

II.5.1.3 - Qualidade da Água e do Sedimento

A - Qualidade da Água

Como este empreendimento está localizado na área de concessão de Marlim Leste, Bacia de Campos, entende-se que o diagnóstico apresentado ao IBAMA para o Sistema de Produção e Escoamento de Óleo e Gás no Módulo I do Campo de Marlim Leste, a ser realizado através da unidade FPU P-53 (processo 02022.001299/03-48), atende ao solicitado pelo IBAMA no Termo de Referência para o EIA do presente empreendimento. Deste modo, entendemos não ser necessária a apresentação de um diagnóstico complementar para o item Qualidade da Água.

B - Qualidade do Sedimento

A caracterização da qualidade do sedimento para a região de localização do FPSO Cidade Niterói será feita com base nos seguintes estudos realizados em águas profundas da bacia de Campos:

- ★ Relatório de Caracterização Ambiental do Oceano Profundo na Área de Exploração e Produção na Bacia de Campos (OCEANPROF) – BC-Sul (Petrobras/Cenpes, 2003);
- ★ Relatório do Monitoramento Ambiental da Área de Exploração e Produção do Campo de Marlim Sul - Pré-operação das Unidades P 40+38 (Petrobras/Cenpes, 2002a);
- ★ Relatório de Caracterização Ambiental dos Campos de Barracuda e Caratinga (Petrobras/Cenpes, 2002b);
- ★ Relatório de Caracterização Ambiental do Campo de Roncador (Petrobras/Cenpes, 2002c).
- ★ Relatório de Caracterização Ambiental do Campo de Albacora Leste (Petrobras/Cenpes, 2002d).

Adicionalmente às informações destes estudos, foram usados trabalhos encontrados na literatura ou outros estudos que tenham sido realizados na área de influência desta atividade, como o Programa de Monitoramento Ambiental Oceânico da Bacia de Campos (FUNDESPA, 1994).

As diferentes estratégias de amostragem adotadas para a coleta de sedimento nestes estudos estão relacionadas no Quadro II.5.1.3-1. A malha amostral integrada dos estudos utilizados está plotada na Figura II.5.1.3-1. O Quadro II.5.1.3-2 lista tanto as diferentes metodologias analíticas utilizadas em cada estudo quanto os parâmetros analisados.

Quadro II.5.1.3-1 - Estratégia amostral adotada nos estudos realizados na região da Bacia Campos – FUNDESPA e levantamentos na região dos campos de Roncador, Barracuda e Caratinga, Marlim Sul e Marlim Leste e Albacora Leste.

Estudos	Malha amostral	Período de coleta
Bacia de Campos (FUNDESPA, 1994)	Baseada em radiais a partir da costa, com amostragens em 57 pontos, na região compreendida entre 21°30' e 23°30'S de latitude, 39°30' e 42°00'W de longitude, em profundidades variando de 20 e 200 metros.	Duas campanhas (inverno/1991 e verão/1992).
Roncador (Petrobras/Cenpes, 2002c)	Total de 5 estações dispostas sobre as isóbatas 1.200m (3), 1.350m (1), 1.700m (1).	Setembro de 2001
Marlim Sul (Petrobras/Cenpes, 2002a)	Estações no entorno da locação de P-40, posicionadas a 500 e 1.000m de distância da plataforma.	Novembro de 2001
Barracuda e Caratinga (Petrobras/Cenpes, 2002b)	Três estações sobre 4 isóbatas (900, 1000, 1100 e 1200m).	Mai de 2002
Albacora Leste (Petrobras/CENPES, 2002d)	Total de 12 estações sobre as isóbatas de 1200m (3), 1350m (3), 1700m (3) e 1900m (3).	Mai de 2002
Marlim Sul e Marlim Leste (Petrobras/Cenpes, 2003)	Total de 24 estações dispostas nas isóbatas de 750m (4), 1.050m (5), 1.350m (5), 1.650m(5) e 1.950m (5).	Junho 2003

A profundidade de coleta das amostras é um dos principais fatores controladores da distribuição granulométrica, que por sua vez influencia na distribuição dos demais parâmetros (metais, hidrocarbonetos e outros). Com isso, a discussão dos resultados está baseada na profundidade de coleta das amostras de sedimento.

Figura II.5.1.3-1. Localização das estações de coleta de sedimento amostradas em estudos realizados na região oceânica da Bacia Campos - campos de Barracuda e Caratinga, Marlim Sul, Marlim Sul e Marlim Leste e Albacora Leste. (A3)

Figura II.5.1.3-1. *Localização das estações de coleta de sedimento amostradas em estudos realizados na região oceânica da Bacia Campos, nos campos de Barracuda e Caratinga, Marlim Sul, Marlim Sul/Marlim Leste e Albacora Leste. (A3)*

Quadro II.5.1.3-2 - Resumo das metodologias de preparo e análise das amostras de sedimento nos estudos realizados em Marlim Sul, Roncador, Barracuda e Caratinga, Marlim Sul e Marlim Leste e Albacora Leste.
(A3)

Quadro II.5.1.3-2 - Resumo das metodologias de preparo e análise das amostras de sedimento nos estudos realizados em Marlim Sul, Roncador, Barracuda e Caratinga, Marlim Sul e Marlim Leste e Albacora Leste. (A3)

a) *Granulometria*

A distribuição granulométrica até a isóbata de 100m, obtida através das coletas realizadas durante o Programa de Monitoramento Oceânico da Bacia de Campos (FUNDESPA, 1994), é predominantemente caracterizada pela presença de areia média ou grossa e até calcários coralíneos, tipos de granulometria que, segundo os autores, acumulam baixíssimos níveis de hidrocarbonetos, sejam esses biogênicos ou de petróleo.

