

II.5.1.3 - Qualidade da Água e do Sedimento

A) Qualidade da Água

Para a caracterização da qualidade da água da área de influência do Bloco Exploratório Aruanã, Bacia de Campos, foram levantados dados e informações existentes em alguns estudos realizados próximos da região, visando uma melhor diagnose do ambiente sob a influência da atividade. Foram compilados dados dos seguintes estudos:

- ★ Relatório Final do Programa de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção de Petróleo na Bacia de Campos, RJ (Petrobras/Cenpes, 2001a) – Plataforma de Pampo;
- ★ Monitoramento Ambiental das Plataformas de Produção da Unidade de Negócio de Exploração e Produção do Rio de Janeiro (UN-RIO) na Bacia de Campos – Plataforma P 40– Relatório de Resultados (PETROBRAS, 2007);
- ★ Monitoramento Ambiental das Plataformas de Produção da Unidade de Negócio de Exploração e Produção do Rio de Janeiro (UN-RIO) na Bacia de Campos – Plataforma FPSO Marlim Sul – Relatório Consolidado (PETROBRAS, 2008);
- ★ Projeto de Monitoramento Ambiental – Campanha Oceanográfica - FPSO Espadarte (Petrobras, 2009);

Na Figura II.5.1.3-1 está representada cartograficamente a localização das Unidades Marítimas dos estudos citados. Os estudos de Pampo e Espadarte foram realizados bastante próximos do empreendimento, a cerca de 20 km a Leste e a Nordeste, respectivamente.

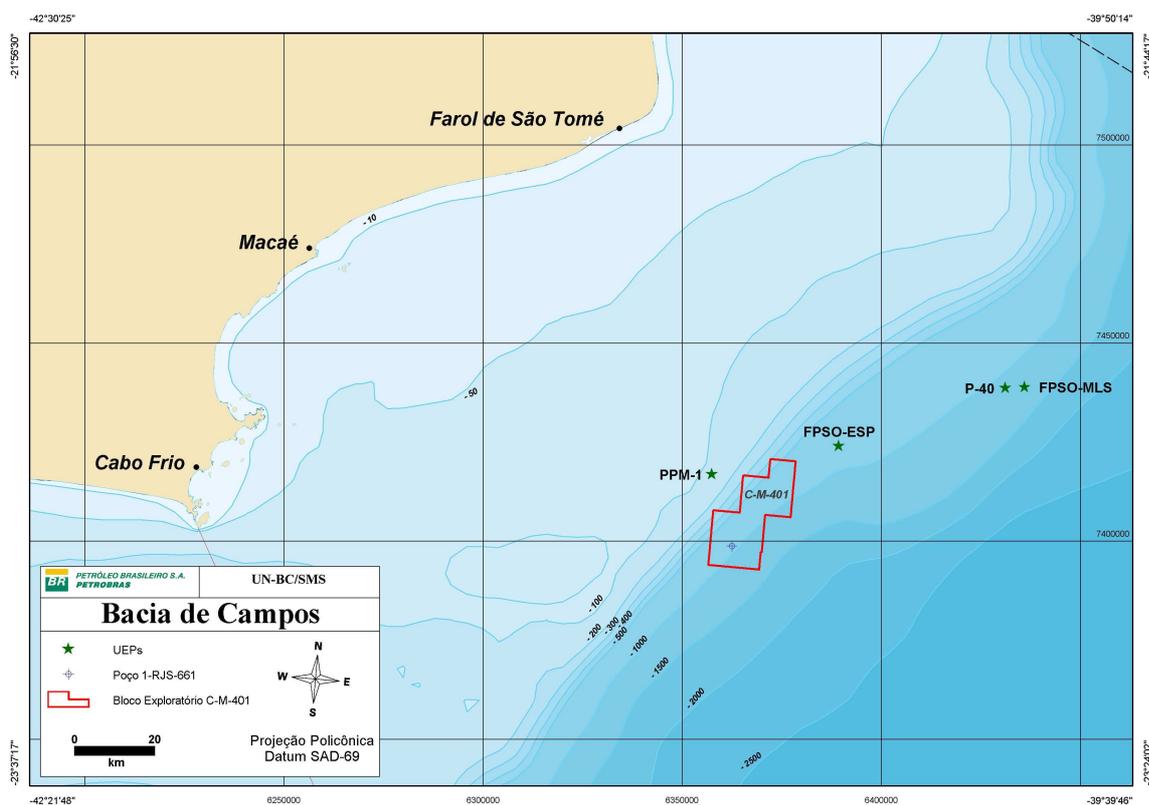


Figura II.5.1.3-1 – Localização das áreas dos estudos utilizados para elaboração do diagnóstico da qualidade da água e do sedimento na região do Bloco Exploratório Aruanã.

O diagnóstico da qualidade da água e dos sedimentos terá por base, principalmente, os dados obtidos no PMA da Unidade Marítima FPSO Espadarte, que encontra-se localizada próxima ao Bloco Exploratório Aruanã e apresenta a mesma faixa de profundidade em que será instalada a Unidade FPSO Cidade de Rio das Ostras, para a realização do TLD , em torno de 900 m.

A seguir (Quadro II.5.1.3-1) estão compiladas as informações referentes aos estudos resumidos no presente diagnóstico, no que diz respeito à localização (coordenadas geográficas) e lâmina d'água.

Quadro II.5.1.3-1 - Coordenadas geográficas das áreas de amostragem e LDA de ancoragem das unidades cujos estudos foram, utilizados para a elaboração do diagnóstico da qualidade da água e do sedimento na região do Bloco Exploratório Aruanã.

REFERÊNCIA	UNIDADE DE PRODUÇÃO	DATAS DAS CAMPANHAS OCEANOGRÁFICAS	COORDENADAS		LDA
			LATITUDE (m)	LONGITUDE (m)	
Petrobras/Cenpes (2001a)	Pampo (PPM-1)	Janeiro/1998 Julho/1998	7477900 N	319950 E	100 m
Petrobras (2007)	P-40	Junho/2007	7506345 N	390097 E	1.070 m
Petrobras (2008)	FPSO Marlim Sul	Janeiro/2004 Setembro/2007 Janeiro/2008	7507017 N	394884 E	1.060 m
Petrobras (2009)	FPSO Espadarte	Abril/2004 (C1) Maio/2005 (C2) Junho/2006 (C3) Junho/2007 (C4) Fevereiro/2008(C5)	7488000 N	349922 E	900 m

O Quadro II.5.1.3-2 apresenta o resumo das metodologias utilizadas para determinação dos parâmetros apresentados, conforme proposto nos Projetos de Monitoramento Ambiental das Unidades de Produção cujos dados foram utilizados para elaboração desse diagnóstico da qualidade da água.

Quadro II.5.1.3-2 - Compilação dos parâmetros, metodologias de coleta e preservação e metodologias analíticas para o compartimento água.

PARÂMETROS	FPSO ESPADARTE		P-40		PAMPO	
	METODOLOGIA DE COLETA E PRESERVAÇÃO	METODOLOGIA ANALÍTICA	METODOLOGIA DE COLETA E PRESERVAÇÃO	METODOLOGIA ANALÍTICA	METODOLOGIA DE COLETA E PRESERVAÇÃO	METODOLOGIA ANALÍTICA
Carbono orgânico Total	-	-	Garrafa Niskin (frasco de vidro refrigerado)	Titulometria*	-	-
Carbono orgânico dissolvido – COD	Filtrado obtido após a filtração do MPS acidificado com ácido fosfórico (armazenados na geladeira)	Filtrado novamente acidificado e submetido à oxidação catalítica em alta temperatura	-	-	-	-
Carbono orgânico Particulado – COP	Mesmos filtros utilizados no MPS	Filtros acidificados e oxidados através de combustão	-	-	-	-
Fenóis	Go-Flo (preservação com ácido sulfúrico e conservação em geladeira)	Método SMWWE com separação de troca iônica	Garrafa Niskin (frasco de vidro refrigerado)	Espectrofotometria*	Garrafa Go-Flo (fixado e refrigerado)	CG-ECD
HPA's – 16 prioritários	Go-Flo (1,7 L - extração com diclorometano)	EPA – 8270C (CG-EM)	-	-	Garrafa Go-Flo	Fluorescência de Ultravioleta
n-alcenos	Unesco (1984) (preservação em geladeira)	EPA - 8015 (CG-FID)	-	-	-	-
Nitrogênio amoniacal	Niskin (1L – congelamento)	Método azul de indofenol**	Garrafa Niskin (frasco de vidro refrigerado)	Espectrofotometria*	Garrafa Niskin (frasco polipropileno e imediatamente congeladas)	Espectrofotometria**
Nitrito	Niskin (1L – congelamento)	Método da diazotação***	Garrafa Niskin (frasco plástico Refrigerado)	Espectrofotometria*	Garrafa Niskin (frasco polipropileno e imediatamente congeladas)	Espectrofotometria***

(continua)

Quadro II.5.1.3-2 (conclusão)

PARÂMETROS	FPSO ESPADARTE		P-40		PAMPO	
	METODOLOGIA DE COLETA E PRESERVAÇÃO	METODOLOGIA ANALÍTICA	METODOLOGIA DE COLETA E PRESERVAÇÃO	METODOLOGIA ANALÍTICA	METODOLOGIA DE COLETA E PRESERVAÇÃO	METODOLOGIA ANALÍTICA
Nitrato	Niskin (1L – congelamento)	Redução em coluna de Cd-Cu seguido de diazotação***	Garrafa Niskin (frasco de vidro Refrigerado)	Espectrofotometria*	Garrafa Niskin (frasco polipropileno e imediatamente congeladas)	Redução c/ Cd - Espectrofotometria***
Fosfato	Niskin (1L – congelamento)	Ortofosfato – método fosfomolibídico e Fosfato total – digestão em meio ácido e análise pelo método anterior ***	Garrafa Niskin (frasco de vidro Refrigerado)	Espectrofotometria*	Garrafa Niskin (frasco polipropileno e imediatamente congeladas)	Espectrofotometria***
Silicato	Niskin (1L – congelamento)	Método silicomolibídico ***	Garrafa Niskin (frasco de vidro refrigerado)	Espectrofotometria*	Garrafa Niskin (frasco polipropileno e imediatamente congeladas)	Espectrofotometria***
Oxigênio Dissolvido	Niskin (primeira amostrada drenada)	Método de Winkler***	Garrafa Niskin (análise imediata)	Método de Winkler***	Garrafa Niskin (fixação com manganês e iodeto)	Método de Winkler***
pH	Garrafa Niskin (análise imediata)	Potenciometro	Garrafa Niskin (análise imediata)	Potenciometro	Garrafa Niskin (análise imediata)	Potenciômetro
Sulfetos	Niskin (preservação com acetato de zinco e conservação em geladeira)	Standard Methods no. 4500	Garrafa Niskin (frasco de vidro Refrigerado)	Espectrofotometria*	Garrafa Niskin (fixado e Refrigerado)	HPLC
Clorofila-a	Niskin (2 – 4 L; filtração em membranas de celulose 0,45 µm e filtros congelados)	Extração acetona 90%, uso de espectrofotômetro	Garrafa Niskin (imediatamente Filtrada)	FEEMA	Garrafa Niskin (imediatamente Filtrada)	Fluorescência induzida por laser

* SMWW 20th ed ** Parsons et al., 1984 *** Grashoff et al, 1983

Carbono Orgânico Total (TOC)

Os teores de matéria orgânica são altamente variáveis de acordo com o local, estação do ano, profundidade, temperatura, bem como processos de fotossíntese, degradação, floculação e sedimentação (Baumgarten et al., 1996). A água do mar contém material orgânico tanto sob a forma dissolvida (COD) quanto particulada (COP). A fração dissolvida pode ser definida arbitrariamente como aquela que passa através do filtro de acetato de celulose de porosidade de 0,45 µm. Somando-se a fração dissolvida e particulada, se obtém a concentração de carbono orgânico total (TOC).

O Carbono Orgânico Particulado (COP) compreende matéria orgânica viva e não viva. Suas concentrações oscilam na faixa de 0,02 a 1 mg/L (Duursma and Dawson, 1981; e Libes, 1992) nos oceanos. Wangersky (1976) relata concentrações de COP na faixa de 0,02 a 0,1 mg/L em camadas superficiais do Oceano Atlântico e de 0,004 a 0,03 mg/L em águas com profundidades superiores a 500 m.

