

II.5.1 – MEIO FÍSICO

Em atendimento às Diretrizes para Elaboração do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental, do Termo de Referência processo número 02001013069/2018-56, apresenta-se a seguir a caracterização do meio físico do campo de Peregrino. O presente documento é dividido em duas partes: Geologia e Geomorfologia e Qualidade da Água e Sedimento.

II.5.1.2 - QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTOS – CAMPO DE PEREGRINO – FASE II

O diagnóstico relacionado a Qualidade da Água e Sedimento baseou-se no conjunto de resultados obtidos com as análises dos parâmetros físico-químicos destes compartimentos. Desta forma, este item tem como foco os resultados obtidos *in situ* através das campanhas realizadas ao longo das atividades no Campo de Peregrino.

II.5.1.2.1 - Monitoramento da qualidade da água

A compilação dos resultados dos parâmetros analisados na água no entorno do FPSO é apresentada e discutida a seguir a fim de caracterizar a qualidade da água na área (STATOIL/AECOM, 2012; STATOIL/AECOM, 2013; STATOIL/AECOM, 2014; STATOIL/AECOM, 2015; STATOIL/AECOM, 2017). Destaca-se que a discussão é focada na localização das estações e na comparação com os valores de referência estipulados pela Resolução CONAMA nº 357/05 para Águas Salinas Classe 1, para que seja possível inferir influências associadas ao descarte de água produzida pelo FPSO (Resolução CONAMA nº 393/2007).

A análise dos resultados de temperatura e salinidade permite inferir as massas d'água de uma região (BOLTOVSKOY, 1981; TOMMASI, 1994; BRAGA & NIENCHESKI, 2006), o que, conseqüentemente, auxilia na interpretação dos resultados químicos. Além disso, permite verificar alterações na salinidade ou na estrutura termohalina que possam estar relacionadas ao descarte de água produzida no meio.

Os perfis de temperatura, salinidade e densidade realizados ao longo da coluna d'água indicaram algumas diferenças entre as estações, com a presença de uma camada de mistura até 25-55m na maioria das estações e ausência de uma termoclina definida em algumas estações. A análise conjunta desses dados permitiu observar a presença da Água Tropical (AT) na área.

De uma forma geral, nas campanhas de monitoramento entre 2012 e 2017 os perfis de temperatura, salinidade e densidade apresentaram variações condizentes com condições naturais e não houve indicativo de aumento da salinidade que pudesse ser associada à pluma descartada pelo FPSO Peregrino (STATOIL/AECOM 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017).

As campanhas de monitoramento no entorno do FPSO Peregrino revelaram uma distribuição do pH ao longo das estações variando entre 7,6 e 8,6. Não foi observado um padrão claro que pudesse ser associado à coluna d'água ou à distância da estação em relação ao FPSO. Os valores encontrados foram condizentes ao intervalo recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/05 para águas salinas classe 1 (STATOIL/AECOM, 2012;

2013; 2014; 2015, 2016, 2017). A semelhança observada para tal parâmetro entre estações e, mesmo entre profundidades, demonstra ausência de alterações associadas ao efluente descartado pelo FPSO Peregrino (STATOIL/AECOM, 2017).

O oxigênio dissolvido (OD) é um importante indicador ambiental de qualidade de água, por caracterizar impactos ambientais, como eutrofização e poluição orgânica (LALLI & PARSONS, 1995). Entre as campanhas pretéritas de Monitoramento no entorno do FPSO Peregrino as concentrações de OD variaram desde 6,1 até 12,4 mg.L⁻¹, valores superiores ao mínimo recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/05 (6,0 mg.L⁻¹) (STATOIL/AECOM, 2012; 2013; 2014; 2015, 2016, 2017).

O material particulado em suspensão (MPS), também mencionado como sólidos em suspensão total (SST), corresponde às partículas presentes na água acima de 1,2 µm, relativas a um conjunto de compostos e partículas inorgânicos e orgânicos, como partículas biogênicas, organismos vivos (fitoplâncton, bactéria e outros organismos) e mortos (material detritico) e partículas minerais.

Na campanha de 2012 não foram verificados valores representativos de MPS em nenhuma das estações monitoradas (em razão de elevados limites de quantificação amostral - <30,0 mg.L⁻¹). Nas campanhas seguintes, as concentrações variaram entre 0,12 e 5,20 mg.L⁻¹. (STATOIL/AECOM, 2012; 2013; 2014; 2015, 2016 e 2017). Os resultados sugerem variabilidade natural das águas no entorno do FPSO Peregrino, sem indicativos da interferência da água produzida (sem presença de picos próximos ao FPSO). Salienta-se que este parâmetro não possui limite preconizado na Resolução CONAMA nº 357/05.

Os valores de pH, oxigênio dissolvido, nutrientes e MPS foram comuns à área estudada e de acordo com o preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/05 para águas salinas classe 1 (exceção do MPS que não possui limite preconizado).

A composição orgânica do petróleo e a conseqüente presença dos compostos orgânicos da água de produção justifica a análise do carbono orgânico total (COT) nas águas no entorno do FPSO Peregrino. O COT é a análise não específica mais completa da quantificação dos componentes orgânicos em água marinha (OGP, 2005; OIL&GASUK, 2015).

Os resultados observados para COT estiveram abaixo do limite da Resolução CONAMA nº 357/05 e próximos entre si, variando desde <1,0 (LQ de campanhas passadas) até 2,65 mg.L⁻¹ (STATOIL/AECOM, 2012; 2013; 2014; 2015, 2016, 2017). Nota-se também que as médias tem sido próximas desde 2015. Destaca-se que todos os valores se enquadraram nas recomendações da Resolução CONAMA nº 357/05, que preconiza concentrações inferiores a 3,0 mg.L⁻¹.

A análise dos nutrientes na água do mar em estudos ambientais é usual, devido principalmente a dois fatores: seu papel fundamental para metabolismo do fitoplâncton (base da cadeia trófica) e a presença destes em efluentes domésticos e industriais indicando, com isso, despejo desse material no meio (AIDAR et. al., 1993). Em águas oceânicas, os nutrientes fósforo e nitrogênio tendem a apresentar concentrações baixas, caracterizando condições oligotróficas (PEDROSA et al., 2006). No caso do presente estudo, elevações nas concentrações de nutrientes poderiam indicar lançamento de efluentes do FPSO Peregrino, como efluentes sanitários ou o próprio descarte de água produzida.

As concentrações de fosfato ao longo das campanhas de monitoramento variaram entre <LQ e 0,039 mg.L⁻¹ P e de fósforo entre <LQ e 0,039 mg.L⁻¹ (STATOIL/AECOM, 2012; 2013; 2014; 2015, 2016, 2017).

Já para nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato, os gráficos apresentados a seguir (**Figura II.5.1.2.1.1**) **Erro! Fonte de referência não encontrada.** demonstram o predomínio de concentrações baixas ao longo do monitoramento, com recorrência de não quantificação ou quantificações mais elevadas em amostras isoladas (STATOIL/AECOM, 2012; 2013; 2014; 2015, 2016, 2017).

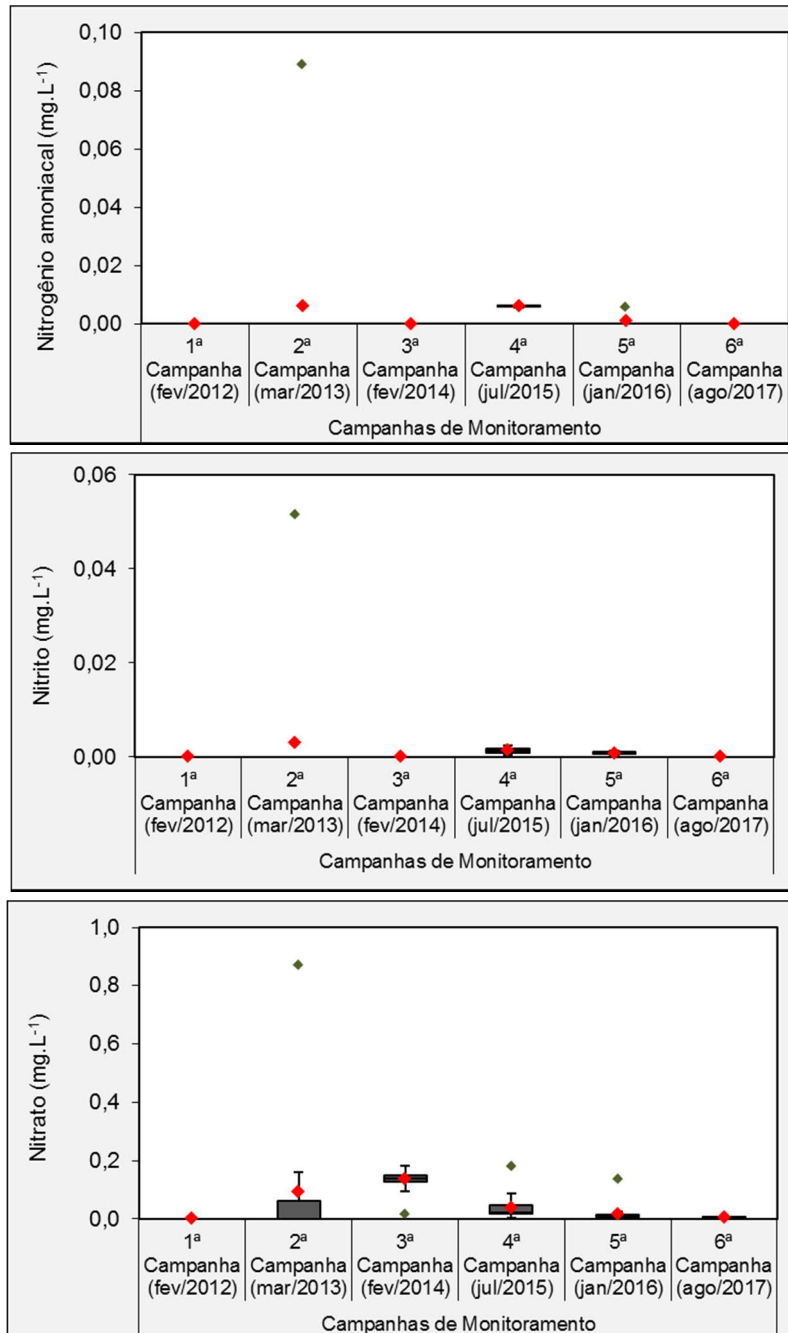


FIGURA II.5.1.2.1.1 – Valores de nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato observados nas seis Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Peregrino.

Outro importante estudo realizado ao longo das campanhas de monitoramento ao redor do Campo de Peregrino consiste na análise de clorofila-*a*. Trata-se de um pigmento fotossintético presente em todos os organismos fotoautotróficos. Por isso, a clorofila-*a* vem sendo utilizada como indicador da biomassa fitoplanctônica e, indiretamente, como um bom sinalizador das condições ambientais do ecossistema pelágico (JEFFREY et al., 1997; FIALA et al., 2002).

Quanto às campanhas pretéritas deste monitoramento, observa-se a predominância de concentrações baixas de clorofila-*a* na região. Na campanha de 2012 ocorreu um pico isolado, considerado um *outlier* não representativo, enquanto para os demais anos as concentrações variaram de 0,02 até 0,20 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (STATOIL/AECOM, 2012; 2013; 2014; 2015 e 2016). A campanha mais recente revelou concentrações variando entre 0,04 e 0,17 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (média de $0,08 \pm 0,03 \mu\text{g.L}^{-1}$) sem um padrão bem definido, seja em relação à distância do FPSO ou mesmo em relação às diferentes profundidades (STATOIL/AECOM, 2017).

Outro fator a ser avaliado na determinação da qualidade da água no entorno do FPSO consiste na concentração de metais. Diversos metais estão presentes na composição da água de produção, tanto na forma dissolvida quanto em microparticulados. O tipo, concentração e forma química destas substâncias na água produzida irão variar de acordo com a idade e formação geológica do reservatório e ainda podem variar com a composição da água injetada no poço (LEE & NEFF, 2011).

Na **Tabela II.5.1.2.1.1**, a seguir, podem ser observadas as concentrações de metais verificadas para água produzida descartada pelo FPSO Peregrino ao longo das 6 campanhas de monitoramento ambiental. Verifica-se que os metais analisados na água produzida do FPSO Peregrino permaneceram em sua maioria abaixo do limite de quantificação, principalmente em relação aos metais pesados, com exceção dos metais bário, boro, ferro e manganês. Gabardo (2007) observou concentrações similares em águas produzidas de plataformas de petróleo brasileiras monitoradas entre os anos de 2005 e 2006, com concentrações elevadas de bário ($0,2 - 45,0 \text{ mg.L}^{-1}$), boro ($6,0 - 120,4 \text{ mg.L}^{-1}$), ferro ($0,04 - 17,0 \text{ mg.L}^{-1}$) e manganês ($0,04 - 5,89 \text{ mg.L}^{-1}$).

TABELA II.5.1.2.1.1 – Concentrações de metais na água produzida descartada pela FPSO Peregrino. Histórico de resultados de novembro de 2011 a novembro de 2017.