Os resultados apresentados por este mesmo estudo indicam que as porções interna e média da plataforma continental são cobertas por uma extensa faixa de sedimentos grosseiros (areia fina a média), com teor de lama inferior a 50%. Na plataforma continental externa observa-se uma faixa de biodetritos na região central e uma faixa de sedimentos contendo entre 50 e 75% de lamas a sudoeste de Cabo Frio. Observa-se, do mesmo modo, a ampliação da contribuição da fração silte e argila nas estações com profundidades de até 200m.

As análises da granulometria do sedimento em Barracuda & Caratinga (900 e 1.200m) revelaram o predomínio da fração fina (silte e argila), com conteúdo superior a 70%, e teor médio de carbonatos entre 21% e 42%. Constatou-se, também, o predomínio da fração areia muito fina, seguida pela areia fina na fração de grossos (Petrobras/Cenpes, 2002b).

A análise da granulometria em Marlim Sul (em torno de 1.000m de profundidade) evidenciou areias com lama, com porcentagens de areia variando entre 47% e 64% (Petrobras/Cenpes, 2002a). O teor médio de matéria orgânica separou as estações a jusante da locação da P-40 (menores concentrações) e a montante, onde se observou um enriquecimento de 45% (Petrobras/Cenpes, 2002a).

Na região dos campos de Marlim Sul e Marlim Leste, entre as isóbatas de 750 e 1.950m, foi observada maior variabilidade e dominância das frações argila, silte e areia fina. Os valores médios para a fração fina (silte+argila), em cada isóbata, demonstram um aumento em direção ao fundo. O mesmo acontece com os valores encontrados para carbonato e matéria orgânica, cujos teores médios apresentaram uma maior concentração entre as isóbatas de 750 e 1.950m (Petrobras/Cenpes, 2003).

A granulometria dos sedimentos coletados em Roncador (entre 1.200 e 1.700m de profundidade) apresentou característica bem homogênea, com predominância da fração fina (silte+argila). A fração silte+argila variou de 82% a 91% (Petrobras/Cenpes, 2002c).

A região do campo de Albacora Leste apresenta sedimento composto, fundamentalmente, de silte/argila (média de 68%, na isóbata de 1200m, e de 94 %, na isóbata de 1700m). Nas estações das isóbatas de 1200 e 1350 metros, o percentual de areia muito fina também foi representativo (média de 23% na isóbata de 1200m e de 12% na de 1350m).

Resumindo os resultados encontrados (Quadro II.5.1.3-3), observa-se que a granulometria em águas rasas (até cerca de 200m) é caracterizada por complexos de fáceis sedimentares. Na plataforma continental externa, observa-se a presença de uma granulometria mais fina e homogênea, ou seja, com baixos coeficientes de variação (CV).

De modo geral, este padrão de distribuição granulométrica, com sedimentos mais grosseiros próximos à fonte (continente) e sedimentos mais finos na área mais profunda, já havia sido registrado por Satyanaryana & Ramana (1994) para o mar da Arábia, além de ser largamente descrito na literatura (Summerhayes & Thorpe, 1996 *apud* Petrobras/Cenpes, 2002c).

Com relação ao teor de carbonatos no sedimento, cabe ressaltar que a sua precipitação parece estar relacionada com a baixa acumulação de metais no sedimento, conforme verificado a seguir.

Quadro II.5.1.3-3 - Teor médio da fração fina (silte+argila), de carbonato e da matéria orgânica (média e coeficiente de variação – CV) nos diversos trabalhos realizados na Bacia de Campos.

	N amostral	Profundidade (m)	Silte+Argila (%)	Carbonato (%)	Matéria Orgânica (%)
Bacia de Campos (FUNDESPA, 1994)		12 a 185			
verão	56		17 (151%)	39 (74%)	-
inverno	56		22 (128%)	38 (80%)	-
Marlim Sul/Marlim Leste (Petrobras/Cenpes, 2003)	5	750 a 1.950	77 (17%)	5 (11%)	5 (21%)
Marlim Sul (Petrobras/Cenpes, 2002a)	4	~1.000	62 (15%)	-	4 (23%)

(continua)

Quadro II.5.1.3-3 (conclusão)

	N amostral	Profundidade (m)	Silte+Argila (%)	Carbonato (%)	Matéria Orgânica (%)
Barracuda&Caratinga (Petrobras/Cenpes, 2002b)	11	900 a 1.200	88 (7%)	10 (5%)	-
Roncador (Petrobras/Cenpes, 2002c)	5	1.200 a 1.700	84 (11%)	-	-
Albacora Leste (Petrobras/Cenpes, 2002d)	12	1.200 a 1.900	84 (12%)	41(14%)	13 (17%)

b) Metais

Cabe ressaltar que devido à falta de dados primários, não serão avaliados os metais As e Mn.

