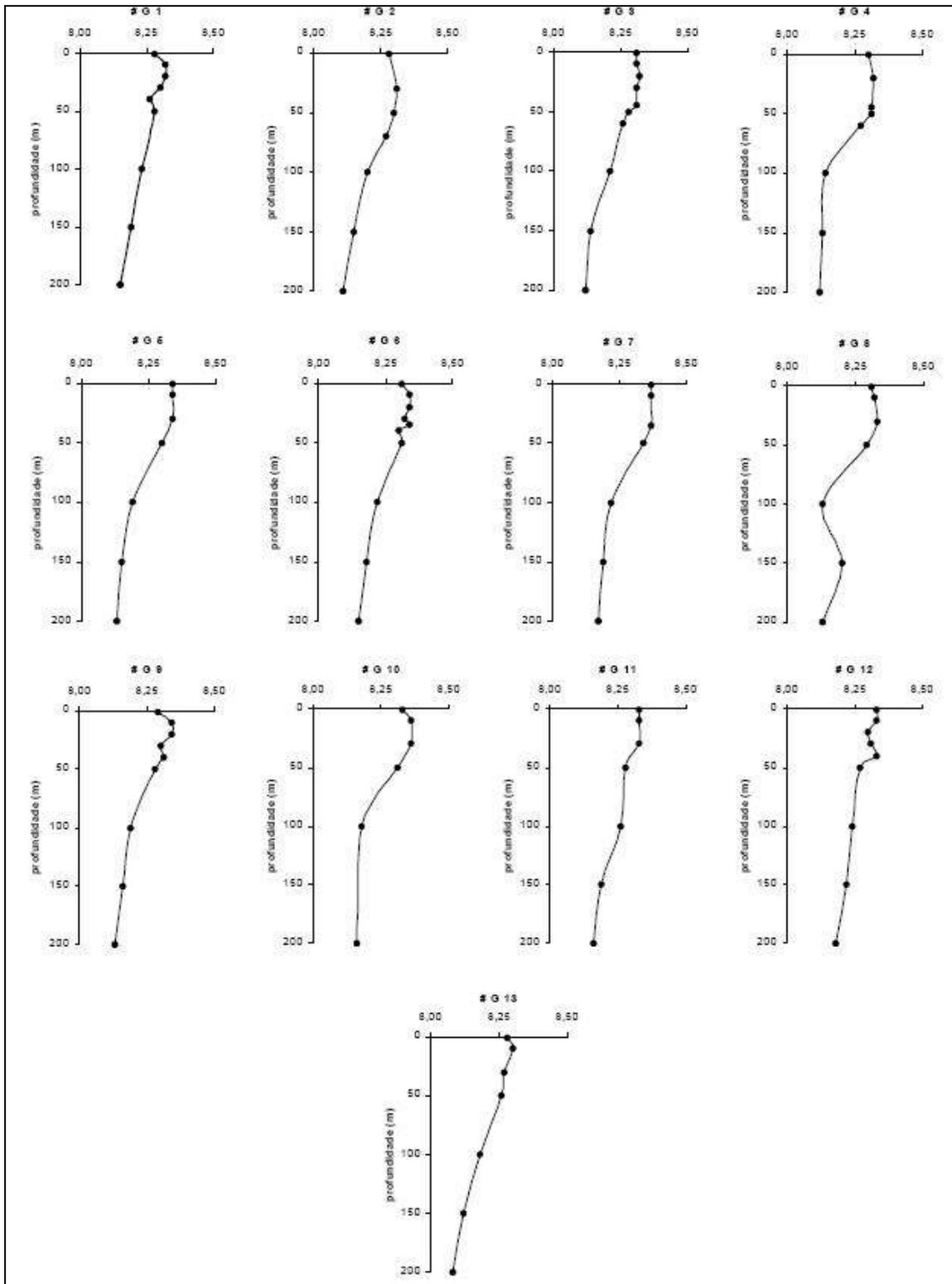
Foi observada diferença significativa na distribuição vertical, com os coeficientes do fundo sistematicamente mais reduzidos do que os observados na superfície. O mesmo padrão não foi observado para a distribuição espacial, sendo que as estações apresentaram basicamente o mesmo perfil vertical e não foi possível observar diferença significativa de valores entre as estações amostradas (Figura II.5.1.4-3).

No relatório do FPSO Capixaba foi possível confirmar este padrão. Em todas as estações foi observada nítida tendência de diminuição de valores de pH em direção ao fundo e foi possível observar diferença bastante significativa de valores entre as profundidades amostradas ($p < 0,0001$). Os resultados de pH obtidos estiveram entre 8,08 e 8,37, respectivamente, a 200 m de profundidade, na estação #13 e na superfície da estação #7. Os dados apresentaram coeficiente de variação bastante reduzido (CV 0,9%) e não foi observada diferença significativa de valores entre as estações de coleta (Figura II.5.1.4-4).



Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-3 - Perfis de pH registrados ao longo da coluna d'água na locação do FPSO Seillean.



Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-4 - Perfis de pH registrados ao longo da coluna d'água na locação do FPSO Capixaba.

Os dados obtidos na *Campanha de Caracterização do Zooplâncton*, obtidos em superfície, apresentaram valores entre 8 e 8,4 (**Quadro II.5.1.4-5**).

Quadro II.5.1.4-5 - Dados de data e horário das medições e valores obtidos de pH na campanha de caracterização do plâncton realizada em março de 2009.

Estação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Data	14/3/09	15/3/09	14/03/09	15/3/09	14/03/09	14/03/09	14/03/09	14/03/09	14/03/09	14/03/09
Hora coleta	23:47	02:22	22:00	03:55	19:52	17:25	07:40	13:42	09:26	11:50
pH	8,0	8,0	8,1	8,3	8,4	8,1	8,2	8,0	8,4	8,3

Os dados de pH obtidos foram típicos de águas oceânicas, similares aos valores médios de pH encontrados nas águas superficiais do Programa REVIZEE SCORE CENTRAL, que foi de 8,30 (Rezende *et al.*, 2007) e estiveram na mesma faixa dos dados compilados por Niencheski e colaboradores (Rezende *et al.*, 2007), que oscilaram em torno de 8,2. Os valores de pH não devem apresentar grandes ou significativas variações no meio ambiente oceânico em função do forte tamponamento da água do mar.

II.5.1.4.1.3 - Sólidos Totais, Dissolvidos e em Suspensão

Os resultados das análises de material particulado em suspensão (MPS) e sólidos dissolvidos coletados por Petrobras (2001) nas áreas dos poços ESS-104, ESS-105, ESS-106, ESS-107, ESS-108 e Polvo são apresentados no **Quadro II.5.1.4-6**. Os resultados de MPS apresentaram média de 5,9 mg/l e os dados de sólidos dissolvidos ficaram com média de 35,7 g/l.

Quadro II.5.1.4-6 - Resultados de Sólidos Dissolvidos (em g/L), MPS (em mg/L) obtidos em amostras de água obtidos na Bacia do Espírito Santo.

Poço		Profundidade (m)	Estação		
			1	2	3
ESS-104	Sólidos Dissolvidos	10m	35,80	36,00	36,20
		100m	36,20	35,70	35,50
	MPS	10m	5,35	5,55	5,13
		100m	5,23	5,28	5,98
ESS-105	Sólidos Dissolvidos	10m	35,30	35,45	35,50
		60m	36,00	35,50	34,50
	MPS	10m	6,28	5,65	4,85
		60m	6,18	6,65	6,18
ESS-106	Sólidos Dissolvidos	10m	35,30	35,40	35,70
		40m	35,10	35,90	35,00

Coordenador:

Técnico:



Poço		Profundidade (m)	Estação		
			1	2	3
	MPS	10m	7,53	5,85	6,25
		40m	5,83	6,05	4,85
ESS-107	Sólidos Dissolvidos	10m	35,70	35,90	35,10
		100m	36,80	36,00	35,20
	MPS	10m	6,28	6,50	5,85
		100m	5,58	7,28	5,28
ESS-108	Sólidos Dissolvidos	10m	36,20	35,80	36,70
		100m	36,10	36,20	36,20
	MPS	10m	4,65	6,02	5,25
		100m	5,15	7,98	5,53
Polvo	Sólidos Dissolvidos	10m	36,80	36,20	35,60
		100m	35,40	35,30	35,50
	MPS	10m	6,93	5,75	4,15
		100m	6,85	6,70	6,23

Fonte: PETROBRAS 2001

O monitoramento realizado no entorno dos FPSOs Seillean e Capixaba também avaliou as concentrações de MPS em amostras variando da superfície até 200 metros. Os dados obtidos indicaram que a concentração média de MPS ficou entre 6,3 e 7,6 mg.L-1 na locação do FPSO Seillean, com a maior concentração na faixa dos 500 m a montante da Unidade. (Figura II.5.1.4-5).

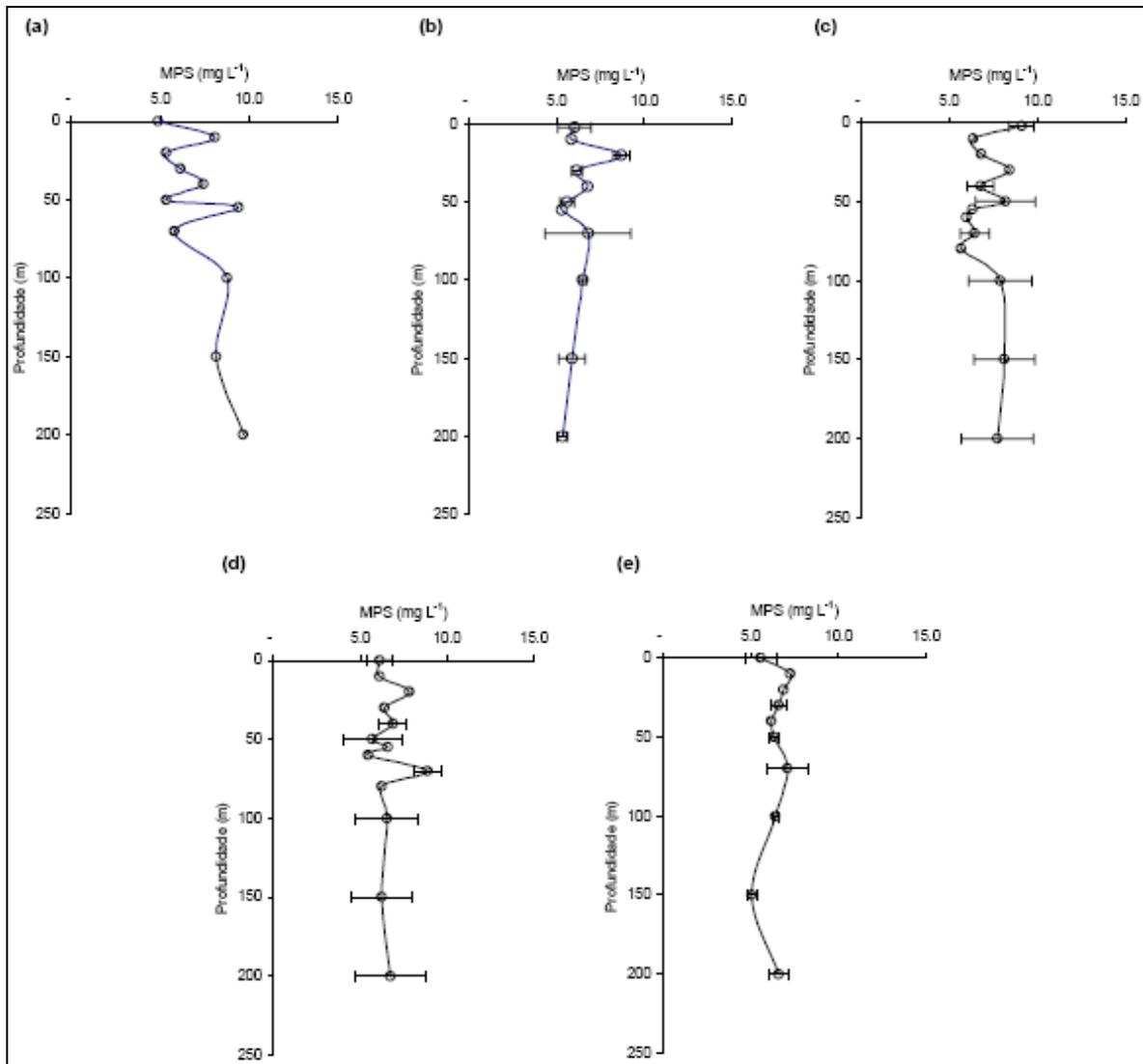


Figura II.5.1.4-5 - Distribuição vertical de MPS (mg/l) no entorno do FPSO Seillean em maio de 2005.(a)Controle a Montante (3000m); (b)100m a Jusante; (c) 500m a Jusante; (d) 1000m a Jusante; (e) 3000 metros a Jusante.

Os valores de MPS na locação do FPSO Capixaba variaram entre 4,73 e 10,8 mg.L-1, apresentando valor médio de 7, 83 mg.L-1. Os perfis verticais de MPS mostraram que as maiores variações foram observadas na termoclina ou acima dela, estando estas associadas à camada de mistura superficial que se encontra sob influência dos componentes atmosféricos regionais (ex. ventos), mistura e advecção pela presença de diferentes massas d'águas (MILLERO, 1996) (Figura II.5.1.4-6).

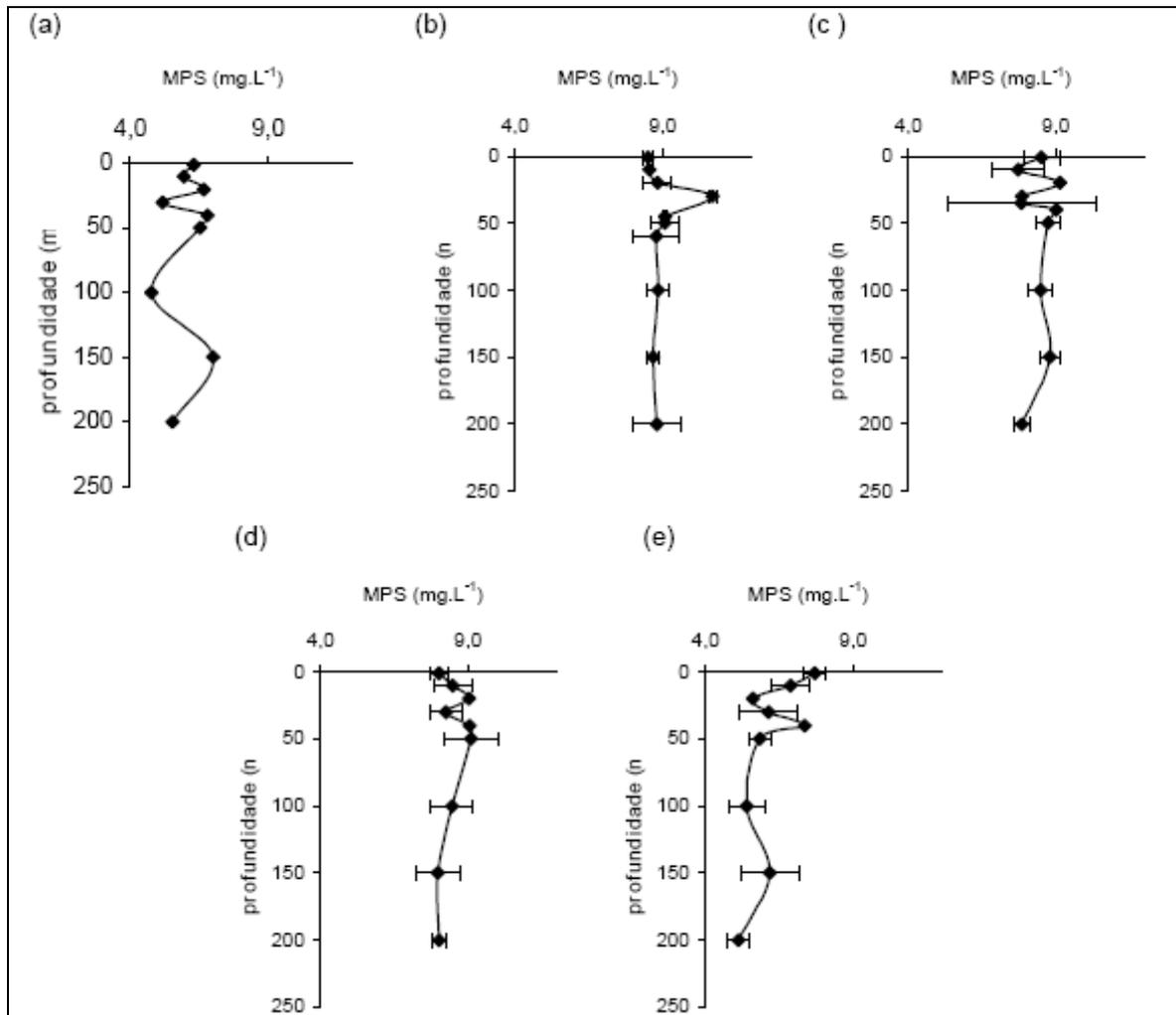


Figura II.5.1.4-6 - Distribuição vertical de MPS (mg/l) no entorno do FPSO Capixaba em maio de 2005. (a) Controle a Montante (3000m); (b) 100m a Jusante - n=3; (c) 500m a Jusante - n=3; (d) 1000m a Jusante - n=3; (e) 3000 metros a Jusante - n=3.

Os sólidos dissolvidos apresentaram valores oscilando entre 22,7 e 38,2 g.L⁻¹, nas estações de monitoramento coletados no entorno do FPSO Seillena, estando a maior parte dos dados acima de 27,6 g.L⁻¹. A distribuição vertical não apresentou perfil algum de estratificação ao longo da coluna d'água (Figura II.5.1.4-7), e em praticamente todas as estações se observou perfis de distribuição vertical bastante homogêneos, indicando a ausência de um perfil de estratificação.

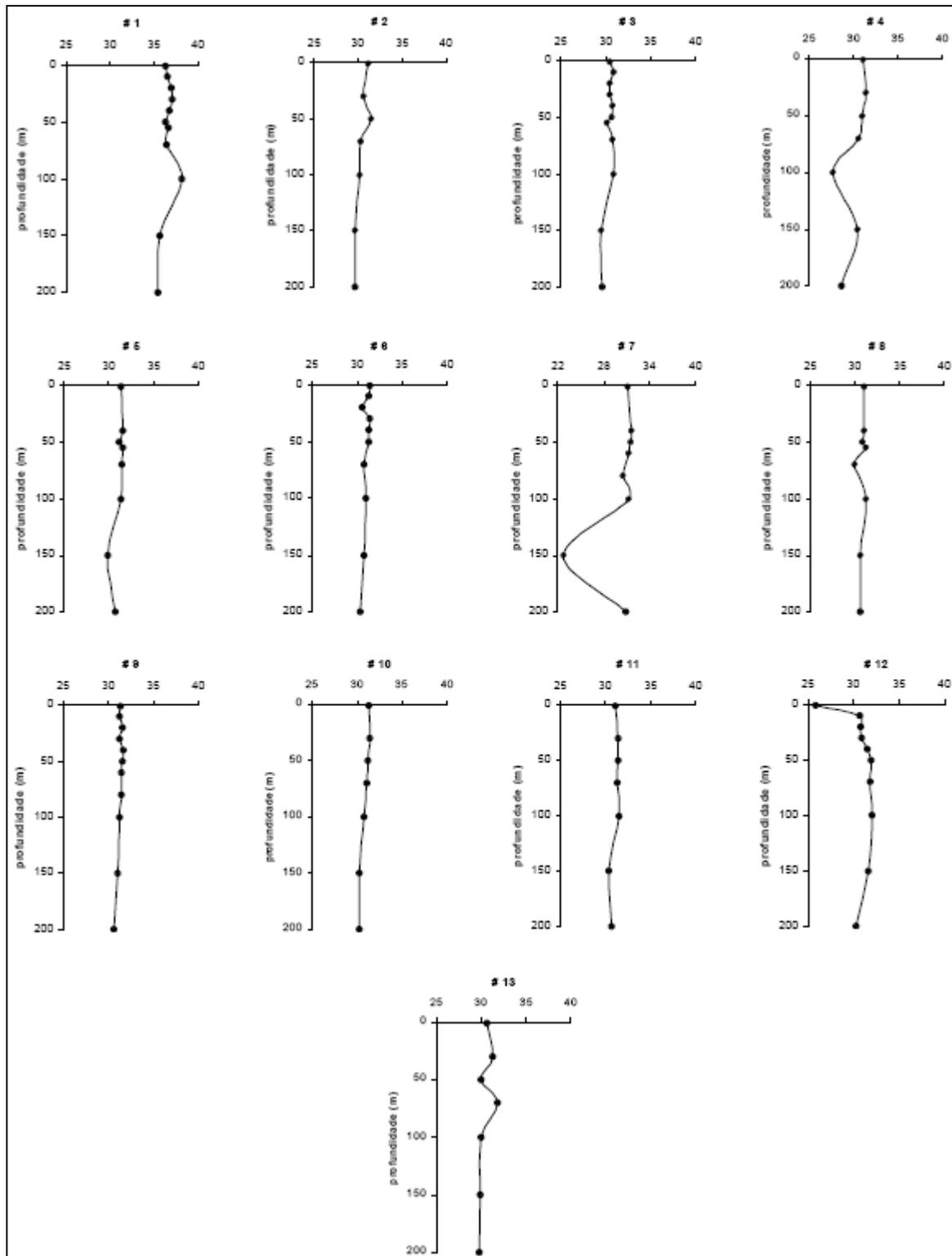


Figura II.5.1.4-7 - Distribuição vertical de Sólidos Dissolvidos (g/l) no entorno do FPSO Seillean em maio de 2005.

Nas estações ao redor do FPSO Capixaba, os dados de sólidos dissolvidos apresentaram, de modo geral, uma distribuição bastante homogênea ao longo da coluna d'água. A distribuição vertical encontrada não apresentou perfil algum de estratificação, conforme apresentado na **Figura II.5.1.4-8**. Foram obtidos valores distribuídos entre 24,9 e 37,4 g/l, entretanto, a maior parte dos valores encontrados estiveram acima de 29,0 g/l. Para este parâmetro foi observada grande variação espacial, a ausência de um perfil de estratificação foi expressado de modo bastante diversificado entre as estações.