Teor de metais na água produzida descartada pelo FPSO Peregrino								
Metais	Teor de metais na água produzida descartada por plataformas brasileiras nos anos 2005 a 2006 (valores de mediana) (GABARDO, 2007)	(novembro de 2011)	(maio de 2012)	(novembro de 2012)	(maio de 2013)	(novembro de 2013)	(maio de 2014)	(novembro de 2014)
	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹		mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹
Alumínio Dissolvido	0,1	<0,0300	< 0,030	< 0,030	< 0,030	<0,0300	< 0,030	< 0,030
Arsênio	<0,2000	<0,0100	<0,010	< 0,010	< 0,010	<0,0100	< 0,010	< 0,010
Bário	2	7,3	45	< 0,010	49,7	51,4	< 0,010	< 0,010
Berílio	-	<0,0030	< 0,003*J	< 0,010	< 0,010	<0,10	< 0,010	< 0,010
Boro	36,4	20,5	36	< 0,015	36,3	40,4	< 0,015	< 0,015
Cádmio	<0,0200	<0,0040	<0,004	< 0,004	< 0,004	<0,0040	< 0,004	< 0,004
Chumbo	<0,1000	<0,0090	0,009	< 0,009	< 0,009	<0,0090	< 0,009	< 0,009
Cobre	0,12	<0,0090	<0,009	< 0,009	0,024	<0,0090	< 0,009	< 0,009
Cobre Dissolvido	-	-	< 0,003*J	< 0,009	0,017	< 0,003*J	< 0,009	< 0,003*J
Cromo	<0,0050	<0,0100	<0,010	< 0,010	< 0,010	<0,0100	< 0,010	< 0,010
Ferro	1,1	-	0,030	7,04	11,2	-	7,88	5,27
Ferro Dissolvido	-	14,8	< 0,030	< 0,030	9,29	23,1	0,126	5,16
Manganês	0,35	1,31	0,421	0,451	0,663	0,956	0,485	0,276
Mercúrio	<0,0002	<0,0002	0,0006	< 0,0006	< 0,0006	<0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Níquel	<0,0100	<0,0050	0,005	< 0,005	< 0,005	<0,0050	< 0,005	< 0,005
Prata	<0,0030	<0,0050	< 0,005	< 0,005	< 0,005	<0,0050	< 0,005	< 0,005
Selênio	<0,0200	<0,0090	< 0,009	< 0,009	< 0,009	<0,0090	< 0,009	< 0,009
Tálio	-	<0,0200	< 0,020	< 0,020	< 0,020	<0,0200	< 0,020	< 0,020
Urânio	-	<0,1500	< 0,05*J	< 0,020	< 0,020	<0,018	< 0,018	< 0,018
Vanádio	-	-	0,005	< 0,015	< 0,015	<0,015	< 0,015	< 0,015
Zinco	<0,0200	0,102	0,007	< 0,070	0,083	0,071	< 0,070	< 0,070

Continua

Teor de metais na água produzida descartada pelo FPSO Peregrino							
Metais	Teor de metais na água produzida descartada por plataformas brasileiras nos anos 2005 a 2006 (valores de mediana) (GABARDO, 2007)	(maio de 2015)	(novembro de 2015)	(maio de 2016)	(novembro de 2016)	(maio de 2017)	(novembro de 2017)
		mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹
Alumínio Dissolvido	0,1	3,42	<0,030	< 0,030	< 0,030	<0,030	<0,030
Arsênio	<0,2000	<0,010	<0,010	< 0,010	< 0,010	<0,010	<0,010
Bário	2	29,8	19	48,7	55,4	60,8	32,6
Berílio	-	<3,00*J	-	< 3,00*J	< 3,00*J	-	<3,00*J
Boro	36,4	37,8	19,9	36,7	52,8	33,2	18
Cádmio	<0,0200	<0,004	<0,004	< 0,004	< 0,004	<0,004	<0,004
Chumbo	<0,1000	<0,009	<0,009	< 0,009	< 0,009	<0,009	<0,009
Cobre	0,12	<0,009	<0,009	< 0,009	< 0,009	<0,009	<0,009
Cobre Dissolvido	-	<0,003*J	<0,003*J	< 0,003*J	< 0,003*J	<0,003*J	<0,003*J
Cromo	<0,0050	<0,010	<0,010	< 0,010	< 0,010	<0,010	<0,010
Ferro	1,1	-	3,64	8,76	6,15	10,5	0,545
Ferro Dissolvido	-	0,052	0,217	-	6,92	5,85	0,041
Manganês	0,35	0,546	0,238	0,567	0,957	0,552	0,342
Mercúrio	<0,0002	<0,0002	<0,0002	< 0,030	< 0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel	<0,0100	<0,005	<0,005	< 0,005	< 0,005	<0,005	<0,005
Prata	<0,0030	<0,005	-	< 0,005	< 0,005	<0,005	<0,005
Selênio	<0,0200	<0,009	-	< 0,009	< 0,009	<0,009	<0,009
Tálio	-	<0,020	-	< 0,020	< 0,020	<0,020	<0,020
Urânio	-	<0,018	-	< 0,018	< 0,018	<0,018	<0,018
Vanádio	-	<0,015	<0,015	< 0,015	< 0,015	<0,015	<0,015
Zinco	<0,0200	<0,015	<0,070	< 0,070	< 0,070	<0,070	<0,070

*J - valor reportado é estimado porque sua concentração é menor que o limite de quantificação do método (LQ), corresponde ao limite de detecção (LD)

As concentrações de metais no entorno do FPSO Peregrino estão de acordo com os limites preconizados na Resolução CONAMA 357/05. LEE & NEFF (2011) salientam que diversos autores registraram rápida diluição ou precipitação de metais quando descartados em águas oceânicas, porém destacam que os processos de complexação, oxidação e precipitação não chegam a remover esses elementos do meio aquático, mas os convertem em formas não biodisponíveis. Estes fatores são apenas alguns exemplos explicativos para a ausência de concentrações elevadas de metais tóxicos na água, fato este de grande importância.

GABARDO (2007) destaca que o elemento boro, em concentração superior à natural, é um dos principais indicadores da presença da água produzida oriunda dos campos petrolíferos da Bacia de Campos, o que não foi observado no presente monitoramento, já que as concentrações verificadas são condizentes com ambientes naturais (valores oscilando entre 1,34 e 4,56 mg.L⁻¹; STATOIL/AECOM, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017). Destaca-se que o boro é um elemento abundante na água do mar, sendo encontrado em faixa de 3,4 a 4,9 mg.L⁻¹ (SALOMONS & FORSTNER, 1984; TIBBETTS, 1992).

O elemento flúor tem como fonte natural para o ambiente o intemperismo de rochas, podendo representar um constituinte natural da água produzida. GABARDO (2007) observou concentração média de fluoreto em águas produzidas na Bacia de Campos equivalente a 2,15 mg.L⁻¹.

Nas campanhas de 2012 a 2016, as concentrações de fluoreto variaram entre níveis inferiores de quantificação e 0,47 mg.L⁻¹ (STATOIL/AECOM, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016). Na campanha mais recente (STATOIL/AECOM, 2017), os valores foram maiores (máximo de 1,17 mg.L⁻¹), porém mantendo a concordância com o limite da Resolução CONAMA e similares a concentrações em águas marinhas naturais, esperadas para em torno de 1,0 mg.L⁻¹ (E&P FORUM, 1994 apud OGP, 2005).

Na água produzida é comum a formação de sulfetos na degradação de matéria orgânica por ação de microrganismos (SEGUI, 2009). Nas campanhas de monitoramento em torno da FPSO Peregrino não foram verificadas concentrações de sulfeto acima do LQ em nenhuma amostra analisada. O limite de detecção para tal parâmetro na campanha de 2017, por exemplo, correspondeu a 0,0016 mg.L⁻¹, estando de acordo com as recomendações da Resolução CONAMA nº 357/05 para águas salinas classe 1 (=0,002 mg.L⁻¹).

Moléculas surfactantes estão naturalmente presente no petróleo alterando a estabilidade do óleo emulsificado (OLIVEIRA, 1995) ou são adicionados sob a forma de surfactantes poliméricos na separação de água e óleo de efluentes oleosos (CUNHA, 2007). Os resultados obtidos ao longo das seis campanhas de monitoramento em torno do FPSO Peregrino mostraram que não foram encontradas concentrações quantificáveis de surfactantes (LQ = 0,030 mg.L⁻¹) (STATOIL/AECOM, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017).

O cloro residual livre corresponde ao cloro na água em forma de ácido hipocloroso e do íon hipoclorito. O elemento tem utilização recorrente por sua propriedade bactericida. OGP (2005) citaram concentrações médias de cloro em águas produzidas ao redor do mundo de 60,8 mg.L-

l e no Mar do Norte igual a 44,6 mg.L⁻¹. A análise de cloro residual total (combinado + livre) no entorno da FPSO Peregrino não verificou concentração efetiva em nenhuma das estações amostradas (LD=0,010 mg.L⁻¹), cujo LQ é inferior ao limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/05 de 0,01 mg.L⁻¹. Na análise da água produzida descartada pelo FPSO Peregrino ao longo das campanhas de monitoramento, não foram verificadas concentrações quantificáveis para cloro residual total (STATOIL/AECOM, 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017).

Os cianetos são compostos que contêm o radical CN⁻ (íon cianeto) que pode ser encontrado na água produzida, sendo que a preocupação em relação ao elemento no ambiente é devido à sua alta toxicidade inerente, principalmente quando associados ao zinco, cobre, níquel, prata e cádmio (EPA, 2000; VEIL, 2008). Em todas as campanhas de monitoramento no entorno do FPSO Peregrino não foram detectadas concentrações de cianeto (LD = 0,001 mg.L⁻¹) (STATOIL/AECOM, 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017).

As bifenilas policloradas (PCBs) são compostos orgânicos persistentes, pouco solúveis, com potencial de bioacumulação e bioconcentração, representando com isso uma ameaça à biota (PENTEADO & VAZ, 2001). Em nenhuma estação amostral no entorno do FPSO Peregrino, em nenhuma das campanhas realizadas, foi quantificada concentração desses elementos (LQ = 0,003 µg.L⁻¹) (STATOIL/AECOM, 2012; 2013; 2014; 2015, 2016).

CHAMP (2000) destacou que, embora nos últimos anos tenham surgido medidas impeditivas/restritivas em diversos países, as tintas antiincrustantes a base de tributilestanho (TBT) já foram intensamente utilizadas em estruturas submetidas ao contato direto e prolongadas com água do mar, como cascos de embarcações, instalações oceânicas e dutos submarinos. As amostras das águas no entorno do FPSO Peregrino não evidenciaram concentrações detectáveis (LD = 0,01 µg.L⁻¹) nas estações monitoradas ao longo das campanhas realizadas (STATOIL/AECOM, 2012; 2013; 2014; 2015, 2016).

OLIVEIRA & OLIVEIRA (2000) agruparam em quatro grupos principais os compostos orgânicos presentes na água produzida, sendo eles: os alifáticos (incluindo os naftênicos), aromáticos, polares e ácidos graxos. De acordo com a solubilidade dos compostos na água, estes podem representar maior potencial nocivo. Os compostos alifáticos mais leves (< C5) (mais solúveis) representam maior interesse. Já os compostos aromáticos, como benzeno, tolueno, xileno e naftalenos, e os compostos polares, como os fenóis, teriam solubilidade relativa. Os compostos aromáticos somados aos alifáticos constituem os hidrocarbonetos da água produzida. Cabe mencionar que a maior parte dos HPAs presentes na água de produção são de baixo peso molecular (de 2 e 3 anéis aromáticos, como naftaleno e fenantreno, respectivamente) e, portanto, mais voláteis, não apresentando grandes riscos ao meio ambiente marinho (NEFF, 2002; OGP, 2005).

Apesar da quantificação de alguns compostos orgânicos na água produzida descartada ao mar, nas amostras de água no entorno do FPSO Peregrino não foram verificados fenóis (LQ = 9,00 µg.L⁻¹), hidrocarbonetos aromáticos (LQ ~ 0,0375 µg.L⁻¹), compostos BTEX (LQ = 3,00 µg.L⁻¹), hidrocarbonetos totais de petróleo (LQ n-alcanos = 15,0 µg.L⁻¹; LQ demais = 435,0 µg.L⁻¹) ou

qualquer outro composto volátil ou semivolátil acima do limite de quantificação; fato recorrente em todas as estações de coleta em todas as profundidades, o que enquadra os parâmetros nas recomendações previstas na Resolução CONAMA nº 357/05 (STATOIL/AECOM, 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017). Estes resultados demonstram o alto potencial de diluição da água produzida nas águas no entorno do FPSO Peregrino.

Além dos hidrocarbonetos, um parâmetro que demanda preocupação em relação às atividades petrolíferas e, em especial, ao descarte de água produzida, é o teor de óleos e graxas. Este parâmetro é o único para o qual são estipuladas concentrações máximas na água produzida pela Resolução CONAMA nº 393/07. No presente monitoramento não foram verificados óleos e graxas em nenhuma estação de coleta (LQ = 10,0 mg.L⁻¹), o que indica ausência de influência deste parâmetro nas águas marinhas no entorno do FPSO Peregrino (STATOIL/AECOM, 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017).

Com a finalidade de observar os efeitos do descarte de água produzida na biota aquática no entorno do FPSO Peregrino foram realizados testes de toxicidade aguda e crônica a partir de amostras da água do mar, posto que o efeito sinérgico de poluentes pode representar uma ameaça não detectada na análise individual de determinados indicadores.

Todos os resultados apresentaram-se em acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05, que estipula ausência de efeito crônico, com exceção dos monitoramentos de 2012 e 2013, que verificaram embriões afetados em quatro (2012) e três (2013) estações, o que foi associado a uma possível limitação da metodologia do ensaio ecotoxicológico. De acordo com NAUDIN *et al.* (1995 *apud* ARAGÃO & BERTOLETTI, 2006), alterações observadas em valores obtidos com testes crônicos em amostras de água do mar podem estar relacionadas a diversos fatores. Dentre os possíveis motivos que alteram os resultados de toxicidade crônica estão os fenômenos fotoquímicos e biológicos, como adsorção de compostos orgânicos nos recipientes de coleta, efeitos das oscilações de pH, variações na temperatura e potencial redox, volatilização e biodegradação de microrganismos presentes nas amostras.

Dessa forma, não há evidência de que as alterações supracitadas são decorrentes da influência da água produzida descartada. Para o teste agudo, não foram observadas amostras tóxicas em nenhuma das campanhas realizadas (STATOIL/AECOM, 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017).

II.5.1.2.2 - Monitoramento da qualidade do sedimento.

O presente estudo apresenta uma compilação dos resultados das campanhas de monitoramento ambiental a fim de avaliar possíveis alterações nas características físicas e químicas do sedimento na região do entorno das plataformas Peregrino A e Peregrino B. Os resultados são comparados com outros estudos realizados na Bacia de Campos e também com valores de referência internacionais.