- Ferro (Fe)

Os valores de concentração de Ferro nos sedimentos coletados em Roncador (entre 1.200 e 1.700m de profundidade) mostraram uma tendência de aumento com a profundidade, atingindo um valor máximo de $14400 \mu\text{g.g}^{-1}$ e mínimo de $8400 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Petrobras/Cenpes, 2002c).

Em Albacora Leste as concentrações de Ferro oscilaram entre $3810 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $13990 \mu\text{g.g}^{-1}$, sendo sensivelmente maiores na isóbata de 1900 metros.

No Quadro II.5.1.3-4 apresenta-se um resumo das concentrações de Ferro encontradas na região da Bacia de Campos.

Quadro II.5.1.3-4 - Concentrações de Ferro ($\mu\text{g.g}^{-1}$) encontradas na Bacia de Campos.

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
Roncador (Petrobras/Cenpes, 2002c)	5	1.200 a 1.700	8400	14400
Albacora Leste (Petrobras/Cenpes, 2002d)	12	1.200 a 1.900	3810	13990

No Quadro II.5.1.3-5 faz-se uma comparação entre as concentrações de Fe encontradas na Bacia de Campos e em ambientes sedimentares.

Quadro II.5.1.3-5 - Concentrações de Ferro ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em diversos ambientes.

Rocha Sedimentar*	Carbonato*	Bacia de Campos <i>MD \pm DV (N)</i>
		> 200m
47,0	3,8	10,2 \pm 5 (17)
* Förstner e Wittmann, 1983 MD – Média de todos os estudos DV – Desvio padrão N – Número Amostral		

- Bário (Ba)**

O sulfato de bário, que possui baixa solubilidade em água do mar e alta densidade, apresenta longo tempo de residência nos sedimentos adjacentes a plataformas. Este composto é o principal componente da barita, fluido a base de água amplamente utilizado na perfuração de poços (Patin, 1999).

Nos campos de Barracuda e Caratinga, as concentrações registradas para o Bário foram superiores às reportadas na literatura para sedimentos carbonáticos¹. Em Roncador o valor médio de concentração de Bário obtido foi de $189 \pm 86 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Petrobras/Cenpes, 2002c).

Para o campo de Albacora Leste, o bário apresentou maiores concentrações nas estações menos profundas (isóbatas de 1200 e 1350 metros), oscilando entre $160 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $290 \mu\text{g.g}^{-1}$. As menores concentrações ($100\text{-}130 \mu\text{g.g}^{-1}$) foram registradas nas estações mais profundas (isóbatas de 1700 e 1900 metros).

As concentrações de Ba encontradas nos vários estudos na Bacia de Campos citados neste documento encontram-se resumidas no Quadro II.5.1.3-6, a seguir.

Quadro II.5.1.3-6 - Concentrações de Bário ($\mu\text{g.g}^{-1}$) encontradas na Bacia de Campos.

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
Marlim Sul (Petrobras/Cenpes, 2002a)	4	~1.000	249	318
Barracuda&Caratinga (Petrobras/Cenpes, 2002b)	11	900 a 1.200	61	236
Roncador (Petrobras/Cenpes, 2002c)	5	1.200 a 1.700	83	279
Albacora Leste (Petrobras/Cenpes, 2002d)	12	1.200 a 1.900	99,9	286

¹ Esta comparação com sedimentos carbonáticos foi feita para diversos metais, já que o teor de carbonatos na Bacia de Campos é bastante alto.

No geral, as concentrações de Bário na Bacia de Campos se mostraram dentro da faixa de variação encontrada na literatura, embora relativamente superiores aos valores para sedimentos carbonáticos (Quadro II.5.1.3-7).

Quadro II.5.1.3-7 - Concentração de Bário ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em diversos ambientes.

Rocha Sedimentar*	Argila de Mar Profundo*	Carbonato*	Bacia de Campos <i>MD \pm DV (N)</i>
			> 200m
580	2300	10	201 \pm 103 (32)
* Förstner e Wittmann, 1983 MD – Média de todos os estudos DV – Desvio padrão N – Número Amostral			

- *Chumbo (Pb)*

As concentrações médias de Pb em Marlim Sul estiveram em torno de $10 \mu\text{g.g}^{-1}$, estando pouco acima das concentrações reportadas para sedimentos carbonáticos (Petrobras/Cenpes, 2002a), conforme pode ser visto no Quadro II.5.1.3-12.

Já nos campos de Barracuda e Caratinga foi observada uma correlação entre as concentrações deste metal e a fração fina da granulometria. Também se observou um enriquecimento em Chumbo nestes campos, quando comparado a outros locais da Bacia de Campos e a sedimentos carbonáticos (Petrobras/Cenpes, 2002b).

Os valores de concentração de Pb na área do campo de Roncador mostraram-se relativamente menores que em outras áreas profundas (maiores que 200m), apresentando um valor médio de $7 \pm 1 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Petrobras/Cenpes, 2002c).

Para o Campo de Albacora Leste, as concentrações de Chumbo foram relativamente homogêneas, oscilando numa faixa entre $3,9 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $11,4 \mu\text{g.g}^{-1}$.

As variações nas concentrações de chumbo encontradas na Bacia de Campos encontram-se listadas no Quadro II.5.1.3-8, abaixo.

Quadro II.5.1.3-8 - Concentrações de chumbo ($\mu\text{g.g}^{-1}$) encontradas em levantamentos realizados na Bacia de Campos.