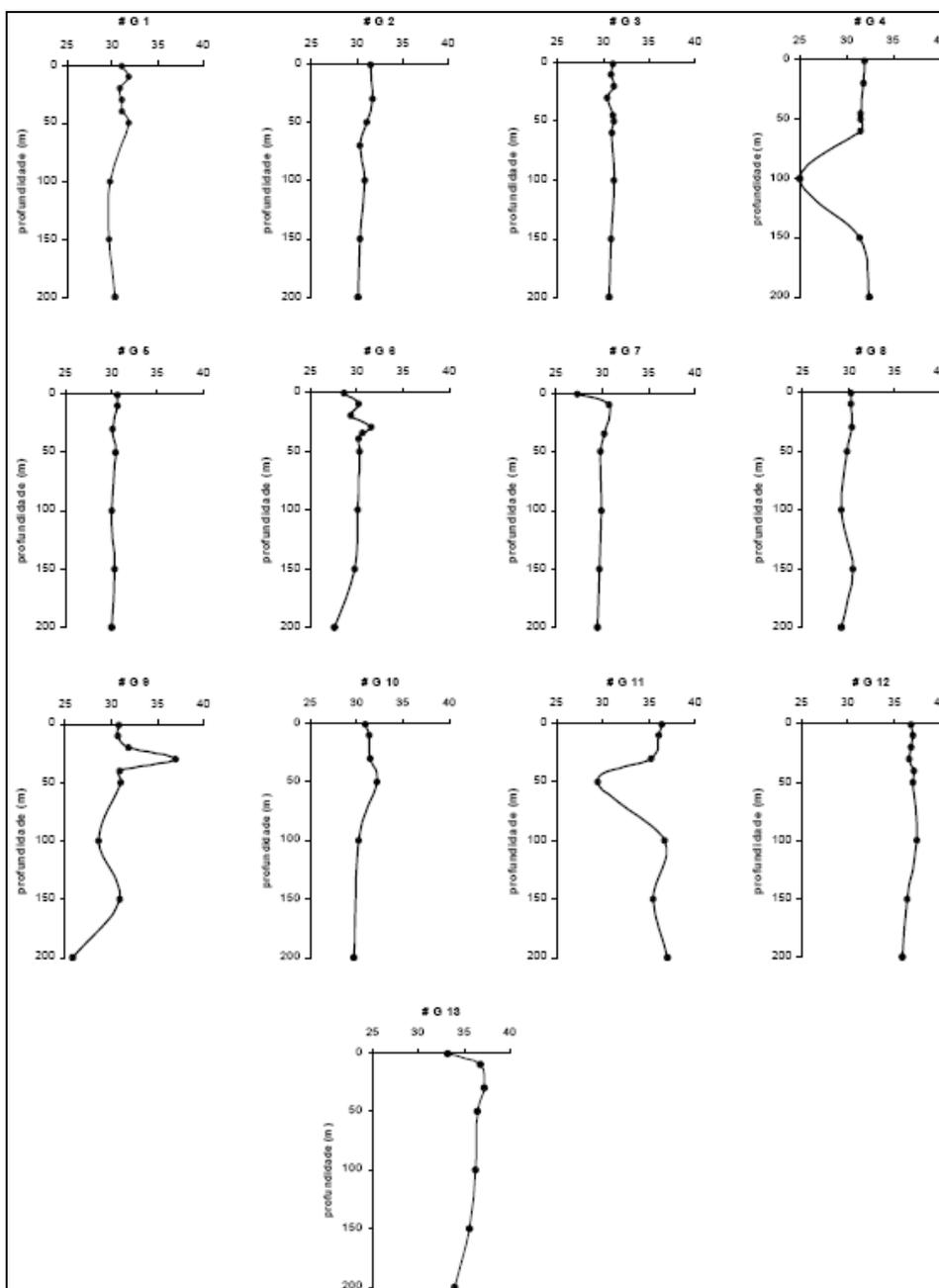


Figura II.5.1.4-8 - Distribuição vertical de Sólidos Dissolvidos (g/l) no entorno do FPSO Capixaba em maio de 2005.

Coordenador:

Técnico:

II.5.1.4.1.4 - Oxigênio dissolvido

Os resultados das análises dos níveis de OD das amostras coletadas por Petrobras (2001) nas áreas dos poços ESS-104, ESS-105, ESS-106, ESS-107, ESS-108 e Polvo apresentaram valor médio de 4,9 ml/l (Quadro II.5.1.4-7).

Quadro II.5.1.4-7 - Medidas de oxigênio dissolvido (em mL/L) obtidos na Bacia do Espírito Santo.

Poço	Profundidade (m)	1	2	3
ESS-104	10m	5,24	5,35	5,20
	100m	5,10	5,03	4,99
ESS-105	10m	5,26	4,66	4,77
	60m	4,66	4,55	4,62
ESS-106	10m	4,33	4,35	5,48
	40m	4,51	4,29	4,64
ESS-107	10m	4,60	4,37	4,50
	100m	4,47	4,55	4,45
ESS-108	10m	5,32	5,47	5,60
	100m	4,85	4,94	4,82
Polvo	10m	5,89	5,59	5,48
	100m	5,28	5,37	5,19

Nd= não detectado por apresentar-se em concentrações <0.001 na água.

(*) as amostras para a análise de carbono orgânico total (COT) foram coletadas por *box core*.

Fonte: PETROBRAS 2001

Já os dados apresentados por Petrobras (2005) com base nas informações obtidas em 172 amostras do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), coletadas em épocas diferentes e em diversas profundidades na coluna d'água, são apresentadas na **Figura II.5.1.4-9**. A mediana da concentração de O.D. nas águas da Bacia do Espírito Santo foi de 4,85 ml/l, com máximo de 5,89 ml/l e mínimo de 4,13 ml/l.

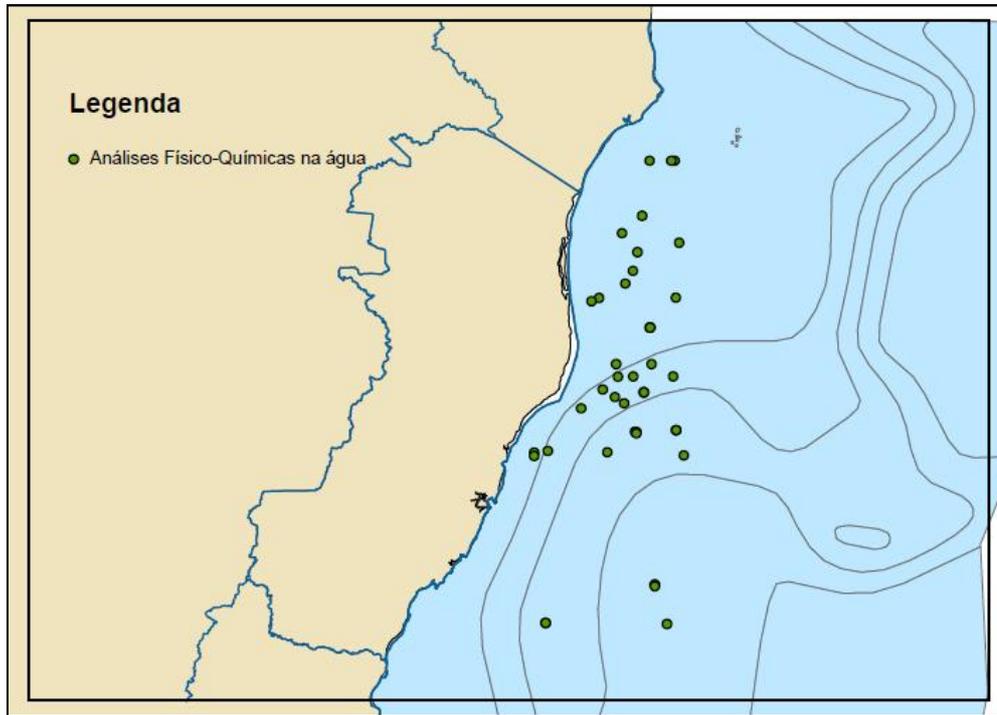
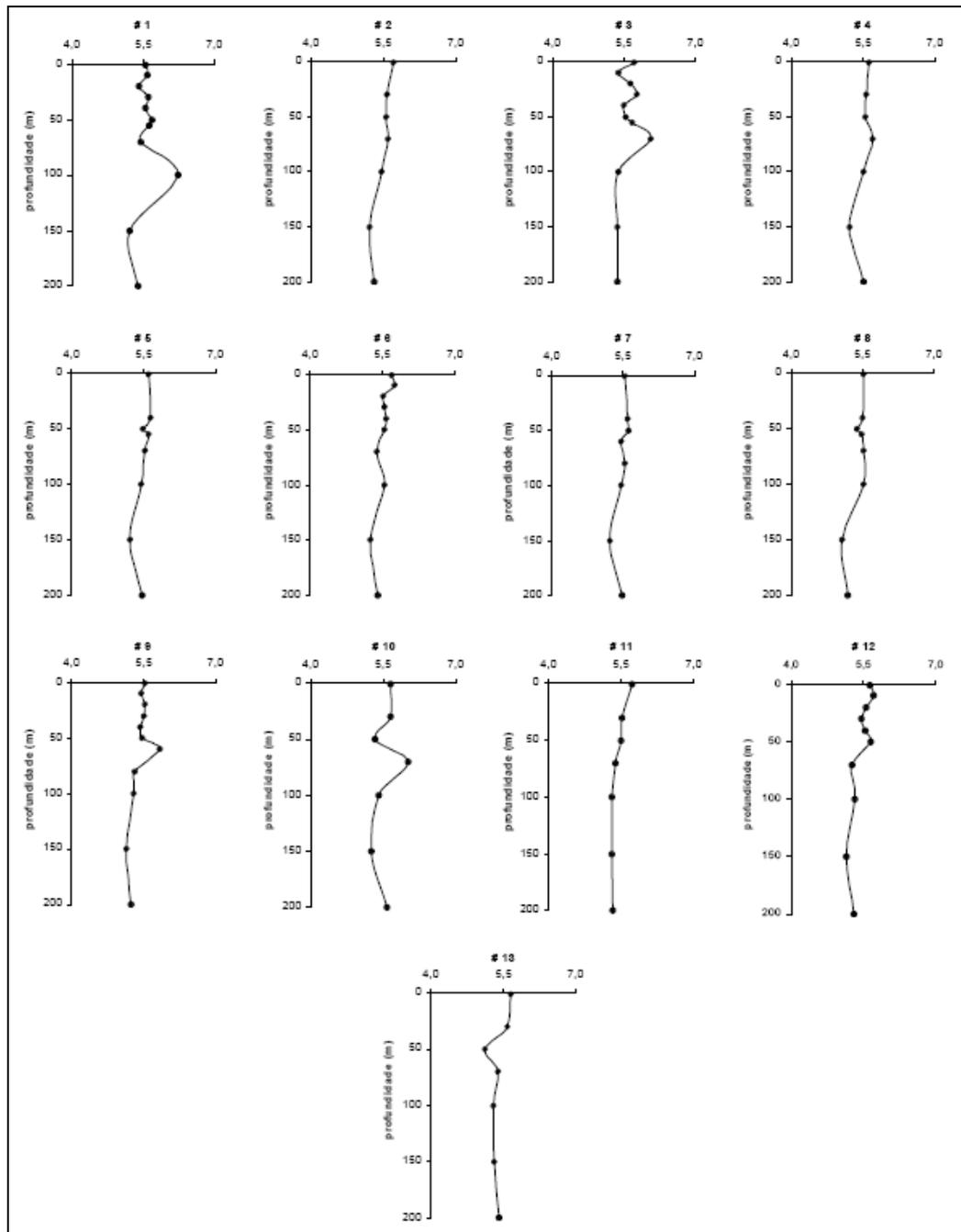


Figura II.5.1.4-9 - Representação da distribuição das estações de coleta de água encontradas no BNDO na Bacia do Espírito Santo com dados sobre parâmetros físico-químicos.

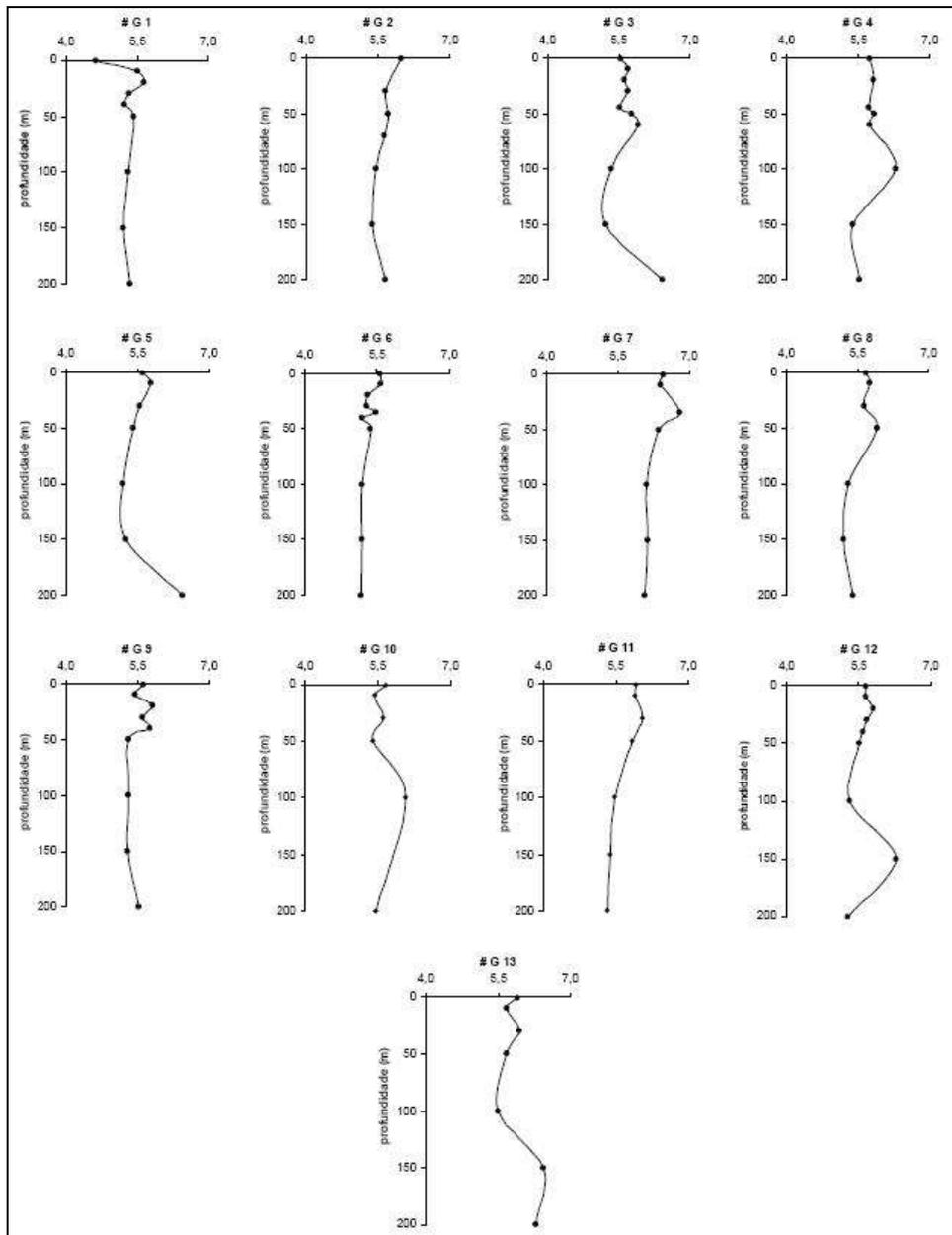
Os resultados apresentados por Petrobras (2006), para o FPSO Seillean variaram entre 5,08 e 6,24 mL/l. De modo geral, as estações apresentaram perfis verticais bastante diversificados, indicando a mistura das camadas de água. Apesar disso, não foi observada diferença significativa de valores entre as mesmas (Figura II.5.1.4-10).



Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-10 - Perfis de oxigênio dissolvido (mg/l) registrados ao longo da coluna d'água na locação do FPSO Seillean.

A distribuição vertical do FPSO Capixaba apresentou perfis diversificados (Figura II.5.1.4-11), com os resultados variando entre 4,63 e 6,80 mg/l, resultados foram considerados naturais para a região de estudo e estão de acordo com os teores já conhecidos e descritos na literatura para o Atlântico Sudoeste (NIENCHESKI *et al.*, 1999).



Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-11 - Perfis de oxigênio dissolvido (ml/l) registrados ao longo da coluna d'água na locação do FPSO Capixaba.

As amostras obtidas em dez pontos amostrais distribuídos ao longo dos Blocos BM-ES- 37, 38, 39, 40 e 41 durante a campanha de Caracterização do Zooplâncton indicaram uma homogeneidade entre as estações, variando, de 4,41 a 4,75 ml/l (Quadro II.5.1.4-8).

Quadro II.5.1.4-8 - Dados de data e horário das medições e valores obtidos de oxigênio dissolvido (OD - ml/l) na campanha de caracterização do plâncton realizada em março de 2009.

Estação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Data	14/3/09	15/3/09	14/03/09	15/3/09	14/03/09	14/03/09	14/03/09	14/03/09	14/03/09	14/03/09
Hora coleta	23:47	02:22	22:00	03:55	19:52	17:25	07:40	13:42	09:26	11:50
OD	4,75	4,69	4,41	4,58	4,58	4,69	4,56	4,62	4,64	4,47

Considerando todos os dados registrados para o Oxigênio Dissolvido (OD), os resultados foram típicos de águas oceânicas, estando dentro dos valores encontrados para a região (Rezende *et al.*, 2007).

II.5.1.4.1.5 - Carbono orgânico e razão C:N:P

Com relação aos valores de Carbono Orgânico, os resultados obtidos por Petrobras (2001), demonstraram-se inferiores à <0.001 % em diversas áreas na Bacia do Espírito Santo (Quadro II.5.1.4-9).

Quadro II.5.1.4-9 - Medidas de carbono orgânico total (em %) obtidos na Bacia do Espírito Santo.

Poço	Profundidade (m)	1	2	3
ESS-104	10m	<0.001	<0.001	<0.001
	100m	<0.001	<0.001	<0.001
ESS-105	10m	<0.001	<0.001	<0.001
	60m	<0.001	<0.001	<0.001
ESS-106	10m	<0.001	<0.001	<0.001
	40m	<0.001	<0.001	<0.001
ESS-107	10m	<0.001	<0.001	<0.001
	100m	<0.001	<0.001	<0.001
ESS-108	10m	<0.001	<0.001	<0.001
	100m	<0.001	<0.001	<0.001
Polvo	10m	<0.001	<0.001	<0.001
	100m	<0.001	<0.001	<0.001

(PETROBRÁS 2001)

Nas amostragens realizadas no entorno dos FPSOs Seillean e Capixaba, foram realizadas medições de concentração de carbono orgânico, através de duas frações: Carbono Orgânico Particulado (COP) e Carbono Orgânico Dissolvido (COD).

Na campanha do FPSO Seillean as concentrações de COP e COD apresentaram um leve enriquecimento na profundidade acima da termoclina, na faixa de 500 m a montante (COP - 4 µM

e COD = 150 μM) quando comparado a faixa de 100 m (COP ~ 3 μM e COD = 141 μM) e a estação 1 controle (COP = 3 μM e COD = 142 μM). (Figura II.5.1.4-12 e Figura II.5.1.4-13).

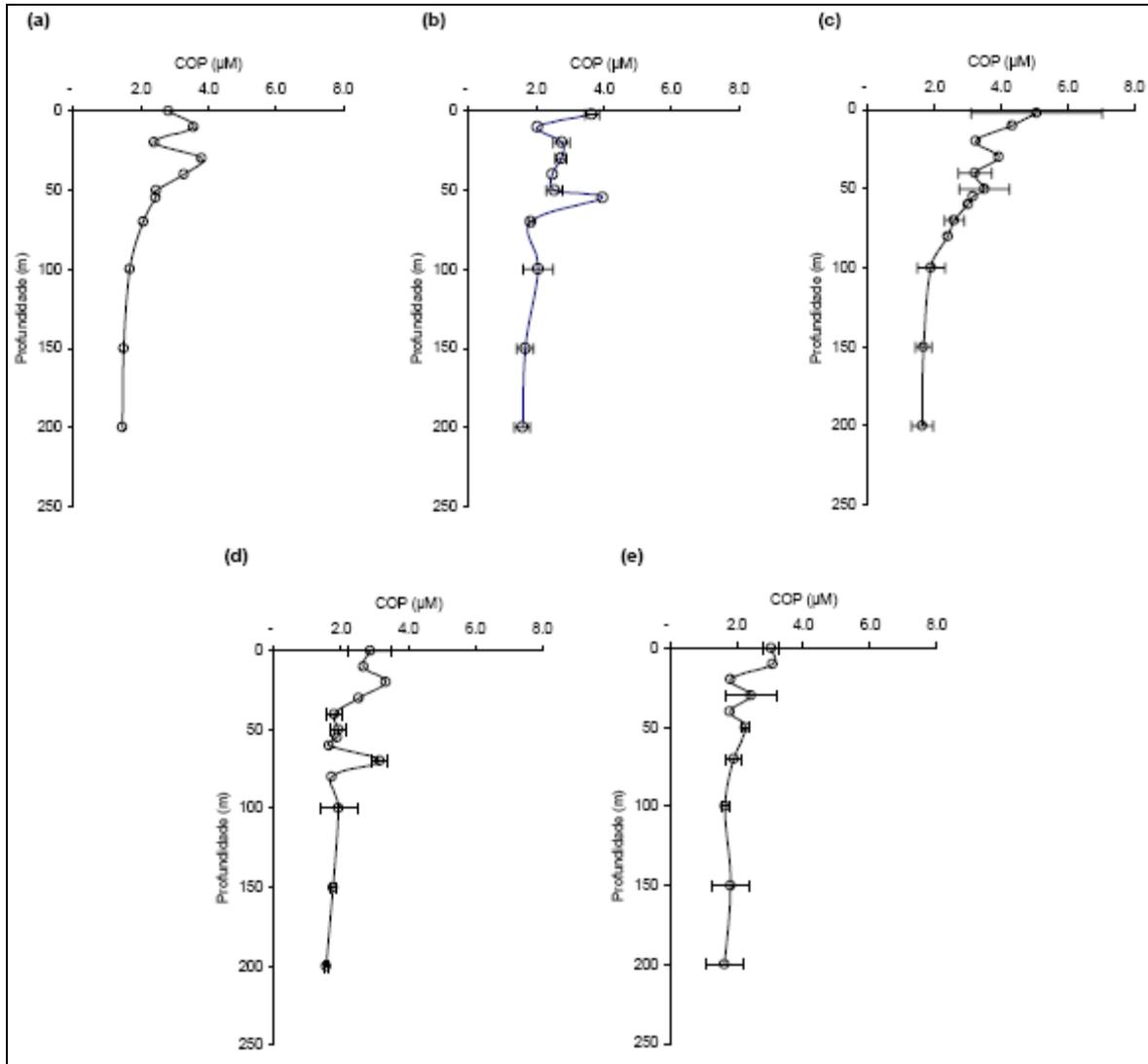


Figura II.5.1.4-12 - Distribuição vertical das concentrações de COP na locação do FPSO Seillean (a) Controle a Montante 3000 m "n=1"; (b) 100 m a jusante "n=3"; (c) 500 m a jusante "n=3"; (d) 1000 m a jusante "n=3"; (e) 3000 m a jusante "n=3", em maio de 2005.