As águas do Atlântico Sudoeste têm apresentado valores de COP cerca de 5-10 vezes menores que em outras regiões oceânicas, e em contrapartida, valores mais elevados de COD (Church et al. 2002; Leblanc et al. 2002; Bauer et al. 2002, Lycousis et al. 2002), sugerindo que a atividade biológica está fortemente relacionada a organismos de pequeno porte (ex. bacterioplâncton e picoplâncton) que não ficam restritos nas membranas de filtração utilizadas neste estudo e/ou existe um acúmulo de compostos orgânicos refratários especialmente na porção dissolvida. A bioatividade, especialmente do bacterioplâncton, torna disponível boa parte do carbono orgânico dissolvido, 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.

Na Bacia de Campos, as águas apresentam características oligotróficas e uma baixa participação de COP no Material Particulado em Suspensão, aproximadamente 1%. De um modo geral, as maiores variações hidroquímicas estão associadas ao espaço vertical, sendo, provavelmente, governadas por processos físicos (ex. estratificação térmica, atenuação de luz) e biológicos

(produção e mineralização). Comparativamente às águas mais superficiais, acima dos 200 m de profundidade, as águas profundas apresentam mais valores mais baixos de COP. Horizontalmente, as variações hidroquímicas são menores, sugerindo a presença de massas d'água mais homogêneas (Pedrosa et al., 2006).

A variação espacial de COD na região sudeste brasileira evidencia a influência continental na distribuição deste grupo de compostos. A água do mar contém um largo espectro de estruturas orgânicas variando desde pequenas moléculas até os grandes mamíferos e dentre estes, o carbono orgânico dissolvido (COD) é composto por uma mistura de uma série de materiais lábeis e refratários que desempenham um importante papel na dinâmica dos ecossistemas aquáticos. O COD no ambiente marinho constitui o maior estoque de carbono reduzido da Terra. As maiores fontes identificadas de COD nos oceanos são as exsudações do fitoplâncton; a lise de células e organismos, "loop" microbiano, incluindo bactérias e microheterótrofos, a excreção do zooplâncton, a advecção de águas intersticiais e as fontes fluviais.

Em termos quantitativos, as concentrações de COD (Carbono Orgânico Dissolvido) na região oceânica brasileira, entre o Cabo de São Tomé (RJ) e a Baía de Todos os Santos, variam de 0,37 mg/L a 2,50 mg/L (Programa REVIZEE – Central III, apresentado em Cupelo, 2000).

Os valores encontrados nos estudos realizados para determinação de Carbono Orgânico dissolvido e particulado nas estações controle do FPSO Espadarte são os seguintes (Quadro II.5.1.3-3).

Quadro II.5.1.3-3 - Comparação entre as faixas de valores de COP e COD (mg/L) observadas nas estações controle das cinco campanhas de monitoramento ambiental realizadas no entorno do FPSO Espadarte.

RESUMO DADOS COP (mg/L) – ESPADARTE (ESTAÇÕES CONTROLE)					
CAMPANHAS	CONTROLE C1	CONTROLE C2	CONTROLE C3	CONTROLE C4	CONTROLE C5
Mínimo	ND	0,022	0,014	0,0004	ND
Máximo	ND	0,067	0,041	0,0008	ND
Mediana	ND	0,049	0,025	0,0006	ND

(continua)

Quadro II.5.1.3-3 (conclusão)

RESUMO DADOS COD (mg/L) – ESPADARTE (ESTAÇÕES CONTROLE)					
CAMPANHAS	CONTROLE C1	CONTROLE C2	CONTROLE C3	CONTROLE C4	CONTROLE C5
Mínimo	ND	0,66	1,22	0,001	9
Máximo	ND	0,99	2,44	0,006	20
Mediana	ND	0,88	1,39	0,003	12

As Figuras II.5.1.3-2 e Figura II.5.1.3-3 representam graficamente as concentrações de Carbono Orgânico Particulado e Dissolvido, respectivamente, nas diferentes campanhas amostrais realizadas para o monitoramento da qualidade da água nas estações controle do FPSO Espadarte. Ressalta-se que foram representados apenas as campanhas onde foi encontrada concentração acima do limite de detecção.

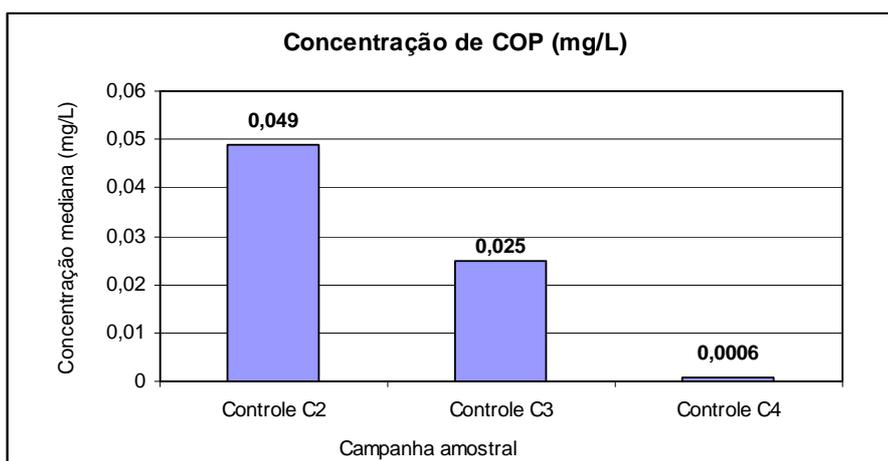


Figura II.5.1.3-2 - Concentração mediana de Carbono Orgânico Particulado nas estações controle do FPSO Espadarte nas campanhas amostrais C2, C3 e C4.

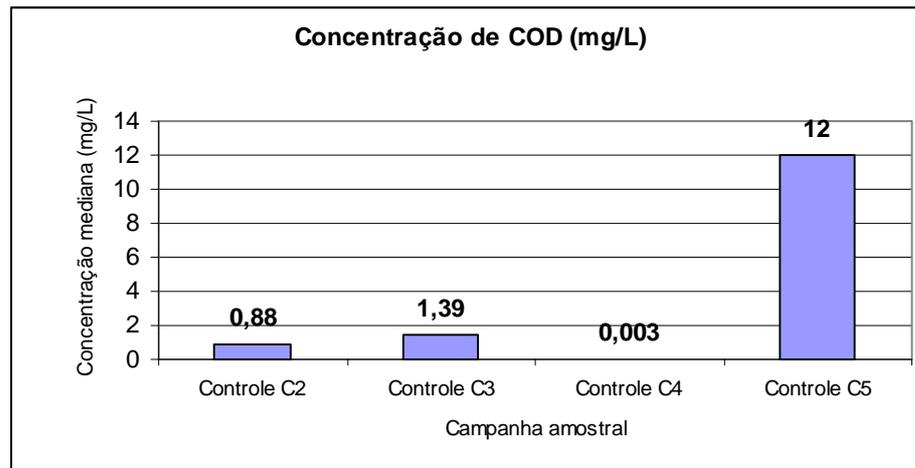


Figura II.5.1.3-3 - Concentração mediana de Carbono Orgânico Dissolvido nas estações controle do FPSO Espadarte nas campanhas amostrais C2, C3, C4 e C5.

Analisando-se os resultados encontrados nas cinco campanhas realizadas, mesmo apresentando diferenças de ordem de grandeza dos valores registrados entre as campanhas, os valores de COD encontrados ao redor do FPSO Espadarte mostraram-se compatíveis com os valores típicos de águas oceânicas de natureza oligotrófica encontrados para a região de estudo.

Comparando-se os dados de cada campanha com suas respectivas estações controle podemos constatar que houve o mesmo padrão de distribuição de COD em todas as estações, tendo sido verificado o mesmo para todas as campanhas.

Analisando os valores de COP encontrados para todas as cinco campanhas do PMA da FPSO Espadarte, verifica-se que os resultados encontram-se abaixo dos valores esperados para as águas da Bacia de Campos.

Em outro estudo realizado para o Monitoramento Ambiental de P-40, foram também determinadas as concentrações de carbono orgânico dissolvido (COD) no entorno da plataforma e estiveram entre não detectáveis (<0,1 mg/L) e 15,1 mg/L com média de 5,2 mg/L. Os perfis ao longo da coluna d'água foram bastante distintos entre as estações de coleta, sendo observadas diferenças nos valores entre as mesmas ($p < 0,05$).

Fenóis

Existem várias fontes antropogênicas de fenóis para o ambiente marinho, podendo ser introduzidos pelo processo de craqueamento térmico ou catalítico do petróleo e em geral não são observados em efluentes de óleo não processado (CDTN, 1990). Geralmente ocorre a presença desses compostos em rejeitos de refinarias de petróleo, de indústrias químicas de fabricação de resinas e em despejos domésticos (NamKoong, 1988).

Os dados registrados nas campanhas de Monitoramento do FPSO Espadarte são apresentados no Quadro II.5.1.3-4 e estão dentro das concentrações relatadas em estudos anteriores nesta região, onde foram encontrados índices traços de no máximo 0,010 mg/L (PETROBRAS, 2009).

Quadro II.5.1.3-4 - Comparação entre as faixas de valores de Fenóis (mg/L) observadas nas estações controle das cinco campanhas de monitoramento ambiental realizadas no entorno do FPSO Espadarte.

RESUMO DADOS FENÓIS (mg/l) – ESPADARTE (ESTAÇÕES CONTROLE)					
CAMPANHAS	CONTROLE C1	CONTROLE C2	CONTROLE C3	CONTROLE C4	CONTROLE C5
Mínimo	ND	ND	0,002	0,001	ND
Máximo	ND	ND	0,006	0,008	ND
Mediana	ND	ND	0,004	0,003	ND

No estudo realizado em Pampo, as concentrações de fenóis estiveram abaixo do limite de detecção de 0,001 mg/L.

Na área de P-40, as concentrações de fenóis estiveram abaixo do limite de detecção (<0,1 mg/L) e na área do FPSO Marlim Sul, as concentrações variaram de não detectado (<0,001 mg/L) a 0,003 mg/L.

A Figura II.5.1.3-4 representa graficamente as concentrações de Fenóis, nas diferentes campanhas amostrais realizadas para o monitoramento da qualidade da água nas estações controle do FPSO Espadarte. Ressalta-se que foram representados apenas as campanhas onde foi encontrada concentração acima do limite de detecção (apenas nas campanhas C3 e C4).

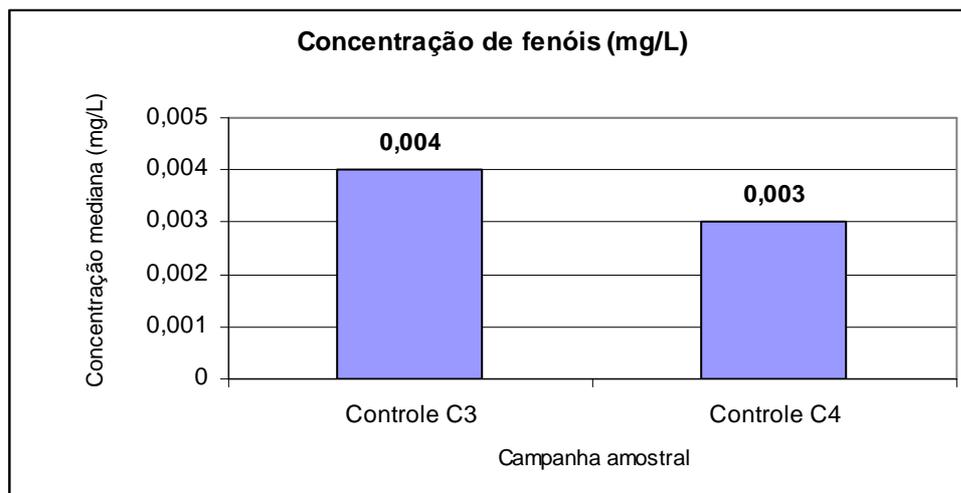


Figura II.5.1.3-4 - Concentração mediana de Fenóis nas estações controle do FPSO Espadarte nas campanhas amostrais C3 e C4.