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
Marlim Sul (Petrobras/Cenpes, 2002a)	4	~1.000	8	11
Barracuda&Caratinga (Petrobras/Cenpes, 2002b)	11	900 a 1.200	4	29
Roncador (Petrobras/Cenpes, 2002c)	5	1.200 a 1.700	5	9
Albacora Leste (Petrobras/Cenpes, 2002d)	12	1.200 a 1.900	3	11

As concentrações de Chumbo na região mais profunda da Bacia de Campos, apresentam valores médios pouco acima do registrado para sedimentos carbonáticos, conforme pode ser visto no Quadro II.5.1.3-9, a seguir.

Quadro II.5.1.3-9 - Concentração de Chumbo ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em diversos ambientes.

Rocha Sedimentar*	Argila de Mar Profundo*	Carbonato*	Bacia de Campos <i>MD ± DV (N)</i>
			> 200m
20	80	9	10 ± 8 (32)
* Förstner e Wittmann, 1983 MD – Média de todos os estudos DV – Desvio padrão N – Número Amostral			

- **Cromo (Cr)**

Nos campos de Barracuda e Caratinga (média de $26 \mu\text{g.g}^{-1}$) e no campo de Marlim Sul (média de $33 \mu\text{g.g}^{-1}$), as concentrações de Cromo encontradas foram elevadas se comparadas ao observado para sedimentos carbonáticos e outros trabalhos realizados na Bacia de Campos (Petrobras/Cenpes, 2002b; Petrobras/Cenpes, 2002a). Em Roncador, as concentrações de Cromo apresentaram valor mínimo de $23 \mu\text{g.g}^{-1}$ e máximo de $33 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Petrobras/Cenpes, 2002c).

O Cromo apresentou um padrão homogêneo, com maiores concentrações (valor de $39,3 \mu\text{g.g}^{-1}$) registradas na isóbata de 1350 metros no campo de Albacora Leste (Petrobras/Cenpes, 2002d).

As concentrações de Cromo encontradas em estudos realizados na Bacia de Campos encontram-se resumidas no Quadro II.5.1.3-10.

Quadro II.5.1.3-10 - Concentrações de Cromo ($\mu\text{g.g}^{-1}$) encontradas em levantamentos realizados na Bacia de Campos.

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
Marlim Sul (Petrobras/Cenpes, 2002a)	4	~1.000	27	35
Barracuda&Caratinga (Petrobras/Cenpes, 2002b)	11	900 a 1.200	10	43
Roncador (Petrobras/Cenpes, 2002c)	5	1.200 a 1.700	23	33
Albacora Leste (Petrobras/Cenpes, 2002d)	12	1.200 a 1.900	20	39

Quando comparadas com o valor padrão para sedimentos carbonáticos, as concentrações de Cr na Bacia de Campos, de maneira geral, são similares (Quadro II.5.1.3-11).

Quadro II.5.1.3-11 - Concentração de Cromo ($\mu\text{g.g}^{-1}$) para ambientes diversos.

Rocha Sedimentar*	Argila de Mar Profundo*	Carbonato*	Bacia de Campos <i>MD \pm DV (N)</i>
			> 200m
90	90	11	29 \pm 10 (32)
* Förstner e Wittmann, 1983 MD – Média de todos os estudos DV – Desvio padrão N – Número Amostral			

- Cobre (Cu)**

Os valores de Cu encontrados nos campos de Barracuda e Caratinga (Petrobras/Cenpes, 2002b) e no campo de Marlim Sul (Petrobras/Cenpes, 2002a) foram superiores aos valores reportados para sedimentos carbonáticos ($4 \mu\text{g.g}^{-1}$). Os valores de Cobre registrados para o sedimento do campo de Roncador demonstraram um leve enriquecimento nesta região, quando comparada a regiões mais rasas, de até 50 m, com um valor de concentração médio de $14 \pm 3 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Petrobras/Cenpes, 2002c).

Em Albacora Leste os níveis de cobre foram relativamente menores na isóbata de 1200 metros, com concentração de $12,1 \mu\text{g.g}^{-1}$, apresentando um valor de concentração média de $19 \pm 4 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Petrobras/Cenpes, 2002d).

As concentrações de Cobre obtidas nos estudos realizados na Bacia de Campos estão relacionadas no Quadro II.5.1.3-12.

Quadro II.5.1.3-12 - Concentrações de Cobre ($\mu\text{g.g}^{-1}$) encontradas em levantamentos realizados na Bacia de Campos.

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
Marlim Sul (Petrobras/Cenpes, 2002a)	4	~1.000	7	13
Barracuda&Caratinga (Petrobras/Cenpes, 2002b)	11	900 a 1.200	14	19
Roncador (Petrobras/Cenpes, 2002c)	5	1.200 a 1.700	9	17
Albacora Leste (Petrobras/Cenpes, 2002c)	12	1.200 a 1.900	12	27,1

Em geral, a concentração média de Cu na Bacia de Campos encontra-se levemente acima do esperado para reportada pela literatura para sedimentos carbonáticos (Quadro II.5.1.3-13).

Quadro II.5.1.3-13 - Concentração de Cobre ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em diversos ambientes.