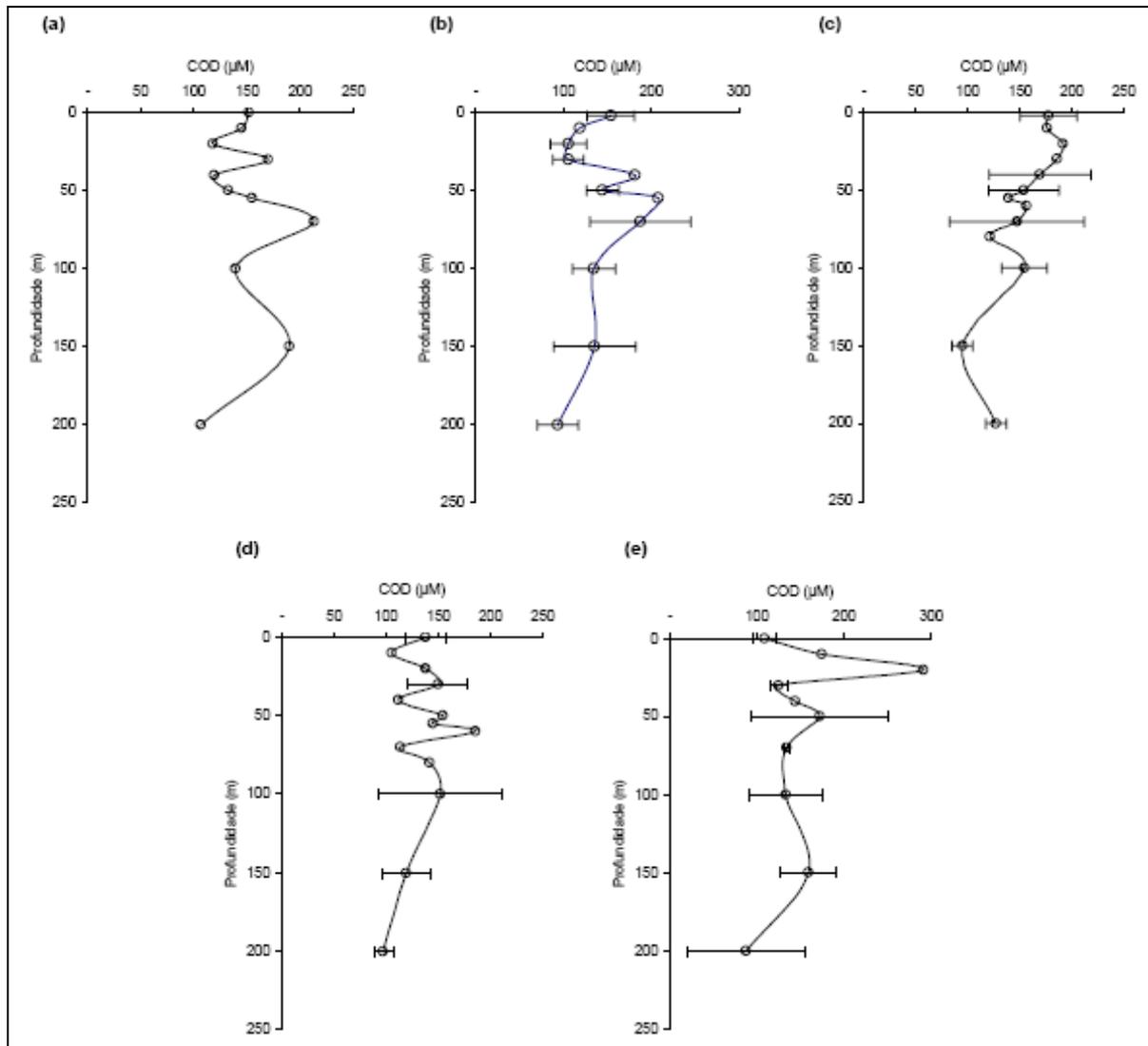


Figura II.5.1.4-13 - Distribuição vertical das concentrações de COD na locação do FPSO Seillean: (a) Controle a Montante 3000 m “n=1”; (b) 100 m a jusante “n=3”; (c) 500 m a jusante “n=3”; (d) 1000 m a jusante “n=3”; (e) 3000 m a jusante “n=3”, em maio de 2005.

No FPSO Capixaba os valores médios de COP variaram entre 3,49 e 4,86 μM acima da termoclina e entre 2,09 e 3,49 μM abaixo da termoclina (Figura II.5.1.4-14). O COD apresentou valores médios entre 147,92 e 219,58 μM acima da termoclina e entre 123,53 e 177,12 μM abaixo (Figura II.5.1.4-15). Especialmente, para COP, observou-se que as estações mais próximas da locação do FPSO Capixaba (100m jusante) apresentaram as menores concentrações, incrementando à medida que aumentava a distância de forma que a estação a 3000 m apresentou as maiores concentrações médias (jusante acima da termoclina e montante abaixo). Já para COD não se observa qualquer padrão, sendo que as estações 1000 m jusante apresentaram as menores concentrações médias tanto acima quanto abaixo da termoclina e as estações 3000 m jusante, as maiores.

Os valores de COP e COD encontrados na área do FPSO Capixaba não diferiram significativamente daqueles obtidos por outros estudos em águas do Atlântico Sul Ocidental (OVALLE *et al.*, 1996; PARANHOS & REZENDE, 2002).

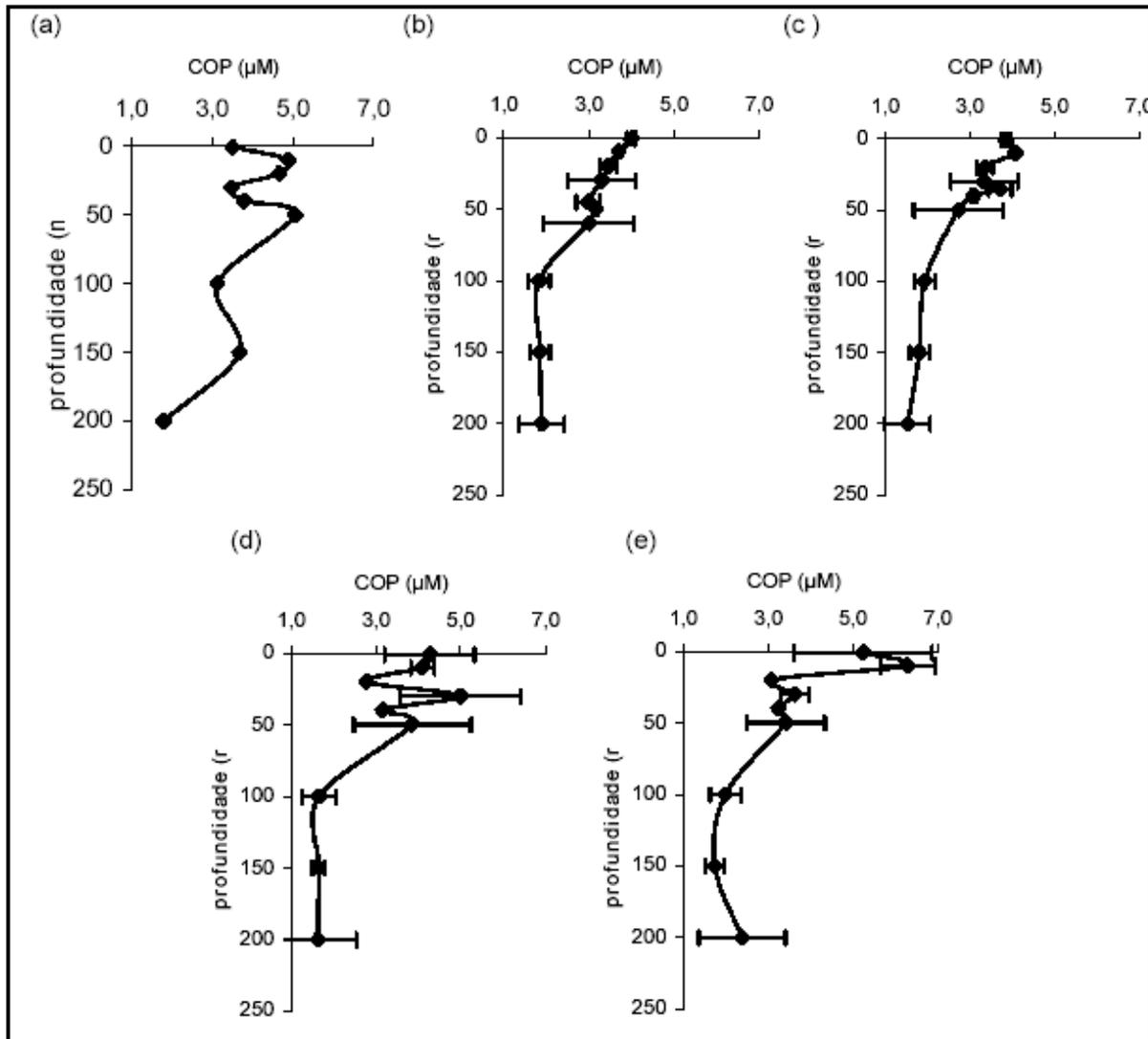


Figura II.5.1.4-14 - Distribuição vertical das concentrações de COP na locação do FPSO Capixaba (a) Controle a Montante 3000 m “n=1”; (b) 100 m a jusante “n=3”; (c) 500 m a jusante “n=3”; (d) 1000 m a jusante “n=3”; (e) 3000 m a jusante “n=3”, em maio de 2005.

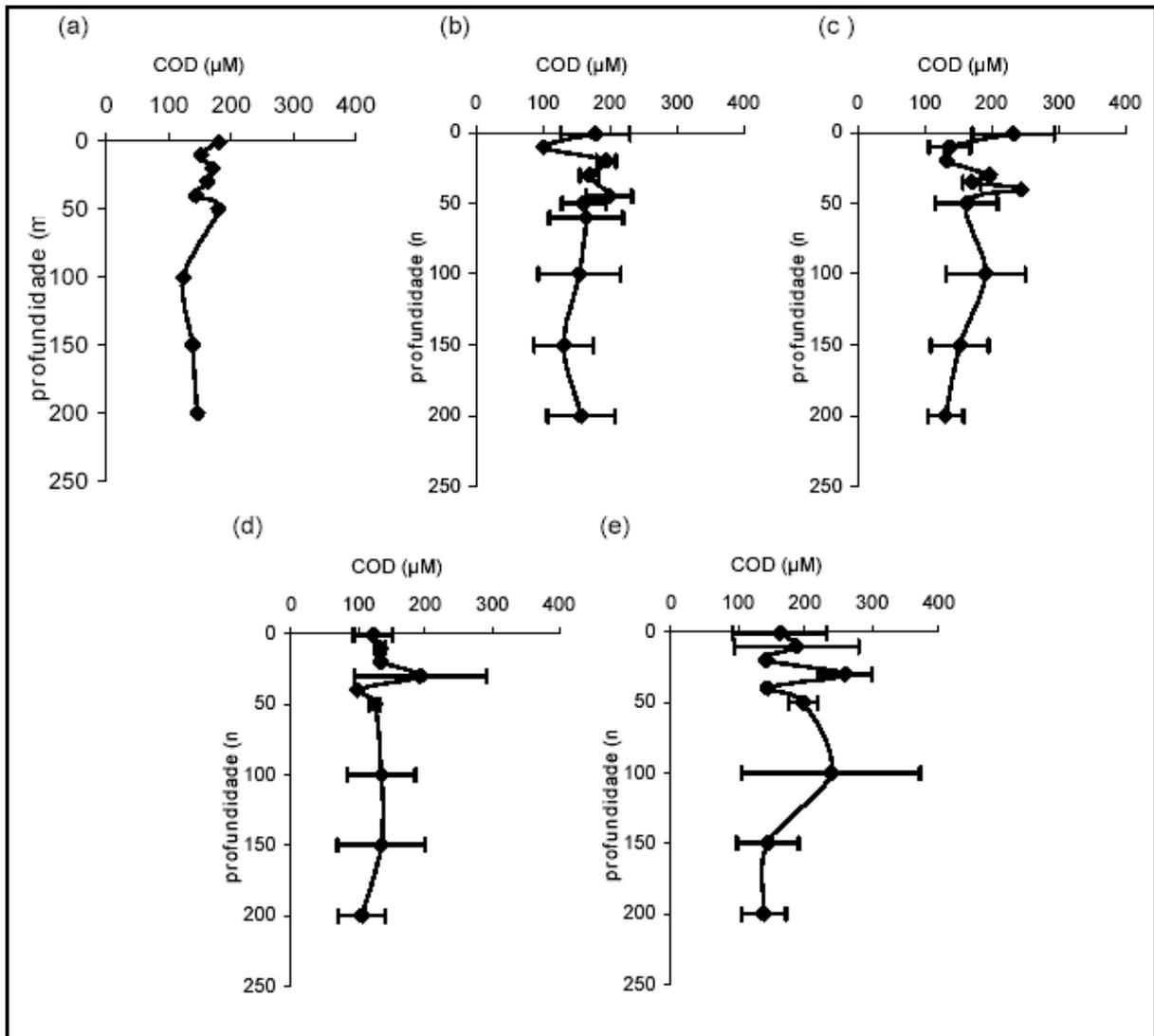


Figura II.5.1.4-15 - Distribuição vertical das concentrações de COD na locação do FPSO Capixaba: (a) Controle a Montante 3000 m “n=1”; (b) 100 m a jusante “n=3”; (c) 500 m a jusante “n=3”; (d) 1000 m a jusante “n=3”; (e) 3000 m a jusante “n=3”, em maio de 2005.

De acordo com Petrobras (2006), a razão (C:N) de MPS entre 5,0-6,0 sugere que o material particulado biogênico amostrado na camada de água acima de 200 m de profundidade tem como origem o fitoplanctôn e bacterioplanctôn (FALKOWSKI, 1994; MEYERS & ISHIWATARI, 1995), e possivelmente relacionado ao desenvolvimento picoplanctônico uma vez que as concentrações de clorofila não ultrapassam $1,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ (CHISHOLM, 1992). A bioatividade, especialmente do bacterioplâncton, torna disponível boa parte do COD, seja na forma de exudatos como através do processo de mineralização da matéria orgânica presente, explicando os baixos teores de COP e o enriquecimento em COD. A relação entre as concentrações de carbono orgânico (Corg.) e nitrogênio total (Ntotal) possui várias aplicações, entre elas avaliar a contribuição da forma orgânica e inorgânica dentro do conteúdo total de nitrogênio. Neste caso, quando a interseção

da curva atinge a abscissa considera-se que existe a participação de nitrogênio inorgânico (Ninorg), em especial na forma de NH_4^+ adsorvido principalmente nos argilominerais, e alinhando com a origem ou com interseção na ordenada, consideramos que o nitrogênio é basicamente orgânico (Norg). No caso específico desses resultados, o nitrogênio é orgânico e a inclinação da curva corrobora as discussões acima quanto a origem do material particulado, ou seja, é típico de uma mistura enriquecida em bacterioplâncton onde a razão atômica entre C/N foi igual a 5,7.

II.5.1.4.1.6 - Hidrocarbonetos

A distribuição de hidrocarbonetos totais em sistemas naturais pode ser estimada através de diferentes parâmetros, como: óleos e graxas, total de hidrocarbonetos de petróleo e pelo somatório da fração de alifáticos, entre outros. Esses parâmetros são medidos através de metodologias distintas e, portanto, geram resultados que não são diretamente comparáveis, o que causa certa confusão na interpretação sobre contaminação por hidrocarbonetos em ambientes aquáticos (Patin, 1999).

Nas campanhas realizadas por PETROBRAS (2001), foram analisados parâmetros relacionados aos HTP e HPA, sendo os resultados encontrados apresentados no **Quadro II.5.1.4-10**.

Quadro II.5.1.4-10 - Resultados das medidas de TPH e TPAH (em ppb) na água e sedimento nas estações em torno do local de perfuração, na bacia do Espírito Santo.

Poço		Profundidade (m)	Água		
			1	2	3
ESS-104	HTP	10m	12	18	15
		100m	13	7	13
	HPA	10m	0,12	0,32	0,28
		100m	0,10	0,25	0,41
ESS-105	HTP	10m	0,0	8,0	7,0
		60m	180	0,0	8,0
	HPA	10m	0,09	0,38	0,09
		60m	0,07	0,08	0,52
ESS-106	HTP	10m	180	178	153
		40m	121	161	4
	HPA	10m	0,52	0,07	0,09
		40m	0,08	0,07	0,09
ESS-107	HTP	10m	5	8	24
		100m	4	5	16
	HPA	10m	0,09	0,09	0,16
		100m	0,13	0,10	0,22

Poço		Profundidade (m)	Água		
			1	2	3
ESS-108	HTP	10m	4,0	4,0	3,0
		100m	4,0	0,0	5,0
	HPA	10m	0,07	0,08	0,20
		100m	0,08	0,12	0,25
Polvo	TPH	10m	4,0	4,0	2,0
		100m	28,0	2,0	2,0

Fonte: PETROBRAS, 2001

Já para as Campanhas realizadas ao redor dos FPSOs Seillean e Capixaba (PETROBRAS, 2005) somente foi avaliado o parâmetro HPA. Em todas as amostras de água obtidas na área amostrada não foi detectada a presença de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. Estes resultados foram reportados como índices naturais para regiões oceânicas (WEBER & BÍCEGO, 1991; GEOMAP/FUNDESPA, 1994; PETROBRAS, 2001). O método utilizado analisa os 16 HPA's prioritários, segundo preconizado pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (US-EPA), e adotado mundialmente. O limite mínimo para a detecção de HPA's da técnica empregada é de 0,01 µg.L-1, dez vezes menor que os níveis considerados naturais para sudeste do Oceano Atlântico (BÍCEGO *et al.*, 2002).

II.5.1.4.1.7 - N-alcanos;

Os n-alcanos ou hidrocarbonetos alifáticos são substâncias que podem ocorrer na região pelágica naturalmente ou por influência de resíduos petrogênicos, ocasionado pela ação antrópica. Durante as campanhas realizadas ao redor dos FPSOs Seillean e Capixaba, foram coletadas amostras para a análise dos hidrocarbonetos alifáticos (n-alcanos) que contêm de 5 a 12 carbonos (C5-C12). Os limites de detecção para os n-alcanos podem variar de acordo com o número de carbonos formadores da molécula, sendo que a concentração detectável para os n-alcanos de n-C5 ao n-C8 é de 1,0 µg.L-1, de n-C9 ao n-C10 é de 5,0 µg.L-1 e de n-C11 ao n-C12 é de 10,0 µg.L-1. Nesta campanha, todas as estações apresentaram valores abaixo do limite de detecção da técnica (entre 1,0 e 10,0 µg.L-1), não sendo detectados pelos sensíveis métodos utilizados. Analisando outros trabalhos realizados na Bacia de Campos, observa-se que o padrão mais comum é o registro de teores de n-alcanos abaixo ou próximos ao limite de detecção do método, com valores relatados de até 6,3 µg.L-1 (PETROBRAS, 2001; PETROBRAS, 2002).

II.5.1.4.1.8 - Fenóis;

A avaliação do índice de fenóis, assim, como de sulfetos, é de extrema importância em regiões de atividade petrolífera pelo fato de serem substâncias caracteristicamente presentes em águas de produção de petróleo. (PETROBRAS, 2002).

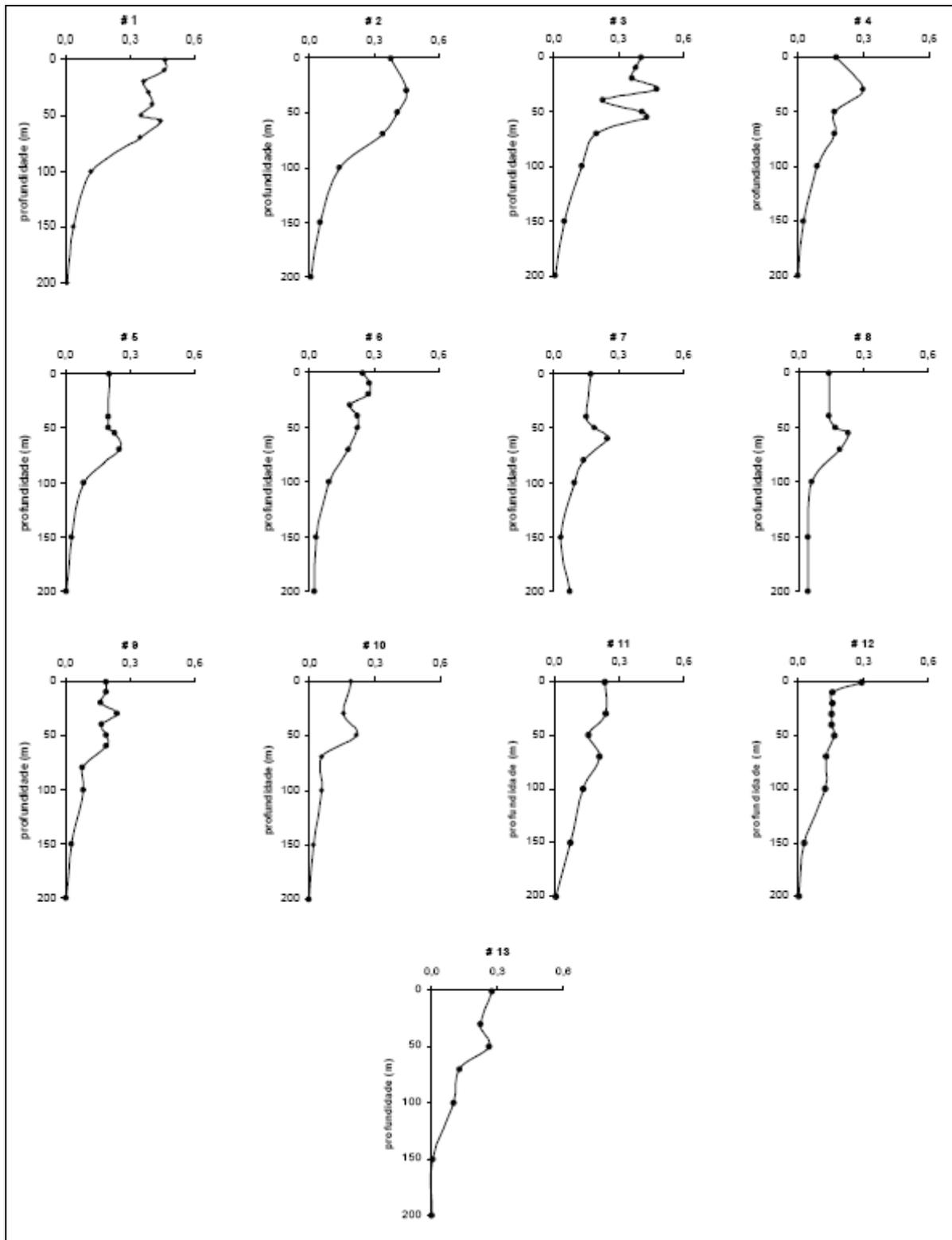
Em relação aos fenóis analisados na campanha de monitoramento do FPSO Seillean, apenas em 4 amostras entre as 112 analisadas foram detectados fenóis, ficando os resultados obtidos ficaram abaixo de 0,004 mg.L-1. Todas as amostras do FPSO Capixaba apresentaram valores abaixo do limite de detecção do método utilizado (< 0,001), muito embora tenha sido utilizado um dos mais sensíveis métodos para detecção deste composto.