Hidrocarbonetos Totais e n-alcanos

Os n-Alcanos constituem a fração alifática dos Hidrocarbonetos Totais (HTP) de petróleo sendo importante a análise destes compostos orgânicos nos estudos realizados nas áreas de exploração petrolífera, visto que podem fornecer informações específicas relacionadas a possíveis contaminações nestas regiões.

Considerando as cinco campanhas realizadas no entorno do FPSO Espadarte, para as estações de controle, foram encontrados resultados detectáveis na 2ª Campanha de Monitoramento, com valores entre 4,31 µg/l e 21,89 µg/l (Quadro II.5.1.3-5).

Quadro II.5.1.3-5 - Comparação dos Valores de N-Alcanos (Limite de Detecção de 0,05 µg/l) encontrados nas estações controle das cinco Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espadarte.

RESUMO DADOS N-ALCANOS (µg/l)– ESPADARTE (ESTAÇÕES CONTROLE)					
CAMPANHAS	CONTROLE C1	CONTROLE C2	CONTROLE C3	CONTROLE C4	CONTROLE C5
Mínimo	ND	4,31	ND	ND	ND
Máximo	ND	21,89	ND	ND	ND

Os teores observados estão similares aos reportados para outros ambientes marinhos nacionais (Zanardi et al., 1999) e internacionais (Cripps, 1992). Os teores de n-alcenos variando até 9,82 µg/l são similares às concentrações observadas em águas da Antártica, onde os teores entre 0,1 e 8,9 µg/l são considerados como background mundial devido à ausência de fontes antrópica nessa região (Cripps, 1992). Além disso, os teores encontrados no monitoramento descrito são similares aos observados anteriormente na área offshore da Bacia de Campos pelo Projeto MAPEM, que variaram entre 0 e 22,5 µg/l (Toldo et al., 2004).

Para HTP na água, foram realizados levantamentos na área de P-40, onde as concentrações ficaram abaixo do limite de detecção, enquanto que no levantamento para o Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Marlim Sul, foram observadas concentrações variando de não detectado (<0,06 mg/L) a 0,30 mg/L. As concentrações desses compostos nas amostras coletadas estiveram dentro dos níveis considerados background e dentro da faixa esperada, segundo os referidos relatórios, para a área da Bacia de Campos.

Cabe ressaltar que, conforme registrado na literatura (Irwin et al., 1998), alguns métodos de HTP utilizados são bem genéricos, podendo ser facilmente influenciados por lipídios biológicos. Além disso, alguns dos métodos da USEPA, incluindo o de HTP, são deficientes em seletividade e sensibilidade (limite de detecção), o que dificulta a interpretação ambiental do dado (Petrobras/HABTEC, 2002).

HPA (Hidrocarbonetos Poliaromáticos)

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) estão freqüentemente presentes na composição do petróleo, sendo compostos importantes para se estudar a fim de se realizar o monitoramento das atividades da indústria do petróleo. É importante ter em vista que, no ambiente natural, os HPAs também podem ter outras fontes, como a biossíntese realizada por bactérias, fungos e algas, combustão natural de florestas e exsudação natural de petróleo (Kennicutt, 1995).

Espera-se de modo geral encontrar baixas concentrações de hidrocarbonetos na água devido a sua baixa solubilidade e sua natureza hidrofóbica, de modo que os compostos ficam aderidos ao material particulado e acabam por ser

depositados ao sedimento (Witt, 1995). Porém a sua degradação mais lenta, em comparação com os hidrocarbonetos totais, incluindo n-alcanos, justifica sua inserção nos estudos ambientais da indústria do petróleo. Além disso, alguns desses compostos podem vir a causar efeitos deletérios à biota, sendo importante que se conheça os níveis encontrados no ambiente.

Em termos quantitativos, estudos citam que concentrações de HPAs abaixo de 2,00 µg/L são típicas de áreas livres de contaminação por hidrocarbonetos de petróleo (Law, 1981; Keiser e Gordon, 1973; Weber e Bicego, 1991; GEOMAP/FUNDESPA, 1994).

Nos estudos realizados na região do empreendimento, nas estações controle do PMA do FPSO Espadarte, foram detectados teores de HPAs apenas na última campanha (0,04 µg/l) (Quadro II.5.1.3-6).

Quadro II.5.1.3-6 - Comparação dos Valores de HPA (µg/L) (Limite de Detecção de 0,01 µg/L) encontrados nas estações controle das cinco Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espadarte.

RESUMO DADOS HPA (µg/L) – ESPADARTE (ESTAÇÕES CONTROLE)					
CAMPANHAS	CONTROLE C1	CONTROLE C2	CONTROLE C3	CONTROLE C4	CONTROLE C5
Mínimo	ND	ND	ND	ND	ND
Máximo	ND	ND	ND	ND	0,04

*ND = Não detectado. Abaixo do limite de detecção do método

Já no programa de monitoramento da P-40, as concentrações de HPA apresentaram teores entre não detectável (<0,03 µg/L) e 0,07 µg/L.

No levantamento realizado no âmbito do Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Marlim Sul, as concentrações de HPA variaram de não-detectável (<0,03 µg/L) a 0,39 µg/L.

No monitoramento ambiental da plataforma de Pampo, os teores de HPA estiveram na faixa de <0,06 e 2,20 µg/L, onde apenas uma amostra apresentou resultado acima de 2,00 µg/L.

Nutrientes (Nitrogênio Amoniacal, Nitrito, Nitrato, Fosfato e Silicato)

a) *Nitrogênio Amoniacal*

A amônia é a forma inorgânica mais reduzida do nitrogênio em água, e engloba a amônia dissolvida (NH_3) e o íon amônio (NH_4^+). O amônio e seus sais são muito solúveis em água; geralmente, o íon amônio é uma forma transitória. Embora a amônia seja somente um pequeno componente do ciclo do nitrogênio total, ela contribui para a fertilidade da água, uma vez que o nitrogênio é um nutriente essencial para o fitoplâncton.

Em concentrações mais altas, pode apresentar efeitos deletérios aos organismos, sendo que a toxicidade da amônia está associada à quantidade de íons amônio dissociados e depende também do pH e do O_2 dissolvido.

Nas campanhas do FPSO Espadarte, observa-se que na quarta campanha foram registrados valores um pouco mais elevados para as estações controle, em comparação às outras campanhas (Quadro II.5.1.3-7). Mesmo apresentando estas diferenças, todos os resultados obtidos até o presente estiveram dentro das faixas anteriormente publicadas para a região (Andrade et al., 1999; e Niencheski et al., 1999).

Quadro II.5.1.3-7 - Comparação entre as faixas de valores de Nitrogênio Amoniacoal (mg/L N) encontrados nas estações controle das cinco Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espadarte.

RESUMO DADOS NITROGÊNIO AMONIAL (mg/l N) – ESPADARTE (ESTAÇÕES CONTROLE)					
CAMPANHAS	CONTROLE C1	CONTROLE C2	CONTROLE C3	CONTROLE C4	CONTROLE C5
Mínimo	0,001	0,001	ND	0,07	0,003
Máximo	0,002	0,006	ND	1,52	0,007
Mediana	0,001	0,002	ND	0,08	0,006

*ND = Não detectado. Abaixo do limite de detecção do método

A Figura II.5.1.3-5 representa graficamente a concentração de Nitrogênio Amoniacoal nas diferentes campanhas amostrais realizadas para o monitoramento da qualidade da água nas estações controle do FPSO Espadarte. Ressalta-se que foram representados apenas as campanhas onde foi encontrada concentração acima do limite de detecção.

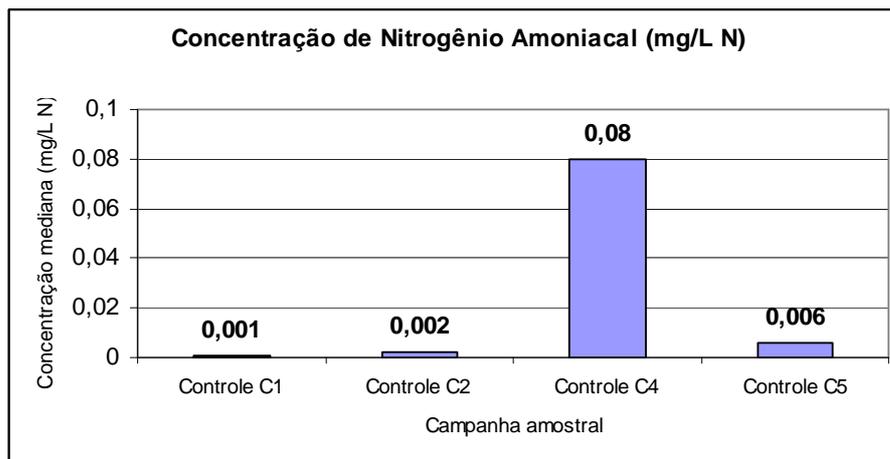


Figura II.5.1.3-5 - Concentração mediana de Fenóis nas estações controle do FPSO Espadarte nas campanhas amostrais C3 e C4.

Nas campanhas de P-40, FPSO Marlim Sul e Pampos, as concentrações de nitrogênio amoniacal estiveram entre 0,001 e 0,020 mg/L, conforme o Quadro II.5.1.3-8 a seguir.

Quadro II.5.1.3-8 - Comparação entre as faixas de valores de Nitrogênio Amoniacal (mg/L N) encontrados nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno de P-40 e do FPSO Marlim Sul e do estudo realizado em Pampos.

RESUMO DADOS NITROGÊNIO AMONIACAL (mg/l N) – P-40, MARLIM SUL E PAMPO			
CAMPANHAS	P-40	MARLIM SUL	PAMPO
Mínimo	0,001	0,007	ND
Máximo	0,009	0,020	0,020
Média	0,004	0,013	0,005

*ND = Não detectado. Abaixo do limite de detecção do método

A Figura II.5.1.3-6 representa graficamente a concentração média de Nitrogênio Amoniacal em diferentes unidades de produção (P-40, FPSO Marlim Sul e Pampos).

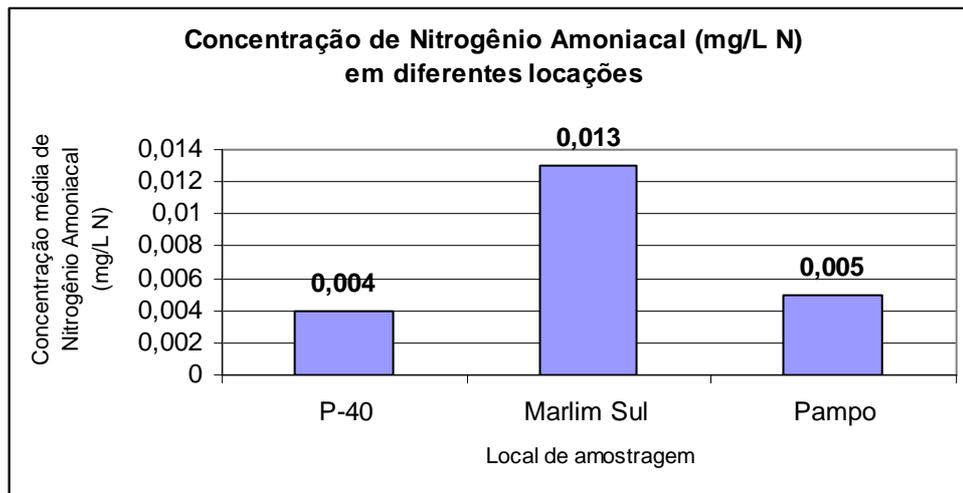


Figura II.5.1.3-6 - Concentração média de Nitrogênio Amoniacal em campanhas amostrais realizadas nas unidades P-40, FPSO Marlim Sul e Pampo.

b) *Nitrito*

Nitrito é uma forma química do nitrogênio que normalmente é encontrada em quantidades diminutas nas águas superficiais. Uma vez que o nitrito é instável na presença de oxigênio, ele ocorre como uma forma intermediária entre amônia e nitratos (nitrificação) ou nitratos e gás nitrogênio (denitrificação). O íon nitrito pode ser usado como uma fonte de nitrogênio pelo fitoplâncton.