Rocha Sedimentar*	Argila de Mar Profundo*	Carbonato*	Bacia de Campos <i>MD ± DV (N)</i>
			> 200m
45	250	4	15 ± 4 (32)
* Förstner e Wittmann, 1983 MD – Média de todos os estudos DV – Desvio padrão N – Número Amostral			

- **Zinco (Zn)**

As concentrações de Zn nos campos de Barracuda e Caratinga, Marlim Sul e Roncador apresentaram-se com concentrações bem semelhantes (Petrobras/Cenpes, 2002b; Petrobras/Cenpes, 2002a; Petrobras/Cenpes, 2002c).

Para Albacora Leste os níveis de Zinco não apresentaram diferenças claras entre as isóbatas, com uma concentração média de $32,61 \pm 6 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Petrobras/Cenpes, 2002d).

Os valores de concentração de Zinco obtidos nos estudos acima citados encontram-se resumidos no Quadro II.5.1.3-14, abaixo.

Quadro II.5.1.3-14 - Concentrações de Zinco ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em levantamentos realizados na Bacia de Campos.

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
Marlim Sul (Petrobras/Cenpes, 2002a)	4	~1.000	30	37
Barracuda&Caratinga (Petrobras/Cenpes, 2002b)	11	900 a 1.200	23	38
Roncador (Petrobras/Cenpes, 2002c)	5	1.200 a 1.700	29	38
Albacora Leste (Petrobras/Cenpes, 2002d)	12	1.200 a 1.900	23	43,3

De maneira geral, quando comparado a sedimentos carbonáticos, as concentrações de Zn da Bacia de Campos mostraram-se enriquecidas (Quadro II.5.1.3-15).

Quadro II.5.1.3-15 - Concentração de Zinco ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em diversos ambientes.

Rocha Sedimentar*	Argila de Mar Profundo*	Carbonato*	Bacia de Campos MD \pm DV (N)
			> 200m
95	165	20	32 \pm 7 (32)
* Förstner e Wittmann, 1983 MD – Média de todos os estudos DV – Desvio padrão N – Número Amostral			

- Níquel (Ni)**

A concentração de Níquel nos sedimentos coletados em Roncador (entre 1.200 e 1.700m de profundidade) apresentou um valor médio de $13 \pm 8 \mu\text{g.g}^{-1}$, estando um pouco abaixo do valor de referência para áreas costeiras do Rio de Janeiro (Petrobras/Cenpes, 2002c).

Em Albacora Leste o Níquel apresentou padrão homogêneo, com as maiores concentrações ($33,9 \mu\text{g.g}^{-1}$) sendo registradas na isóbata de 1900 metros.

A variação das concentrações de Ni encontrada na Bacia de Campos encontra-se reportada no Quadro II.5.1.3-16.

Quadro II.5.1.3-16 - Concentrações de Níquel ($\mu\text{g.g}^{-1}$) encontradas na Bacia de Campos.

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
Roncador (Petrobras/Cenpes, 2002c)	5	1.200 a 1.700	n.d.	21
Albacora Leste (Petrobras/Cenpes, 2002d)	12	1.200 a 1.900	19	34

n.d. – não detectável

Comparando-se os valores apresentados nos Quadros II.5.1.3-16 e II.5.1.3-17, percebe-se que o valor médio de Ni encontrado na Bacia de Campos é inferior aos valores reportados para este metal na literatura.

Quadro II.5.1.3-17 - Concentração de Níquel ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em diversos ambientes.

Rocha Sedimentar*	Argila de Mar Profundo*	Arenito*	Carbonato*	Bacia de Campos MD \pm DV (N)
				> 200m
68	225	2	20	18 \pm 14 (17)
* Förstner e Wittmann, 1983 MD – Média de todos os estudos DV – Desvio padrão N – Número Amostral				

- **Cádmio (Cd)**

Quando comparados aos valores da literatura para sedimentos carbonáticos e àqueles observados em outros estudos realizados na Bacia de Campos, os valores de Cd encontrados em Barracuda e Caratinga foram muito elevados, chegando a até $2,0 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Petrobras/Cenpes, 2002b). As concentrações encontradas em Marlim Sul também se apresentaram maiores do que o esperado para sedimentos carbonáticos (Petrobras/Cenpes, 2002a). Em Roncador (Petrobras/Cenpes, 2002c) e Albacora Leste (Petrobras/Cenpes, 2002d), os valores de concentração de Cádmio apresentaram valores inferiores a $0,1 \mu\text{g.g}^{-1}$, em todas as estações.

Os valores de Cd encontrados na região da Bacia de Campos encontram-se listados no quadro abaixo. Cabe ressaltar que cada trabalho possui seu limite de detecção específico, que pode ou não coincidir, em função da técnica de análise utilizada.

Quadro II.5.1.3-18 - Concentrações de Cádmio ($\mu\text{g.g}^{-1}$) encontradas em levantamentos realizados na Bacia de Campos.

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
Marlim Sul (Petrobras/Cenpes, 2002a)	4	~1.000	0,2	0,5
Barracuda&Caratinga (Petrobras/Cenpes, 2002b)	11	900 a 1.200	0,4	2,0
Roncador (Petrobras/Cenpes, 2002c)	5	1.200 a 1.700	n.d.	< 0,1
Albacora Leste (Petrobras/Cenpes, 2002d)	12	1.200 a 1.900	n.d.	< 0,1

n.d. – não detectável

Observa-se que, quando comparado a sedimentos carbonáticos, as concentrações de Cádmio observadas na Bacia de Campos encontram-se relativamente elevadas (Quadro II.5.1.3-19).