Os valores obtidos representam uma condição comum para coluna d'água de regiões oceânicas em áreas não impactadas por compostos oriundos da atividade de produção e exploração petrolífera (PETROBRAS, 2001).

II.5.1.4.1.9 - Produtividade primária (clorofila a);

O perfil de distribuição de clorofila-a é usualmente representado através de valores reduzidos na superfície, aumentando em direção a um máximo sub-superficial, após o qual se observa brusco e contínuo decréscimo na concentração até o fim da camada fótica (cerca de 200 m de profundidade) (AGUSTÍ & DUARTE, 1999).

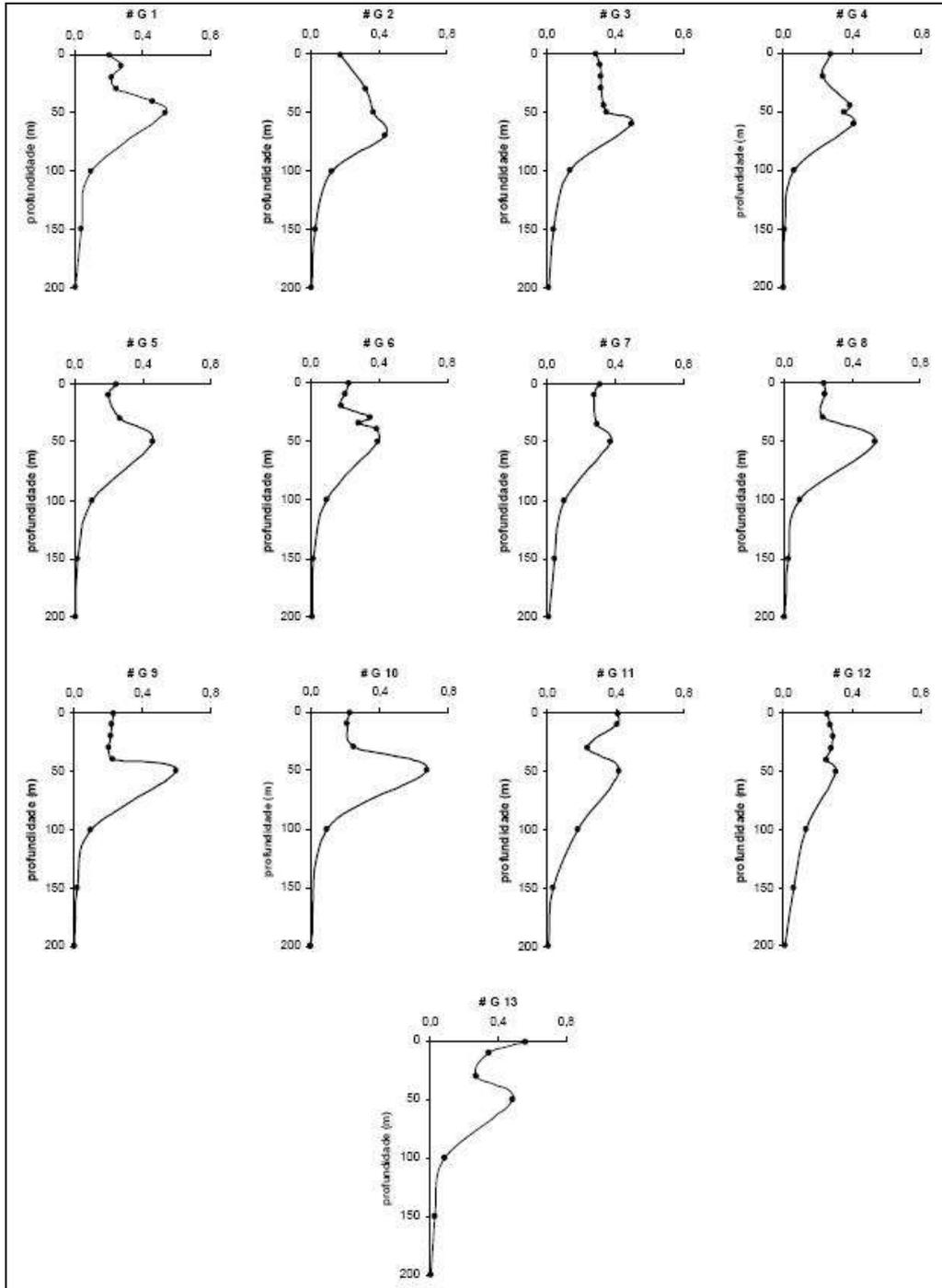
Na campanha realizada no entorno do FPSO Seillean (Petrobras, 2006), indicam os máximos subsuperficiais variaram de 50 a 70 m de profundidade (**Figura II.5.1.4-16**). As concentrações de clorofila a variaram desde abaixo do limite de detecção (<0,02 µg/L) a 0,48 µg/L, obtidos a 200 m (maior profundidade em que foi realizada coleta) e a 30 m de profundidade (correspondente ao estrato acima da termoclina). As estações apresentaram basicamente o mesmo padrão de distribuição vertical descrito e não foi observada diferença na distribuição espacial entre as estações.



Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-16 - Perfis de clorofila a ($\mu\text{g/L}$)
registrados ao longo da coluna d'água na locação do FPSO Seillean.

Na campanha do FPSO Capixaba foi mantido este padrão, sendo que em todas as estações foram observados picos de concentração entre 50 e 70 m, sempre na profundidade relativa ao estrato abaixo da termoclina (Figura II.5.1.4-17).



Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-17 - Perfis de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) registrados ao longo da coluna d'água na locação do FPSO Capixaba.

Na região de estudo ao redor do FPSO Capixaba, as concentrações de clorofila oscilaram de valores abaixo do limite de detecção da técnica ($<0,02 \mu\text{g.L}^{-1}$) a $0,68 \mu\text{g.L}^{-1}$. Os valores mais reduzidos (abaixo do limite de detecção da técnica) foram encontrados a 200 m de profundidade, em todas as estações; enquanto o maior valor foi obtido a 50 m de profundidade, na estação #10. A distribuição espacial também foi bastante homogênea como no FPSO Seillean.

Analisando-se os resultados apresentados para esta parte do oceano Atlântico sudoeste, que engloba as Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo, são reconhecidos os processos de intrusão de águas profundas (ACAS), trazendo sua contribuição de águas frias e ricas em nutrientes. A junção destas diferentes características ocorre nas eventuais interfaces de contato entre estas massas d'água, muitas vezes provocadas por vórtices ciclônicos (Mascarenhas *et al.*, 1971; Campos *et al.*, 1995; Kampel *et al.*, 2000).

Este tipo de cenário é bastante conhecido em oceanografia, tendo sido descrito por Dugdale (1967) para regiões tropicais e sub tropicais: uma região onde os nutrientes das camadas profundas são disponibilizados em regiões mais rasas, onde existe luminosidade o bastante para favorecer a fotossíntese. É, portanto, uma região onde luz e nutrientes se encontram em condições mais satisfatórias para a fotossíntese que nas camadas localizadas acima e abaixo na coluna d'água. Desta forma, nestes locais em geral são formados os denominados "máximos sub superficiais de clorofila", regiões responsáveis por significativa parte da produtividade primária de toda a coluna d'água (PETROBRAS, 1994; Andrade *et al.*, 1999; Niencheski *et al.*, 1999).

De acordo com Petrobras (2005), de uma forma geral, a Costa Leste brasileira (e também a Costa Nordeste, entre o rio Parnaíba até a baía de Todos os Santos) é caracterizada por ser uma região de baixa produtividade, induzida pela presença de águas oligotróficas da Corrente Equatorial Sul (CES), que forma a Corrente do Brasil. Nessa região, a produtividade primária nas águas da CES situa-se entre $0,02$ e $0,2 \text{ gC m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (Ekau & Knoppers, 1999). No entanto, a porção mais ao sul da Costa Leste brasileira parece ser uma unidade funcional distinta em que a produção primária é sustentada, pelo menos em períodos específicos, por fontes distintas de material: os fluxos de água doce oriundos dos rios Doce e Paraíba do Sul (este já na Bacia de Campos), a ressurgência da ACAS em águas rasas e o efeito do vórtice de Vitória, que causa ressurgência de ACAS na borda da plataforma (Ekau & Knoppers, 1999). Gaeta *et al.* (1999) realizaram uma avaliação detalhada sobre a produtividade primária nas águas costeiras e da plataforma continental externa entre as latitudes 16° e 22° S durante o outono de 1995. As taxas de produtividade observadas por estes autores indicaram variabilidade espacial significativa nessa região, conforme pode ser observado no **Quadro II.5.1.4-11**. Os menores valores foram encontrados ao norte do Banco de Abrolhos ($0,1$ a $0,5 \text{ gC m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$). Já sobre o Banco de Abrolhos e na

plataforma interna mais ao sul, os valores foram maiores, com máximo de 1,1 gC m⁻² dia⁻¹, devido ao efeito da ressurgência da ACAS em sub-superfície. Taxas intermediárias a altas também foram encontradas em águas da borda da plataforma ao sul do Banco de Abrolhos, novamente ocasionadas pela ressurgência da ACAS, mas nesse caso num processo impulsionado pela presença do vórtice de Vitória.

Quadro II.5.1.4-11 - Variação da produtividade primária e da clorofila a em três regiões da Costa Leste brasileira, segundo Gaeta *et al.* (1999). As concentrações de clorofila a (mg m⁻³) são relativas às profundidades de máxima clorofila, enquanto o 'valor integrado' (MG m⁻²) é relativo ao produto entre a concentração média e a profundidade da camada fótica.

	Prod. Prim. faixa (gC m ⁻² dia ⁻¹)	Clorofila a			
		Concentração (mg m ⁻³)		Valor integrado (mg m ⁻²)	
		Média e d.p.	Faixa	Média e d.p.	Faixa
Norte do Banco de Abrolhos	0,1 – 0,5	0,24 ± 0,04	0,19 – 0,31	9,7 ± 3,9	4,8 – 14,3
Banco de Abrolhos	0,3 – 0,8	0,23 ± 0,15	0,10-0,15	18,1 ± 9,0	9,2 – 34,6
Sul do Banco de Abrolhos	0,3 – 1,1	0,36 ± 0,18	0,25 – 0,77	18,1 ± 9,0	9,2 – 34,6

O perfil vertical da produtividade primária apresenta dois padrões distintos na região offshore. Em boa parte das estações ao norte do Banco de Abrolhos há um pico sub-superficial entre 15 e 25 m de profundidade, com as maiores taxas ocorrendo nos 30 m superiores sob condições de 50 % de irradiância luminosa em relação à superfície. Já ao sul do Banco, e na sua periferia leste, as altas taxas ocorrem nos 50 m superiores, em condições de plena luminosidade, com picos secundários entre 50 e 25 % de luz. Estes resultados corroboram os obtidos por Petrobras (2006) no entorno dos FPSOs, inicialmente apresentados. Por outro lado, sobre o Banco de Abrolhos, há um tendência única de maiores taxas nas camadas superiores, com declínio constante na direção da base da zona fótica (Gaeta *et al.*, 1999). Existe uma forte correlação entre as concentrações integradas ao longo da coluna d'água de clorofila a e produtividade primária (0,82, p<0,01) (Gaeta *et al.*, 1999). Segundo esses autores, em boa parte da plataforma continental, incluindo o Banco de Abrolhos, a camada de mistura superficial se estende entre 10 e 25 m de profundidade, com valores baixos de clorofila a: 0,10 mg m⁻³ na porção norte (16 a 17,5°S) e 0,25 mg m⁻³ no Banco de Abrolhos (18 a 20 °S) e ao sul do banco (20 a 21°S).

Os valores de clorofila a integrados ao longo da camada fótica indicam menores concentrações ao norte do Banco de Abrolhos (média de 9,7 ± 3,9 mg m⁻², faixa de 4,8 a 14,3 mg m⁻²) em comparação com as demais áreas (média de 18,1 ± 9,0 mg m⁻², variação de 9,2 a 34,6 mg m⁻²). Os valores médios mais altos de clorofila a (18,0 mg m⁻²) foram observados ao norte do vórtice

de Vitória (19,0° S, 38,5 ° W) e na região ao sul (21,0° S, 40,0° W), já em direção ao Cabo de São Tomé. Sobre a plataforma, as estações sobre o Banco de Abrolhos apresentaram valores integrados de clorofila a maiores ($12,1 \pm 8,5$ mg m⁻², variação entre 4,4 e 26,5 mg m⁻²) do que aquelas localizadas ao norte ($2,5 \pm 0,5$ mg m⁻², variação entre 2,2 e 2,8 mg m⁻²) e ao sul do banco ($8,2 \pm 2,5$ mg m⁻², variação entre 6,6 e 9,8 mg m⁻²).

II.5.1.4.1.10 - Nutrientes (Amônia, Nitrato, Nitrito, Fosfato e Silicato)

A dinâmica dos nutrientes nos ambientes marinhos é mantida, principalmente, pelo consumo destes elementos pelo fitoplâncton. Tal consumo é intenso na zona fótica, onde é grande a disponibilidade de luz, e diminui à medida que a profundidade aumenta. De modo inverso, se processa a distribuição vertical dos nutrientes, caracterizada por reduzidas concentrações nas camadas superficiais, elevando-se em direção às camadas mais profundas (ANDRADE *et al.*, 1999).

Valores relacionados aos nutrientes em áreas próximas aos Blocos BM-ES-37, 38, 39, 40 e 41 foram apresentados por Petrobras (2002), através da análise de dados obtidos pelo BNDO para a região e Petrobras (2006) através de dados obtidos no entorno dos FPSOs Seillean e Capixaba.

Especificamente na área dos Blocos BM-ES-37, 38, 39, 40 e 41, também foram obtidos dados relacionados aos nutrientes na camada superficial, durante a Caracterização da Comunidade Planctônica (Perenco, 2009). Os pontos amostrais relacionados aos dados do BNDO, são apresentados na **Figura II.5.1.4-18**.

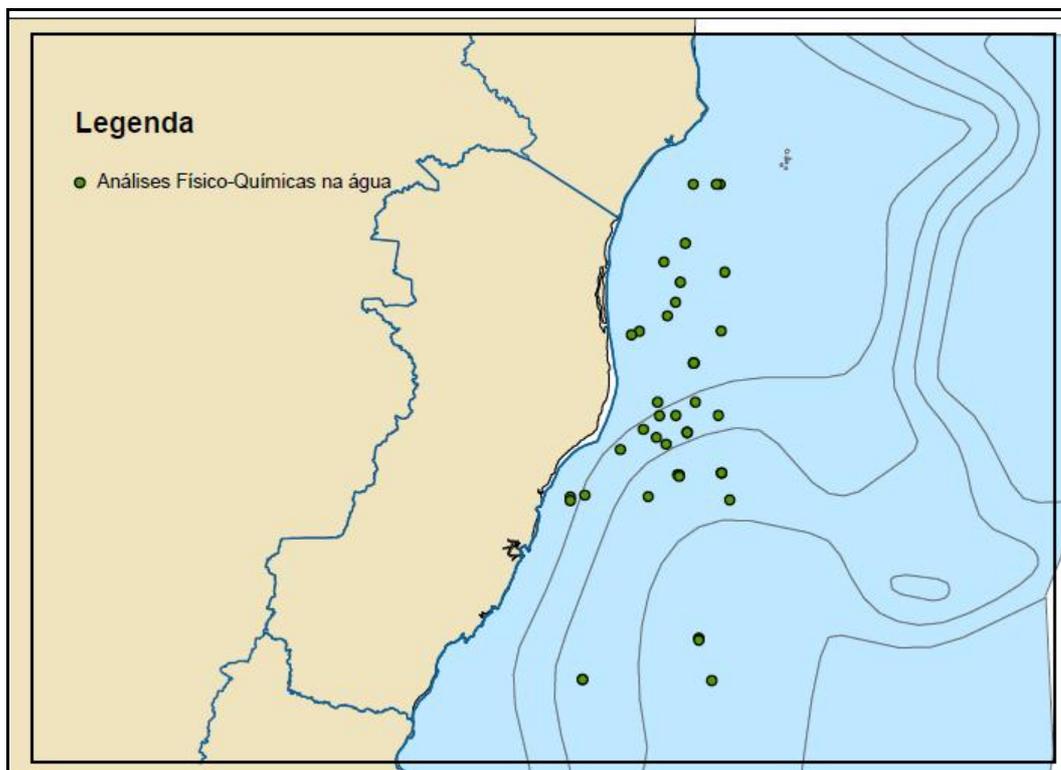


Figura II.5.1.4-18 - Representação da distribuição das estações de coleta de água encontradas no BNDO na Baía do Espírito Santo com dados sobre parâmetros físico-químicos.

Os valores medianos, de máxima e mínima concentrações para amônia (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), fosfato (PO_4^{3-}) e silicato (SiO_2) para diversas amostras coletadas na Baía do Espírito Santo são apresentados na **Quadro II.5.1.4-12**. Esses valores foram considerados como válidos, adotando-se como critério as faixas 'normais' de variação de nutrientes nos oceanos, que são: nitrito ($0-3 \mu\text{M}$); nitrato ($0-45 \mu\text{M}$); sílica reativa ($0-300 \mu\text{M}$); fosfato ($0-4 \mu\text{M}$) (Niencheski *et al.*, 1999).

Amônia

Os resultados de amônio apresentados na **Quadro II.5.1.4-12** estão abaixo do limite de detecção dos métodos usualmente empregados ($0,03$ a $0,05 \mu\text{M}$) para sua determinação. Este resultado é comum de ser encontrado em águas oceânicas, devido à rápida oxidação da amônia para nitrito e nitrato e/ou seu rápido consumo pelo fitoplâncton (Niencheski *et al.*, 1999). Outro exemplo na mesma região é o trabalho de Andrade *et al.* (1999), quando foram encontradas concentrações de amônio entre n.d. (não detectado) até $0,86 \mu\text{M}$ para 110 amostras coletadas em diversas profundidades na região compreendida entre 13 e 25°S e 28 e 41°W , sendo os valores mais altos observados em estações próximas à desembocadura de rios.

Nitrito

As concentrações de nitrito no BNDO estão entre 0,01 e 0,79 μM , com mediana de 0,05 μM (Quadro II.5.1.4-12). Em águas oceânicas, essas concentrações são normalmente inferiores a 0,1 μM , enquanto que nas águas costeiras podem variar entre 0,5 e 1 μM (Aminot e Chaussepied, 1983 apud Niencheski *et al.*, 1999). Observa-se portanto, que as concentrações de nitrito nas águas da Bacia do Espírito Santo estão dentro da faixa normal encontrada nos oceanos.

Nitrato

Para o nitrato, os dados do BNDO variam entre 0,01 e 0,46 μM , com mediana de 0,63 μM (Quadro II.5.1.4-12). Estes valores também podem ser considerados como típicos para águas oceânicas da região (Andrade *et al.*, 1999; Niencheski *et al.*, 1999), embora possam ser encontradas concentrações mais altas nas estações costeiras, influenciadas por aportes de águas continentais. Foram observados máximos de até 12,60 μM (Andrade *et al.*, 1999) próximo ao estuário do rio Mucuri.

Fosfato

Para o fosfato, os dados do BNDO variam entre 0,11 e 2,34 μM , com mediana de 0,53 μM (Quadro II.5.1.4-12). Em geral, as concentrações de fosfato em águas oceânicas são baixas (< 0,5 μM), e aumentam com a profundidade e a proximidade da costa.

Silicato

As concentrações de silicato encontradas no BNDO variam entre o máximo de 55 μM e o mínimo de 1 μM , com mediana de 4 μM (Quadro II.5.1.4-12). Em geral, a concentração de silicato nas águas marinhas superficiais são baixas, aumentando com a profundidade e em direção à costa, onde podem atingir até 150 μM em águas estuarinas (Niencheski *et al.*, 1999).