As baixas concentrações de nitrito podem ser consideradas normais no meio marinho, uma vez que o nitrito é a forma intermediária entre a amônia e o nitrato no ciclo do nitrogênio, e em ambientes aeróbicos tende a se oxidar a nitrato. No oceano aberto, as concentrações de nitrito são muito baixas, havendo um pequeno aumento nas águas mais próximas da costa (Aminot & Chaussepied, 1983).

Para a área do empreendimento, são esperadas as maiores concentrações de nitrito nas camadas em torno de 150 e 200 metros, devido a influência das águas de maiores profundidades (ACAS é rica em nutrientes), transportadas a partir da zona afótica.

No PMA do FPSO Espadarte, os resultados ao longo das cinco campanhas para as áreas controle encontram-se dentro do espectro de valores previsto para

estas regiões, para todas as campanhas realizadas, variando de 0,0005 a 0,0323 mg/l (Quadro II.5.1.3-9).

Quadro II.5.1.3-9 - Comparação entre as faixas de valores de nitrito (mg/L N) observadas nas estações controle das cinco campanhas de monitoramento ambiental realizadas no entorno do FPSO Espadarte.

RESUMO DADOS NITRITO (mg/l N) – ESPADARTE (ESTAÇÕES CONTROLE)					
CAMPANHAS	CONTROLE C1	CONTROLE C2	CONTROLE C3	CONTROLE C4	CONTROLE C5
Mínimo	0,0005	0,0046	0,0014	0,0088	0,009
Máximo	0,0156	0,0323	0,0124	0,0186	0,012
Mediana	0,0021	0,0138	0,0037	0,0149	0,011

A Figura II.5.1.3-7 representa graficamente a concentração de Nitrito nas diferentes campanhas amostrais realizadas para o monitoramento da qualidade da água nas estações controle do FPSO Espadarte.

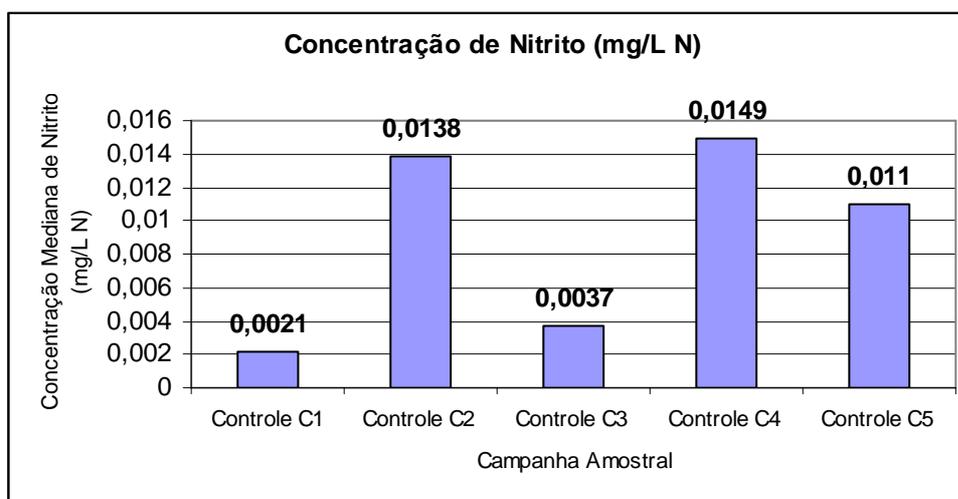


Figura II.5.1.3-7 - Concentração mediana de Nitrito nas estações controle do FPSO Espadarte nas campanhas amostrais C1, C2, C3, C4 e C5.

Abaixo se encontra o resumo dos resultados para os Monitoramentos Ambientais das áreas de P-40 e do FPSO Marlim Sul e do estudo realizado em Pampo (Quadro II.5.1.3-10). No entorno de P-40, o nitrito variou de abaixo do limite de detecção (<0,0002 mg/L N) a 0,004 mg/L N e não apresentou um padrão

de distribuição vertical bem definido. Na área de Marlim Sul, o nitrito apresentou homogeneidade na coluna d'água, tendo uma leve tendência de aumento nas camadas mais profundas. As concentrações variaram de abaixo do limite de detecção (<0,0002 mg/L N) a 0,003 mg/L N. No entorno de Pampo, os resultados de nitrito variaram entre não-detectado (<0,0001 mg/L N) e 0,003 mg/L N com média de 0,001 mg/L N, sendo os menores valores encontrados nas camadas de superfície. Assim como para os outros nutrientes, não foram identificadas diferenças sazonais significativas.

Quadro II.5.1.3-10 - Comparação entre as faixas de valores de nitrito (mg/L N) encontrados nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno de P-40 e do FPSO Marlim Sul e do estudo realizado em Pampo.

RESUMO DADOS NITRITO (mg/l N) – P-40, MARLIM SUL E PAMPO			
CAMPANHAS	P-40	MARLIM SUL	PAMPO
Mínimo	ND	ND	ND
Máximo	0,004	0,003	0,003
Média	0,001	0,002	0,001

*ND = Não detectado. Abaixo do limite de detecção do método

A Figura II.5.1.3-8 representa graficamente a concentração média de Nitrito em diferentes unidades de produção (P-40, FPSO Marlim Sul e Pampo).

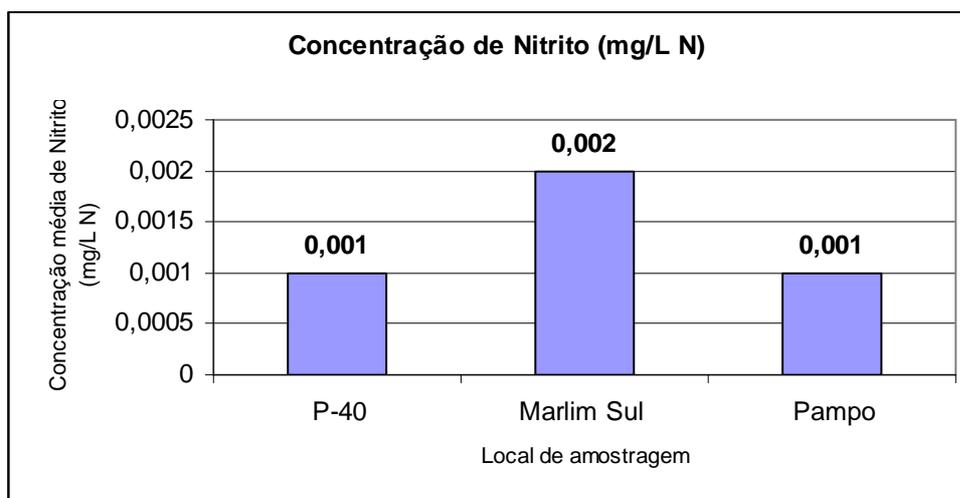


Figura II.5.1.3-8 - Concentração média de Nitrito em campanhas amostrais realizadas nas unidades P-40, FPSO Marlim Sul e Pampo.

c) Nitrito

Os nitratos ocorrem naturalmente nas águas por dissolução de rochas, drenagem do solo e decomposição de plantas e animais (Jaworski et al., 1992). O nitrato atua como o principal nutriente de suporte para o desenvolvimento do fitoplâncton, e é regenerado por via bacteriana (nitrificação) a partir de formas orgânicas do nitrogênio. A velocidade de regeneração é menor que a de assimilação (utilização) pelos produtores primários, e por isso o íon nitrato pode se tornar um fator limitante ao desenvolvimento das algas.

As principais fontes antrópicas de nitrato para o ambiente marinho decorrem da utilização de fertilizantes e do lançamento de esgotos orgânicos (Jaworski et al., 1992; e Heathwaite e Johnes, 1996).

Nas campanhas de Monitoramento Ambiental do FPSO Espadarte, os menores valores médios foram encontrados nas camadas superficiais até 100 metros e os maiores nas camadas de 150 e 200 metros de profundidade, sendo possível observar um enriquecimento nas concentrações de nitrato conforme o aumento da profundidade, fato já observado em outros estudos na região

(Niencheski, et al, 1999). Este fenômeno é conhecido para a região da Bacia de Campos e está diretamente relacionado com influência da massa d'água ACAS.

Os resultados obtidos nas cinco campanhas para as estações de controle apresentaram valores entre 0,005 mg/L N e 0,389 mg/L N (Quadro II.5.1.3-11). Os valores encontrados para a região estão em consonância com os encontrados por outros autores para a região sul-sudeste do Brasil (Brandini, 1990; Aidar et al., 1993, Metzler et al., 1997 e Moser e Galvão, 1997).

Quadro II.5.1.3-11 - Comparação entre as faixas de valores de nitrato (mg/L N) observadas nas estações controle das cinco campanhas de monitoramento ambiental realizadas no entorno do FPSO Espadarte.

RESUMO DADOS NITRATO (mg/l N) – ESPADARTE (ESTAÇÕES CONTROLE)					
CAMPANHAS	CONTROLE C1	CONTROLE C2	CONTROLE C3	CONTROLE C4	CONTROLE C5
Mínimo	0,009	0,005	0,008	0,024	0,006
Máximo	0,389	0,131	0,128	0,116	0,070
Mediana	0,071	0,020	0,023	0,051	0,008

A Figura II.5.1.3-9 representa graficamente a concentração de Nitrato nas diferentes campanhas amostrais realizadas para o monitoramento da qualidade da água nas estações controle do FPSO Espadarte.

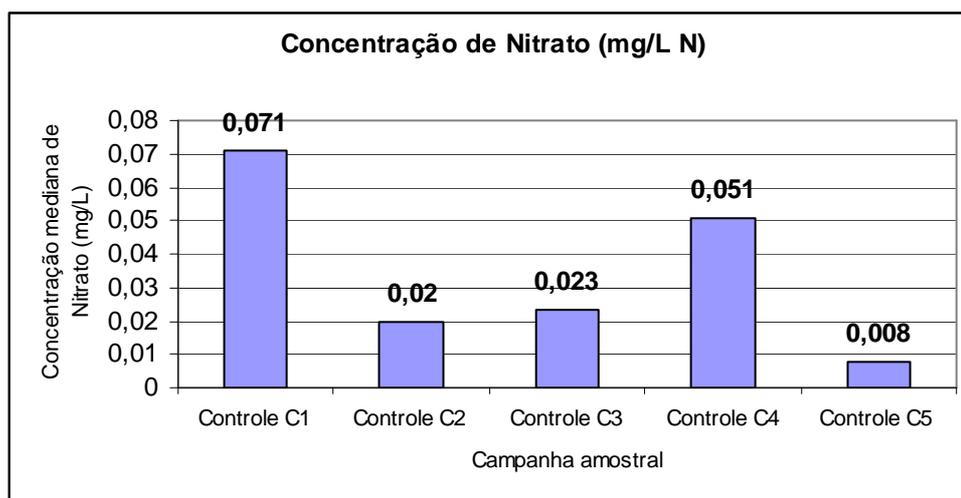


Figura II.5.1.3-9 - Concentração mediana de Nitrato nas estações controle do FPSO Espadarte nas campanhas amostrais C1, C2, C3, C4 e C5.

Na área de P-40, os resultados de nitrato variaram de abaixo do limite de detecção (<0,001) a 0,043 mg/L N, apresentando claramente uma distribuição vertical, com valores mais baixos na superfície e mais elevados próximo ao fundo. No levantamento para o Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Marlim Sul, os valores de nitrato demonstraram uma distribuição espacial e vertical bastante homogênea, com máximo de 0,021 mg/L N e média de 0,006 mg/L N. Na área de Pampo, os resultados de nitrato variaram entre 0,008 e 0,102 mg/L N, com média de 0,048 mg/L N, com menores valores encontrados na superfície, e aumentando com a profundidade. Abaixo se encontra o resumo dos resultados para essas áreas (Quadro II.5.1.3-12).

Quadro II.5.1.3-12 - Comparação entre as faixas de valores de nitrato (mg/L N) encontrados nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno de P-40 e do FPSO Marlim Sul e do estudo realizado em Pampo.

RESUMO DADOS NITRATO (mg/l N) – P-40, MARLIM SUL E PAMPO			
CAMPANHAS	P-40	MARLIM SUL	PAMPO
Mínimo	ND	ND	0,008
Máximo	0,043	0,021	0,102
Média	0,008	0,006	0,048

*ND = Não detectado. Abaixo do limite de detecção do método

A Figura II.5.1.3-10 representa graficamente a concentração média de Nitrato em diferentes unidades de produção (P-40, FPSO Marlim Sul e Pampo).