Dentre os aspectos estudados, a análise granulométrica do sedimento representa um parâmetro físico importante para caracterização do ambiente, principalmente em função da tendência de

correlação com as concentrações dos demais parâmetros, além da possível relação com os cascalhos decorrentes da atividade de perfuração (OGP, 2005; NEFF, 2008).

Para as análises de Peregrino A, observa-se a predominância de areia ao longo das campanhas, seguida do cascalho e frações mais finas com menor contribuição. Quanto aos resultados encontrados na campanha de *Baseline* realizada no Bloco BM-C-7, apesar de ter abrangido uma área maior comparada a do monitoramento da qualidade do sedimento e biota bentônica, verifica-se a areia predominando no bloco, porém com uma maior participação de argila comparada às estações no entorno de Peregrino A e Peregrino B (**Figura II.5.1.2.2.1**).

Os resultados da granulometria nas estações no entorno da plataforma Peregrino B mantiveram-se mais similares quando comparadas às campanhas do PMA e ao *Baseline*, embora com diferença em relação a argila (**Figura II.5.1.2.2**). Salienta-se que a maior similaridade de Peregrino B com o *Baseline* ratifica a hipótese de microvariações espaciais ao longo do BM-C-7, posto que a plataforma Peregrino B localiza-se relativamente mais próxima a um maior número de estações do *Baseline*.

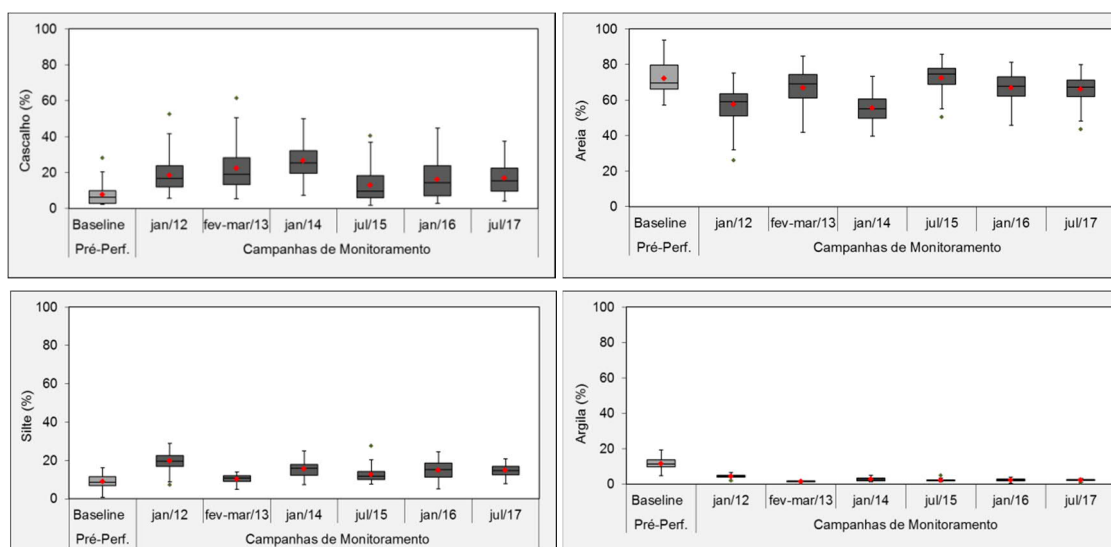


FIGURA II.5.1.2.2.1 – Box-plot comparativo das principais frações granulométricas na campanha *Baseline* (pré-perfuração) e da 1ª à 6ª campanha de monitoramento no entorno da plataforma fixa Peregrino A, Bloco BM-C-7, Bacia de Campos.

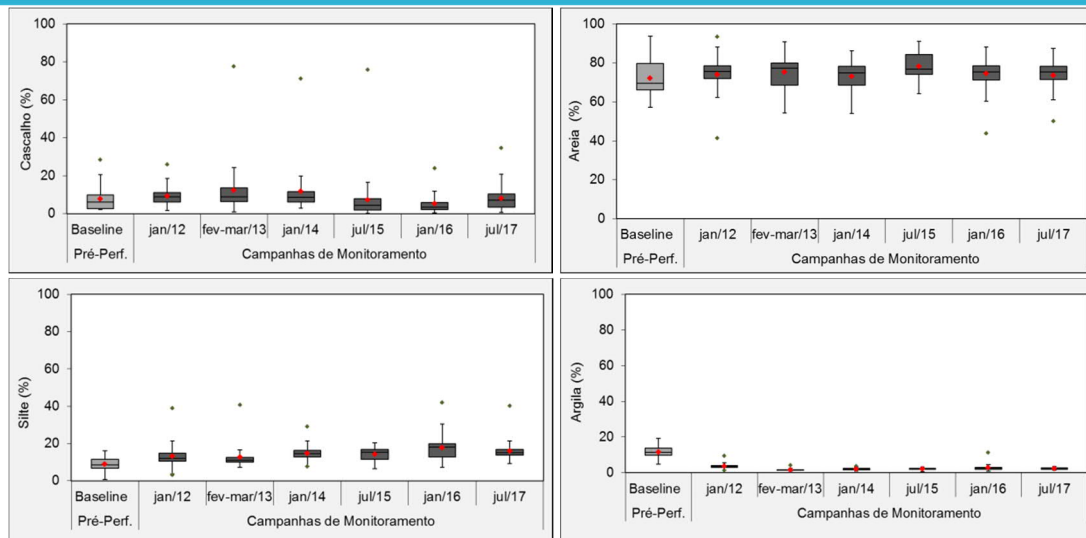


FIGURA II.5.1.2.2.2 – Box-plot comparativo das principais frações granulométricas na campanha *Baseline* (período pré-perfuração) e da 1ª à 6ª campanha de monitoramento no entorno da plataforma Peregrino B, Bloco BM-C-7, Bacia de Campos.

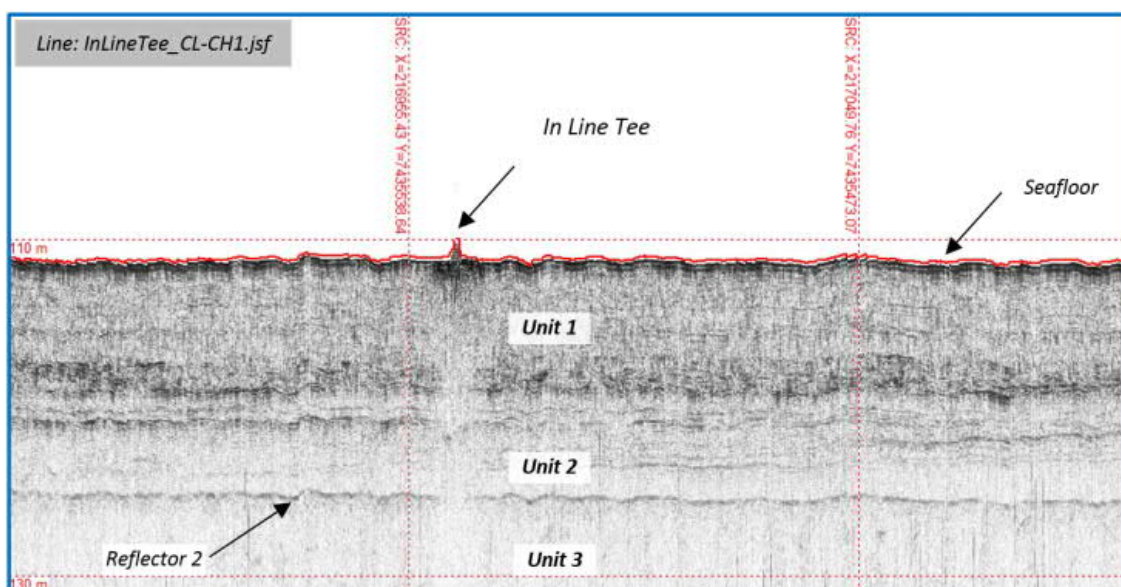
É importante ressaltar que as diferenças entre as classes granulométricas podem representar uma característica pontual e não necessariamente associada à influência de descarte de fluidos/cascalhos da plataforma, uma vez que diversos estudos mostram que os cascalhos (*cuttings*) mais grosseiros tendem a se assentar em áreas muito próximas à plataforma. NRC (1983), por exemplo, estima que grande parte de fluidos e cascalhos se assentem entre 10 e 20 m da unidade em ambiente de baixa energia (como na área de estudo), e Kennicutt *et al.* (1996a) verificaram aumento do teor de areia em até 200 m da plataforma.

Adicionalmente, um levantamento com *dropcam*, multibeam, sonar, sub-bottom e amostragem com van Veen foi recentemente realizado no Campo de peregrino, complementando a caracterização sedimentológica da área. As gravações de vídeo mostraram a presença de sedimentos não consolidados em todos os locais, com predomínio de sedimento fino, tendendo à presença de areia misturada ao silte nas maiores profundidades, corroborando os resultados das amostragens (STATOIL/GARDLINE, 2017).

Em relação à morfologia do fundo da área estudada, os dados revelaram um assoalho marcado por pequenas depressões e cicatrizes oriundas da pesca, nas proximidades da plataforma Peregrino-C. Duas características lineares particulares foram observadas, uma provavelmente associada à presença de cabos submarinos e outra, que será alvo de novas investigações para identificação das mesmas.

No que concerne às características de sub-superfície do leito marinho, os dados revelaram três unidades sedimentares principais (**Figura II.5.1.2.2.3**), delimitadas pelo fundo submarino e por dois refletores bem definidos (refletor 1 e refletor 2). A região no entorno da Plataforma Peregrino C é caracterizada pelas unidades 1, 2 e 3 e também por localidade com baixa penetração do sinal, fato associado a um aumento da granulometria do fundo.

A unidade 1 é definida do leito marinho até o Refletor 1 e sua configuração interna sugere formação por intercalação entre areia e silte e por grãos de menor tamanho nas áreas transparentes. A unidade 2 ocorre entre os refletores 1 e 2 e é caracterizada por uma baixa amplitude não contínua, com horizontes internos sub-paralelos e sedimentos acusticamente transparentes, indicando a presença de grãos mais finos do que a unidade superior. Por fim, a unidade 3 ocorre após o refletor 2, e neste caso, o sinal mostra uma penetração sub-superficial fraca e, por isso, poucos horizontes foram observados neste pacote sedimentar.



Fonte: STATOIL/GARDLINE, 2017.

Figura II.5.1.2.2.3 – Exemplo de linha obtida com aquisição de sub bottom Profiler (In-LineTee CL), ilustrando as unidades 1, 2 e 3.

Outro importante aspecto consiste na avaliação geoquímica, onde parâmetros como teor de carbonatos, carbono orgânico total, metais e hidrocarbonetos são analisados e comparados ao longo das campanhas.

Em ambas as plataformas, não há um padrão claro de distribuição das concentrações em função da distância das unidades. Figueiredo *et al.* (2015) demonstraram que o Campo de Peregrino, mais especificamente as áreas das plataformas Peregrino A e B, estão inseridas em região de sedimento predominantemente bioclástico, com teor de carbonato superior a 70%.

Na comparação entre todas as campanhas realizadas, observa-se que os teores de carbonato foram maiores nas campanhas mais recentes (2015 a 2017), atualmente mais condizentes com a característica da região apontada por Figueiredo *et al.* (2015) (**Figura II.5.1.2.2.3 Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Uma possível explicação para as diferenças pode estar no método analítico empregado. Entre 2012 e 2014, o teor de carbonatos foi analisado por método titulométrico (2012 e 2013: APHA 21ED 2320B; 2014: APHA-AWWA-21ªEd. 4500-CO2 C), enquanto que em 2015 e 2016 o teor de carbonatos foi analisado por dissolução ácida com HCl 1M descrita por Holme&McIntyre (1984) e Suguio (1973). A alteração do método de análise é prática comum em função da busca pela melhor técnica disponível, almejando a qualidade dos

resultados. A metodologia empregada atualmente é amplamente utilizada pela comunidade científica (por ex. TESSLER & SOUZA, 1998; MORAES, 2010; OLIVEIRA, 2012).

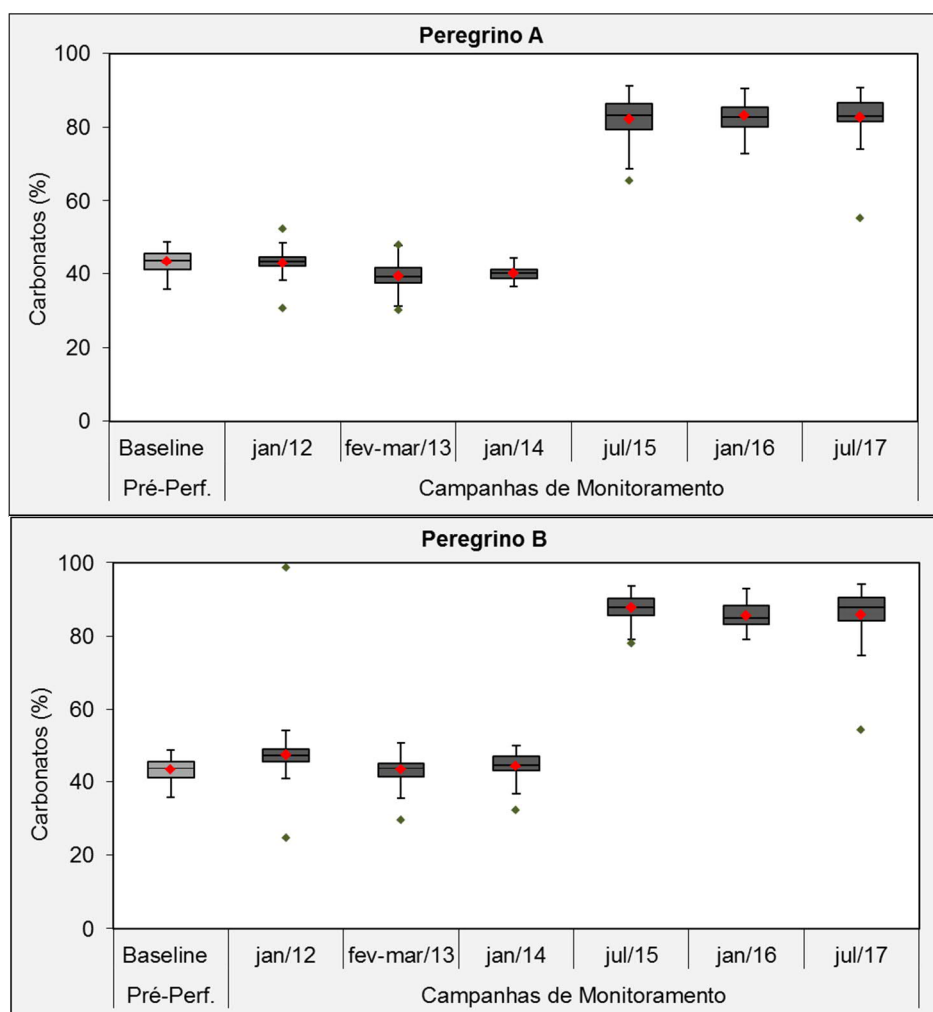


FIGURA II.5.1.2.2.3 – Box-plot comparativo dos teores de carbonatos na campanha *Baseline* (período pré-perfuração) e da 1ª à 6ª campanha de monitoramento no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B, Bloco BM-C-7, Bacia de Campos.