Quadro II.5.1.4-12 - Valores medianos, de máximo e mínimo para nutrientes em água na Bacia do Espírito Santo

	Amônio* (μM)	Nitrito (μM)	Nitrato (μM)	Fosfato (μM)	Silicato (μM)
Mediana	n.d.	0,05	0,63	0,53	4,0
Máximo	n.d.	0,79	4,26	2,34	55
Mínimo	n.d.	0,01	0,01	0,11	1,0
n. de observações	-	84	82	19	83

*n.d. = não detectado (< 0,05 μM)

Fonte: BNDO - Banco Nacional de Dados Oceanográficos

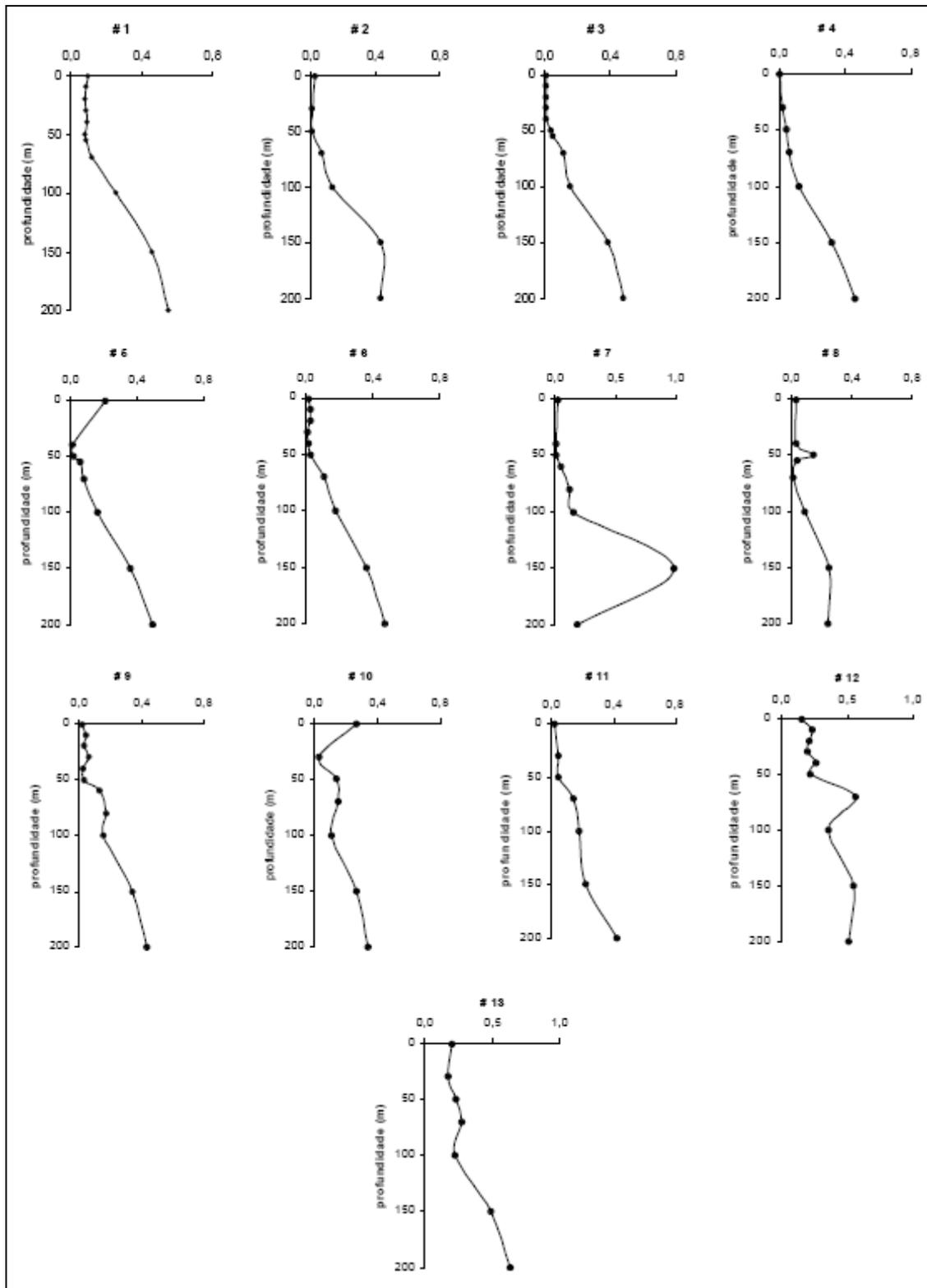
Coordenador:

Técnico:

Os resultados obtidos por Petrobras (2006) tanto no FPSO Seillean quanto no FPSO Capixaba todos os nutrientes analisados apresentaram um perfil de distribuição vertical semelhante ao descrito acima, com concentrações de fundo mais elevadas que as de superfície. Todas as concentrações obtidas para os nutrientes nesta campanha estiveram de acordo com as descritas na literatura (NIENCHESKI *et al.*, 1999).

Ortofosfato

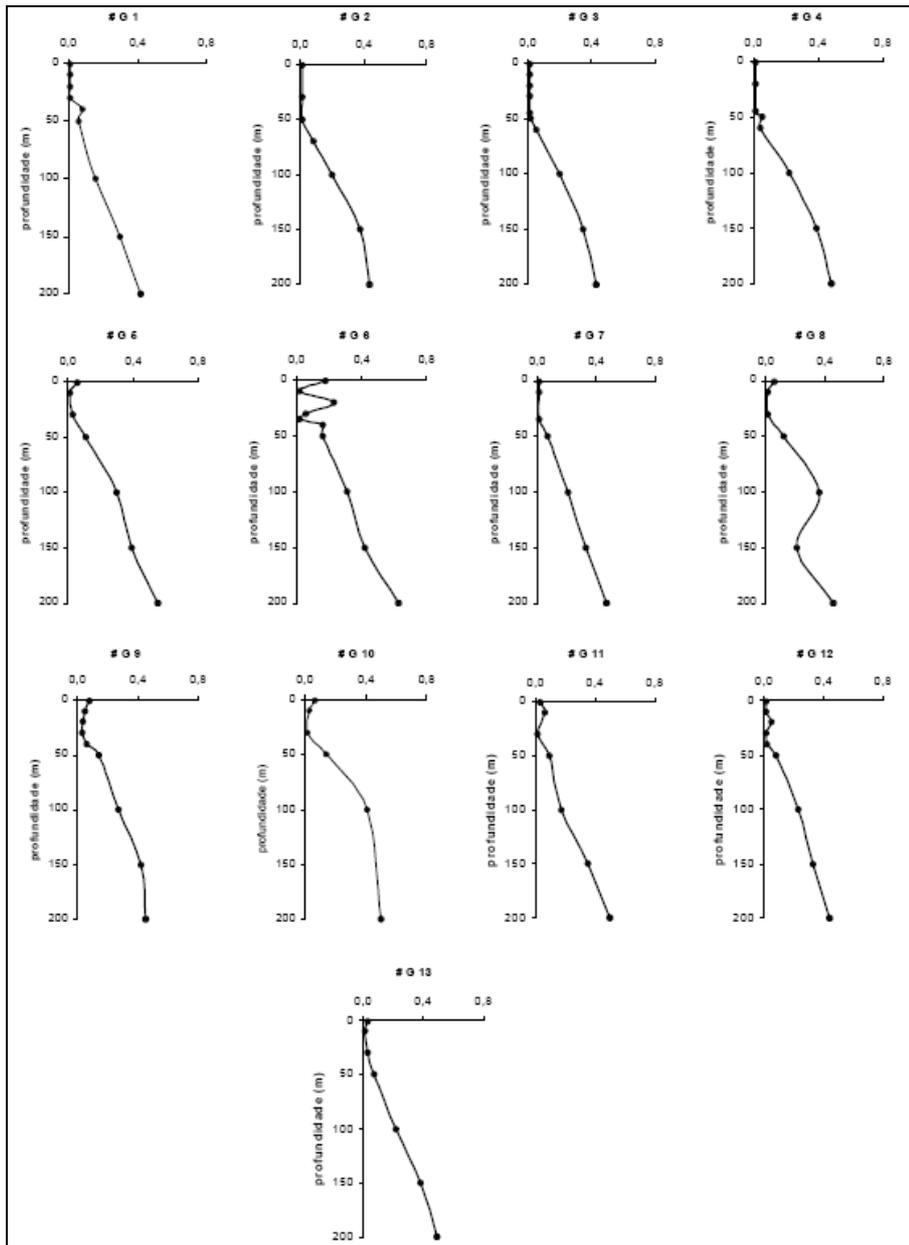
Os valores de ortofosfato para o FPSO Seillean oscilaram entre valores abaixo do limite de detecção da técnica ($<0,01 \mu\text{M}$) e $0,98 \mu\text{M}$ (Figura II.5.1.4-19).



Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-19 - Perfis de ortofosfato (µM) registrados ao longo da coluna d'água na locação do FPSO Seillean.

Para todas as estações se observou uma distribuição de valores bastante homogênea até cerca de 50 m de profundidade, a partir da qual houve um aumento brusco e contínuo na concentração de ortofosfato em direção ao fundo. Quanto à distribuição espacial, foi observada elevada homogeneidade não sendo possível detectar diferença de valores entre as estações amostradas. Resultados obtidos para ortofosfato do FPSO Capixaba estiveram entre 0,01 e 0,63 μM (Figura II.5.1.4-20).



Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-20 - Perfis de ortofosfato (μM) registrados ao longo da coluna d'água na locação do FPSO Capixaba.

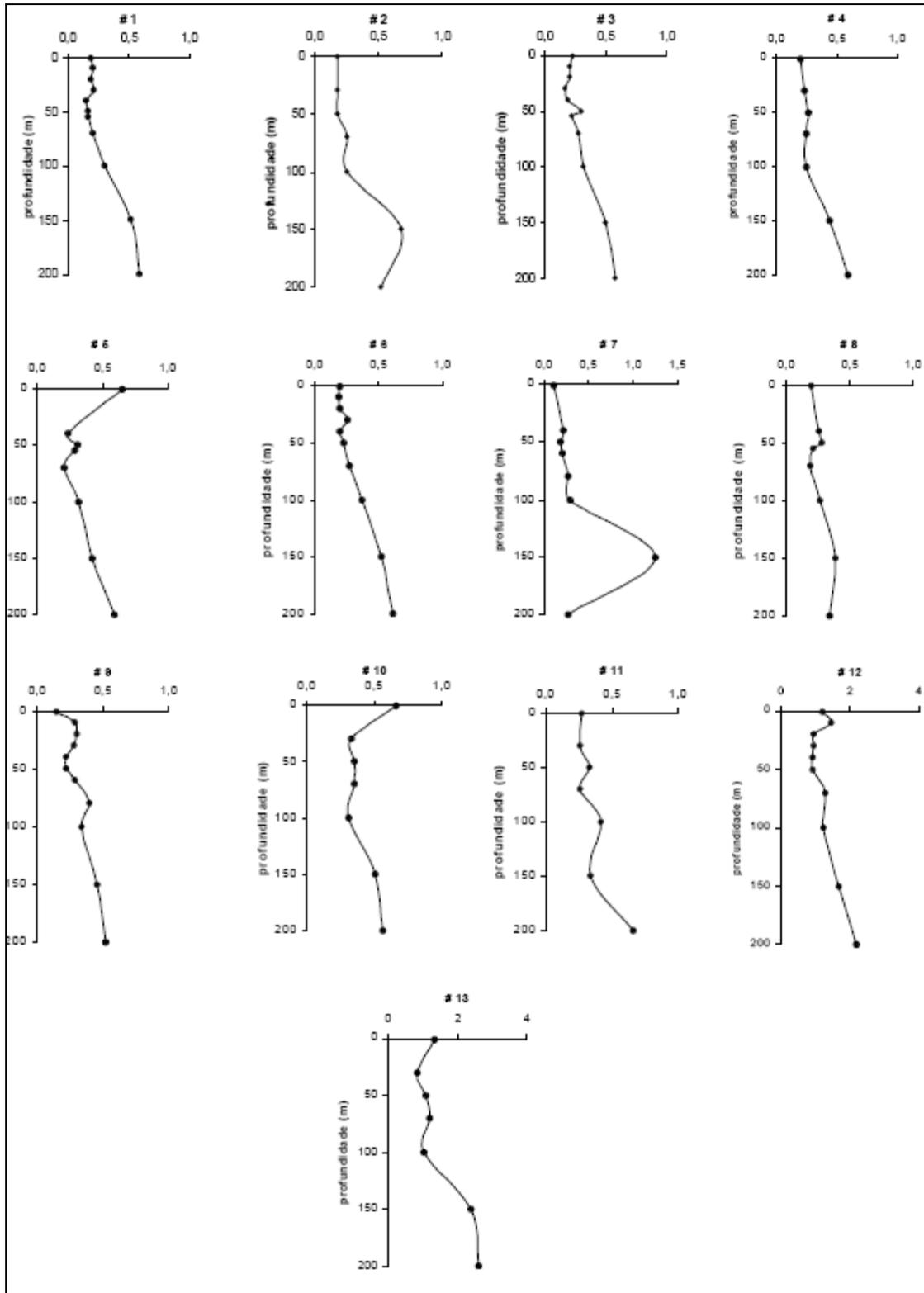
As profundidades superficiais (até 70 m) de todas as estações foram marcadas por concentrações abaixo de $0,19 \mu\text{M}$ e o valor mais elevado foi obtido a 200 m de profundidade, na estação #6. Quanto à distribuição espacial, esta foi bastante homogênea. Não foi possível observar diferença significativa na concentração de ortofosfato entre as estações de coleta, sugerindo ser a região de estudo homogênea em relação a este composto. Para o fósforo total foi observado o mesmo padrão de distribuição descrito para o ortofosfato, com dados relativamente homogêneos até cerca de 50 m de profundidade, a partir da qual houve significativo aumento em direção ao fundo.

Fósforo Total

Na campanha do FPSO Seillean, o fósforo total teve o mesmo perfil de variação vertical descrito para o ortofosfato, apresentando concentrações entre $0,11$ e $1,25 \mu\text{M}$ (Figura II.5.1.4-21).

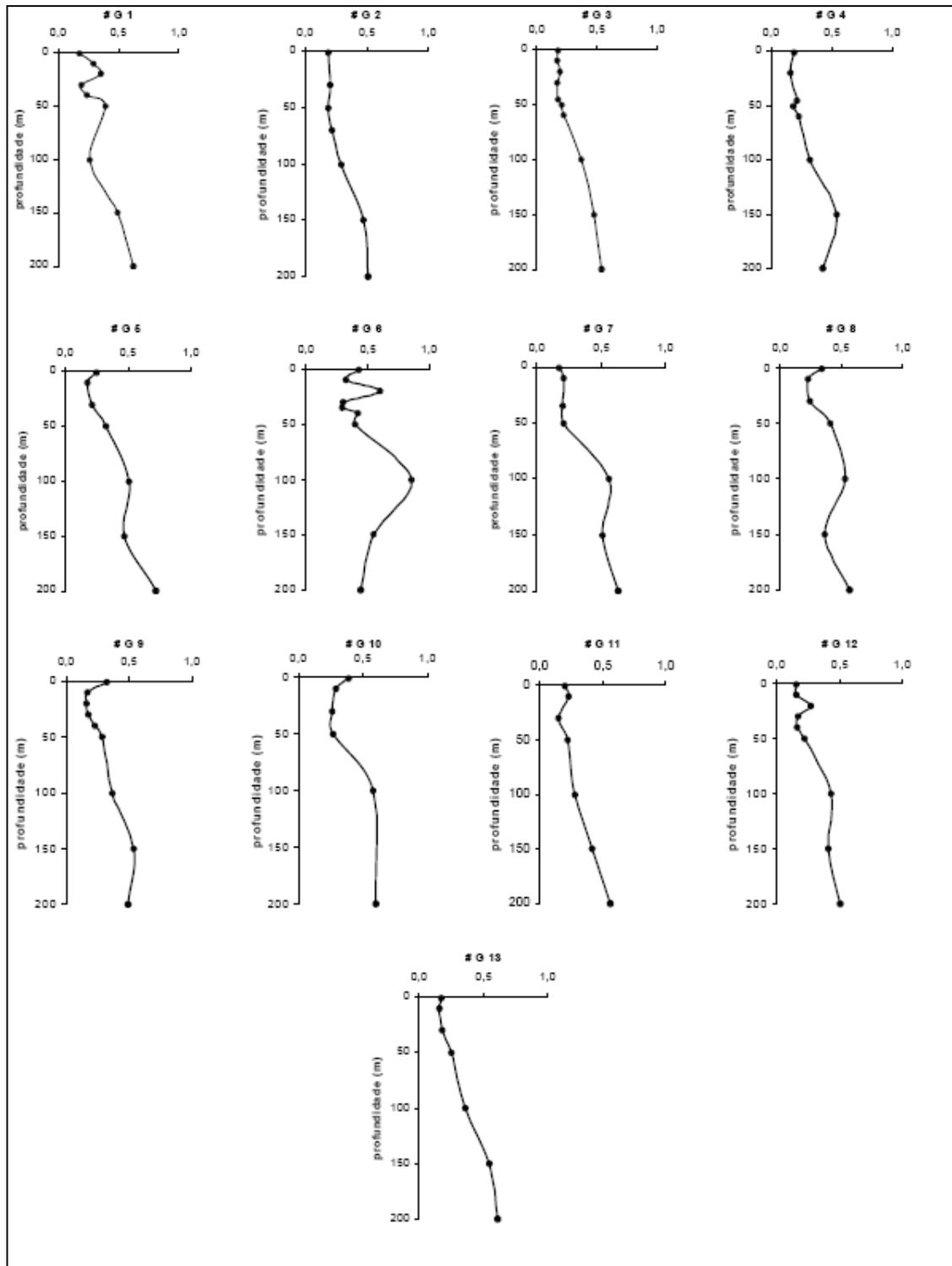
O mesmo padrão foi observado em todas as estações do FPSO Capixaba (Figura II.5.1.4-22), com dados oscilando entre um valor mínimo ($0,15 \mu\text{M}$) obtido na superfície e um máximo igual a $0,86 \mu\text{M}$, encontrado a 100 m de profundidade.

Para ambas as unidades, a estratificação vertical observada foi confirmada pela significativa diferença de valores obtida entre as profundidades amostradas ($p < 0,0001$). A distribuição espacial teve elevada homogeneidade, não sendo possível observar diferença significativa de valores entre as estações. Todos os resultados descritos para este parâmetro, referente à campanha realizada em maio de 2005, encontram-se dentro da faixa de variação já conhecida para regiões oceânicas (ANDRADE *et al.*, 1999; NIENCHESKI *et al.*, 1999).



Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-21 - Perfis de fósforo total (μM) registrados ao longo da coluna d'água na locação do FPSO Seillean.



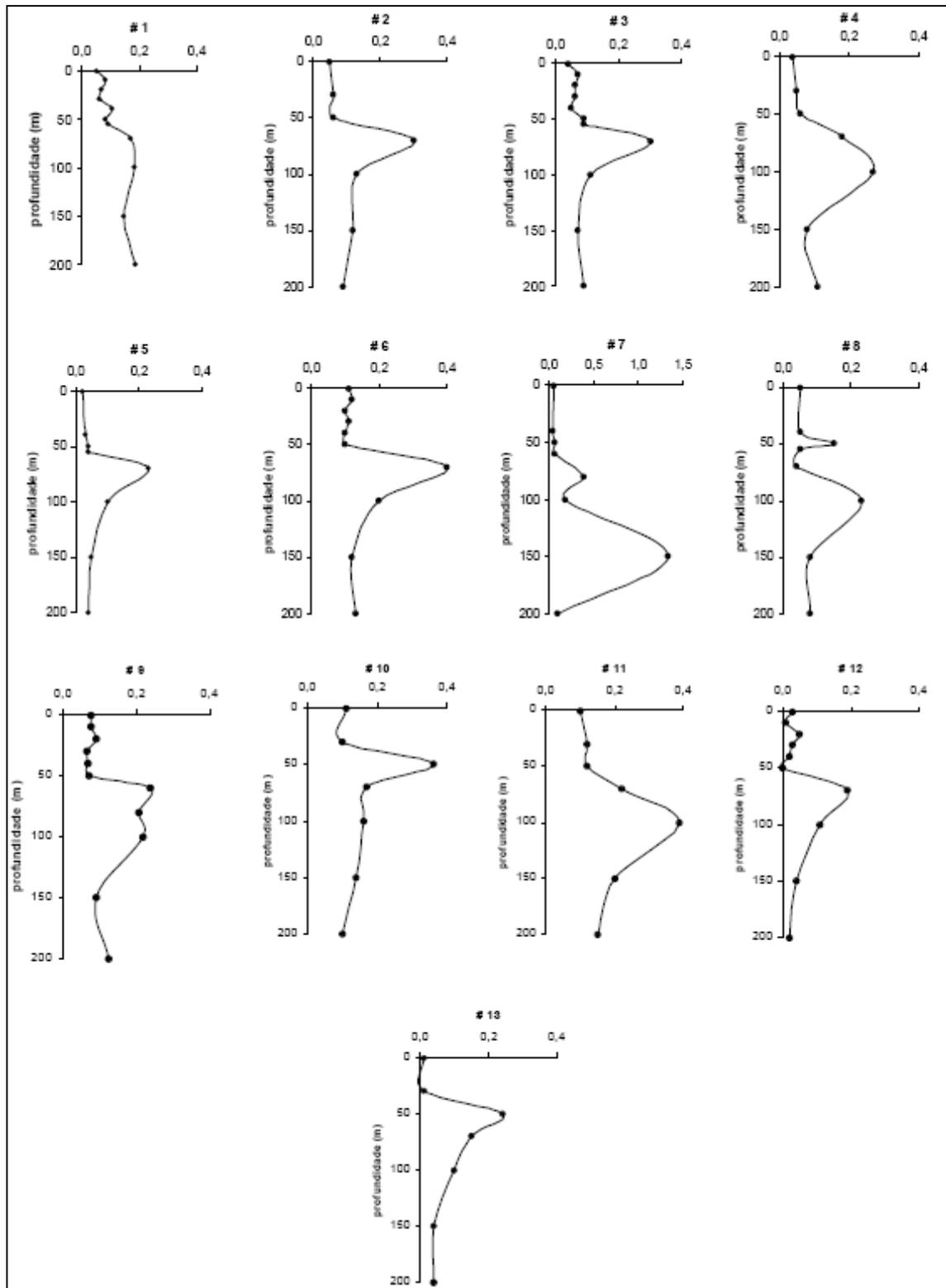
Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