Quadro II.5.1.3-19 - Concentração de Cádmio ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em diversos ambientes.

Rocha Sedimentar*	Argila de Mar Profundo*	Carbonato*	Bacia de Campos <i>MD ± DV (N)</i>
			> 200m
0,3	0,4	0,04	1,0 ± 0,6 (32)

* Förstner e Wittmann, 1983
MD – Média de todos os estudos DV – Desvio padrão N – Número Amostral

- **Mercúrio (Hg)**

As concentrações de Hg reportadas para os campos de Barracuda e Caratinga (Petrobras/Cenpes, 2002b), Marlim Sul (Petrobras/Cenpes, 2002a) e Roncador (Petrobras/Cenpes, 2002c) estiveram bem abaixo dos limites reportados para sedimentos carbonáticos.

Nos estudos realizados na região da Bacia de Campos, as concentrações de Mercúrio foram similares entre os estudos utilizados, exceto para Albacora Leste, conforme pode ser visto no Quadro II.5.1.3-20, onde os valores apresentaram, também, uma ampla faixa de variação espacial, entre 5 – 60 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (Petrobras/Cenpes, 2002d).

Quadro II.5.1.3-20 - Concentrações de Mercúrio ($\mu\text{g.g}^{-1}$) encontradas na Bacia de Campos.

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
Marlim Sul (Petrobras/Cenpes, 2002a)	4	~1.000	0,02	0,02
Barracuda&Caratinga (Petrobras/Cenpes, 2002b)	11	900 a 1.200	0,01	0,05
Roncador (Petrobras/Cenpes, 2002c)	5	1.200 a 1.700	0,01	0,02
Albacora Leste (Petrobras/Cenpes, 2002d)	12	1.200 a 1.900	5	60

Pelo Quadro II.5.1.3-21, pode-se notar que as concentrações de Hg no sedimento da Bacia de Campos encontram-se de acordo com o reportado na literatura.

Quadro II.5.1.3-21 - Concentração de Mercúrio ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em diversos ambientes.

Rocha Sedimentar*	Argila de Mar Profundo*	Carbonato*	Bacia de Campos <i>MD ± DV (N)</i>
			> 200m
0,4	0,001 – 0,4	0,4	0,02 ± 0,01 (32)
* Förstner e Wittmann, 1983 MD – Média de todos os estudos DV – Desvio padrão N – Número Amostral			

- **Vanádio (V)**

Na crosta terrestre, as concentrações de Vanádio estão em torno de 150 $\mu\text{g/g}$ (WHO, 2000), sendo o intemperismo da crosta o principal caminho de entrada natural deste elemento no ambiente marinho (Bishop, 1983; WHO, 2000).

Nos campos de Barracuda e Caratinga, as concentrações deste elemento estiveram em torno de 47 $\mu\text{g.g}^{-1}$, com os maiores valores apresentando relação ao aumento da fração fina do sedimento (Petrobras/Cenpes, 2002b). Em Marlim Sul, as concentrações oscilaram em torno de 42 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (Petrobras/Cenpes, 2002a). No campo de Roncador, a concentração de Vanádio apresentou valor médio de $42 \pm 13 \mu\text{g.g}^{-1}$, não tendo sido observadas diferenças claras entre as isóbatas (Petrobras/Cenpes, 2002c).

No Quadro II.5.1.3-22 estão listadas as concentrações de Vanádio encontradas nos diversos estudos realizados na Bacia de Campos e, logo em seguida, no Quadro II.5.1.3-23, valores comparativos de Vanádio em diversos ambientes.

Quadro II.5.1.3-22 - Concentrações de Vanádio ($\mu\text{g.g}^{-1}$) encontradas na Bacia de Campos.

	N amostral	Profundidade (m)	Mínimo	Máximo
Marlim Sul (Petrobras/Cenpes, 2002a)	4	~1.000	35	48
Barracuda&Caratinga (Petrobras/Cenpes, 2002b)	11	900 a 1.200	34	89
Roncador (Petrobras/Cenpes, 2002c)	5	1.200 a 1.700	19	49
Albacora Leste (Petrobras/Cenpes, 2002d)	12	1.200 a 1.900	22	64

No quadro abaixo, são apresentadas as concentrações de Vanádio observadas em sedimentos carbonáticos. Percebe-se que as concentrações encontradas na Bacia de Campos estão levemente superiores quando comparadas com sedimento carbonáticos.

Quadro II.5.1.3-23 - Concentração de Vanádio ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em diversos ambientes.

Rocha Sedimentar*	Argila de Mar Profundo*	Carbonato*	Bacia de Campos <i>MD ± DV (N)</i>
			> 200m
130	120	20	47 ± 8 (32)
* Förstner e Wittmann, MD – Média de todos os estudos DV – Desvio padrão N – Número Amostral			

c) Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP), N-alcanos e Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)

Durante o Programa de Monitoramento Ambiental da Bacia de Campos (FUNDESPA, 1994), foram avaliados os valores de hidrocarbonetos da fração saturada, obtidos através de cromatografia gasosa de alta resolução. Durante a campanha realizada no inverno de 1991, os sedimentos apresentaram valores na faixa de não detectável ($< 0,02 \mu\text{g. g}^{-1}$ para parafinas individuais) até um máximo de $2,08 \mu\text{g. g}^{-1}$. Na campanha do verão de 1992, as concentrações de hidrocarbonetos saturados oscilaram entre $<0,02 \mu\text{g. g}^{-1}$ a $5,49 \mu\text{g. g}^{-1}$. Ressalta-se que na região costeira, onde são grandes os aportes de matéria orgânica e de diversos poluentes provenientes do continente, maiores concentrações de hidrocarbonetos são esperadas (Nishigima *et al.*, 2001).