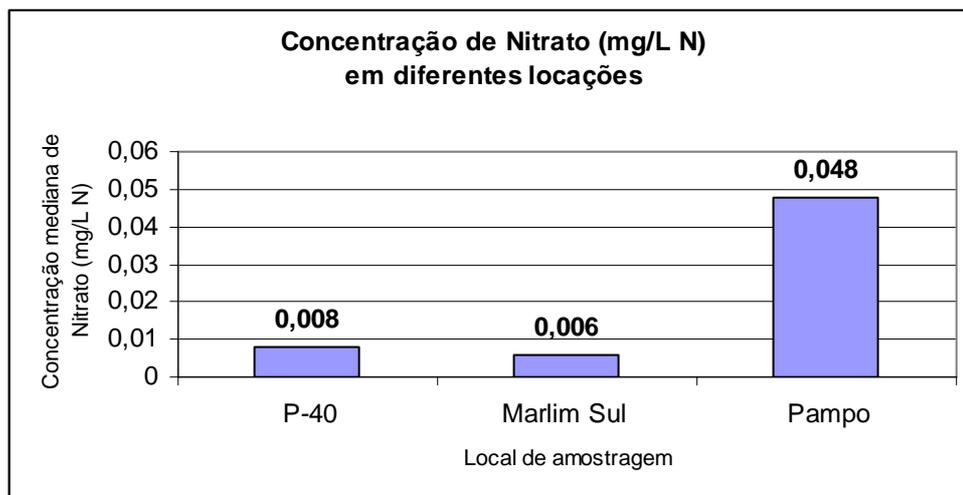


Figura II.5.1.3-10 - Concentração média de Nitrato em campanhas amostrais realizadas nas unidades P-40, FPSO Marlim Sul e Pampo.

d) Fosfato

Os fosfatos desempenham papel importante nos sistemas biológicos, representando na maioria das vezes, fator limitante na produção de águas costeiras (Esteves, 1998). Segundo Corkum (1996), quando ocorre uma adição de fósforo à corrente, há freqüentemente um aumento correspondente na biomassa de algas e produtividade primária.

Os fosfatos podem ocorrer em solução, em partículas ou detritos, ou nos corpos de organismos aquáticos (APHA, 1992). A quantidade de fosfato de fonte natural presente em ecossistemas aquáticos continentais depende diretamente do conteúdo de fosfato presente nos minerais primários das rochas – especialmente apatita ($\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$) – da bacia de drenagem.

O fosfato liberado da rocha por intemperização é carregado pelas águas de escoamento superficial e atinge os diferentes ecossistemas aquáticos. Outros fatores naturais que permitem o aporte de fosfato podem ser apontados, a saber, o material particulado presente na atmosfera e o fosfato resultante da decomposição de organismos de origem alóctone (Knox et al., 2006).

No Monitoramento Ambiental do FPSO Espadarte, os resultados encontrados para fosfato ao longo das cinco campanhas variaram de 0,002 mg/l P a 0,065 mg/l

P nas estações controle (Quadro II.5.1.3-13). Estes valores estão em consonância com os encontrados na Bacia de Campos em outros monitoramentos ambientais, que mostraram uma variação de valores entre os esperados para águas oligotróficas.

Quadro II.5.1.3-13 - Comparação entre as faixas de valores de fosfato (mg/L P) nas estações controle das cinco campanhas de monitoramento ambiental no entorno do FPSO Espadarte.

RESUMO DADOS FOSFATO (mg/l P) – ESPADARTE (ESTAÇÕES CONTROLE)					
CAMPANHAS	CONTROLE C1	CONTROLE C2	CONTROLE C3	CONTROLE C4	CONTROLE C5
Mínimo	0,004	ND	0,002	0,01	0,01
Máximo	0,065	ND	0,046	0,06	0,03
Mediana	0,014	ND	0,016	0,03	0,02

A Figura II.5.1.3-11 representa graficamente a concentração de Fosfato nas diferentes campanhas amostrais realizadas para o monitoramento da qualidade da água nas estações controle do FPSO Espadarte.

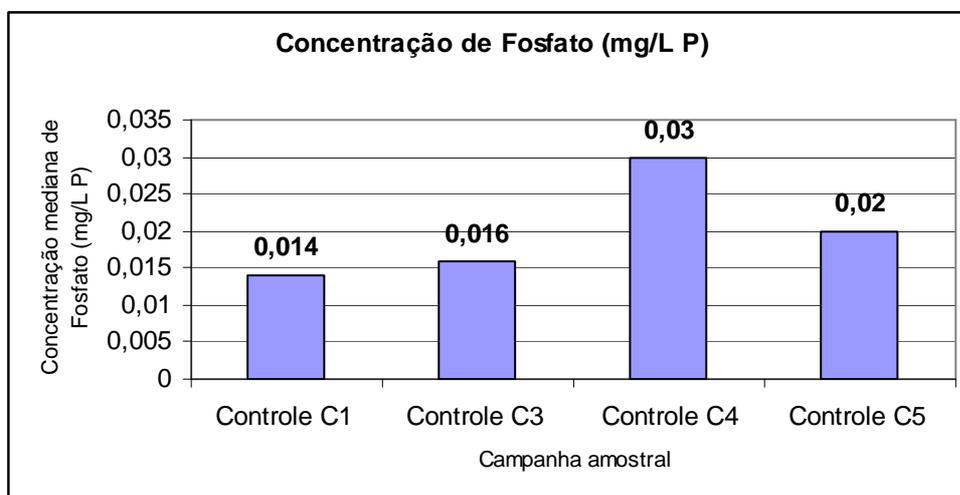


Figura II.5.1.3-11 - Concentração mediana de Fosfato nas estações controle do FPSO Espadarte nas campanhas amostrais C1, C2, C3, C4 e C5.

No PMA de P-40, foram obtidos resultados de não detectado até 0,017 mg/L P com média de 0,008 mg/L P (Quadro II.5.1.3-14). A coluna d'água mostrou

tendência de estratificação, com os valores aumentando em direção ao fundo. No entorno de Marlim Sul, os teores de fosfato apresentaram perfil homogêneo com uma leve tendência de aumento nas camadas mais profundas, variando de 0,003 a 0,008 mg/L P. No estudo realizado em Pampo, os resultados de fosfato variaram entre não-detectado e 0,018 mg/L P, com média de 0,007 mg/L P, sendo que os menores valores foram encontrados na superfície e os maiores valores encontrados no fundo.

Quadro II.5.1.3-14 - Comparação entre as faixas de valores de fosfato (mg/L P) encontrados nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno de P-40 e do FPSO Marlim Sul e do estudo realizado em Pampo.

RESUMO DADOS FOSFATO (mg/l P) – P-40, MARLIM SUL E PAMPO			
CAMPANHAS	P-40	MARLIM SUL	PAMPO
Mínimo	ND	0,003	ND
Máximo	0,017	0,008	0,018
Média	0,008	0,006	0,007

*ND = Não detectado. Abaixo do limite de detecção do método

A Figura II.5.1.3-12 representa graficamente a concentração média de Fosfato em diferentes unidades de produção (P-40, FPSO Marlim Sul e Pampo).

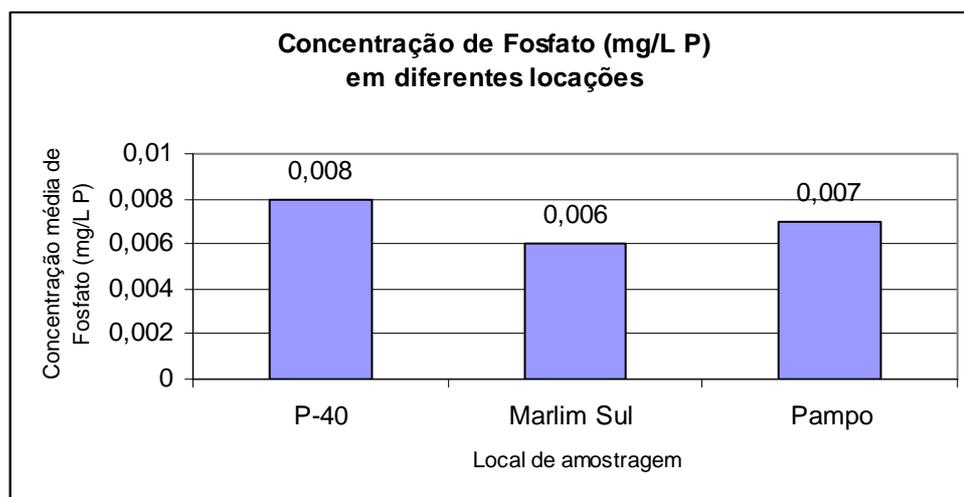


Figura II.5.1.3-12 - Concentração média de Fosfato em campanhas amostrais realizadas nas unidades P-40, FPSO Marlim Sul e Pampo.

e) *Silicato*

O intemperismo de rochas acaba resultando na produção de íons silicatos nos rios (Libes, 1992). O silicato é de grande importância para o desenvolvimento das diatomáceas, que utilizam este elemento nutritivo na produção de suas carapaças. Após a morte de tais organismos, as carapaças afundam e se depositam sobre o assoalho marinho. Correntes de fundo que remobilizam o sedimento acabam disponibilizando o silicato para a coluna d'água, retomando assim o ciclo.

Para as campanhas oceanográficas do FPSO Espadarte, foram encontrados para silicato ao longo das cinco campanhas de monitoramento valores que variaram de 0,030 mg/l a 0,47 mg/l nas estações controle (Quadro II.5.1.3-15).

Quadro II.5.1.3-15 - Comparação entre as faixas de valores de silicato (mg/L) nas estações controle das cinco campanhas de monitoramento ambiental no entorno do FPSO Espadarte.

RESUMO DADOS SILICATO (mg/l) – ESPADARTE (ESTAÇÕES CONTROLE)					
CAMPANHAS	CONTROLE C1	CONTROLE C2	CONTROLE C3	CONTROLE C4	CONTROLE C5
Mínimo	0,030	-	0,049	0,260	0,104
Máximo	0,367	-	0,175	0,300	0,465
Média	0,086	-	0,087	0,280	0,151

A Figura II.5.1.3-13 representa graficamente a concentração de Silicato nas diferentes campanhas amostrais realizadas para o monitoramento da qualidade da água nas estações controle do FPSO Espadarte.

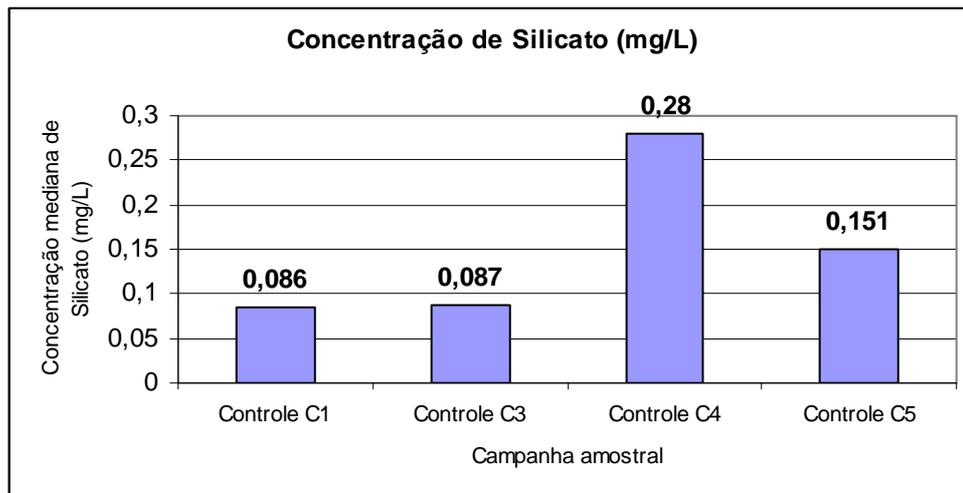


Figura II.5.1.3-13 - Concentração média de Silicato nas estações controle do FPSO Espadarte nas campanhas amostrais C1, C3, C4 e C5.