**Figura II.5.1.4-22 - Perfis de fósforo total (μM)
registrados ao longo da coluna d'água na locação do FPSO Capixaba.**

Nitrito

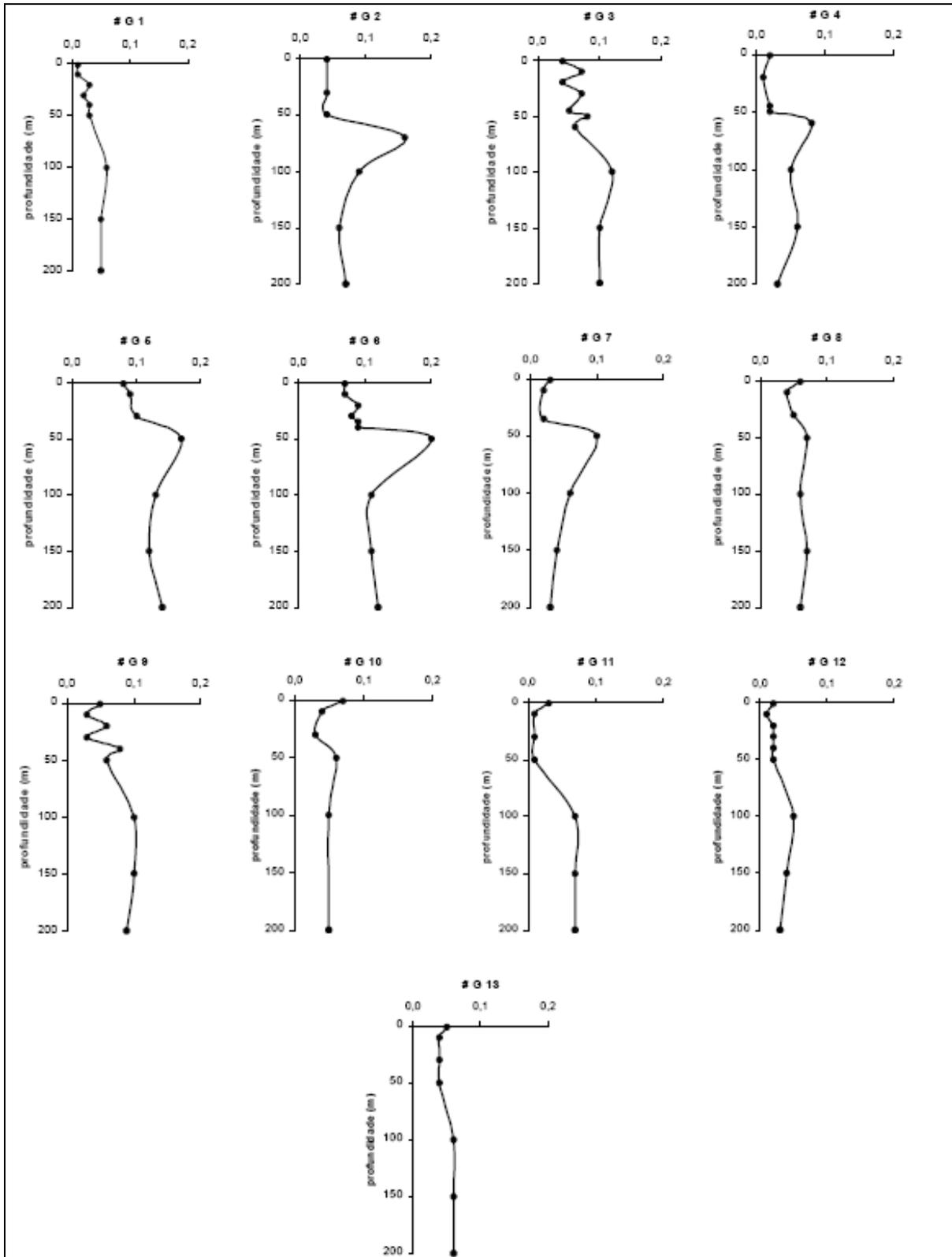
A distribuição espacial do nitrito para a locação do FPSO Seillean foi caracterizada por perfis verticais relativamente variados (**Figura II.5.1.4-23**). De modo geral, o perfil vertical de distribuição foi marcado por concentrações de nitrito bastante reduzidas na superfície, seguidas de um máximo subsuperficial, e uma brusca diminuição em direção ao fundo. Tal distribuição demonstrou elevada estratificação vertical, que foi confirmada pela diferença bastante significativa ($p < 0,0005$) de valores, entre as profundidades amostradas. Os valores de nitrito registrados ao longo da coluna d'água nesta campanha oscilaram de valores abaixo do limite de detecção da técnica ($< 0,015$) a $1,34 \mu\text{M}$ e apresentaram alta variabilidade.

Na campanha do FPSO Capixaba o nitrito apresentou os mais diversos perfis de distribuição vertical, sugerindo relativa heterogeneidade espacial para este composto, de modo que foi possível observar diferença bastante significativa de valores entre as estações de coleta ($p < 0,0001$) (**Figura II.5.1.4-24**). As concentrações obtidas estiveram entre $0,01$ e $0,20 \mu\text{M}$, encontrados na superfície e a 50 m de profundidade, respectivamente. Esta distribuição pode estar sinalizando regiões de alta produtividade biológica, associada a uma maior disponibilidade de nutrientes nestas profundidades quando comparadas aos estratos mais superficiais da coluna d'água.



Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-23 - Perfis de nitrito (μM)
registrados ao longo da coluna d'água na locação do FPSO Seillean.



Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-24 - Perfis de nitrito (μM) registrados ao longo da coluna d'água na locação do FPSO Capixaba.

Amônia

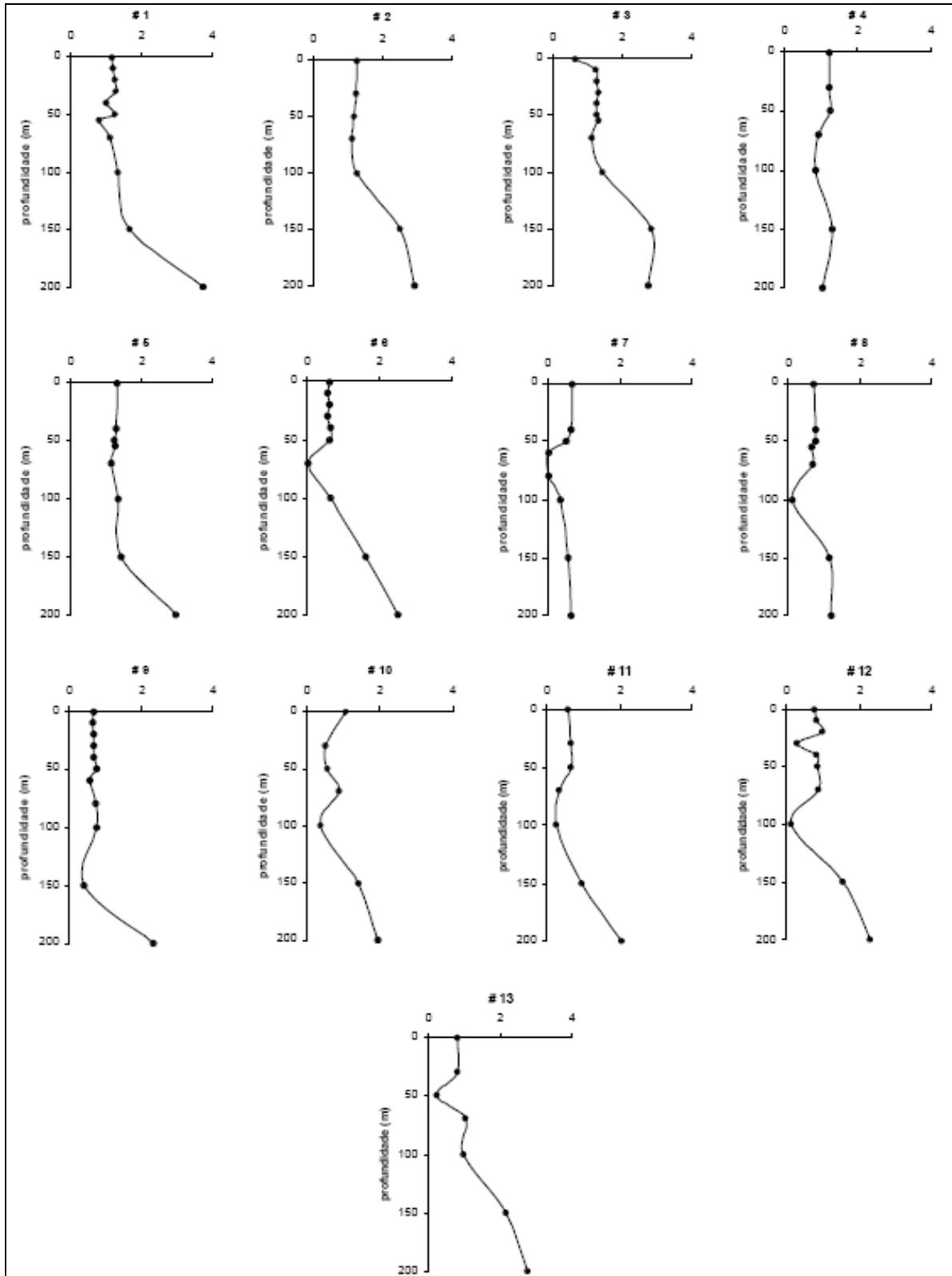
Nas campanhas do FPSO Seillean e Capixaba a amônia seguiu o padrão usual observado para esta área da plataforma continental brasileira, onde na grande maioria das situações os níveis de amônia são muito reduzidos e abaixo do limite de detecção dos mais sensíveis métodos empregados (i.e., abaixo de $0,05 \mu\text{M}$). Das 112 amostras analisadas para o FPSO Seillean, a amônia foi detectada em apenas 23 destas, sendo os valores encontrados muito baixos, idênticos ao limite de detecção ou muito próximo deste.

Dentre os poucos resultados de concentração de amônia detectados para todas as estações, o maior valor ($8,09 \mu\text{M}$) foi obtido a 150 m de profundidade, na estação #7, mesma estação e profundidade onde que foram obtidos os máximos de ortofosfato e fósforo total. Os demais valores estiveram entre $0,05$ e $0,82 \mu\text{M}$ e podem ser considerados índices naturais. Os valores de amônia obtidos nas duas campanhas foram considerados aleatórios, não se observando qualquer padrão de distribuição, vertical ou espacial. Este padrão natural da maioria das áreas de oceano aberto (oligotróficas) deve-se ao consumo imediato de qualquer nitrogênio amoniacal disponível (LIBES, 1992).

Nitrato

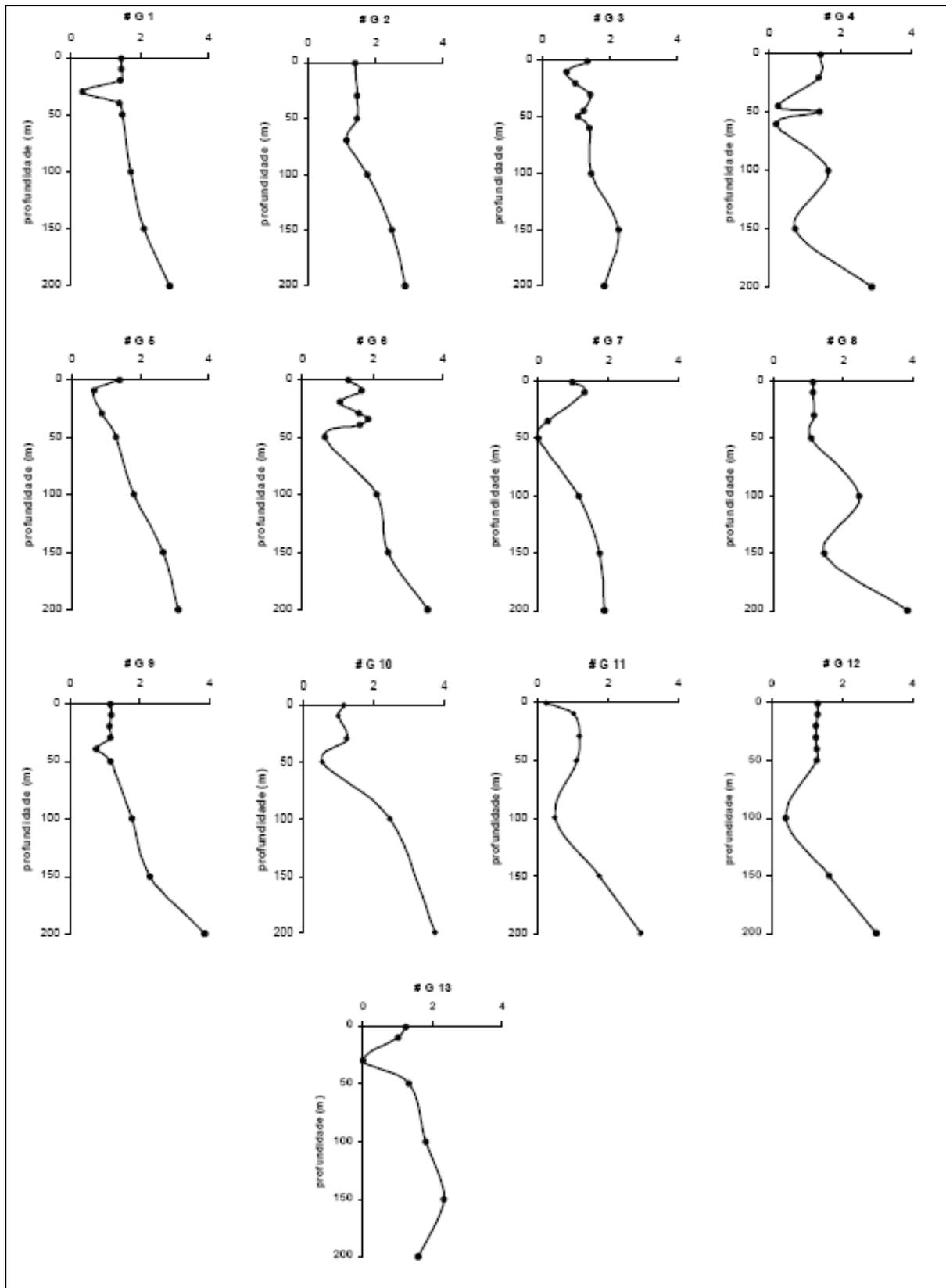
O perfil de distribuição vertical do nitrato no entorno do FPSO Seillean (**Figura II.5.1.4-25**) apresentou um padrão de estratificação com valores observados em torno da termoclina, em média, menores que os obtidos na superfície, indicando um provável consumo desse elemento pelo fitoplâncton ao longo da coluna d'água. Já a partir de 80 m de profundidade observa-se um aumento na concentração de nitrato até 200 m, apresentando um padrão de diminuição do consumo deste parâmetro nestas camadas. Os resultados oscilaram entre $0,02$ e $3,74 \mu\text{M}$, obtidos a 70 e a 200 m de profundidade, respectivamente. A distribuição espacial heterogênea dos valores entre as estações de coleta foi significativa ($p < 0,0001$).

O nitrato na locação do FPSO Capixaba seguiu o mesmo padrão de distribuição já descrito para o ortofosfato e para o fósforo total nesta campanha, com predominância de valores reduzidos nas camadas superficiais, aumentando em direção ao fundo. Os dados oscilaram de valores abaixo do limite de detecção do método ($<0,074$) a $3,86 \mu\text{M}$. Quanto à distribuição vertical, esta foi bastante estratificada e foi possível observar diferença de valores significativa entre as profundidades amostradas ($p < 0,0001$) (**Figura II.5.1.4-26**). Em cada estação as concentrações obtidas nas profundidades até 50 m foram bem semelhantes, quando não idênticas. Já para as profundidades abaixo de 50 m, foi observado um constante e brusco aumento na concentração, de acordo com a profundidade, até valores máximos obtidos a 200 m.



Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-25 - Perfis de nitrato (μM) registrados ao longo da coluna d'água na locação do FPSO Seillean.



Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-26 - Perfis de nitrato (µM) registrados ao longo da coluna d'água na locação do FPSO Capixaba

Coordenador:

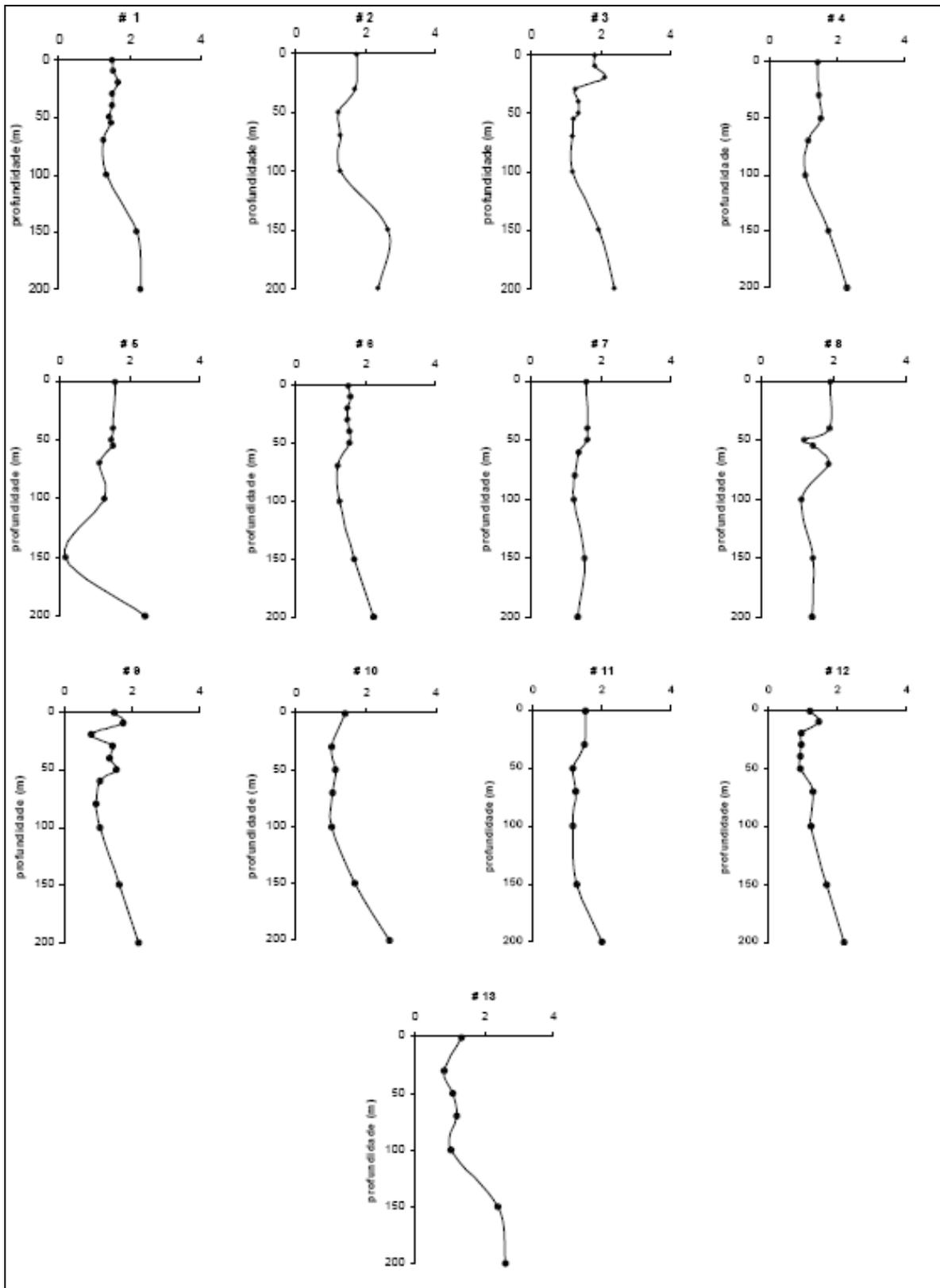
Técnico:

Silicato

Os dados obtidos no entorno dos FPSOs indicaram que a estratificação do silicato esteve bem demarcada, expressando o mesmo padrão de distribuição vertical descrito para os nutrientes, com reduzidos valores na superfície, aumentando em função da profundidade.

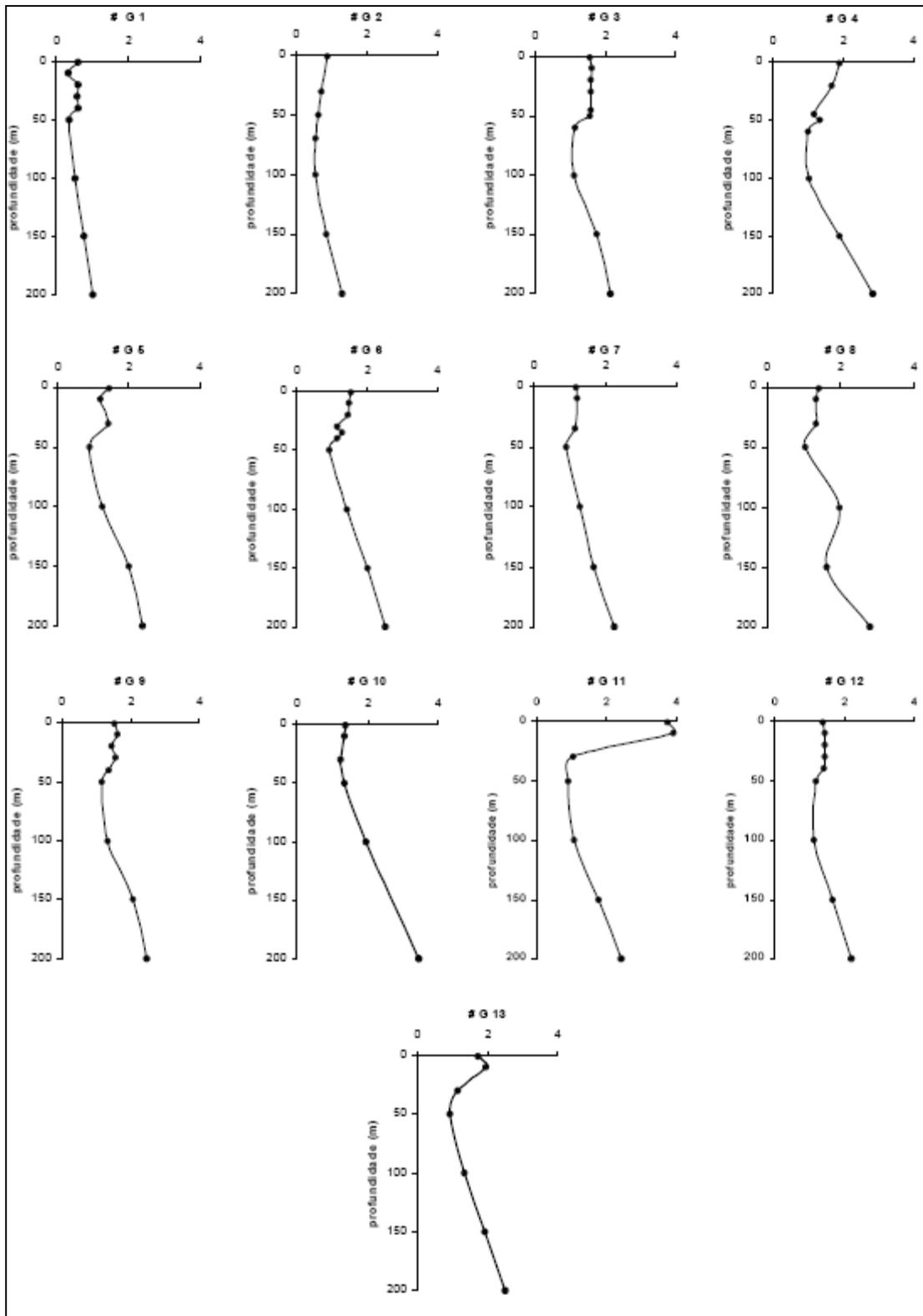
Na campanha do FPSO Seillean foram obtidos valores de silicato oscilando entre 0,18 e 2,68 μM com variação moderada (CV29%), tendo uma expressiva diferença de valores ($p < 0,0001$) entre as profundidades de coleta (**Figura II.5.1.4-27**). A maior parte das estações apresenta concentrações relativamente homogêneas da superfície até cerca de 100 m de profundidade, a partir da qual se observou um brusco aumento de valores até 200 m.