MACKENZIE *et al.* (1993) destacam que interferências antrópicas podem causar alterações significativas no teor de matéria orgânica nos sedimentos, fazendo com que este parâmetro seja um bom indicador de contaminação de um ambiente. Em adição, OGP (2005) cita que este é o parâmetro não-específico mais completo para avaliar o conteúdo de componentes orgânicos.

Em geral, as campanhas de monitoramento no entorno de ambas as plataformas demonstraram a tendência de baixas concentrações de COT, fato comum no ambiente oceânico, porém com um aumento nas faixas de valores desde 2015 (**Figura II.5.1.2.2.4**).

Assim como para os carbonatos, a metodologia analítica pode justificar a diferença encontrada. Os monitoramentos de 2012 a 2014 analisaram o teor de carbono orgânico através de método titulométrico e desde 2015 as análises são realizadas através de combustão catalítica em

analisador elementar de carbono CHN. A metodologia empregada desde 2015 também é amplamente utilizada pela comunidade científica (RICHARD et al., 2014).

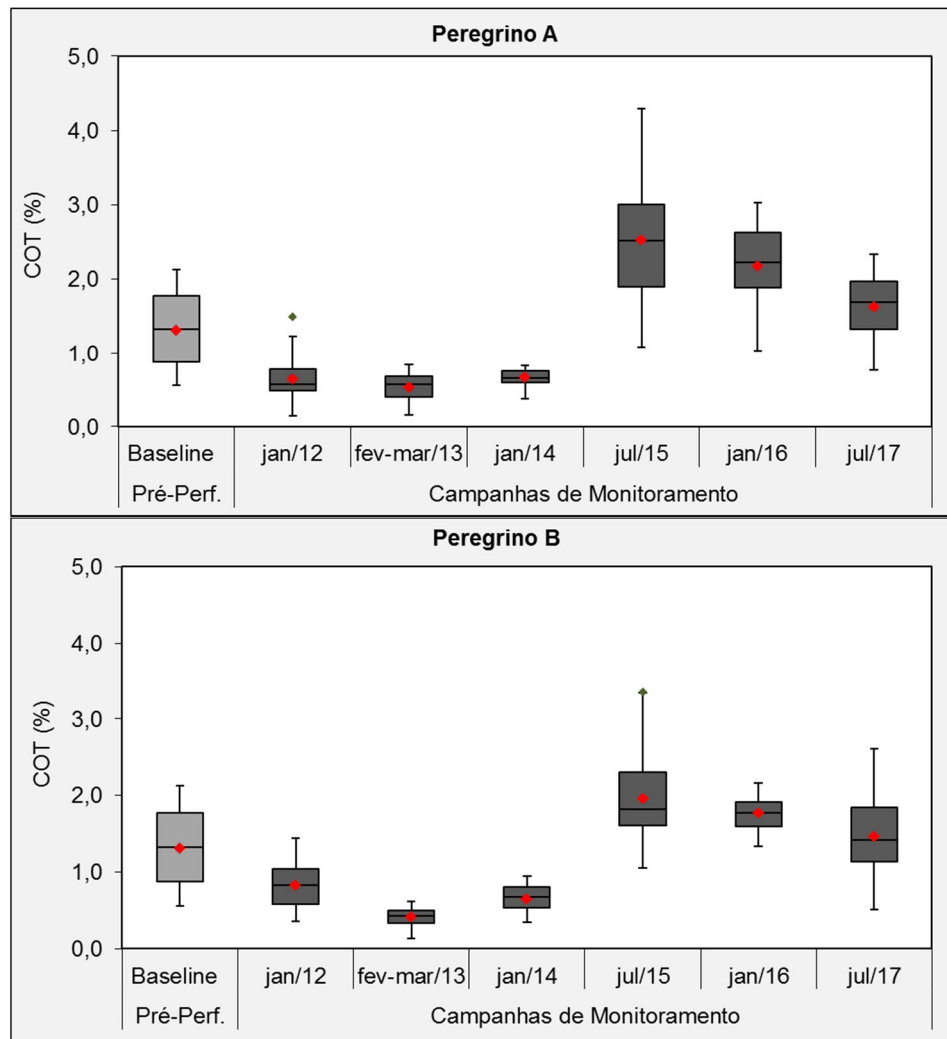


FIGURA II.5.1.2.2.4 – Box-plot comparativo dos teores de carbono orgânico total (COT) (%) na campanha Baseline (período pré-perfuração) e da 1ª a 6ª campanha de monitoramento no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B, Bloco BM-C-7, Bacia de Campos.

Metais no sedimento podem ter fonte autóctone ou alóctone, relacionadas a características naturais do ambiente ou a fatores antrópicos. Os metais ferro, alumínio e manganês, por exemplo, são encontrados naturalmente em altas concentrações no ambiente, indicando o tipo de rocha originária do sedimento. O bário, por sua vez, tende a baixas concentrações em ambientes naturais, enquanto que elevações em seus teores no sedimento funcionam como indicativo da atividade de perfuração de poços devido ao uso de elevadas concentrações de barita nos fluidos de perfuração para controlar a densidade (HARTLEY, 1994; NEFF, 2008).

O monitoramento de metais em sedimento possui a vantagem dos metais ocorrerem em maiores concentrações e com menor variabilidade neste compartimento, quando comparado com a água e com biota aquática. Entretanto, a taxa de sedimentação de partículas e o fluxo de metais

variam de local para local, contribuindo para a variabilidade na sua concentração. Além disso, outros aspectos (como reações de redução/oxidação, processos de adsorção/desorção, transporte físico ou diluição dos sedimentos) regulam a concentração de metais neste compartimento. O monitoramento ambiental das concentrações de metais é importante, principalmente, pelo potencial de toxicidade, persistência e bioacumulação na cadeia alimentar de alguns metais (NEFF *et al.*, 2000; NEFF, 2005; 2008; VEIGA, 2010).

A **Tabela II.5.1.2.2.1** a seguir sumariza os resultados de metais nas campanhas realizadas (*Baseline* e monitoramento de 2012 a 2017).

TABELA II.5.1.2.2.1 – Concentrações médias e desvios-padrões de metais no sedimento marinho na campanha *Baseline* (período pré-perfuração) e nas seis campanhas do PMA no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B, Bloco BM-C-7, Bacia de Campos.

Parâmetro (mg.Kg ⁻¹)		Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	V	Zn		
Baseline	Média	30,72	0,44	25,5	1,74	11235	<LQ	180,4	6,85	9,2	35,40	11,03		
	DvP	7,44	0,14	4,86	1,01	2228	-	54,4	2,21	1,5	8,10	3,77		
Peregrino A	2012	Média	509,2	<LQ	14,20	2,24	9067	<LQ	137,9	4,00	3,90	18,90	16,60	
		DvP	1008,8	-	4,20	0,54	1369	-	34,1	0,50	0,40	3,00	5,00	
	2013	Média	172,4	<LQ	11,77	1,69	8175	<LQ	131,6	3,28	3,70	16,80	13,88	
		DvP	287,2	-	2,16	0,39	1345	-	44,9	0,57	0,60	3,50	2,70	
	2014	Média	399,4	<LQ	12,96	2,10	5805	<LQ	127,2	3,45	4,60	16,10	13,34	
		DvP	598,5	-	4,00	1,04	1887	-	41,6	1,00	2,10	5,00	5,15	
	2015	Média	885,7	<LQ	13,04	0,82	6788	0,04	160,8	3,64	4,46	16,71	14,21	
		DvP	1109,8	-	3,60	1,41	1720	0,06	40,2	1,12	1,47	4,57	6,03	
	2016	Média	639,8	<LQ	10,54	1,77	5279	<LQ	122,1	3,57	4,28	15,80	12,36	
		DvP	806,2	-	1,83	0,96	1112	-	38,9	0,56	1,05	3,06	4,16	
	2017	Média	108,6	*	13,21	*	7036	<LQ	108,5	3,29	3,58	15,37	13,10	
		DvP	93,75	-	6,31	-	1000	-	20,7	0,66	0,61	2,04	7,87	
	Peregrino B	2012	Média	564,1	0,04	9,80	1,65	4787	<LQ	107,4	3,20	3,10	13,30	10,40
			DvP	840,9	0,1	1,30	1,57	1122	-	21,1	5,00	0,40	2,30	3,10
2013		Média	623,6	<LQ	11,01	1,52	6125	<LQ	118,5	2,72	3,60	13,90	12,23	
		DP	778,9	-	1,70	0,40	1128	-	27,2	0,80	0,50	2,60	2,29	
2014		Média	426,3	<LQ	11,02	1,60	4571	<LQ	106,7	2,36	3,90	12,80	11,96	
		DP	407,2	-	1,58	0,54	974	-	18,9	0,48	0,90	1,80	3,57	
2015		Média	314,1	0,02	7,99	0,60	3956	<LQ	84,0	1,75	2,75	9,56	7,17	
		DP	283,0	0,1	2,60	0,82	1433	-	24,0	0,64	1,08	3,12	4,77	
2016		Média	526,2	<LQ	8,05	1,29	3536	<LQ**	101,3	2,19	3,20	10,77	8,08	
		DP	665,8	-	1,31	0,74	1136	-	21,0	0,56	0,53	1,94	3,25	
2017		Média	97,2	<LQ	10,26	0,50	5165	<LQ	91,6	2,18	3,73	12,95	7,21	
		DvP	71,5	-	1,68	0,50	782	-	11,8	0,54	1,16	2,27	5,22	

LQ = Limite de Quantificação. *Médias não calculadas, pois a maioria das amostras permaneceu <LQ (95% das amostras de Cd e 85% das amostras de Cu em Peregrino A). ** Campanha que teve registro de apenas 1 amostra acima do LQ (com 0,078 mg.kg⁻¹ de Hg na amostra 7C).

Observando a **Figura II.5.1.2.2.5** verifica-se o incremento nas concentrações de Ba após o início das atividades de perfuração de desenvolvimento em relação ao *Baseline* e um decréscimo na campanha de julho/2017, o que pode indicar uma tendência de retorno aos valores de *background*. A oscilação das elevadas concentrações de bário podem estar associadas ao histórico de perfurações do campo.

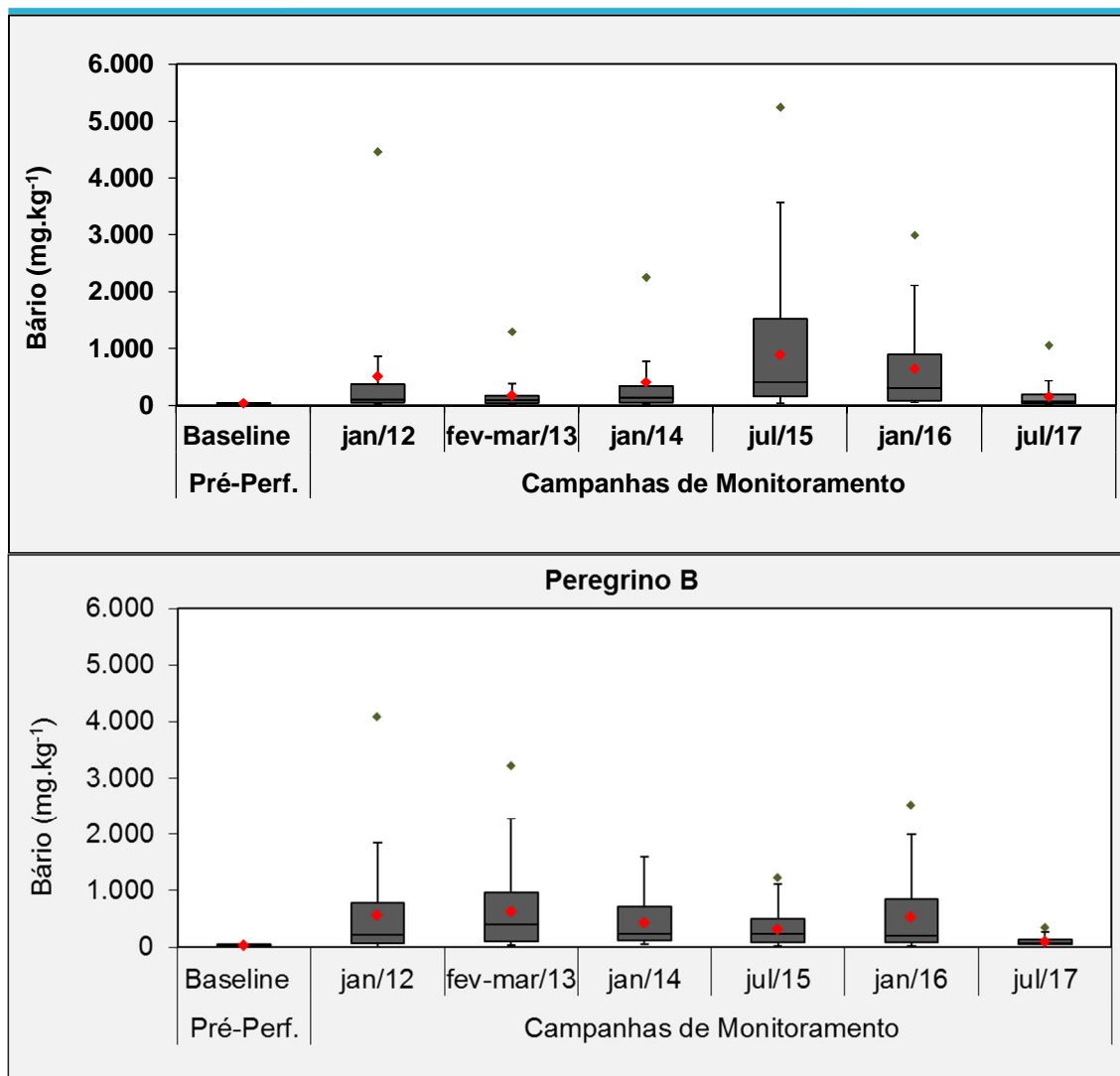


FIGURA II.5.1.2.2.5 – Box-plot comparativo das concentrações de bário (mg.kg^{-1}) na campanha *Baseline* (período pré-perfuração) e da 1^a a 6^a campanha de monitoramento no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B, Bloco BM-C-7, Bacia de Campos.