Estes valores estão em consonância com os encontrados na Bacia de Campos em outros monitoramentos ambientais, que mostraram uma variação de valores entre os esperados para águas oligotróficas. Seguir são apresentados os dados de concentração de silicato das Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno de P-40 e do FPSO Marlim Sul e do estudo realizado em Pampo (Quadro II.5.1.3-16).

Quadro II.5.1.3-16 - Comparação entre as faixas de valores de silicato (mg/L) encontrados nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno de P-40 e do FPSO Marlim Sul e do estudo realizado em Pampo.

RESUMO DADOS SILICATO (mg/l) – P-40, MARLIM SUL E PAMPO			
CAMPANHAS	P-40	MARLIM SUL	PAMPO
Mínimo	0,048	0,021	0,147
Máximo	0,180	0,074	0,706
Média	0,098	0,036	0,337

*ND = Não detectado. Abaixo do limite de detecção do método

A Figura II.5.1.3-14 representa graficamente a concentração média de Silicato em diferentes unidades de produção (P-40, FPSO Marlim Sul e Pampo).

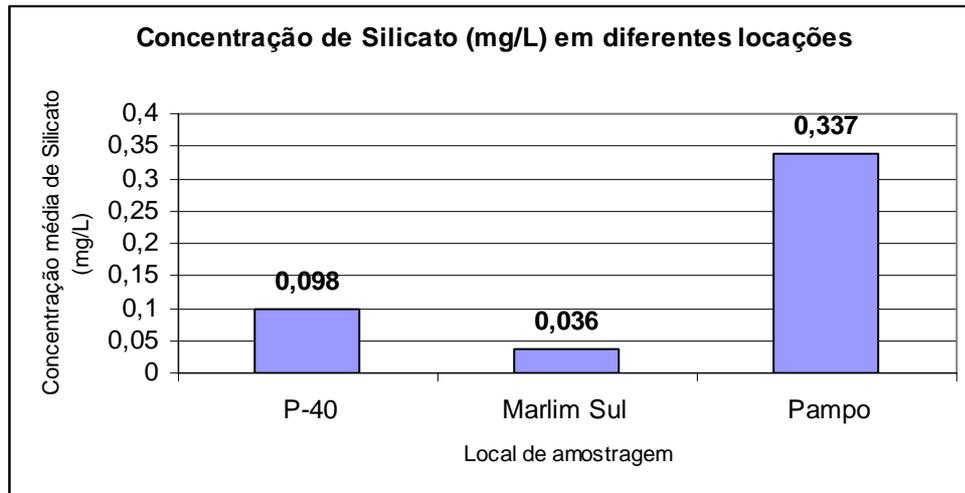


Figura II.5.1.3-14 - Concentração média de Silicato em campanhas amostrais realizadas nas unidades P-40, FPSO Marlim Sul e Pampo.

Oxigênio Dissolvido

O Oxigênio é um dos gases encontrados dissolvidos em águas superficiais naturais, tendo origem na atmosfera e na fotossíntese realizada pelas plantas aquáticas, incluindo o fitoplâncton. Apresenta solubilidade moderada em água, sendo a mesma variável em função da temperatura, salinidade, turbulência (mistura) da água e pressão atmosférica. A concentração de OD está sujeita a flutuações diárias e sazonais que são devidas, em parte, a variações de temperatura e da atividade fotossintética. A decomposição de resíduos orgânicos e oxidação de resíduos inorgânicos podem reduzir os níveis de OD.

Considerando-se os dados obtidos para a área de Espadarte, temos que os perfis verticais indicaram homogeneidade ao longo da área amostrada e da coluna d'água. Analisando-se os dados para as cinco campanhas podemos verificar que os valores variaram de 4,4 mg/l (1ª Campanha) até 7,1 mg/l (5ª Campanha), valores que estão de acordo com resultados de outros trabalhos nesta região do Atlântico Sudoeste (Andrade et al., 1999, Niencheski et al., 1999).

Na campanha para o Projeto de Monitoramento Ambiental da unidade P-40, as concentrações de oxigênio dissolvido foram bastante homogêneas, tanto vertical como espacialmente, variando de 6,3 a 6,9 mg/L. No levantamento para o

Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Marlim Sul, o oxigênio dissolvido variou entre 5,87 a 7,03 mg/L com média de 6,84 mg/L. Tais valores são considerados normais para ambientes marinhos. No monitoramento em torno da plataforma de Pampo, o oxigênio dissolvido esteve entre 4,80 e 6,63 mg/L, com média de 5,42 mg/L; os maiores valores foram encontrados a meia água e no fundo.

pH

O pH indica o balanço entre os ácidos e bases na água e é uma medida da concentração de íons hidrogênio em solução, sendo medido numa escala de 0 a 14. Um valor de 7 indica uma condição neutra; valores inferiores a 7 indicam condições ácidas e valores superiores a 7 indicam condições alcalinas na água. Águas superficiais naturais variam de 4 a 9, uma vez que são controladas pelo sistema bicarbonato-carbonato. De modo geral, na água do mar, o pH varia de 8,0 a 8,5. A presença de carbonatos, hidróxidos e bicarbonatos aumenta a alcalinidade da água, enquanto a presença de ácidos minerais livres e ácidos carbônicos aumenta sua acidez.

Em estudos realizados na área da FPSO Espadarte, os valores de pH das amostras superficiais mostraram-se muito homogêneos. O mesmo padrão foi observado nas demais profundidades. Comparando-se as cinco campanhas podemos verificar que os valores de pH encontrados seguiram o mesmo padrão de distribuição (Quadro II.5.1.3-17). Este padrão também foi verificado nas estações controle, as quais não apresentaram diferença de valores quando comparadas às estações ao redor do FPSO Espadarte.

Quadro II.5.1.3-17 - Comparação entre as faixas de valores de pH nas estações controle das cinco campanhas de monitoramento ambiental no entorno do FPSO Espadarte.

RESUMO DADOS pH – ESPADARTE (ESTAÇÕES CONTROLE)					
CAMPANHAS	CONTROLE C1	CONTROLE C2	CONTROLE C3	CONTROLE C4	CONTROLE C5
Mínimo	7,5	8,2	8,1	8,1	8,2
Máximo	8,4	8,3	8,3	8,2	8,5
Mediana	8,1	8,2	8,2	8,2	8,4

A Figura II.5.1.3-15 representa graficamente os valores de pH registrados nas diferentes campanhas amostrais realizadas para o monitoramento da qualidade da água nas estações controle do FPSO Espadarte.

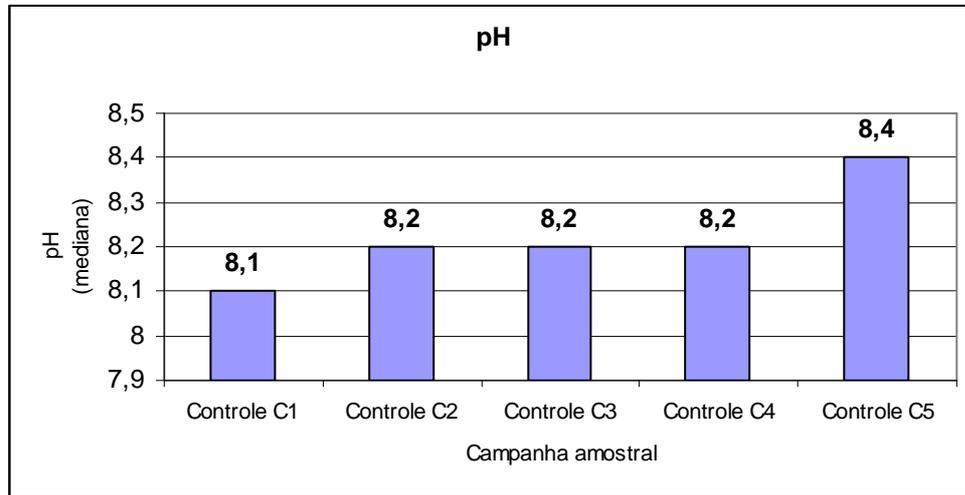


Figura II.5.1.3-15 - Valores de pH nas estações controle do FPSO Espadarte nas campanhas amostrais C1, C2, C3, C4 e C5.

No levantamento para o Projeto de Monitoramento Ambiental da unidade P-40, o pH também foi bastante homogêneo, variando de 8,16 a 8,31 com média de 8,22. No monitoramento em torno da plataforma de Pampo os resultados de pH estiveram numa faixa entre 7,51 e 8,54, com média de 7,93.

Sulfetos

O sulfeto é encontrado em águas anóxicas e pode estar presente, em pequenas quantidades, quando as concentrações de oxigênio dissolvido são reduzidas, habitualmente com origem na degradação de matéria orgânica ou aporte de águas oriundas do esgoto doméstico. A presença de sulfetos em águas marinhas está correlacionada a condições anóxicas, ao aporte de matéria orgânica e/ou renovação ineficaz de água. Nestas condições, o sulfato dissolvido, naturalmente disponível em águas marinhas, é utilizado como fonte de oxigênio

pelas bactérias sulfato-redutoras na oxidação da matéria orgânica (Grasshoff et al., 1983).

No ambiente marinho, é esperado que as condições de alta disponibilidade de oxigênio e forte hidrodinâmica favoreçam rapidamente a oxidação e dispersão dos sulfeto. O sulfeto, quando livre, reage com o iodato e o oxigênio presentes na água do mar. Se não estiver livre, estará sob a forma de complexos sulfeto-metal, virtualmente inertes (Luther e Tsamakis, 1989). Há estudos apontando que o sulfeto presente na água do mar é consumido rapidamente pela luz solar, com meia-vida da ordem de uma a duas horas (49 ± 15 minutos em área de baía e 147 ± 10 minutos em oceano aberto) (Pos et al., 1997).

Para as campanhas de monitoramento ambiental do FPSO Espadarte, comparando-se os resultados obtidos ao longo das cinco campanhas realizadas, nas estações controle os resultados variaram entre 0,001 mg/l e 0,016 mg/l (Quadro II.5.1.3-18).

Quadro II.5.1.3-18 - Comparação entre as faixas de valores de sulfetos (mg/L) observadas nas estações controle das cinco campanhas de monitoramento ambiental realizadas no entorno do FPSO Espadarte.

RESUMO DADOS SULFETOS (mg/l) – ESPADARTE (ESTAÇÕES CONTROLE)					
CAMPANHAS	CONTROLE C1	CONTROLE C2	CONTROLE C3	CONTROLE C4	CONTROLE C5
Mínimo	0,010	0,001	0,001	ND	0,002
Máximo	0,002	0,014	0,002	ND	0,016
Mediana	0,001	0,006	0,002	ND	0,004

A Figura II.5.1.3-16 representa graficamente a concentração de Sulfetos encontrada nas diferentes campanhas amostrais realizadas para o monitoramento da qualidade da água nas estações controle do FPSO Espadarte.

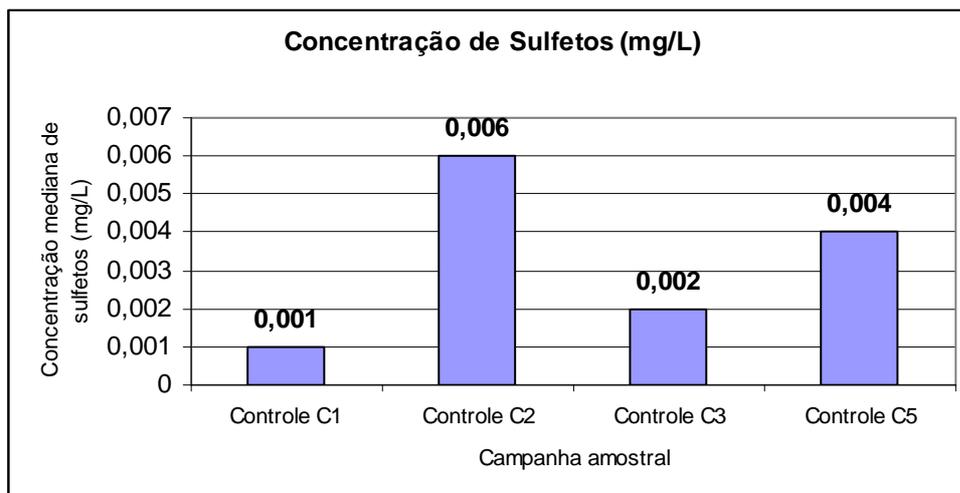


Figura II.5.1.3-16 - Concentrações medianas de sulfetos nas estações controle do FPSO Espadarte nas campanhas amostrais C1, C2, C3 e C5.