Este padrão foi seguido nas estações do FPSO Capixaba, apresentando resultados que oscilaram entre 0,33 e 3,91 μM . Entre as estações observou-se certa diversidade de perfis verticais (**Figura II.5.1.4-28**). Algumas estações apresentaram valores homogêneos até 50 m de profundidade, a partir da qual foi observada elevação de valores até 200 m. Outras estações apresentaram valores mais elevados na superfície e foi marcada por decréscimo na concentração até cerca de 50 m de profundidade. Para estas, o aumento na concentração foi percebido somente a partir de 100 m de profundidade e pode estar indicando um maior consumo deste elemento nas profundidades abaixo da superfície. Apesar da diversidade de perfis observada, a diferença de valores entre as estações foi pouco significativa ($p < 0,05$).



Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-27 - Perfis de silicato (μM) registrados ao longo da coluna d'água na locação do FPSO Seillean.



Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-28 - Perfis de silicato (μM)
 registrados ao longo da coluna d'água na locação do FPSO Capixaba.

Os dados relacionados aos nutrientes na camada superficial, obtidos por PERENCO (2009) indicaram níveis de amônia (N-amoniacal) variando de 0,006 a 0,010 mg.L⁻¹ (Quadro II.5.1.4-12). O maior valor de nitrato foi de 0,07 mg.L⁻¹, encontrado na estação 3, mas 50% dos valores ficaram abaixo do limite de detecção do método (Quadro II.5.1.4-13). Os valores de fosfato e nitrito obtidos foram todos abaixo do limite de detecção do método, isto é, inferiores a 0,10 mg.L⁻¹ e 0,048 mg.L⁻¹ (Quadro II.5.1.4-13).

Quadro II.5.1.4-13 - Valores obtidos de amônia (N-amoniacal mg.L⁻¹), fosfato (mg.L⁻¹), nitrato (mg.L⁻¹) e nitrito (mg.L⁻¹) na campanha de caracterização do plâncton realizada em março de 2009.

Estação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N amoniacal	0,014	0,015	0,009	0,017	0,009	0,009	0,006	0,010	0,010	0,010
Fosfato	Nd									
Nitrato	0,005	0,005	0,007	0,006	nd	Nd	0,005	nd	Nd	nd
Nitrito	Nd									

Nd - não detectável

A variação de nutrientes observada pelos dados apresentados para a Bacia do Espírito Santo, é condizente com o predomínio de águas oligotróficas, quentes e salinas da Corrente do Brasil nas camadas superficiais e de águas frias e enriquecidas em nutrientes nas camadas mais profundas (Ekau & Knoppers, 1999; Gaeta *et al.*, 1999). A Corrente do Brasil (CB) flui de norte para o sul (Silveira *et al.*, 2000), sendo caracterizada por baixas concentrações de nitrato (< 0,20 µM) e de fosfato (< 0,08 µM) (Susini-Ribeiro, 1999). A CB é composta em áreas offshore até 100m de profundidade por Água Tropical (AT) e em águas mais próximas ao continente há forte evidência (altos valores de salinidade) de que a Água Costeira é composta predominantemente por Água Tropical (Susini-Ribeiro, 1999). Em camadas mais profundas, encontram-se as águas frias e ricas em nutrientes representadas pela ACAS (água central do Atlântico Sul).

No Banco de Abrolhos e na porção sul da Bacia do Espírito Santo são encontradas concentrações de nutrientes mais elevadas nas águas costeiras (em torno de 50 m de profundidade) em comparação com aquelas localizadas ao norte do Banco de Abrolhos. As maiores concentrações de nutrientes nessas águas são ocasionadas pela ressurgência da ACAS, que é mais freqüente nos meses de primavera e verão (Gaeta *et al.*, 1999), e pelo aporte de águas continentais através do rio Doce (Ekau & Knoppers, 1999). Ao norte do Banco de Abrolhos, as baixas concentrações de nutrientes são decorrentes da presença de águas oligotróficas da Corrente do Brasil. Um aspecto relevante na distribuição de nutrientes na região da Bacia do Espírito Santo é a significativa variabilidade horizontal e vertical nas concentrações desses elementos (Gaeta *et al.*, 1999). Uma das causas dessa variabilidade é a presença de um vórtice (vórtice de Vitória) no limite da plataforma continental (20,3°S e 38,9°W no outono de 1995, com diâmetro de 50 km), que é

provavelmente formado quando a Corrente do Brasil flui através de um canal profundo (Canal de Vitória), localizado ao sul do Banco de Abrolhos e ao norte da Cadeia Vitória-Trindade.

A presença do vórtice e a ocorrência de ressurgência de água profunda (ACAS) na plataforma externa causam o incremento de uma circulação ciclônica na região, levando ao 'bombeamento' de nutrientes para águas mais rasas e à presença de uma 'nutriclina' na base da camada de mistura (em torno de 75 m de profundidade), com altas concentrações de nitrato (entre 2,0 e 4,0 μM). Como a Corrente do Brasil varia de posição em escala temporal (Silveira *et al.*, 2000), Gaeta *et al.* (1999) propõem que haja um deslocamento significativo na posição e na intensidade do vórtice de Vitória, com reflexos sobre a dinâmica de nutrientes e da produção primária na região.

II.5.1.4.1.11 - Sulfetos.

Os sulfetos equivalem ao teor de sulfeto total, correspondente ao somatório das concentrações das espécies HS-, S2- e H2S presentes na amostra. Estes compostos são comumente analisados em programas de monitoramento para diagnóstico de possíveis contaminações em áreas de produção e exploração petrolífera, pois são compostos químicos presentes na água de produção de petróleo.

Dentre as fontes utilizadas, o levantamento de dados relacionados à concentração de sulfetos, foi apresentado por Petrobras (2006), no entorno dos FPSOs Seillean e Capixaba.

Dados relacionados ao monitoramento do FPSO Seillean, onde 112 amostras foram coletadas, detectou-se a presença de sulfetos em apenas 6 amostras (Petrobras, 2006). Os dados obtidos estiveram entre 0,002 e 0,015 mg.L-1 e foram, portanto, considerados aleatórios, não se observou qualquer padrão de distribuição, vertical ou espacial.

Na campanha do FPSO Capixaba foram detectados sulfetos em 37 das 104 amostras coletadas. Os dados encontrados foram todos muito reduzidos e oscilaram de valores abaixo do limite de detecção da técnica (0,001 mg.L-1) a 0,008 mg.L-1. Não foi observado qualquer padrão de distribuição, vertical ou espacial, para este parâmetro. Os dados encontrados para as duas locações foram considerados naturais, uma vez que os sulfetos são compostos naturalmente escassos no ambiente pelágico oceânico (PETROBRAS, 2006).

II.5.1.4.2 - Qualidade do sedimento

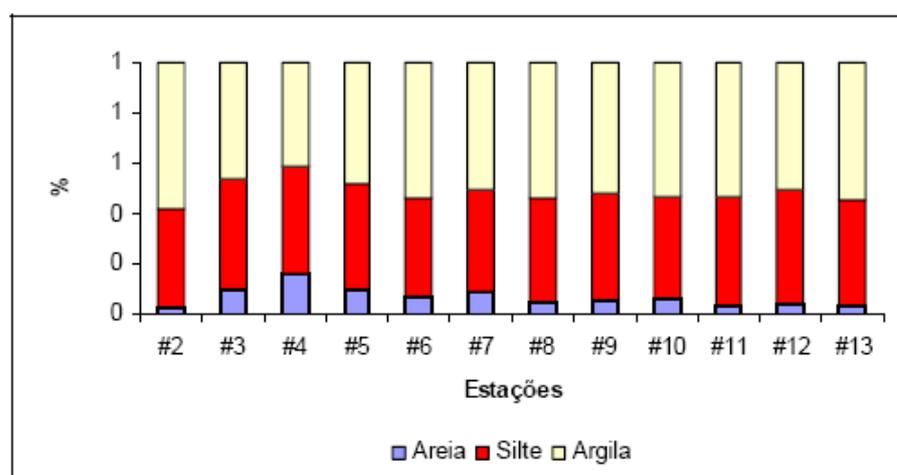
Conforme apresentado inicialmente, informações relacionadas à qualidade dos sedimentos na área dos Blocos BM-ES- 37, 38, 39, 40 e 41 são escassas.

Desta forma, o diagnóstico a seguir apresentado contempla parcialmente as informações solicitadas no TR 02/09, através de fontes supracitadas no início deste item. Destaca-se entretanto que a etapa de Caracterização Ambiental prevista para a área dos blocos, fornecerá informações primárias, relacionadas ao sedimento, no entorno dos poços.

II.5.1.4.2.1 - Granulometria

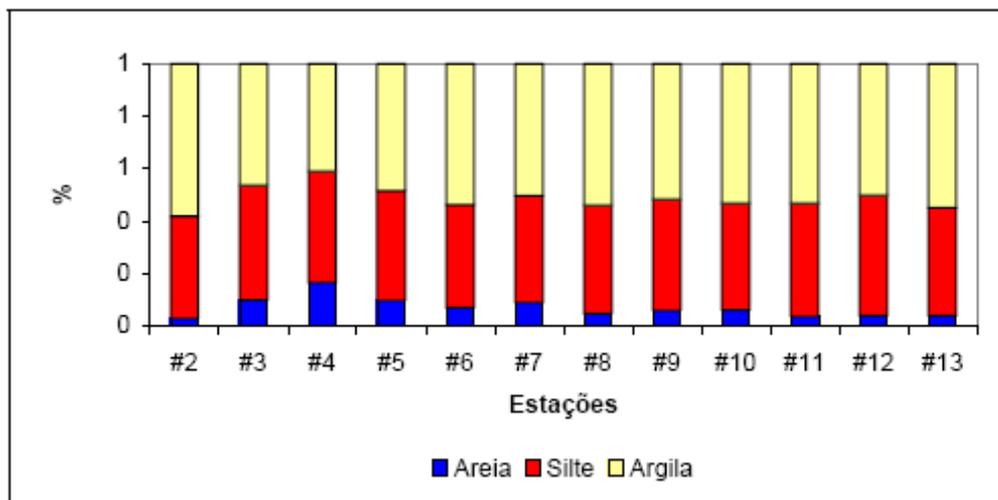
Na área ao redor do FPSO Seillean, o tamanho médio do grão (phi) apresentou variação de 7,02 a 8,10 (classe silte/argila). Os teores de areia variaram entre 2,81% e 16,5%, sendo que os valores mais elevados foram encontrados na estação 4 em todos os estratos e os menores nas estações 8 (0 - 2 cm), 2 (2 - 5 cm) e 12 (5 - 10 cm) (Figura II.5.1.4-29, Figura II.5.1.4-30 e Figura II.5.1.4-31). Para o silte os resultados variaram entre 38,83% (estação 2) e 45,86% (estação 12) (Figura II.5.1.4-29, Figura II.5.1.4-30 e Figura II.5.1.4-31). Para a argila foram encontrados teores de 40,37% na estação 4 e 58,23% na 2 (Figura II.5.1.4-29, Figura II.5.1.4-30 e Figura II.5.1.4-31). (PETROBRAS/Cepemar, 2006)

Não foi encontrado cascalho em nenhuma das estações estudadas. Em todas o sedimento foi definido como lama, segundo a classificação de SHEPARD (1948) e muito pobremente selecionado.



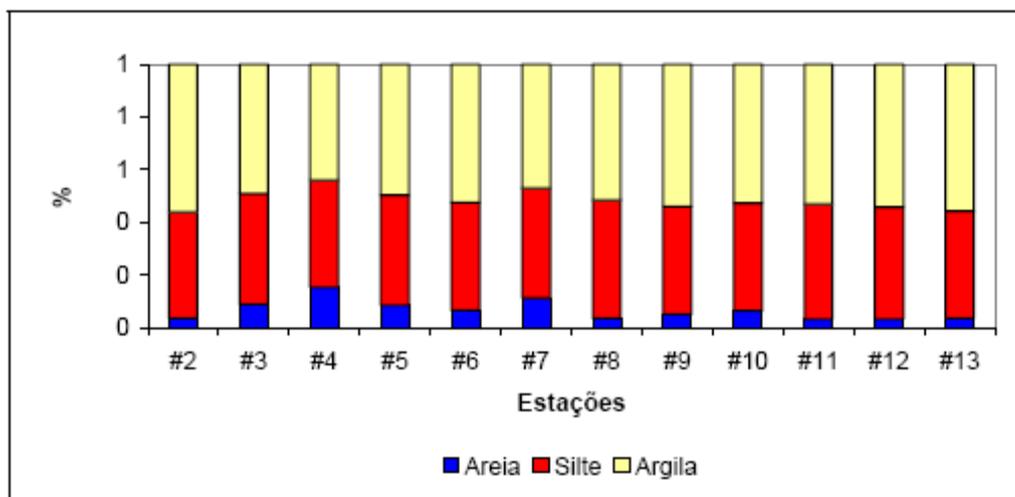
Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-29 - Teores de cascalho, areia, silte e argila (%) para cada estação ao redor do FPSO Seillean nos estratos de 0 - 2 cm. ().



Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-30 - Teores de cascalho, areia, silte e argila (%) para cada estação ao redor do FPSO Seillean nos estratos de 2 - 5 cm.



Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

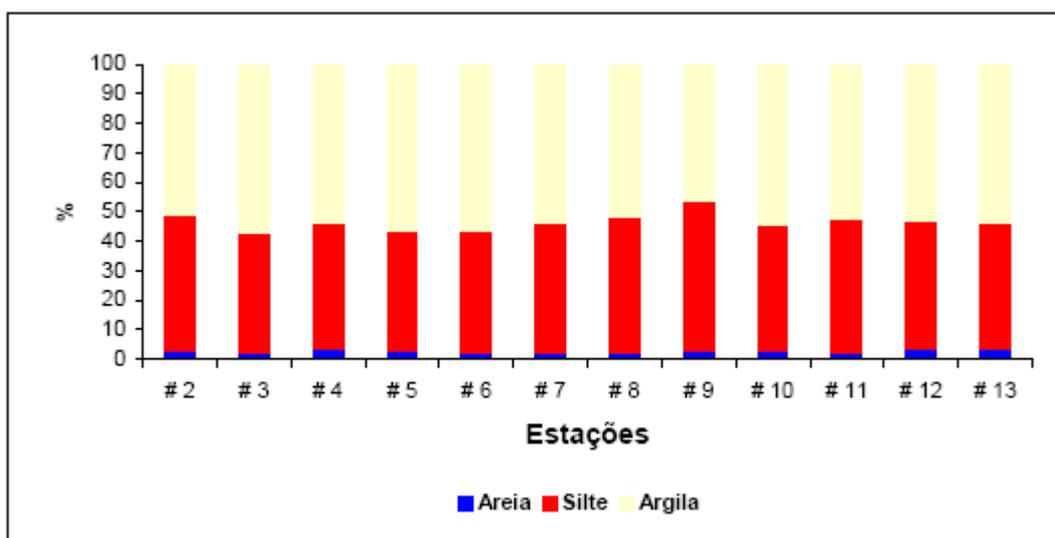
Figura II.5.1.4-31 - Teores de cascalho, areia, silte e argila (%) para cada estação ao redor do FPSO Seillean nos estratos de 5 - 10 cm.

Na área ao redor do FPSO Capixaba, a amostragem revelou que o substrato marinho nas estações trabalhadas é constituído por sedimento não consolidado, sem cascalho e baixo teor de areia.

Considerando todas as estações, o tamanho médio do grão (fi) apresentou pequena variação de 7,66 a 8,19. Os teores de areia variaram entre 2,03% e 3,91%, sendo que os valores mais elevados foram encontrados na estação 4, nos estratos de 2 a 5 cm e de 5 a 10cm, e os menores nas estações 7 (0 a 2 cm), 8 (2 a 5 cm) e 11 (5 a 10 cm) (Figura II.5.1.4-32, Figura II.5.1.4-33 e Figura II.5.1.4-34). Para o silte, os valores variaram entre 39,82% (estação 6, estrato 2 a 5 cm) e

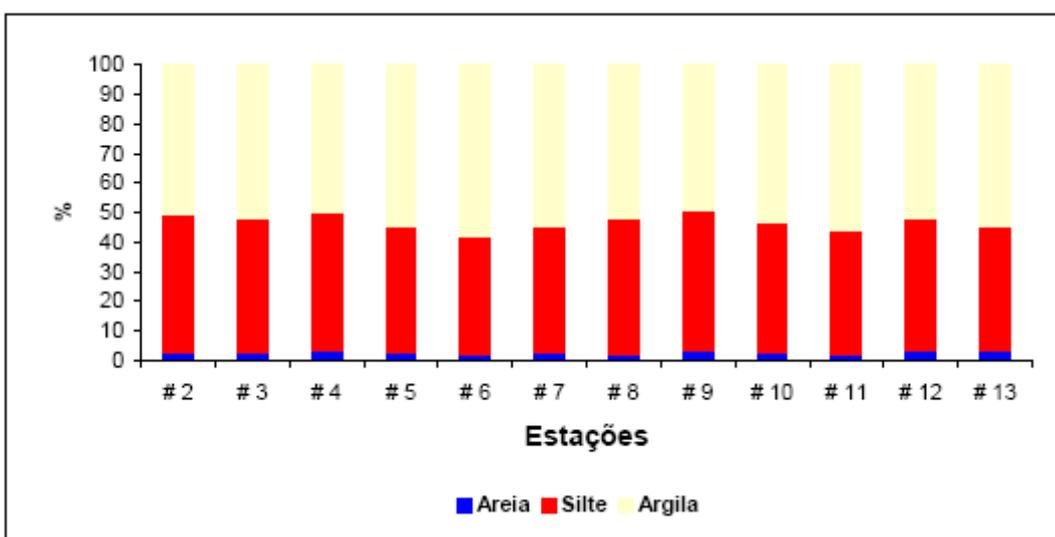
50,58% (estação 9, estrato 0 a 2 cm) (Figura II.5.1.4-32, Figura II.5.1.4-33 e Figura II.5.1.4-34). Para a argila foram encontrados teores de 46,28% na estação 9 (estrato 0 a 2 cm) a 57,91% na estação 6 (estratos 2 a 5 cm) (Figura II.5.1.4-32, Figura II.5.1.4-33 e Figura II.5.1.4-34). (PETROBRAS/Cepemar, 2006).

Não foi encontrado cascalho em nenhuma das estações estudadas. Em todo o sedimento foi definido como lama, segundo a classificação de SHEPARD (1948).



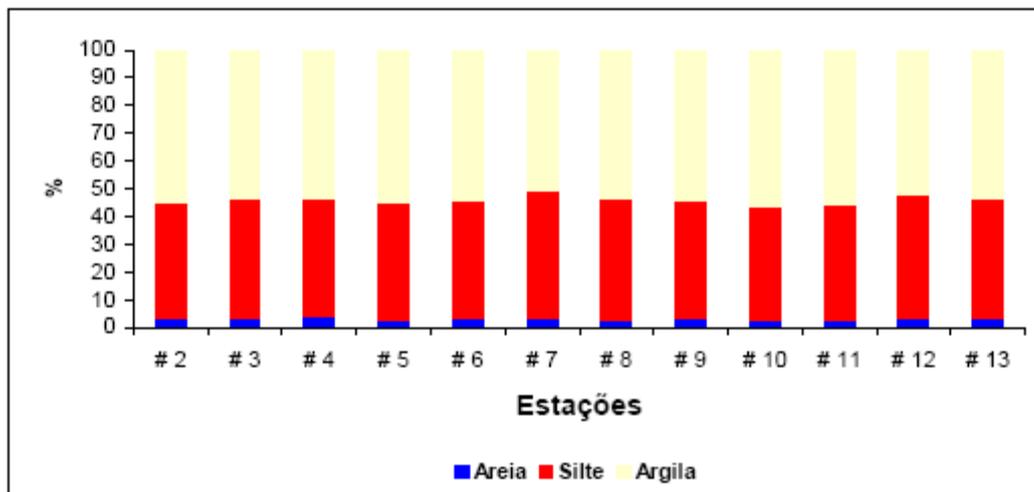
Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-32 - Teores de cascalho, areia, silte e argila (%) para cada estação ao redor do FPSO Capixaba nos estratos de 0 - 2 cm.



Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-33 - Teores de cascalho, areia, silte e argila (%) para cada estação ao redor do FPSO Capixaba nos estratos de 2 - 5 cm.



Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Figura II.5.1.4-34 - Teores de cascalho, areia, silte e argila (%) para cada estação ao redor do FPSO Capixaba nos estratos de 5 - 10 cm.

II.5.1.4.2.2 - Teor de Carbonatos

Na área do FPSO Seillean, o teor médio de carbonato total, considerando-se todas as estações e profundidades foi de 18%, com um coeficiente de variação de 7% e intervalo de 15 a 20%. O conteúdo médio de carbonato nas três profundidades amostradas variou da seguinte forma: 0 a 2cm - 16 a 20%; 2 a 5cm - 15 a 20% e 5 a 10cm - 15 a 20%. Considerando-se a camada superficial, de 0 a 2cm, como referência da variabilidade espacial, também podemos notar a homogeneidade espacial (CV=6%) (Quadro II.5.1.4-14). (PETROBRAS/Cepemar, 2006).

Quadro II.5.1.4-14 - Teores de carbonato (%) no sedimento das estações amostradas ao redor do FPSO Seillean na campanha de julho de 2005.