Os fluidos de perfuração normalmente possuem em sua composição sulfato de bário – BaSO_4 (barita) e água do mar, podendo ou não ser adicionada a base não aquosa, dependendo do tipo de perfuração e das limitações ambientais locais. A barita corresponde a um dos principais componentes das lamas de perfuração, promovendo elevadas concentrações de bário nos cascalhos. De uma forma geral, tal composto não é considerado tóxico, possui baixa solubilidade na água do mar e pode ser utilizada como um bom indicador de descargas de perfuração de petróleo, mesmo depois de muito tempo (BREUER et al., 2004; DEMORE, 2005).

Em relação ao metal cádmio (Cd), este pode ser encontrado em fluidos de perfuração através de impurezas da barita (BaSO_4) (NEFF et al., 2000; NEFF, 2005). Além desses fatores, o potencial para causar efeitos tóxicos na biota marinha implica a necessidade de controlar a concentração deste metal diretamente na fonte (Barite), além de tornar essencial sua avaliação em sedimentos marinhos.

Na campanha de 2017, a maioria das amostras manteve concentrações inferiores ao LQ, porém exceções ocorreram para o Cd em Peregrino A, onde duas amostras apresentaram concentrações quantificáveis, correspondentes a $0,513 \text{ mg.kg}^{-1}$ na amostra 5B e $0,526 \text{ mg.kg}^{-1}$ na amostra 2B. Destaca-se que as demais réplicas destas estações não corroboraram concentrações quantificáveis, o que refletiu em médias mais baixas. As concentrações quantificáveis ocorreram a 200 e a 600 m da plataforma, em direções distintas (SO e NE) e não coincidentes com a direção das maiores concentrações de bário. A localização dessas amostras e o fato do histórico de campanhas não demonstrar a ocorrência de Cd acima do LQ na região podem indicar que essas concentrações correspondam a *outliers* não associados a atividades de perfuração.

É importante observar se haverá recorrência das concentrações deste metal em futuras campanhas, viabilizando a análise da correlação das atividades de perfuração com a presença de concentrações de Cd na área.

As campanhas de monitoramento no entorno das duas plataformas revelaram valores médios de chumbo similares entre si, porém inferiores ao Baseline (**Figura II.5.1.2.2.6**). Esta tendência ratifica a propensão às baixas concentrações nas áreas monitoradas, sem indicativos para este parâmetro das atividades de perfuração.

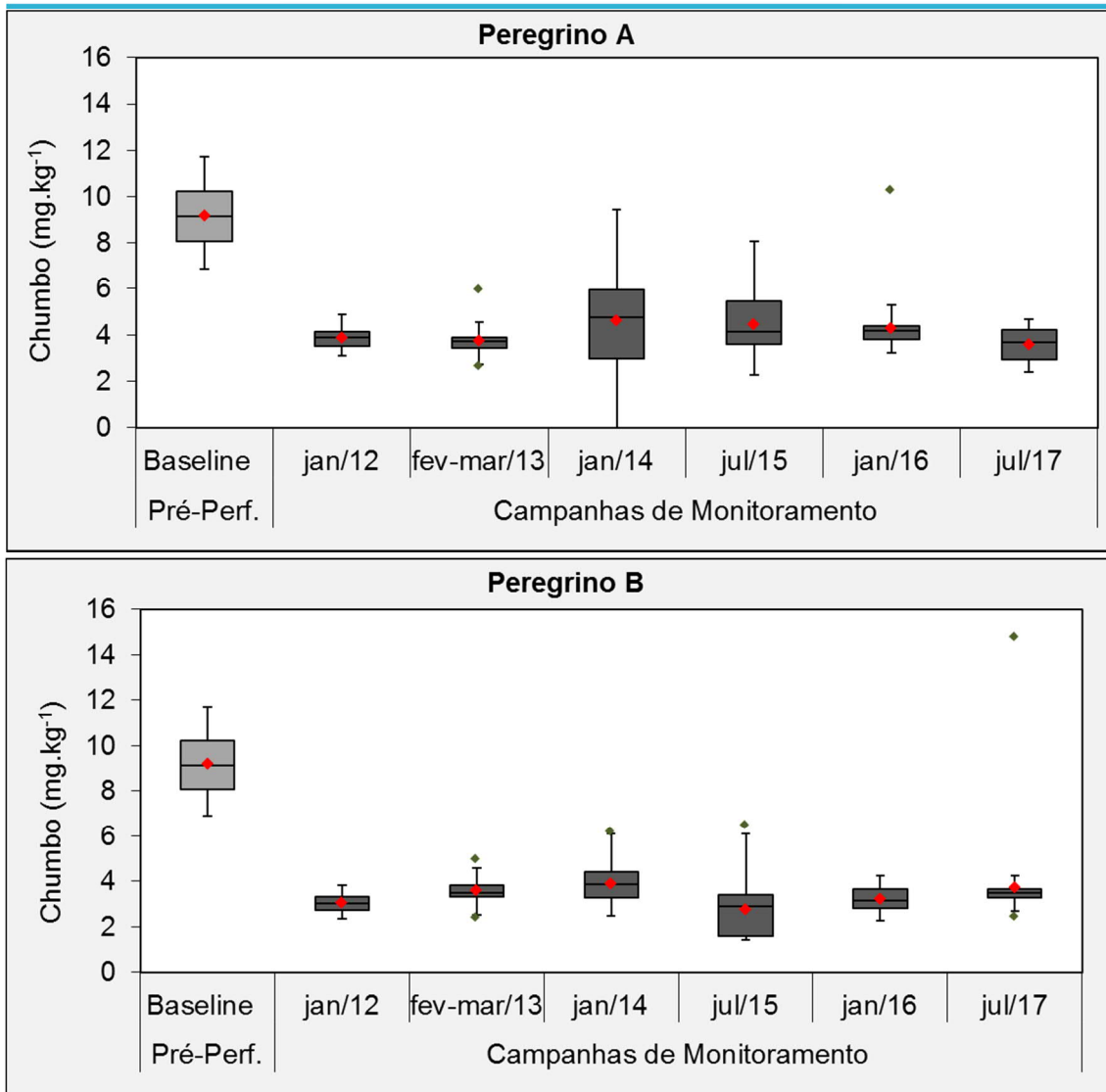


FIGURA II.5.1.2.2.6 – Box-plot comparativo das concentrações de chumbo (mg.kg^{-1}) na campanha *Baseline* (período pré-perfuração) e da 1ª a 6ª campanha de monitoramento no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B, Bloco BM-C-7, Bacia de Campos.

A **Figura II.5.1.2.2.7** a seguir mostra que o cobre apresentou comportamento relativamente similar entre as campanhas, tanto em Peregrino A quanto Peregrino B, ou mesmo na comparação com a região mais ampla do bloco BM-C-7, representada pela campanha do *Baseline*. A maior diferença foi o número de amostras com concentrações <LQ que predominaram na campanha de 2017.

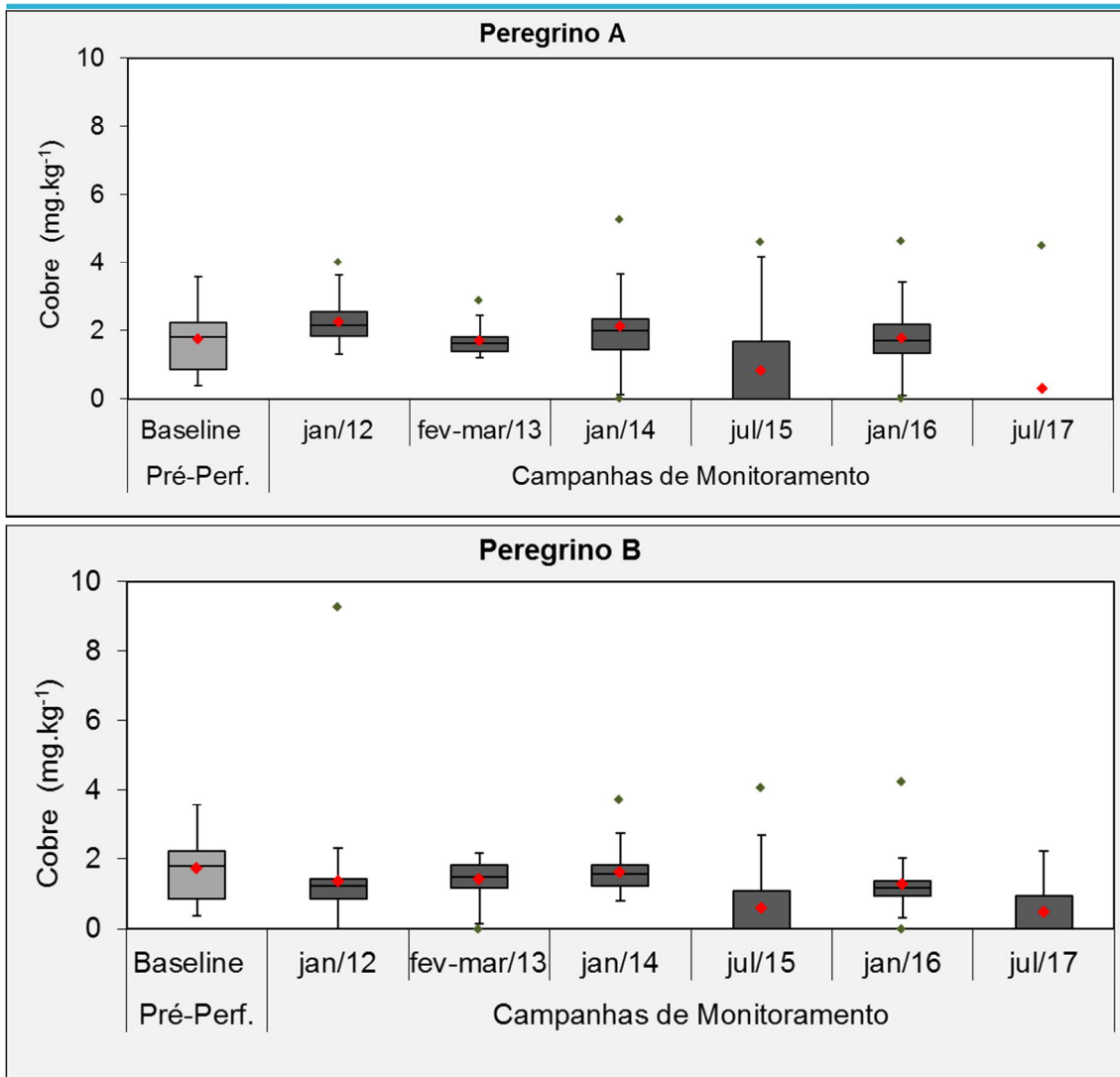


FIGURA II.5.1.2.2.7 – Box-plot comparativo das concentrações de cobre (mg.kg^{-1}) na campanha *Baseline* (período pré-perfuração) e da 1ª a 6ª campanha de monitoramento no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B, Bloco BM-C-7, Bacia de Campos.

A variação do cromo entre campanhas também não foi expressiva, com intervalo similar entre as campanhas de monitoramento, tanto em Peregrino A como em Peregrino B. Salienta-se que as concentrações encontradas na campanha *Baseline* foram superiores, o que corrobora que a ausência de incremento no ambiente em função da atividade de perfuração (Figura II.5.1.2.2.8).