Não foi possível identificar qualquer padrão de distribuição, vertical ou espacial para este parâmetro de modo que os valores observados em todas as campanhas foram considerados aleatórios e reportados pela literatura como índices naturais para regiões oceânicas, onde foram observadas concentrações de até 0,004 mg/l (Petrobras/Cenpes, 2001a).

No entorno da Unidade de P-40, os teores de sulfetos observados nas amostras de água variaram de valores inferiores ao limite de detecção (< 0,01 mg/L) até 0,006 mg/L.

Clorofila-a

A Clorofila-a pode ser utilizada como uma estimativa da biomassa fitoplanctônica uma vez que o fitoplâncton e a Clorofila-a apresentam, em geral, a mesma distribuição e abundância (Gaeta, 1999). Na região estudada, a distribuição de clorofila-a é afetada pela variação na estratificação termal devido às intrusões da ACAS na AT (Castro Filho & Miranda, 1998).

A presença de valores mais altos de clorofila-a pode estar diretamente relacionada com a ressurgência da ACAS e a existência de vórtices nessa região. Os fenômenos citados são ecologicamente importantes pois a ascensão da

ACAS, rica em nutrientes, promove a fertilização da camada fótica (Metzler et al, 1997). Uma vez disponíveis, tais nutrientes podem ser consumidos pelos organismos fitoplanctônicos na realização de suas atividades metabólicas.

Em oceanos estratificados, é esperado que seja encontrada sua maior concentração na profundidade relativa à termoclina uma vez que esta feição oceanográfica representa uma barreira física à sedimentação dos organismos fitoplanctônicos. Ressalta-se que esta região é considerada a mais produtiva da zona fótica dos oceanos tropicais estratificados (Mann & Lazier, 1991; Cupelo, 2000).

Dados do Programa REVIZEE – Central III (apresentado em Cupelo, 2000) apontaram para a região da costa central valores entre 0,04 µg/L e 1,63 µg/L, característicos de regiões oligotróficas, sustentadas pela produção primária regenerada.

Comparando-se os resultados registrados para as cinco campanhas da FPSO Espadarte, temos a apresentação de um padrão próprio de águas oceânicas, com a predominância de valores baixos, típicos de águas oligotróficas (Quadro II.5.1.3-19), não apresentando diferenças nos padrões quando comparados aos resultados encontrados nas estações controle.

Quadro II.5.1.3-19 - Comparação entre as faixas de valores de clorofila-a (µg/L) observadas nas estações controle das cinco campanhas de monitoramento ambiental realizadas no entorno do FPSO Espadarte.

RESUMO DADOS Clorofila-a – ESPADARTE (ESTAÇÕES CONTROLE)					
CAMPANHAS	CONTROLE C1	CONTROLE C2	CONTROLE C3	CONTROLE C4	CONTROLE C5
Mínimo	0,012	0,01	0,004	0,05	0,40
Máximo	0,680	0,42	0,270	0,42	2,14
Mediana	0,335	0,20	0,073	0,20	1,60

A Figura II.5.1.3-17 representa graficamente os valores de clorofila-a encontrados nas diferentes campanhas amostrais realizadas para o monitoramento da qualidade da água nas estações controle do FPSO Espadarte.

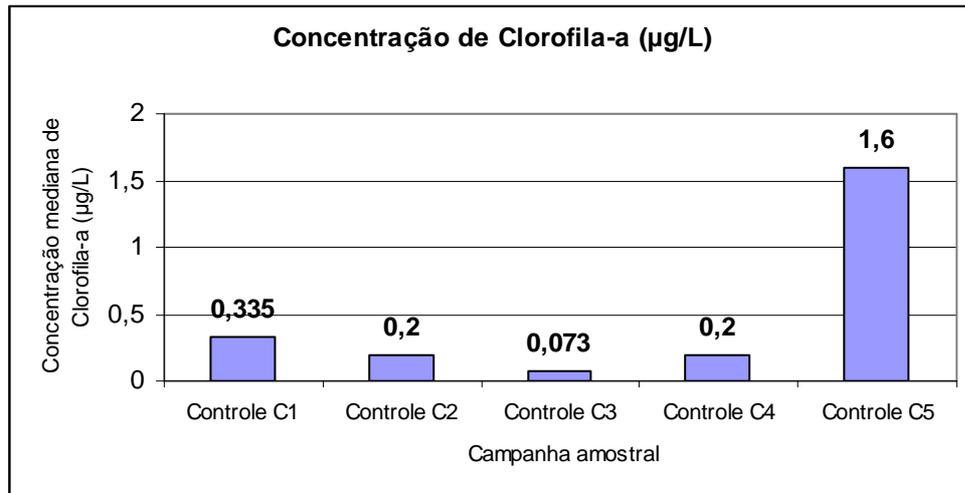


Figura II.5.1.3-17 - Valores de clorofila-a nas estações controle do FPSO Espadarte nas campanhas amostrais C1, C2, C3, C4 e C5.

No estudo realizado para o monitoramento da unidade P-40 as concentrações de clorofila a variaram de abaixo do limite de detecção ($< 0,04 \mu\text{g/L}$) a $0,33 \mu\text{g/L}$, com média de $0,14 \mu\text{g/L}$. Na campanhas de levantamento para o Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Marlim Sul, as concentrações de clorofila a apresentaram, do mesmo modo, valores baixos ($0,04$ a $0,29 \mu\text{g/L}$).

Na área da plataforma de Pampo, a clorofila a variou entre abaixo do limite de detecção ($<0,01$) e $0,89 \mu\text{g/L}$, com média de $0,25 \mu\text{g/L}$, sendo que os maiores valores foram encontrados a meia profundidade, enquanto nas camadas de superfície e fundo os valores encontrados foram mais baixos.

Considerações finais (água)

De acordo com o levantamento apresentado, as águas da área do empreendimento podem ser consideradas pobres em nutrientes, com baixos teores de clorofila a e potencialmente livres de contaminantes.

De um modo geral, as maiores variações hidroquímicas esperadas estão associadas à variação vertical, sendo governadas por processos físicos (ex. estratificação térmica, atenuação de luz) e biológicos (produção e mineralização). Comparativamente às águas mais superficiais, acima dos 200 m de profundidade,

as águas profundas apresentam uma maior concentração de nutrientes e mais baixos valores de COP e clorofila *a* (Pereira et al., 2006). Encontra-se um forte gradiente de concentração de nutrientes dissolvidos, sendo observada estratificação superfície/fundo, sendo as maiores concentrações encontradas no fundo.

Em linhas gerais, para as águas de superfície, é esperado que o pH, o oxigênio dissolvido e os nutrientes tenham o aumento de seus valores associados ao fenômeno de ressurgência, em toda a região em frente à costa do Estado do Rio de Janeiro. O fenômeno se intensifica no verão, com potenciais reflexos nas concentrações desses parâmetros, aumentos estes representados por pequenos vórtices de ocorrência, conforme descrito na literatura (Valentin et al., 1987; Weber et al., 1994; Cupelo, 2000).

Com o decréscimo da intensidade da ressurgência a partir do outono, se espera que os valores diminuam ao longo do ano, reduzindo também a ocorrência dos vórtices, dispersando a referida alta de concentração. Já no inverno é esperada a predominância da Corrente do Brasil em superfície, com decréscimo dos teores de nutrientes e da produtividade primária em suas caracteristicamente oligotróficas.

B) Qualidade dos Sedimentos

A fim de caracterizar da qualidade dos sedimentos da área de influência do Bloco Exploratório Aruanã, Bacia de Campos, foram levantados os dados existentes em alguns estudos realizados o mais próximo possível da região para avaliar mais precisamente o ambiente sob a influência da atividade. Foram compilados dados dos seguintes estudos:

- ★ Plataforma de Pampo: Relatório Final do Programa de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção de Petróleo na Bacia de Campos, RJ (Petrobras/Cenpes, 2001a);
- ★ Plataforma de P-40: Relatório do Monitoramento Ambiental da Área de Exploração e Produção do Campo de Marlim Sul - Pré-operação das Unidades P 40+38 (Petrobras/Cenpes, 2002);

- ★ Plataforma de Espadarte: Caracterização Ambiental para Complementação do Estudo de Viabilidade Ambiental da Unidade Estacionária de Produção Espadarte FPSO (Petrobras/Cenpes, 2001b) e Projeto de Monitoramento Ambiental – Campanha I - FPSO Espadarte (Petrobras, 2004);

Os locais de coleta estão representados na figura 1. Abaixo segue o resumo das metodologias aplicadas na determinação de cada um dos parâmetros apresentados neste diagnóstico (Quadro II.5.1.3-20).

Quadro II.5.1.3-20 - Resumo dos parâmetros e metodologias analíticas para o compartimento sedimento.

	PAMPO	P-40	ESPADARTE (a)	ESPADARTE (b)
Granulometria	Secagem e digestão; Peneiragem e pipetagem			
Matéria Orgânica	-	Calcinação e gravimetria	Cálculo (C org x 2,2)	Cálculo (C org x 1,172)
Carbonato	Digestão e gravimetria	Digestão e gravimetria	-	Digestão e gravimetria
Fósforo	Espectrofotometria	Espectrofotometria	Espectrofotometria	Espectrofotometria
Carbono orgânico	Analizador elementar	Analizador elementar	Analizador elementar	Oxidação e volumetria
Nitrogênio total	Analizador elementar	Analizador elementar	Analizador elementar	-
Metais	ICP/AES (geração de hidretos - Hg e As)	ICP/AES (geração de hidretos - Hg)	ICP/AES	AAS e ICP
n-alcenos	GC-FID	GC-Whole oil	GC-FID	GC-MS
HPAs	GC-MS e Fluorescência UV	GC-MS	GC-MS	GC-MS

Granulometria, matéria orgânica e teor de carbonatos

As variações sedimentares que compõem o fundo marinho são resultantes de processos primários (geológicos e físicos) e de processos secundários (químicos e biológicos). Estas variações acontecem de forma espacial e temporal, em diferentes escalas. Desta forma, os tipos de grãos encontrados, seu selecionamento, teor de carbonato, diâmetro médio e outras características

sedimentares são resultantes desses vários processos que agem de forma sinérgica, positivamente ou não (Petrobras/Ecologus, 2009).

Analisando os dados da região, observa-se que a granulometria até a isóbata de 200 m é caracterizada por complexos de fácies sedimentares, conforme reportado na literatura. Na plataforma continental externa, observa-se a presença de uma granulometria mais fina e homogênea, com baixos coeficientes de variação (Petrobras/Habtec, 2005).

No geral, este padrão de distribuição granulométrica, com sedimentos mais grosseiros próximos à fonte (continente) e sedimentos mais finos na área mais profunda, é bem consolidado na literatura. Sobre a plataforma, ocorre predomínio da deposição terrígena e carbonática biogênica. A partir dos 130 m de profundidade, onde ocorre a quebra de plataforma, se inicia o domínio de água profunda e os mecanismos de sedimentação são distintos. Nessa situação os principais processos atuantes são a ressedimentação (transferência de sedimentos dos ambientes de águas rasas) as correntes de fundo (ex.: correntes de contorno) e deposição de produtos pelágicos e hemipelágicos (argilas e colóides, materiais com granulometria muito fina) (Baptista Neto et al., 2004).

De acordo com Alves e Ponzi (1984), o sedimento ao longo da plataforma externa, entre Itabapoana (ES) e Cabo Frio (RJ) é caracterizada pela presença de sedimentos carbonáticos, compostos principalmente por algas calcárias nodulares e ramificadas. Segundo Lana et al. (1996), as províncias carbonáticas, com sedimentos contendo mais de 50% de carbonato de cálcio, foram encontradas nas plataformas média e externa ao Norte do Rio de Janeiro. Nesse contexto, os sedimentos da área da plataforma de Pampo apresentam teores elevados de carbonato (Quadro II.5.1.3-21).

Quadro II.5.1.3-21 - Teores de carbonato encontrados no entorno de PPM-1.