Na região de Marlim Sul e Marlim Leste, amostrada durante a campanha OCEANPROF II, a faixa de variação dos *n-alcanos* foi de 0,19 a $1,75 \mu\text{g. g}^{-1}$. Neste trabalho, testes estatísticos não paramétricos identificaram um enriquecimento nos valores de *n-alcanos* na camada superficial do sedimento (0 a 2cm). O aumento das concentrações dos hidrocarbonetos alifáticos totais, juntamente com uma contribuição significativa da MCRN na camada superficial parece indicar maior contribuição de hidrocarbonetos petrogênicos. Contudo, não

é possível identificar se esta contribuição é de origem antrópica ou natural (exudação) (Petrobras/Cenpes, 2003).

Os teores de *n-alcanos* encontrados ao redor da locação da plataforma P-40, em Marlim Sul, variaram entre 0,11 e 0,67 $\mu\text{g. g}^{-1}$ (Petrobras/Cenpes, 2002a), com os perfis cromatográficos indicando uma origem biogênica (de vegetais superiores) para os *n-alcanos* encontrados.

No geral, os valores de HTP obtidos em Barracuda e Caratinga estiveram em torno de 0,49 $\mu\text{g.g}^{-1}$ sendo considerados baixos e típicos de ambientes não contaminados por hidrocarbonetos de petróleo (Petrobras/Cenpes, 2002b). Em grande parte das amostras, observou-se a presença de mistura complexa não resolvida (MCRN) na fração mais leve, o que os autores especularam poderia estar associado a possível contaminação com diesel durante a coleta (Petrobras/Cenpes, 2002b).

As análises de *n-alcanos* realizadas em sedimentos coletados no campo de Roncador apontaram valores entre 0,24 e 904,61 $\mu\text{g.g}^{-1}$. A análise dos perfis cromatográficos, marcadamente em algumas estações, revelou o aporte de hidrocarbonetos de origem antrópica de produto refinado do petróleo, indicando a ocorrência de contaminação durante a coleta (Petrobras/Cenpes, 2002c). Desconsiderando a amostra onde a contaminação é muito evidente, obtém-se um teor médio de *n-alcanos* de 0,50 $\mu\text{g.g}^{-1}$ para aquela região.

No Quadro II.5.1.3-24, encontram-se resumidos os valores de HTP e *n-alcanos* registrados nos vários estudos realizados na Bacia de Campos.

Quadro II.5.1.3-24 - Concentração de hidrocarbonetos totais de petróleo – HTP e *n-alcanos* (média e coeficiente de variação – CV) observados nos vários levantamentos realizados na Bacia de Campos.

	N amostral	Profundidade (m)	<i>n-alcanos</i> - ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	http - ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
Marlim Sul/Marlim Leste (Petrobras/Cenpes, 2003)	24	750 a 1.950	0,85 (40%)	•
Marlim Sul (Petrobras/Cenpes, 2002a)	4	~1.000	0,35 (55%)	•
Barracuda&Caratinga (Petrobras/Cenpes, 2002b)	12	900 a 1.200	•	0,49 (27%)
Roncador (Petrobras/Cenpes, 2002c)	5	1.200 a 1.700	0,50 (41%)	•
• – não analisado				

As amostras coletadas em Marlim Sul e Marlim Leste durante a campanha OCEANPROF II, apresentaram concentrações baixas de HPA's, com máximo de $0,99 \mu\text{g.g}^{-1}$. Tal qual o observado para os *n-alcanos*, verificou-se o enriquecimento superficial de concentrações (Petrobras/Cenpes, 2003).

Em Marlim Sul, os HPA's foram encontrados em concentrações inferiores a $0,07 \mu\text{g.g}^{-1}$, o que os coloca abaixo do nível associado a efeitos tóxicos na biota marinha, que é de $4,00 \mu\text{g/g}$ (Petrobras/Cenpes, 2002a).

As concentrações de HPA's em Roncador variaram de $0,01$ a $0,14 \mu\text{g.g}^{-1}$, estando dentro dos níveis considerados normais para HPA's em outros ambientes aquáticos (Petrobras/Cenpes, 2002c).

O Quadro II.5.1.3-25 apresenta um resumo dos resultados de HPA's encontrados nos estudos realizados na Bacia de Campos.

Quadro II.5.1.3-25 - Concentrações de hidrocarbonetos poliaromáticos totais – HPA's (média e coeficiente de variação – CV) observados nos vários levantamentos realizados na Bacia de Campos.