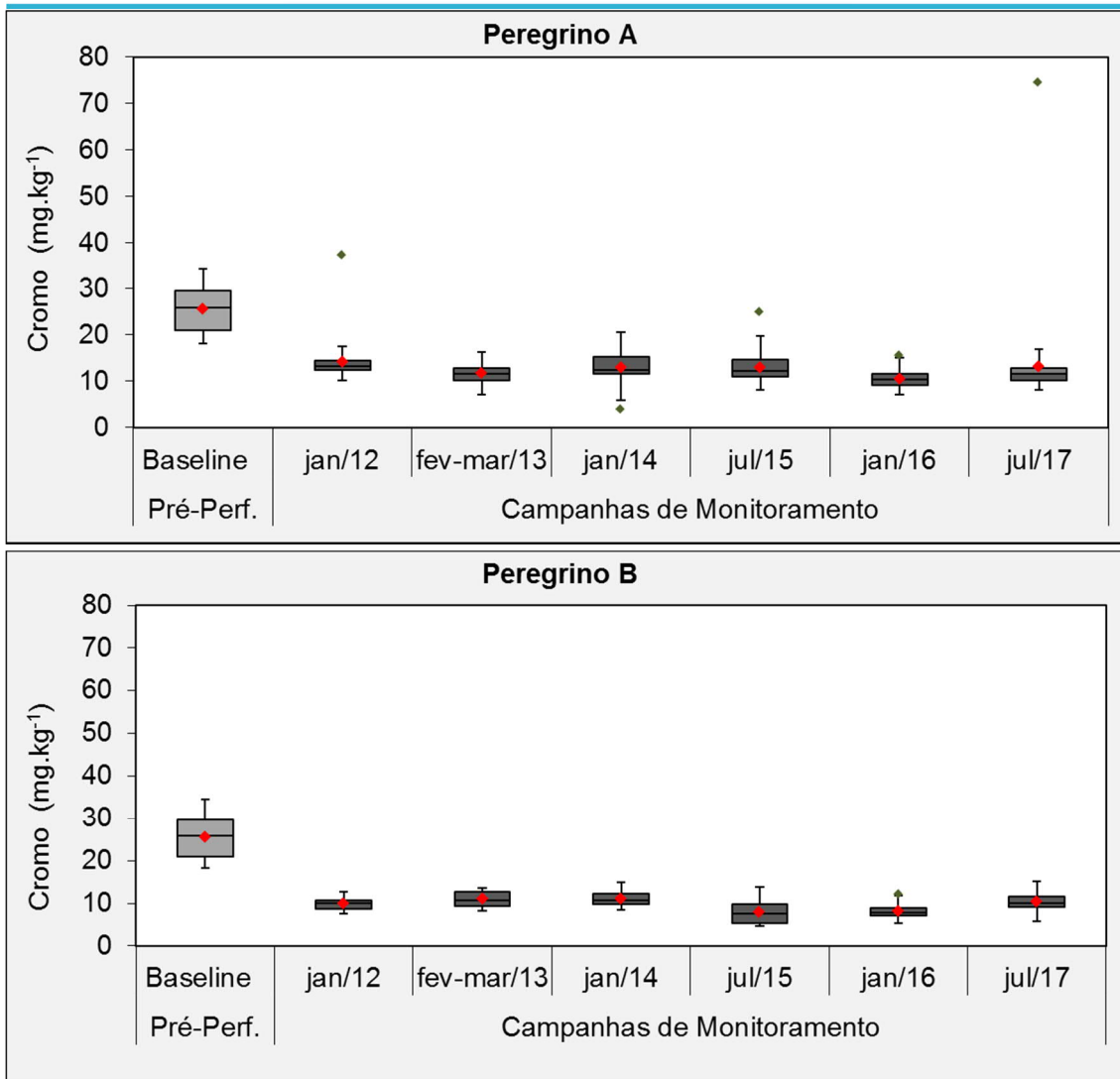


FIGURA II.5.1.2.2.8 – Box-plot comparativo das concentrações de cromo (mg.kg⁻¹) na campanha *Baseline* (período pré-perfuração) e da 1^a a 6^a campanha de monitoramento no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B, Bloco BM-C-7, Bacia de Campos.

O metal ferro (Fe) apresenta naturalmente concentrações maiores no ambiente. Na **Figura II.5.1.2.2.9** observa-se que as concentrações de ferro mantiveram ordens de grandeza similares ao longo das campanhas de monitoramento e foram ligeiramente inferiores ao *Baseline*, tanto em Peregrino A como em Peregrino B.

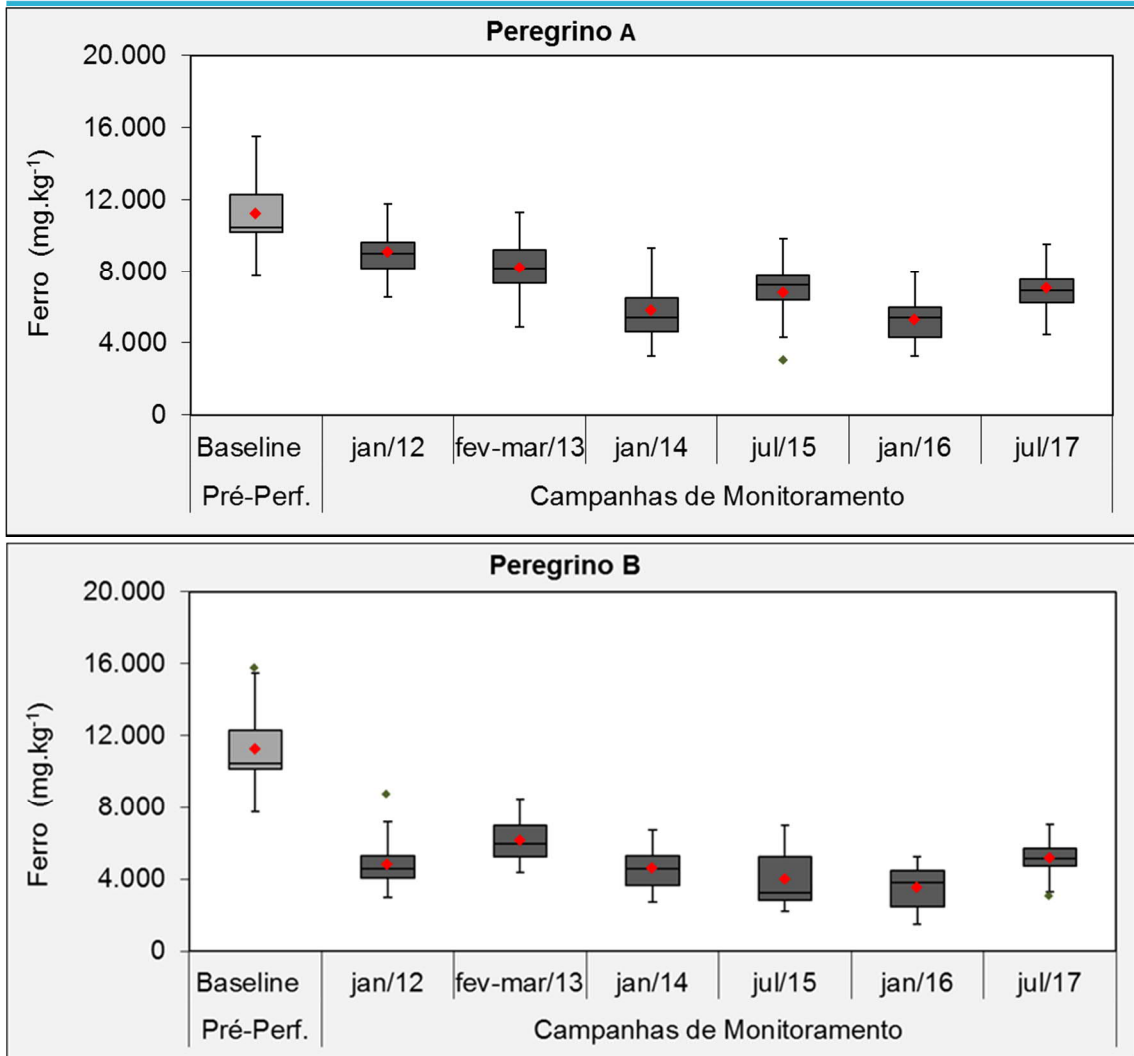


FIGURA II.5.1.2.2.9 – Box-plot comparativo das concentrações de ferro (mg.kg^{-1}) na campanha *Baseline* (período pré-perfuração) e da 1ª à 6ª campanha de monitoramento no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B, Bloco BM-C-7, Bacia de Campos.

Ao longo das campanhas, os valores de manganês, considerando as duas plataformas, foram bastante similares, seja para as campanhas de monitoramento ou para a campanha *Baseline* (Figura II.5.1.2.2.10).

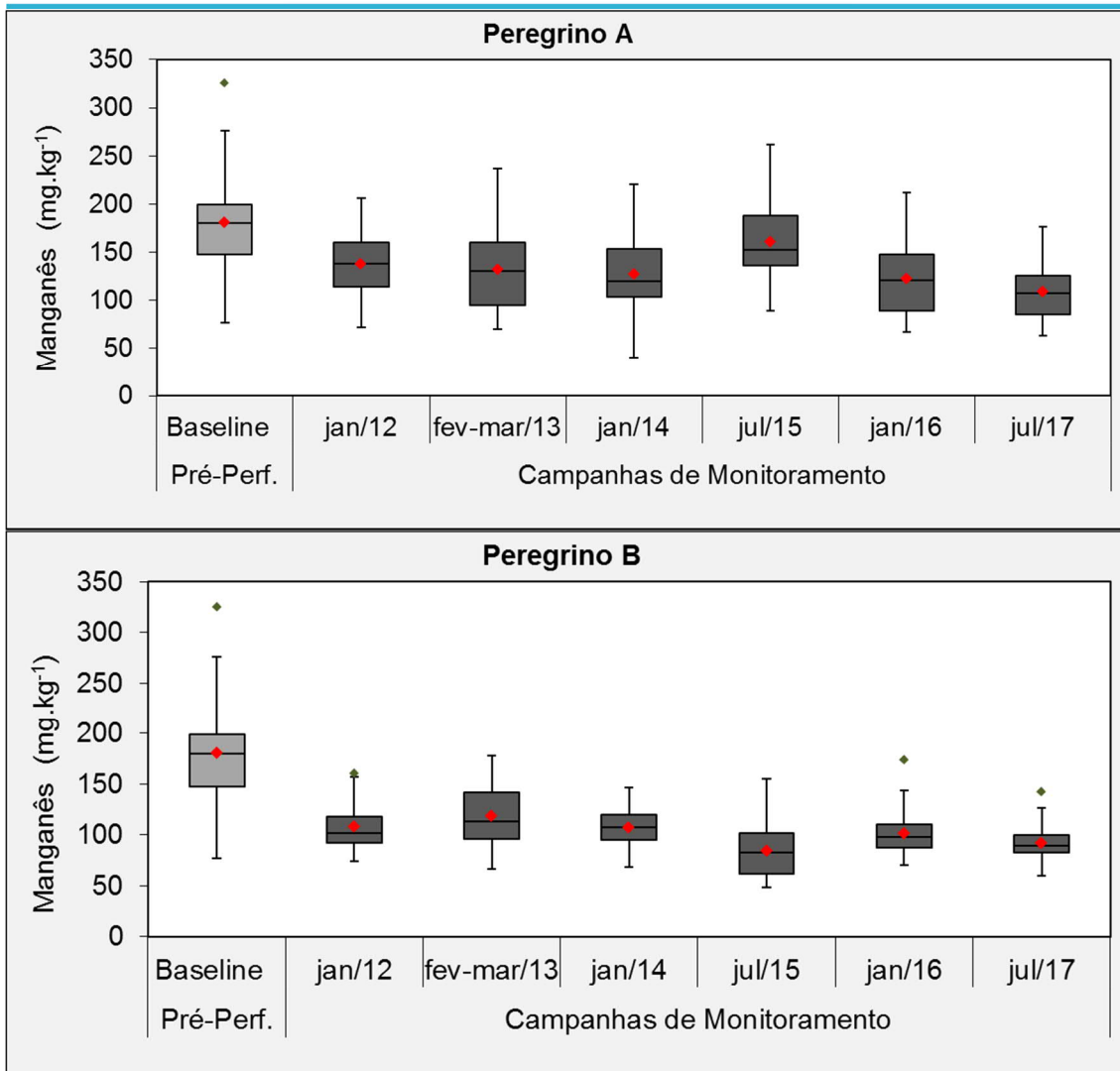


FIGURA II.5.1.2.2.10 – Box-plot comparativo das concentrações de manganês (mg.kg⁻¹) na campanha Baseline (período pré-perfuração) e da 1ª à 6ª campanha de monitoramento no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B, Bloco BM-C-7, Bacia de Campos.

As campanhas de monitoramento realizadas após o início das atividades de perfuração demonstraram que o entorno das plataformas Peregrino A e Peregrino B tendem a níveis inferiores de níquel comparados à campanha *Baseline*, embora em uma mesma ordem de grandeza. As concentrações observadas na campanha de 2017 são similares às dos anos anteriores (Figura II.5.1.2.2.11).

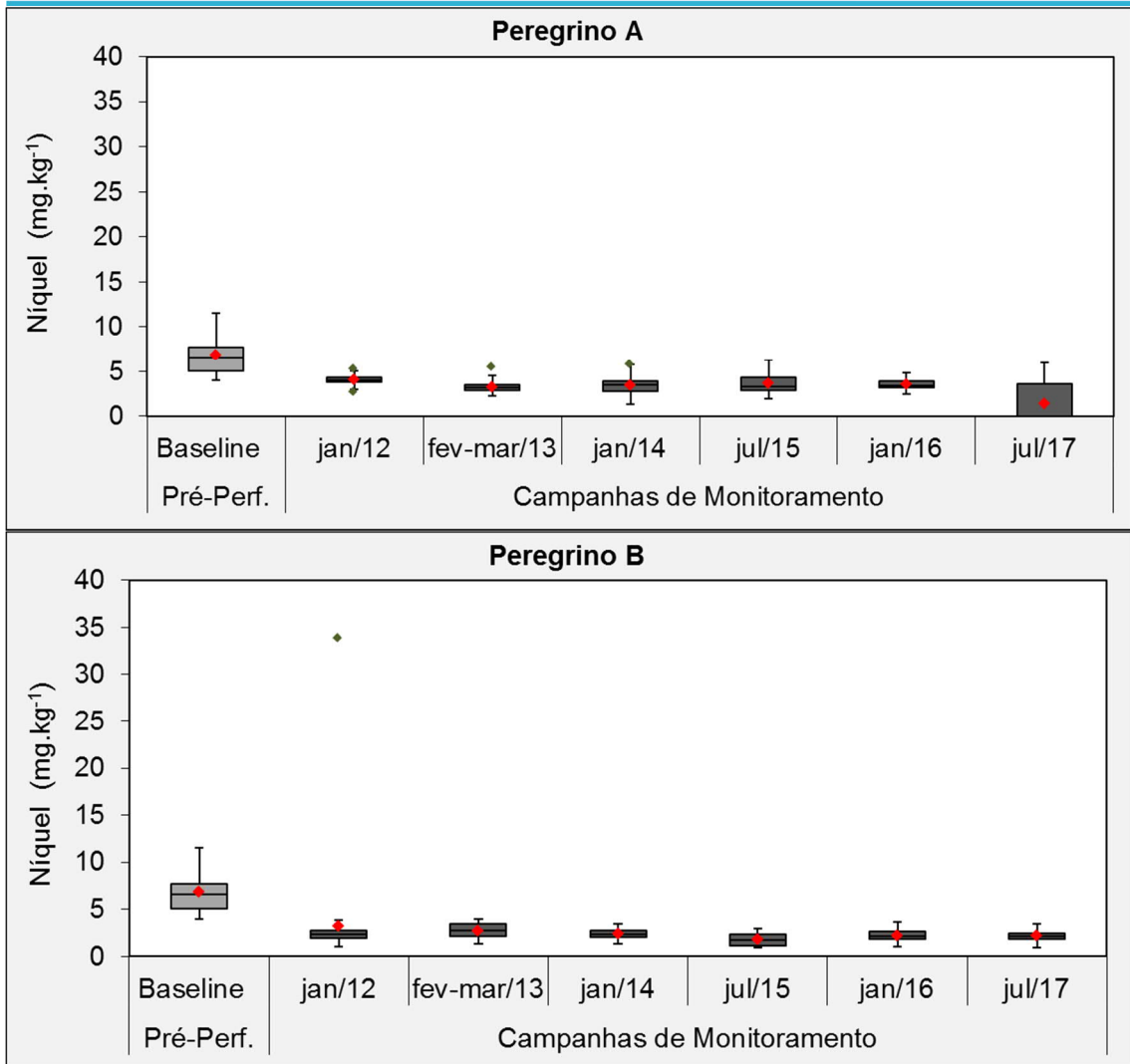


FIGURA II.5.1.2.2.11 – Box-plot comparativo das concentrações de níquel (mg.kg⁻¹) na campanha *Baseline* (período pré-perfuração) e da 1^a a 6^a campanha de monitoramento no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B, Bloco BM-C-7, Bacia de Campos.