CAMPANHAS	TIPO DE SEDIMENTO	MIN	MAX	MÉDIA	DESV. PAD.
Verão	carbonatos	2,84	77,67	51,29	19,16
Inverno	carbonatos	29,62	75,29	50,88	11,06

No entorno da plataforma de Pampo, entre as isóbatas de 95 e 105m, foi encontrada uma grande área de sedimento calcário intercalado com áreas

lamosas, constituídas por silte/argila, de grãos mal selecionados (Petrobras/Cenpes, 2001a). O substrato é predominantemente consolidado, de origem biogênica, e composto principalmente por concreções carbonáticas. Apresenta contribuição de algas calcárias, com a presença de um canal alongado no sentido Sudoeste-Nordeste — canal este constituído por um sedimento lamoso, rico em carbonatos. A taxa de sedimentação na região da plataforma de Pampo foi de 0,8 mm/ano, sendo este valor coerente com uma região de baixa deposição de sedimentos como a plataforma continental.

Seguindo em direção do talude, conforme indicam Figueiredo e Madureira (1999) e Figueiredo e Tessler (1999), a partir de 100 m de profundidade há uma predominância de lamas, com áreas formadas por lamas arenosas ao longo do talude.

Assim, a composição granulométrica do sedimento encontrado no entorno da localização do FPSO Espadarte (entre 700 e 900m) revelou-se bastante homogênea. Todas as amostras foram classificadas como lama (diagrama de Shepard). Os maiores percentuais de areia foram encontrados nas estações mais rasas, enquanto que nas estações mais profundas, observou-se maior contribuição da fração fina (silte e argila). O teor de matéria orgânica oscilou entre 1,3 e 2,1%. Já os carbonatos mostraram uma distribuição homogênea com teores bastante reduzidos para a área da Bacia de Campos (BioRio/Petrobras, 2004).

Para a área de P-40 (em torno de 1.000m de profundidade) a análise granulométrica evidenciou areia com lama, com porcentagens de areia variando entre 47% e 64%. Abaixo estão relacionados os resultados dos estudos mencionados a respeito dos teores de finos (silte+argila) e matéria orgânica (Quadro II.5.1.3-22).

Quadro II.5.1.3-22 - Teores médios de silte+argila e matéria orgânica do entorno de PPM-1, Espadarte e P-40.

LOCAL	PROFUNDIDADE	SILTE+ARGILA	MATÉRIA ORGÂNICA
PPM-1	100-110 m	99% (CV=2%)	-
Espadarte	700-900 m	96% (CV=3%)	1,75% (CV=3,1%)
P-40	~1000 m	62% (CV=15%)	4% (CV=23%)

Metais

Os metais encontrados nos sedimentos marinhos podem ser provenientes de fontes naturais ou antrópicas. Nos estudos de poluição ambiental, os sedimentos têm sido considerados como um compartimento de acumulação de espécies poluentes a partir da coluna d'água. Os componentes dos sedimentos possuem capacidade de sorção e acumulação, onde as concentrações tornam-se várias ordens de grandeza maiores do que nas águas correspondentes, possibilitando o uso dos mesmos como um bom indicador de poluição ambiental, tanto atual como remota (através da estratificação), possibilitando ainda o conhecimento das principais fontes de poluição dentro de um determinado sistema aquático (Föstner, e Wittmann, 1981).

Com relação à plataforma de Pampo, a distribuição dos metais foi influenciada pela distância entre as estações, pela deposição preferencial na direção SO e pela influência do fundo carbonático. Quando comparados a valores esperados para carbonatos, os sedimentos mostraram-se enriquecidos em Al, Fe, Ba, Cr, Zn, Ag e Sn. Quando comparados aos valores reportados para a plataforma rasa do Rio de Janeiro, é possível observar um enriquecimento do elemento Ba. Alguns metais estiveram abaixo do limite de detecção na maioria das amostras (Ag, Cd e As). (Petrobras/Cenpes, 2001a). Segue abaixo os resultados encontrados para a área de PPM-1 (Quadro II.5.1.3-23).

Quadro II.5.1.3-23 - Concentrações médias de metais determinadas nos sedimentos do entorno a plataforma de Pampo.

METAL	PAMPO	ESPADARTE
Al	10,3 g/kg	45,13 g/kg
Ba	0,18 g/kg	0,55 g/kg
Cr	14,2 mg/kg	83,0 mg/kg
Fe	6,0 g/kg	43,06 g/kg
Mn	75,9 mg/kg	571 mg/kg
Ni	8,0 mg/kg	57,1 mg/kg
Pb	6,6 mg/kg	36,5 mg/kg

(continua)

Quadro II.5.1.3-23 (conclusão)

METAL	PAMPO	ESPADARTE
Sn	41,4 mg/kg	-
V	17,5 mg/kg	120,4 mg/kg
Zn	27,9 mg/kg	83,0 mg/kg
Hg	36,8 ug/kg	90 ug/kg (Max.)
Cd	-	3,0 mg/kg
Cu	-	16,6 mg/kg

Para a plataforma de Espadarte, de modo geral, todos os metais apresentaram concentrações consideradas naturais quando comparados aos dados da literatura (Rezende et al., 2002), estando ligeiramente acima dos mesmos. A distribuição homogênea no entorno da plataforma corrobora a idéia de enriquecimento natural (BioRio/Petrobras, 2004).

As concentrações de Ba obtidas em Marlim Sul oscilaram entre 249 e 318 $\mu\text{g/g}$, sendo superiores às concentrações reportadas em Pampo e Pargo e em sedimentos carbonáticos em geral. As concentrações médias de Pb em Marlim Sul estiveram em torno de 10 $\mu\text{g/g}$, estando pouco acima das concentrações reportadas para a Plataforma Continental do Rio de Janeiro e para sedimentos carbonáticos (Petrobras/Cenpes,2002).

Carbono, Nitrogênio e Fósforo

A maior produtividade das águas costeiras e o conseqüente fluxo de matéria orgânica para o sedimento, originados pela excreção ou morte dos organismos planctônicos ou via aporte continental, promovem alterações no fluxo de matéria orgânica para o sedimento. Deste modo, os sedimentos das áreas costeiras freqüentemente apresentam maiores teores de matéria orgânica. Esta influenciados organismos planctônicos agindo como reguladores de matéria orgânica no sedimento foi observada por Pires-Vanin et al. (1993) na plataforma continental do Atlântico Sul.

A caracterização química dos componentes da matéria orgânica tem elucidado alguns aspectos da geoquímica orgânica. Normalmente, isso envolve a determinação, no sedimento, 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.

No entorno da plataforma de Pampo, os valores de C, N e P apresentaram-se mais altos do que na região do entorno da plataforma de Pargo (Petrobras/Cenpes, 2001a). As razões C:P e N:P se apresentaram dentro dos valores esperados para ambientes marinhos oceânicos não-sujeitos à influência antropogênica, similares aos encontrados na literatura para ambientes similares (Mahiques et al.; 2002). Os valores de concentração de Carbono orgânico, Nitrogênio total e Fósforo orgânico para a região da plataforma de Pampo, no verão e no inverno, são apresentados a seguir (Quadro II.5.1.3-24).

Quadro II.5.1.3-24 - Teores médios de Carbono orgânico, Nitrogênio total e Fósforo orgânico para a região da plataforma de Pampo.

PARÂMETRO	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA
Verão			
Carbono	0,85%	1,58%	1,23 %
Nitrogênio	0,12 %	0,20 %	0,15 %
Fósforo	0,0056%	0,0195%	0,0124%
Inverno			
Carbono	0,97%	1,89%	1,47 %
Nitrogênio	0,10 %	0,19 %	0,13 %
Fósforo	0,0055%	0,0212%	0,0112%

Esta diferença pode ser atribuída a 2 (dois) fatores: a presença de uma granulometria mais fina em Pampo, favorecendo um maior acúmulo de matéria orgânica; e a presença de estruturas carbonáticas, que levam à maior resistência desta matéria orgânica à degradação bacteriana (Petrobras/Cenpes, 2001a). Romankevich (1984) mostrou que fatores como a granulometria e o teor de carbonatos, favorecem o acúmulo ou a degradação de matéria orgânica, a granulometria fina e estruturas de carbonatos podem favorecer o acúmulo de matéria orgânica e a areia pode favorecer a degradação da matéria orgânica devido ao maior fluxo de oxigênio entre os grãos.

A composição elementar observada no sedimento do campo de Espadarte (entre as profundidades de 700 e 900m) revelou-se bastante homogênea,

apresentando valores médios de $0,13 \pm 0,02\%$ e $0,02 \pm 0,01\%$ para Carbono orgânico e Nitrogênio total, respectivamente. Os resultados de concentração de fósforo orgânico mostraram uma tendência de diminuição com a profundidade e um valor médio de $233 \pm 183 \mu\text{g/g}$ (Petrobras/Cenpes, 2001b).

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 na região em frente aos Rios Doce e Paraíba do Sul, em profundidades de cerca de 1.000m (Petrobras/Cenpes, 2002). 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, 2002).

n-alcanos HPAs e HTP

A análise de cromatografia gasosa (CG) e a de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM) de extratos orgânicos de amostras de água e sedimento permitem identificar, caracterizar, diferenciar e quantificar os vários tipos de hidrocarbonetos utilizados na avaliação ambiental. Sob tal aspecto, torna-se imperativo separar os hidrocarbonetos de origem antrópica (termogênica) dos biogênicos. Entre os hidrocarbonetos mais estudados, podem ser destacados os hidrocarbonetos alifáticos (ex. *n*-alcanos, isoprenóides e cicloalcanos) e os aromáticos (ex. naftalenos, benzenos, fenantrenos, etc.) (Ecologus/Petrobras, 2009)

Em Pampo, os teores de *n*-alcanos estiveram entre $0,85$ a $2,37 \mu\text{g/g}$. As concentrações de *n*-alcanos identificadas no entorno do FPSO Espadarte variaram de $0,30$ a $1,04 \mu\text{g/g}$, sem presença de MCNR. Esses valores são típicos de sedimentos não contaminados (Petrobras/Cenpes, 2001a).

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

Quanto aos HPAs totais, em Pampo, foram verificados resultados na faixa de 5,6 a 62,2 $\mu\text{g/g}$ para a campanha de verão e de 4,3 a 49,6 $\mu\text{g/g}$ para a campanha de inverno. A soma dos HPA individuais se encontrou na faixa de 0,061 a 0,207 $\mu\text{g/g}$ (média de 0,102 $\mu\text{g/g}$). Foram observadas diferenças de duas a três ordens de grandeza inferiores para os resultados de CG-EM, quando comparados com as concentrações de HPA encontradas através da metodologia fluorescência de UV, o que já seria esperado, uma vez que a metodologia de fluorescência mede o total de HPA e certamente outros compostos que fluorescem no comprimento de onda estudado, que estão somados aos HPA. As concentrações de HPA por CGEM dos sedimentos foram inferiores aos níveis citados como causadores de efeito biológico (4,0 ppm) (Long e Morgan, 1990).

As concentrações de HPAs identificadas no entorno do FPSO Espadarte estiveram entre 0,03 e 0,20 $\mu\text{g/g}$, apresentando valores considerados típicos de sedimentos não contaminados por hidrocarbonetos (Petrobras/Cenpes, 2001b).

Em nenhum dos estudos relacionados acima foram realizadas análises de HTP. Para fins de referência, no estudo realizado em Barracuda e Caratinga (Petrobras/Cenpes, 2002b) foram encontrados teores de 0,49 $\mu\text{g/g}$, com CV de 29%.

Considerações finais (sedimento)

Os sedimentos da área de Aruanã são predominantemente lamosos, com predomínio de grãos de granulometria fina (silte e argila), baixo teor de carbonatos e razão C:N:P compatível com ambientes oceânicos prístinos, não-sujeitos a influência antropogênica.

Para a área do empreendimento se esperam níveis de metais compatíveis com os reportados para a área com sedimentos hemipelágicos. Entre os metais há predomínio de alumínio, ferro e manganês, com enriquecimento de bário, apresentando uma distribuição espacial homogênea.

Os sedimentos da região do empreendimento se encontram livres de contaminação por hidrocarbonetos, com níveis de HTP, n-alcanos de HPAs compatíveis com áreas oceânicas livres de influência de atividades tecnológicas humanas.