	N amostral	Profundidade (m)	HPA - ($\mu\text{g/g}$)
Marlim Sul/Marlim Leste (Petrobras/Cenpes, 2003)	24	750 a 1.950	0,01 (142%)
Marlim Sul (Petrobras/Cenpes, 2002a)	4	~1.000	0,01 (52%)
Barracuda&Caratinga (Petrobras/Cenpes, 2002b)	12	900 a 1.200	0,49 (27%)
Roncador (Petrobras/Cenpes, 2002c)	5	1.200 a 1.700	0,06 (80%)

Os valores de HTP, *n-alcanos* e HPA's observados no sedimento da Bacia de Campos sugerem a inexistência de contaminação por hidrocarbonetos. Segundo Petrobras/Cenpes (2003), embora se verifique o acúmulo de HPA's em algumas regiões, a região oceânica da Bacia de Campos não apresenta indícios de impacto relevante da atividade petrolífera.

d) Carbono orgânico, Nitrogênio e Fósforo

A caracterização química dos componentes da matéria orgânica no sedimento marinho tem elucidado alguns aspectos da geoquímica orgânica. Usualmente, isso envolve a determinação, no sedimento, de parâmetros tais

como percentual de Carbono (C), Nitrogênio (N) e Fósforo (P) (Libes, 1992), já que estes são os principais elementos constituintes da matéria orgânica.

Os valores de concentração de Carbono orgânico, Nitrogênio total e Fósforo orgânico para a Bacia de Campos são apresentados no Quadro II.5.1.3-26.

Em Barracuda & Caratinga (900 e 1.200m), o conteúdo de Carbono orgânico apresentou valor médio de concentração de $1,02 \pm 0,11\%$, sendo observada uma leve tendência de enriquecimento deste elemento em áreas menos profundas (Petrobras/Cenpes, 2002b). Os valores de Nitrogênio total variaram de $0,11\%$ a $0,29\%$, com valor médio de $0,19 \pm 0,02\%$ (Petrobras/Cenpes, 2002b). O fósforo total apresentou valor médio de $582 \pm 86\mu\text{g.g}^{-1}$, com máximo de $700\mu\text{g.g}^{-1}$ na estação localizada a 1.000m de profundidade. (Petrobras/Cenpes, 2002b).

A análise da composição elementar do sedimento na área de Marlim Sul (em torno de 1.000m de profundidade) apontou para um valor médio de Carbono orgânico de $1,66 \pm 0,34\%$, estando próximo dos valores descritos por Carvalho (2002) para sedimentos coletados em profundidades de cerca de 1.000m, na região em frente aos Rios Doce e Paraíba do Sul, (Petrobras/Cenpes, 2002a). O Nitrogênio total foi praticamente constante nas estações de coleta, estando em torno de $0,11 \pm 0,01\%$ (Petrobras/Cenpes, 2002a). O teor de fósforo total apresentou valor médio de $444 \pm 19\mu\text{g.g}^{-1}$, variando muito pouco entre as estações (Petrobras/Cenpes, 2002a).

Na região dos campos de Marlim Sul e Marlim Leste, entre as isóbatas de 750 e 1.950m, o Carbono orgânico demonstrou uma leve tendência decrescente em direção a maiores profundidades, com valores médios de $0,99 \pm 0,19\%$ (Petrobras/Cenpes, 2003). O valor médio de concentração de Nitrogênio total nos sedimentos da área destes campos foi de $0,12 \pm 0,03\%$, sendo observado um maior acúmulo de Nitrogênio total no sedimento com o aumento da profundidade, ilustrando a importância do conteúdo de silte e argila na distribuição deste elemento (Petrobras/Cenpes, 2003).

A composição elementar dos sedimentos coletados em Roncador (entre 1.200 e 1.700m de profundidade) mostrou-se bastante homogênea, com valores médios de $0,88 \pm 0,25\%$, $0,10 \pm 0,04\%$ e $542 \pm 88\mu\text{g.g}^{-1}$ para o Carbono orgânico, Nitrogênio total e Fósforo total, respectivamente (Petrobras/Cenpes, 2002c).

Já a região do campo de Albacora Leste apresentou altos teores de carbono total, com o valor médio de $411,3 \pm 55,9 \mu\text{g.g}^{-1}$. A fração inorgânica foi a mais abundante, representando mais que 70% do total. Ressalta-se que o sedimento das isóbatas de 1700 e 1900 metros apresentou maiores teores tanto de carbono inorgânico como orgânico.

Quadro II.5.1.3-26 - Teores de Carbono orgânico (C org), Nitrogênio total (N total), Fósforo orgânico (P org) e Fósforo total (P total), apresentando a média e coeficiente de variação – CV, em diversos trabalhos na Bacia de Campos.

	N amostral	Profundidade (m)	C org (%)	N total (%)	P org ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	P total ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
Marlim Sul/Marlim Leste (Petrobras/Cenpes, 2003)	5	750 a 1.950	0,99 (19%)	0,12 (26%)	-	-
Marlim Sul (Petrobras/Cenpes, 2002a)	4	~1.000	1,66 (21%)	0,11 (11%)	-	444 (4%)
Barracuda&Caratinga (Petrobras/Cenpes, 2002b)	11	900 a 1.200	1,02 (11%)	0,19 (11%)	-	582 (15%)
Roncador (Petrobras/Cenpes, 2002c)	5	1.200 a 1.700	0,88 (29%)	0,10 (45%)	-	542 (16%)
Albacora Leste (Petrobras/Cenpes, 2002d)	12	1.200 a 1.900	112,7 (21,2%)	19,3 (21,5%)	-	5,3 (9,2%)