Estação	0 a 2 cm	2 a 5 cm	5 a 10 cm
# 1	18,1	18,5	17,9
# 2	16,4	14,7	15,1
# 3	18,3	20,0	20,3
# 4	20,3	20,1	19,7
# 5	19,2	17,3	19,1
# 6	18,1	19,6	18,2
# 7	18,9	19,1	19,4
# 8	17,2	17,3	16,7
# 9	17,9	18,3	18,3
# 10	18,3	18,8	17,7
# 11	17,0	17,3	20,4
# 12	17,3	17,1	16,7
# 13	18,1	17,6	17,6
Média	18,1	18,1	18,2
Mediana	18,1	18,3	18,2
DP	1,01	1,48	1,54
Mínimo	16,4	14,7	15,1
Máximo	20,3	20,1	20,4

Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Já na área do FPSO Capixaba, os teores de carbonatos obtidos nesta campanha apresentaram baixa variabilidade (CV <10%) tanto ao longo das estações quanto nos perfis analisados em toda região amostrada. A faixa do conteúdo de carbonato foi de ~13 a 19%, sendo os maiores valores observados nas estações #2, #9, #11 e #12 (~18%) enquanto os menores na estação #13 (~14%). (Quadro II.5.1.4-15) (PETROBRAS/Cepemar, 2006).

Quadro II.5.1.4-15 - Teores de carbonato (%) no sedimento das estações amostradas ao redor do FPSO Capixaba na campanha de julho de 2005.

Local de Amostragem	0 a 2 cm (%)	2 a 5 cm (%)	5 a 10 cm (%)	Média (%)	DP (%)	CV (%)
Estação 1 (3000m Montante)	17,3	16,0	14,9	16,0	1,19	7
Estação 2 (100m Jusante)	18,6	18,7	17,5	18,2	0,68	4
Estação 3 (100m Jusante)	16,1	17,1	17,0	16,7	0,55	3
Estação 4 (100m Jusante)	17,6	17,7	17,9	17,7	0,17	1
Estação 5 (500m Jusante)	17,2	17,3	17,0	17,2	0,16	1
Estação 6(500m Jusante)	16,9	16,9	18,0	17,3	0,62	4
Estação 7(100m Jusante)	17,2	16,9	17,0	17,0	0,16	1
Estação 8(1000m Jusante)	17,2	16,2	18,3	17,2	1,02	6
Estação 9(1000m Jusante)	18,6	17,9	17,9	18,1	0,37	2
Estação 10(1000m Jusante)	16,9	17,2	18,3	17,5	0,73	4
Estação 11 (3000m Jusante)	17,2	17,9	19,1	18,1	0,95	5
Estação 12 (3000m Jusante)	17,9	18,4	18,3	18,2	0,27	1
Estação 13 (3000m Jusante)	15,2	12,8	14,1	14,1	1,22	9

Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

II.5.1.4.2.3 - Matéria Orgânica

Na área do FPSO Seillean, os teores de matéria orgânica obtidos em julho de 2005 nos sedimentos no entorno do poço ESS-132 oscilaram entre um mínimo de 12.911 mg.kg⁻¹ (na estação #7, entre 5 e 10 cm) a um máximo de 26.678 mg.kg⁻¹ (na estação #6, entre 0 e 2 cm). Foi observada uma tendência de diminuição dos valores em função da profundidade dos extratos, de forma que os maiores valores foram obtidos no extrato de 0 a 2 cm. Os valores médios foram bastante semelhantes aos valores da mediana (**Quadro II.5.1.4-16**), indicando uma distribuição próxima a normalidade. Não foi verificada variabilidade espacial (coeficiente de variação de 12%), e foi considerado que os teores de matéria orgânica foram bastante semelhantes nos diferentes locais amostrados.

Quadro II.5.1.4-16 - Teores de matéria orgânica (mg/Kg) no sedimento das estações amostradas ao redor do FPSO Seillean na campanha de julho de 2005.

Estação	0 a 2 cm	2 a 5 cm	5 a 10 cm
# 1	18269	16652	13687
# 2	18032	24197	26535
# 3	21226	20584	19123
# 4	17617	15466	14603
# 5	17911	18899	17950
# 6	26678	21975	20215
# 7	20494	16302	12911
# 8	25766	21801	24308
# 9	21239	19754	20087
# 10	24584	21853	18772
# 11	21382	22634	26206
# 12	19853	20979	19652
# 13	19382	18000	19138
Média	20956	19930	19476
Mediana	20494	20584	19138
DP	3020	2694	4309
Mínimo	17617	15466	12911
Máximo	26678	24197	26535

Fonte: PETROBRAS/Cepemar, 2006

Na área ao redor do FPSO Capixaba, os teores de matéria orgânica obtidos nas amostras de sedimentos estiveram entre um mínimo de 20.565 mg.kg⁻¹, na estação #11, no estrato de 2 a 5 cm, e um máximo de 59.053 mg.kg⁻¹, na estação #2, no estrato de 0 a 2 cm (**Quadro II.5.1.4-17**). Se consideradas as diferentes estações de amostragem, e os diferentes estratos no sedimento, foi observada uma tendência geral de homogeneidade vertical e horizontal (ver descrição do carbono orgânico total). Contudo, os valores obtidos no primeiro estrato (0 a 2 cm),

em geral, foram os maiores observados em cada uma das estações de coleta, sendo a média e mediana deste estrato ligeiramente superiores aos valores médios dos estratos mais profundos.

**Quadro II.5.1.4-17 - Teores de matéria orgânica (mg/Kg)
no sedimento das estações amostradas ao redor do FPSO Capixaba na campanha de julho de 2005.**

Estação	0 a 2 cm	2 a 5 cm	5 a 10 cm
# 1	35725	33103	28856
# 2	59053	51751	28965
# 3	26739	30690	26802
# 4	24195	24440	23722
# 5	24552	24267	23680
# 6	23647	26442	26675
# 7	28441	27621	24161
# 8	25100	26638	25469
# 9	32934	29689	26770
# 10	27414	24728	21372
# 11	25258	20565	21449
# 12	24080	21534	20846
# 13	31321	33619	26739
Média	29881	28853	25039
Mediana	26739	26638	25469
DP	9540	7964	2740
Mínimo	23647	20565	20846
Máximo	59053	51751	28965

Fonte: (PETROBRAS/Cepemar, 2006)

II.5.1.4.2.4 - HTP, N-alcanos e MCNR

Da mesma forma que para os hidrocarbonetos nas amostras de água, também há diversas formas de representar a distribuição de hidrocarbonetos em amostras de sedimento. Para a Bacia do Espírito Santo, existem algumas poucas informações sobre a distribuição de hidrocarbonetos em sedimento, tanto em escala local quanto em escala regional. Estas informações são geralmente provenientes de estudos de caracterização ou monitoramento ambiental de atividades de exploração e produção de hidrocarbonetos, e são representadas pelos parâmetros HTP, n-alcanos e MCNR.

Em sedimentos marinhos não-contaminados, as concentrações de hidrocarbonetos totais (soma de n-alcanos, isoprenóides e MCNR) são geralmente menores do que 10 µg g⁻¹, embora possam atingir até 100 µg g⁻¹ no caso de sedimentos ricos em matéria orgânica (Volkman *et al.*, 1992; Bouloubassi & Saliot, 1993).

Em escala regional, para sedimentos no entorno de plataformas de exploração/produção de petróleo, a mediana da concentração de hidrocarbonetos totais apresentados por AS/PEG (2001) nos sedimentos da Bacia do Espírito Santo foi de $6,56 \mu\text{g g}^{-1}$ (média de $6,27 \pm 1,32 \mu\text{g g}^{-1}$) (**Quadro II.5.1.4-18**). Um valor similar de HTP é encontrado também em escala regional ($7,74 \pm 21,7 \mu\text{g g}^{-1}$; **Quadro II.5.1.4-19**), sendo os maiores valores encontrados nos sedimentos próximos ao Rio Doce.

Para os n-alcenos, os sedimentos da Bacia do Espírito Santo apresentam o valor médio de $0,61 \pm 1,52 \mu\text{g g}^{-1}$ (**Quadro II.5.1.4-19**). Há predomínio do aporte de ceras de vegetação terrestre (maiores concentrações de n-C27, n-C29, n-C31 e n-C33) para o sedimento, principalmente na região próxima ao Rio Doce (AS/PEG, 2002).

A MCNR é freqüentemente apontada como um ótimo indicador da contaminação por hidrocarbonetos de petróleo (Wang *et al.*, 1999; Gogou *et al.*, 2000; Louati *et al.*, 2001; Nishigima *et al.*, 2001; Readman *et al.*, 2002). Ela pode ser definida como uma mistura de isômeros e homólogos de hidrocarbonetos ramificados e cíclicos que não pode ser “resolvida” pelas colunas capilares usadas em cromatografia em fase gasosa, impossibilitando a discriminação de seus componentes (Volkman *et al.*, 1992; Bouloubassi & Saliot, 1993), sendo identificada em um cromatograma sob a forma de uma rampa ou envelope uni- ou bimodal.

Para a mistura complexa não-resolvida (MCNR), há dados em escala regional para a Bacia do Espírito Santo (AS/PEG, 2002). O valor médio é de $4,3 \pm 6,2 \mu\text{g g}^{-1}$ (**Quadro II.5.1.4-19**), que é considerado baixo e não indica contaminação extensiva por hidrocarbonetos de petróleo. Apenas nas estações próximas ao Rio Doce, os maiores valores de MCNR (até $47,0 \mu\text{g g}^{-1}$) indicam o aporte de hidrocarbonetos petrogênicos pelo sistema fluvial.

Apesar do pequeno número de informações disponíveis, e da falta de detalhamento da distribuição de hidrocarbonetos alifáticos no sedimento, pode-se concluir que não há indícios de contaminação dos sedimentos da Bacia do Espírito Santo por hidrocarbonetos petrogênicos. As concentrações em escala regional possivelmente poderão ser encontradas nos sedimentos dos Blocos BM-ES-37, 38, 39, 40 e 41.

Quadro II.5.1.4-18 - Total de hidrocarbonetos de petróleo (HTP) em sedimentos em escala local na Bacia do Espírito Santo. Valores ($\mu\text{g/g}$) para diversas amostras coletadas na Bacia do Espírito Santo.

TOTAL DE HIDROCARBONETOS DE PETRÓLEO (THP)					
POÇOS ESTAÇÕES	BAS-89 ($\mu\text{g g}^{-1}$)	1-ESS-104 ($\mu\text{g g}^{-1}$)	1-ESS-106 ($\mu\text{g g}^{-1}$)	1-ESS-108 ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Polvo ($\mu\text{g g}^{-1}$)
1	-	7,12	-	7,87	6,56
2	7,95	4,28	4,35	6,59	6,29
3	-	4,53	-	6,43	7,04

Fonte: Analytical Solutions & Petroleum and Environmental Geoservice, 2001

Quadro II.5.1.4-19 - Distribuição em escala regional de hidrocarbonetos de petróleo (HTP, n-alcanos e MCNR) em sedimentos da Bacia do Espírito Santo. Valores em $\mu\text{g/g}$.

	Média	Desv.-padr.	Mínimo	Máximo
	$\mu\text{g g}^{-1}$			
THP	7,74	21,7	0,52	112,9
Σ n-alcanos	0,61	1,52	0,05	12,8
MCNR	4,3	6,2	-	47,0

Fonte: AS/PEG, 2002.

II.5.1.4.2.5 - HPA

São encontrados dados sobre a distribuição de hidrocarbonetos aromáticos individuais, medidos por cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas, em escala local (no entorno de algumas plataformas) e regional na Bacia do Espírito Santo. Apenas em escala regional há dados sobre o Campo de Golfinho.

Os dados sobre HPAs em sedimentos no entorno de algumas plataformas de exploração/produção são apresentados na **Quadro II.5.1.4-20**. Na **Figura II.5.1.4-35** é apresentada a variação das concentrações de hidrocarbonetos aromáticos totais em diferentes blocos de exploração na bacia. As maiores concentrações para os HPAs totais, na faixa entre 28 e 35 ng g^{-1} encontram-se nos blocos ao norte e no sul, sendo que no bloco BM-ES-2, as concentrações são inferiores.

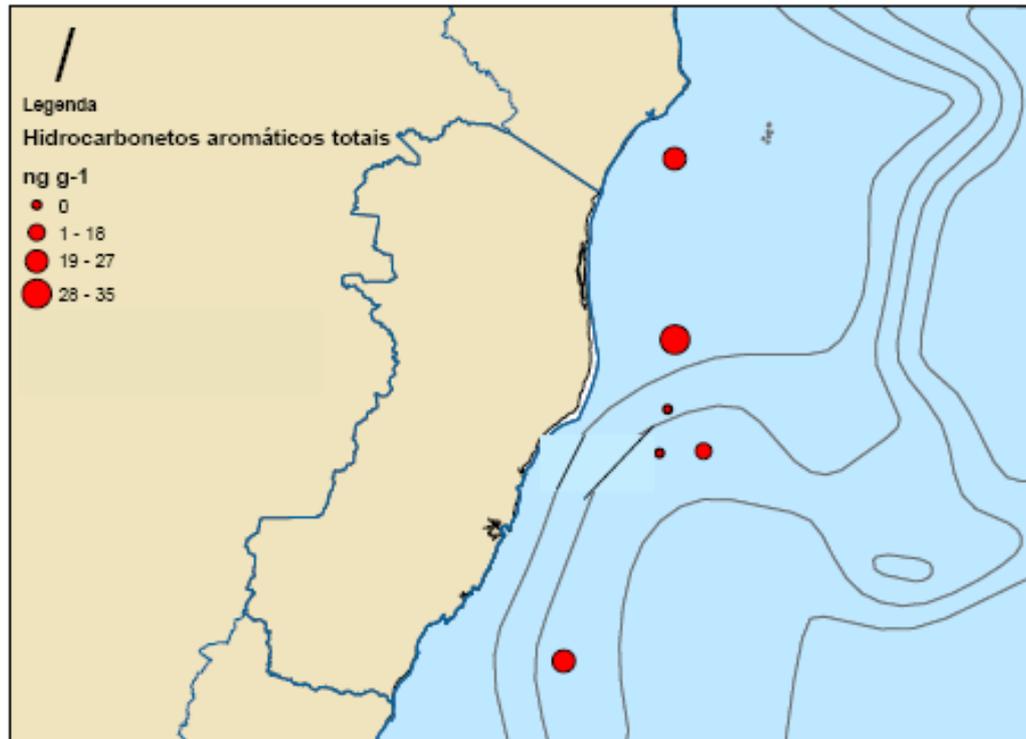
Em escala regional, no entanto, há maior variabilidade nas concentrações do somatório de HPAs totais. Segundo AS/PEG (2002), as concentrações variam entre $<0,1$ e 16.334 ng g^{-1} , com média de $255,6 \text{ ng g}^{-1}$. Há predomínio de aromáticos mais pesados (> 4 anéis aromáticos), além do naftaleno. O valor médio relativamente alto - em comparação com os dados em escala regional - deve-se à influência das estações costeiras, principalmente nos sedimentos próximos à desembocadura do rio Doce.

Quadro II.5.1.4-20 - Concentrações de hidrocarbonetos aromáticos individuais em amostras de sedimento coletadas na Bacia do Espírito Santo

	POÇOS ESTUDADOS NA BACIA DO ESPÍRITO SANTO										
	BAS-89	1-ESS-108			1-ESS-104			1-EES-106	Polvo		
Naftaleno	2,65	4,5	4,86	4,26	5,45	6,78	4,64	3,22	5,84	3,49	3,85
Acenaftaleno	0,4	nd	nd	Nd	0,72	nd	nd	0,59	0,27	nd	nd
Acenaftileno	2,83	2,95	3,01	Nd	2,95	nd	3,04	2,81	0,27	2,92	2,88
Fluoreno	0,67	0,85	0,9	0,84	1,11	0,71	0,99	0,69	0,68	0,79	0,96
Fenantreno	3,71	3,72	4,61	4,16	6,11	4,39	5,42	4,1	3,53	4,14	4,48
Antraceno	0,35	nd	nd	0,26	0,33	0,22	nd	0,36	0,23	nd	0,22
Fluoranteno	0,67	0,85	0,9	0,84	1,11	0,71	0,99	0,69	0,68	0,79	0,96
Pireno	3,63	0,77	1,06	1,34	2,74	1,02	2,19	4,66	1,55	1,55	1,12
Benzo(a)antraceno	3,47	2,5	2,71	2,52	3,05	2,62	2,94	4,14	2,68	2,52	2,48
Criseno	1,86	nd	nd	0,45	1,47	nd	1,65	2,68	0,47	0,4	0,28
Benzo(b)fluoranteno	3,29	nd	0,25	0,64	3,16	nd	1,86	5,73	1,08	0,72	0,37
Benzo(k)fluoranteno	nd	nd	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	Nd	nd	nd
Benzo(a)pireno	1,43	nd	nd	0,25	1,44	nd	0,7	2,59	0,35	0,34	nd
Benzo(ghi)pireno	1,05	nd	nd	Nd	0,57	nd	0,28	1,26	Nd	nd	nd
Indeno(123Cd)pireno	0,94	nd	nd	Nd	0,75	nd	0,53	1,34	0,24	nd	nd
Dibenzo(ah)antraceno	nd	nd	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	Nd	nd	nd
Razões Entre Aromáticos*											
fenantreno/antraceno	10,6	-	-	16,0	18,5	20,0	-	11,4	15,3	-	20,4
fluoranteno/pireno	0,2	1,1	0,8	0,6	0,4	0,7	0,5	0,1	0,4	0,5	0,9
Benzo(a)antraceno/criseno	1,9	-	-	5,6	2,1	-	1,8	1,5	5,7	6,3	8,9
indeno/indeno+benzoperileno	0,5	-	-	-	0,6	-	0,7	0,5	-	-	-

OBS: Cor azul – indica hidrocarboneto de provável origem petrogênica

Cor vermelha – indica hidrocarboneto de provável origem pirolítica



Fonte: (Analytical Solutions & Petroleum and Environmental Geoservice, 2001)

Figura II.5.1.4-35 - Faixas de concentração para o somatório dos 16 HPAs prioritários medidos em sedimentos da Bacia do Espírito Santo.

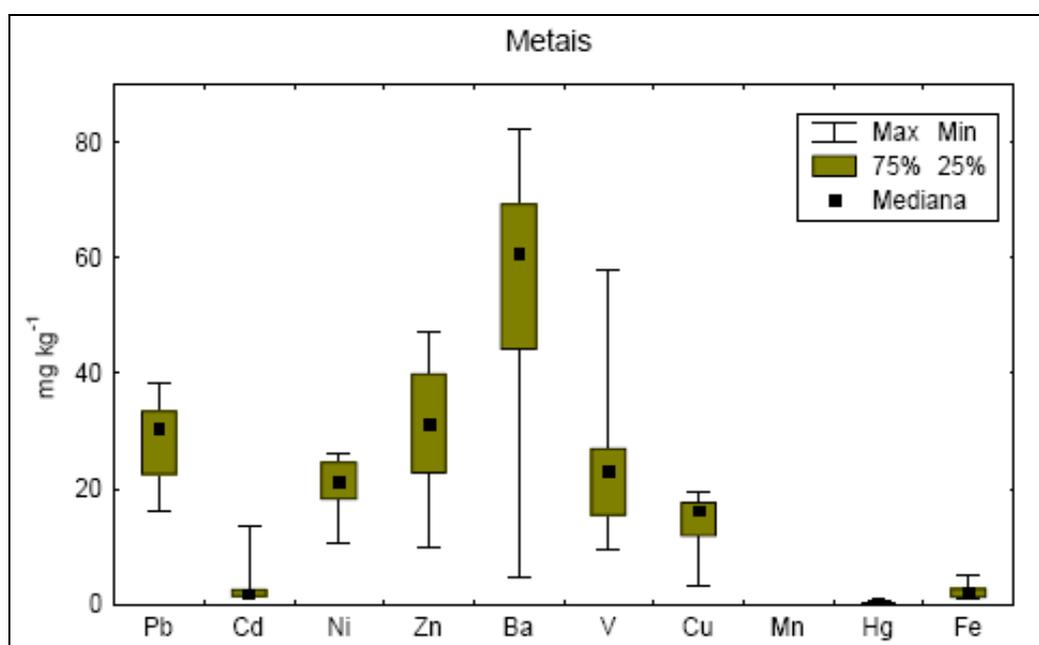
Readman *et al.* (2002) e Zhou & Maskaoui (2003) apresentam tabelas com concentrações de HPAs (somatório para 16 compostos individuais) para diversas áreas sujeitas a diferentes níveis de contaminação, nas quais as concentrações de HPAs oscilam na ordem de algumas dezenas de ng g⁻¹ até a casa de µg g⁻¹ nos locais cronicamente impactados. Valores da ordem de alguns ng g⁻¹ são sempre relacionados a áreas não-impactadas, como é o caso dos sedimentos da Bacia do Espírito Santo. Outros exemplos são os sedimentos ao redor do emissário de Cabiúnas, com concentrações para soma de HPAs individuais entre 8 e 647 ng g⁻¹ (Petrobras, 2002), e no entorno das plataformas de Pampo e Pargo, com variação entre 94 e 138,5 ng g⁻¹ (Petrobras, 1999). Tais valores são comparáveis às concentrações em escala regional na Bacia do Espírito Santo. Todas essas áreas podem ser consideradas como não contaminadas por hidrocarbonetos de petróleo, apesar dos valores médios serem superiores aos encontrados em outras áreas do globo também consideradas livres de contaminação. Desta forma, ressalta-se que, apesar dos recentes esforços no levantamento de dados primários, ainda são necessários mais dados para se estabelecer os níveis de background de hidrocarbonetos aromáticos em sedimentos das bacias sedimentares marinhas brasileiras.

II.5.1.4.2.6 - Metais

Existem na bibliografia consultada nos documentos do CEDOC/IBAMA poucos dados disponíveis sobre a distribuição de metais pesados (Pb, Cd, Ni, Zn, Ba, V, Cu, Mn e Hg) nos sedimentos na área adjacente aos Blocos BM-ES-37, 38, 39, 40 e 41.

De uma forma geral, em escala local, as concentrações de metais nos sedimentos da Bacia do Espírito Santo encontram-se dentro da faixa normal de distribuição em áreas não contaminadas, embora para alguns metais, como o bário, haja grande dispersão nos resultados (Figura II.5.1.4-36).

O mesmo é válido em escala regional, ou seja, os sedimentos da Bacia do Espírito Santo como um todo apresentam concentrações normais de metais pesados, sem quaisquer indícios de atividades antrópicas sobre a distribuição desses elementos, principalmente em relação a metais como vanádio e níquel, que são bons traçadores da presença de hidrocarbonetos petrogênicos no sedimento, ou de bário, extensivamente usado nas etapas de exploração/desenvolvimento de um poço.



Fonte: Analytical Solutions & PEG, 2001.

Figura II.5.1.4-36 - Variação da concentração de metais pesados em sedimentos nas áreas adjacentes aos Blocos BM-ES-37, 38, 39, 40 e 41.