Na **Figura II.5.1.2.2.12** observa-se a similaridade entre os valores de vanádio reportados nas campanhas após o início das atividades de perfuração no entorno das plataformas Peregrino A e Peregrino B, desde 2012 até 2017. Comparados ao *Baseline*, as áreas de Peregrino A e B tendem a concentrações menores, ratificando que não houve *input* antrópico desse metal na região das plataformas.

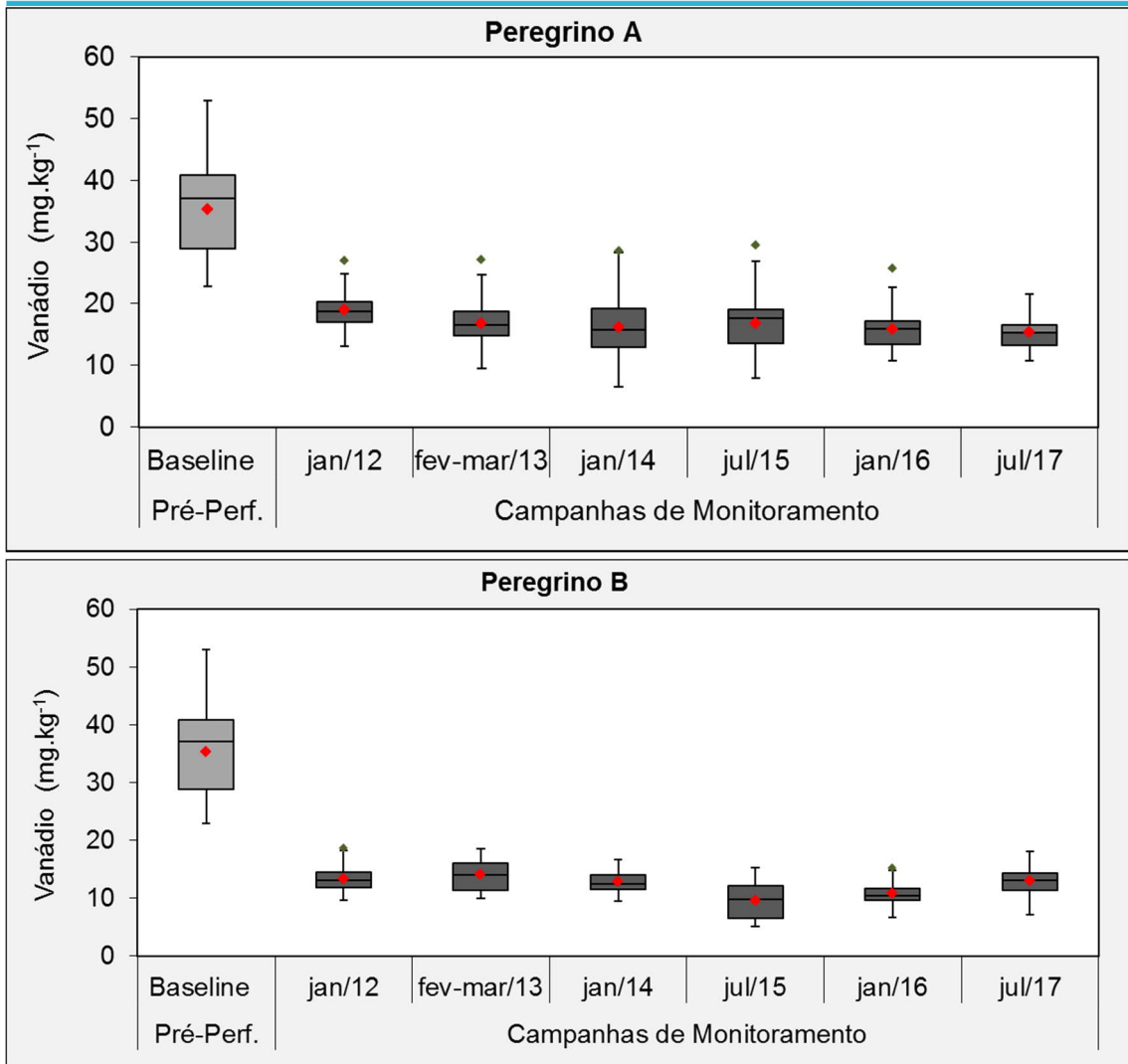


FIGURA II.5.1.2.2.12 – Box-plot comparativo das concentrações de vanádio (mg.kg^{-1}) na campanha *Baseline* (período pré-perfuração) e da 1ª à 6ª campanha de monitoramento no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B, Bloco BM-C-7, Bacia de Campos.

As concentrações de zinco no sedimento no entorno das plataformas Peregrino A e Peregrino B mantiveram-se semelhantes ao longo das campanhas de monitoramento (**Figura II.5.1.2.2.13**). As estações no entorno de Peregrino A tenderam a concentrações um pouco maiores em relação ao *Baseline*.

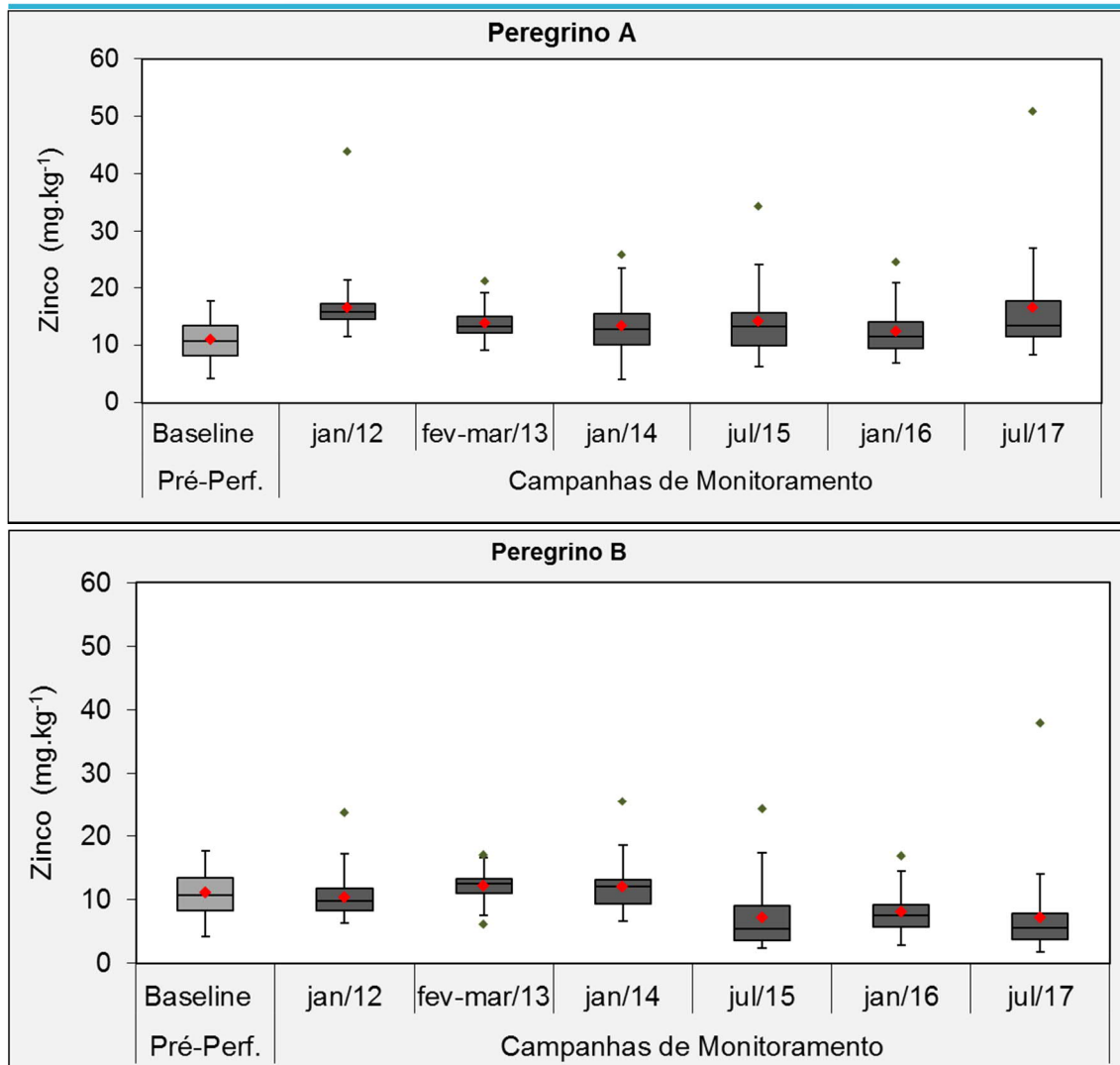


Figura II.5.1.2.2.13 – Box-plot comparativo das concentrações de zinco (mg.kg^{-1}) na campanha *Baseline* (período pré-perfuração) e da 1ª à 6ª campanha de monitoramento no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B, Bloco BM-C-7, Bacia de Campos.

Considerando que as concentrações de metais encontradas ao longo das campanhas apresentaram em sua maioria valores inferiores à campanha *Baseline*, infere-se que os mesmos representem concentrações naturais no meio.

Os hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) correspondem ao somatório das frações dos hidrocarbonetos resolvidos de petróleo (HRP e isoprenóides fitano e pristano) e a mistura complexa não resolvida (MCNR). Por MCNR entende-se o conjunto de compostos que não pode ser resolvido por cromatografia gasosa, sendo considerada a fração mais biodegradada ou intemperizada dos hidrocarbonetos presentes no meio ambiente, enquanto que HRP refere-se à fração recente, não degradada. A concentração de HTP é um parâmetro usado para avaliação expedita do estado de contaminação ambiental, uma vez que vincula o sedimento com as concentrações das frações de hidrocarbonetos saturados e aromáticos do petróleo ou outros resíduos das atividades petrolíferas, vertidos sob o substrato marinho (NRC, 1985; VOLKMAN et al., 1992).

Em relação aos valores pretéritos na área monitorada, ao longo do monitoramento a maioria das estações não apresentou concentrações quantificáveis de HTP no entorno de ambas as unidades. Em Peregrino A, a estação 5 teve concentrações quantificadas na 2ª e 3ª campanhas, enquanto que na 4ª campanha foram quantificadas as maiores concentrações observadas em todos os monitoramentos na estação 9 (200m a NO), com teores de 95.963,8 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ para MCNR, 5.503,1 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ para HRP e 101.466,9 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ para HTP. Em Peregrino B, a quantificação ocorreu nas estações 5 e 9 somente na 3ª campanha. Ou seja, a estação 5 de ambas as plataformas tende a apresentar hidrocarbonetos, o que sugere uma presença já antiga de resquícios de óleo na área. Durante a campanha do Baseline no Bloco BM-C-7 foram verificadas concentrações em todas as estações, em valores menores.

A análise de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) nos campos de produção *offshore* de óleo é importante pela contribuição potencial das atividades na elevação da concentração dos HPAs no ambiente marinho, seja por via atmosférica ou através do descarte de material contendo resíduo oleoso. No que tange a atividade de perfuração de poços, as fontes de HPAs podem ser o fluido de perfuração utilizado (principalmente se for de base não-aquosa, o que não ocorre nas atividades ora monitoradas), contaminação da própria formação perfurada, combustíveis ou em maior escala, em acidentes envolvendo vazamento de óleo (WANG *et al.*; 2001; OGP, 2003; NEFF, 2005). Dentre as fontes de HPAs, apesar da predominante origem pirolítica ou petrogênica, os HPAs também são formados por fontes naturais, podendo ser sintetizados por organismos como bactérias, plantas e fungos (KILLOPS & KILLOPS, 1993; LAW & BISCAYA, 1994; WALKER *et al.*, 2005).

A **Tabela II.5.1.2.2.2** apresenta as concentrações reportadas para outros estudos, além de valores de referência para efeito na biota. Comparando-se os resultados de HPAs obtidos neste estudo com os diversos outros desenvolvidos na Bacia de Campos e outra áreas sob influência de perfurações, de forma geral, os valores observados na região de Peregrino foram inferiores aos máximos reportados para outras regiões. Quanto aos valores pretéritos do monitoramento, cabe acrescentar que somente na campanha de 2012 foi observada uma réplica da estação 4 de Peregrino B com valor quantificável, que apresentou valor para o naftaleno quantificável ($70,3 \mu\text{g.kg}^{-1}$), concentração esta que foi isolada e considerada um *outlier*, similar aos valores observados na campanha de 2017.

TABELA II.5.1.2.2.2 – Comparação entre as concentrações de HPAs (Mínimo - Min - e Máximo - Máx) analisados na 6ª campanha no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B com resultados de outras regiões.

	Referências	Localização	HPAs ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)
Área de estudo (Bloco BM-C-7)	Pré-perfuração	<i>Baseline</i>	<LQ
	1ª Campanha (2012)	Entorno da plataforma Peregrino A	<LQ
		Entorno da plataforma Peregrino B	<LQ - 70,3
	2ª Campanha (2013)	Entorno da plataforma Peregrino A	<LQ
		Entorno da plataforma Peregrino B	<LQ
	3ª Campanha (2014)	Entorno da plataforma Peregrino A	<LQ
		Entorno da plataforma Peregrino B	<LQ
	4ª Campanha (2015)	Entorno da plataforma Peregrino A	<LQ
		Entorno da plataforma Peregrino B	<LQ
	5ª Campanha (2016)	Entorno da plataforma Peregrino A	<LQ
		Entorno da plataforma Peregrino B	<LQ
	6ª Campanha (2017)	Entorno da plataforma Peregrino A	<LQ - 86
		Entorno da plataforma Peregrino B	<LQ - 205
	Outras regiões	PETROBRAS (2002)	Cabiúnas – Bacia de Campos - Campanha Pré
Cabiúnas – Bacia de Campos - Campanha Pós			28 - 647,3
PETROBRAS (2001)		Pampo e Pargo – Bacia de Campos	6,0 - 2.095
MAPEM (2006)		Bacia de Campos	5,10 – 121,97
MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)		Bacia de Campos	<LQ – 257,3
KENNICUT (1995)		Bacia de Campos sob impacto de perfuração	8 - 6.360
STEINHAUER <i>et al.</i> (1994)		Platfaorma Hidalgo - Califórnia (EUA)	42.000 - 103.000
DORE (2016)		Bacia de Campos sob impacto de perfuração	<1,0 - 78,58
NOAA (2016)*		TEL ¹	1.684
	ERL ²	4.022	
	PEL ³	16.770	
	ERM ⁴	44.792	

*NOAA – Tabela resumo para valores de referência consultado em maio de 2016, segundo dados provenientes de MacDonal *et al.* (1996) (<http://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/SQuiRTs.pdf>).

¹ TEL (*threshold effects level*): limiar de concentração para sedimentos marinhos, abaixo do qual não há risco potencial de efeitos tóxicos à biota marinha. ² ERL (*effects range-low*): concentração mínima para sedimentos marinhos, acima da qual efeitos biológicos adversos começam a ser observados em espécies mais sensíveis da biota marinha (abaixo do qual efeitos biológicos raramente ocorrem). ³ PEL (*nível de efeito provável*): acima deste valor é esperado que efeitos biológicos adversos ocorram com frequência. ⁴ ERM (*effects range-median*): concentração em sedimentos marinhos e estuarinos acima da qual efeitos biológicos adversos ocorrerão com frequência.

BIBLIOGRAFIA

AIDAR, E., GAETA, S. A., GIANESELLA-GALVÃO, S. M. F., KUTNER, M. B. B. & TEIXEIRA, C., 1993. Ecossistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-a e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba, SP. Publicação especial do Instituto Oceanográfico de São Paulo, (10): 9-43.

ARAGÃO, M. A. & BERTOLETTI, E., 2006. Avaliação da toxicidade de amostras de águas superficiais preservadas de diferentes formas: refrigeração e congelamento. Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology, 1(2):153-156.

BOLTOVSKOY, D. 1999. South Atlantic Zooplankton. Backhuys Publishers, Leiden. 1705 p.
BRAGA, E.S. & NIENCHESKI, L.F.H. 2006. Composição das massas de água e seus potenciais produtivos na área entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil. ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L. & MADUREIRA, L.S-P (org.). Edusp. 466p.

BREUER, E.; STEVENSON, A.G.; HOWE, J.A.; CARROLL, J.; SHIMMIELD, G.B. 2004. Drill cutting accumulations in the Northern and Central North Sea: a review of environmental interactions and chemical fate. Marine Pollution Bulletin, v. 48, n.1, p. 12-25.

CHAMP, M. A., 2000. A review of organotin regulatory strategies, pending actions, related costs and benefits. Science of the Total Environment 2581, 21-71.

CUNHA, J. P. A. R., TEIXEIRA, M. M. & FERNANDES, H. C., 2007. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulica utilizando a técnica da difração do raio laser. Eng. Agríc., v. 27, p. 10-15.

DEMORE, J.P. 2005. Avaliação das alterações ambientais causadas por perfuração exploratória em talude continental a partir de dados geoquímicos – Bacia de Campos, Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. UFRGS, Porto Alegre. 100f.

EPA – United States Environmental Protection Agency. 2000. Cyanide Compounds. Hazard Summary Report 74-90-8.

FIALA, M., MACHADO, M. C. & ORIOL, L., 2002. Phytoplankton distribution in the Indian sector of the Southern Ocean during spring. Deep-Sea Research II, 49:1867-1880.

FIGUEIREDO, M.A.; EIDE, I.; REYNIER, M.; VILLAS-BÔAS, A.B; TÂMEGA, F.T.; FERREIRA, C.G.; NILSSEN, I.; COUTINHO, R.; JOHNSEN, S. 2015. The effect of sediment mimicking drill cuttings on deep water rhodoliths in a flow-through system: Experimental work and modeling. Marine Pollution Bulletin, 95 (1), 81-88.

GABARDO, I. T., 2007. Caracterização química e toxicológica da água produzida descartada em plataformas de óleo e gás na costa brasileira e seu comportamento dispersivo no mar. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

HARTLEY, J.R. (1994). Environmental monitoring of offshore oil and gas drilling discharges- A caution on use of barium as a tracer. *Marine Pollution Bulletin* 32: 727-733.

HOLME, N.A.; MCINTYRE, A. D. (Editors): *Methods for the Study of Marine Benthos*. Second Edition = IBP Handbook 16.-399 pp. Oxford-London-Boston: Blackwell Scientific Publications 1984.

JEFFREY, S. W., MANTOURA, R. F. C. & WRIGHT, S. W. 1997. *Phytoplankton pigments in oceanography: guidelines to modern methods*. UNESCO, Paris, 661p.

KENNICUTT II, M.C.; BOOTHE, P.N.; WADE, T.L.; SWEET, S.T.; REZAK, R.; KELLY, F.J.; BROOKS, J.M.; PRESLEY, B.J. and WIESENBURG, D.A. 1996. Geochemical patterns in sediments near offshore production platforms. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 53: 2554-2566.

KILLOPS, S.D.; KILLOPS, V.J. *Introduction to organic geochemistry*. New York: Longman Scientific & Technical, 1993.

LAW, R.J.; BISCAYA, J.L. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) – Problems and Progress in Sampling, Analysis and Interpretation. *Mar. Pollut. Bull.*, v. 29, n. 5, p. 235-241. 1994.

LALLI, C. M. & PARSONS, T. R., 1995. *Biological Oceanography: An Introduction*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann Ltd. pp. 220-233.

LEE, K. & NEFF, J. (eds.), 2011. *Produced water: environmental risks and advances in mitigation technologies*. Springer. 608p.

MACKENZIE, F.T.; VER, L.M.; SABINE, C.; LANE, M. & LERMAN, A., 1993. C, N, P, S global biogeochemical cycles and modeling of global change. In: WOLLAST, R.; MACKENZIE, F.T. & CHOU, L. (Eds) *Interactions of C, N, P and S, Biogeochemical Cycles and Global Change* Berlin: Springer-Verlag.

MORAES, M.A. *Estudo Geoquímico, ecotoxicológico e ecológico do sedimento nas proximidades de um poço de perfuração na Bacia de Campos, Rio de Janeiro, Brasil*. Dissertação (mestrado), Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2010. 157p.

NEFF, J.M. 2005. Composition, environmental fates, and biological effect of water based drilling muds and cuttings discharged to the marine environment: a synthesis and annotated bibliography. *PERF and API*.

NEFF, J. M.; McKELVIE, S. & AYERS, R. C. 2000. Environmental impact of synthetic based drilling fluids. U.S. Department of interior, Minerals Management Service, New Orleans, 118 pp.

NEFF, J.M. 2008. Estimation of Bioavailability of Metals from Drilling Mud Barite. Integrated Environmental Assessment and Management — Volume 4, Number 2—pp. 184–193.

NRC, 1983. Drilling discharges in the marine environment. National Academy Press, Washington, DC. 180 pp.

OGP (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS). 2005. Fate and effects of naturally occurring substances in produced water on the marine environment. Relatório No. 364.

OLIVEIRA, M.M.N. 2012. Aspectos morfológicos e sedimentares associados à dinâmica do litoral oeste de Icapuí, Ceará. Dissertação (mestrado) em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza, Ceará. 96p.

OLIVEIRA, R. C. G., 1995. Estudos de variáveis operacionais e interfaciais na flotação de óleo por gás dissolvido. Dissertação (Mestrado em Engenharia), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 120p.

OLIVEIRA, R. C. G.; OLIVEIRA, M. C. K. 2000. Remoção de contaminantes tóxicos dos efluentes líquidos oriundos da atividade de produção de petróleo no mar. Boletim Técnico PETROBRÁS. Rio de Janeiro, 43 (2): 129-136.

PEDROSA, P.; PARANHOS, R.; SUZUKI, M.S.; ANDRADE, L.; SILVEIRA, I.C.A.; SCHMIDT, A.C.K.; FALCÃO, A.P.; LAVRADO, H.P.; REZENDE, C.E. 2006. Hidroquímica de massas d'água oceânicas em regiões da margem continental brasileira, Bacia de Campos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Geochimica Brasiliensis, 20(1)101-119.

PENTEADO, J. C. P. & VAZ, J. M., 2001. O legado das bifenilaspolicloradas (PCBs). Química Nova, v.24, n.3, p.390-398.

RICHARD, E.; HAMACHER, C.; FARIAS, C.; DORE, M.; RIBEIRO, N.C.M.; PASSOS, M.A.; MARTINHO, P.F.; GODOY, J.M.; CARREIRA, R. 2014. Historical evolution of organic matter accumulation in a coastal bay in SW Atlantic, Brazil: Use of sterols and n-alcohols as molecular markers. Journal of the Brazilian Chemical Society, 25(8), 1380-1390.

SALOMONS, W ; FORSTNER, U. (1984). Metals In The Hydrocycle. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Isbn 3540127550.

SEGUI, P.N. 2009. Bioatenuação da geração de sulfeto, por meio da utilização de nitrato, em água produzida proveniente da extração de Petróleo. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico. 101 f.

STATOIL/AECOM, 2012. Relatório Final da 1a Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de Peregrino – FPSO Peregrino. Rio de Janeiro, RJ.

STATOIL/AECOM, 2013. Relatório Final da 2a Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de Peregrino – FPSO Peregrino. Rio de Janeiro, RJ.

STATOIL/AECOM, 2013a. Relatório Final do Projeto de Monitoramento Ambiental dos Bancos de Algas Calcáreas .Relatório Técnico, 103p.

STATOIL/AECOM, 2014. Relatório Final da 3a Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de Peregrino – FPSO Peregrino. Rio de Janeiro, RJ.

STATOIL/AECOM, 2015. Relatório Final da 4a Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de Peregrino – FPSO Peregrino. Rio de Janeiro, RJ.

STATOIL/AECOM, 2017. Relatório Final da 5a Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de Peregrino – FPSO Peregrino. Rio de Janeiro, RJ.

STATOIL/GARDLINE. 2017. Preliminary Survey Report – Peregrino 2 GIP Route Survey. Relatório Técnico, 28p.

SUGUIO, K., 1973. Introdução à sedimentologia. Editora E. Blüncher/EDUSP, São Paulo. 317p.

TIBBETTS, P.J.C., BUCHANAN, I.T., GAWEL, L.J. and LARGE, R., 1992. A comprehensive determination of produced water composition. p. 97-112. In: Produced Water: Technological Environmental Issues and Solutions. J.P. Ray and F.R. Engelhardt, Eds., Plenum Press, New York.

TESSLER, M.G.; SOUZA, L.A.P. 1998. Dinâmica sedimentar e feições sedimentares identificadas na superfície de fundo do sistema Cananéia-Iguape, SP. Rev. Bras. Oceanogr. vol.46 no.1.

TOMMASI, L. R. 1994. Programa de monitoramento ambiental oceânico da Bacia de Campos, RJ. Fundespa, Geomap, Cenpes-Petrobras, São Paulo. 169p.

VEIL, J. 2008. Comparison of Two International Approaches to International Approaches to Controlling Risk from Produced Water Discharges. NEL Produced water Workshop. Aberdeen, Scotland, april 23-24.

VEIGA, L.F. Avaliação de risco ecológico dos descartes da atividade de perfuração de poços de óleo e gás em ambientes. 2010. 254p. Tese (Doutorado). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

VOLKMAN, J.; T. O'LEARY, R.; SUMMONS, M. & BENALL., 1992. Biomarker composition of some asphaltic coastal bitumens from Tasmania, Australia. Organic geochemistry. vol. 18(5), pp. 668-682.

WALKER, S.E.; DICKHUT, R.M.; CHISHOLM-BRAUSE, C.; SYLVIA, S.; REDDY, C.M. Molecular and isotopic identification of PAH sources in a highly industrialized urban estuary. Organic Geochemistry, v. 36, p. 619-632. 2005.

WANG, Z.; FINGAS, M.; SIGOUIN, L. 2001. Characterization and identification of a "mystery" oil spill from Quebec (1999). Journal of Chromatography A, 909, 155-169.