

II.5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

II.5.1. Meio Físico

Solicitação/Questionamento: “Nota-se um problema de edição na citação e referenciamento das figuras utilizadas no texto apresentado. Consta, em diversos trechos, o seguinte “)Erro! Fonte de referência não encontrada.”.

Resposta/Comentário: O item II.5.1 é reapresentado no Anexo II.5.1.2 com os erros de referência devidamente corrigidos.

II.5.1.2 – Qualidade de Água e Sedimentos

II.5.1.2.2 – Monitoramento da qualidade do sedimento

Solicitação/Questionamento: “Não foi apresentada a tabela unificada contendo os dados brutos dos parâmetros analisados, somente as médias e desvios padrões das concentrações de metais.”

Resposta/Comentário: Os dados brutos são apresentados no Anexo II.5.1.2.

Solicitação/Questionamento: “A análise foi baseada sobre os boxplot de cada parâmetro, contudo solicitam-se esclarecimentos sobre os dados utilizados, se estes são referentes aos dados brutos de cada campanha. Adicionalmente, solicita-se apresentar tabela contendo minimamente o número de amostras, os valores mínimos e máximos de cada parâmetro.”

Resposta/Comentário: Esclarece-se que os dados utilizados são os brutos de cada campanha. A Tabela contendo o número de amostras e os valores mínimos e máximos foram incluídas no Item II.5.1 reapresentado no Anexo II.5.1.2.

Solicitação/Questionamento: “Cabe observar que, em relação a ausência de box-plots para cádmio e mercúrio, apesar das médias indicarem a maioria dos resultados inferiores ao limite de quantificação, identificamos médias quantificáveis nas campanhas 2012 e 2015 (Peregrino B) para cádmio e em 2015 (Peregrino A) para mercúrio, que não foram explicados no presente estudo.”

Resposta/Comentário: Segue abaixo a explicação sobre as concentrações observadas. Ressalta-se que os trechos também foram inseridos no item II.5.1 reapresentado.

Na campanha de 2012, primeira campanha após o início das perfurações, foram quantificadas concentrações de cádmio (Cd) em três das quarenta e duas amostras analisadas em Peregrino B. Ressalta-se que as três amostras ocorreram em réplicas isoladas de três estações (estações 4, 5 e 6, com 1,02; 0,49 e 0,35 mg.kg⁻¹, respectivamente), não observados nas três réplicas. Na campanha de 2015 foi observada amostra quantificada apenas em uma réplica de uma estação, também em Peregrino B (estação 8, com 0,65 mg.kg⁻¹). Em 2017 observou-se concentrações em duas amostras de Peregrino A (estações 5 e 2, com 0,51 e 0,52 mg.kg⁻¹). Na campanha *Baseline* observou-se valores de Cd nas 15 estações, entre 0,27 e 0,72 mg.kg⁻¹, concentrações estas similares às pontuais observadas em 2012 e 2015 em Peregrino B.

A partir dos resultados da campanha *Baseline*, interpretados como *background* regional, infere-se que a área possui concentrações naturais de cádmio. O fato de durante os monitoramentos (2012 a 2017) só terem sido observadas concentrações pontuais e isoladas em estações de Peregrino B dispostas em diferentes lados da malha amostral ratifica a hipótese dos resultados deste metal não estarem associados às atividades de perfuração. Comparados a índices de qualidade do sedimento, estas concentrações se mantiveram em sua maioria abaixo do valor de TEL ($0,7 \text{ mg.kg}^{-1}$) e todas inferiores ao valor de PEL ($4,2 \text{ mg.kg}^{-1}$). Cabe ressaltar que o índice TEL (*threshold effects level*) corresponde ao limiar de concentração para sedimentos marinhos abaixo do qual não há risco potencial de efeitos tóxicos à biota marinha e o PEL (*probable effect level*) ao limiar acima do qual é provável a ocorrência de efeito na biota.

Em relação a concentração de mercúrio (Hg), ao longo das campanhas (incluindo o *Baseline*) foram verificadas concentrações quantificáveis em 2015 em oito estações no entorno de Peregrino A, variando entre $0,078$ e $0,164 \text{ mg.kg}^{-1}$. Devido ao caráter atípico desses resultados de 2015, foi feita uma análise de possíveis fontes e uma reanálise das amostras de sedimento. A Equinor e a empresa fornecedora de fluidos (Halliburton-Baroid) realizaram uma investigação das potenciais fontes na formulação dos fluidos utilizados. Nenhum componente/aditivo utilizado poderia ser uma fonte significativa de Hg (se presente), a não ser a barita. Foram avaliados então os lotes de barita utilizados na perfuração do último poço iniciado antes da campanha oceanográfica (poço A-29, perfurado entre 26/06 e 08/09/2015) e os resultados de análises químicas para Hg apontaram para concentrações de Hg $<1 \text{ mg.kg}^{-1}$, em consonância com a IN 01/2018. Salienta-se que os mesmos lotes foram utilizados na atividade de perfuração pela plataforma Peregrino B, onde não foram quantificados teores de Hg. Foram selecionadas algumas réplicas das oito estações para reanálise em um segundo laboratório, cujos resultados variaram entre $0,010$ e $0,018 \text{ mg.kg}^{-1}$, ou seja uma ordem de grandeza abaixo do verificado anteriormente, o que sugere que os resultados provenientes da primeira análise sejam errôneos (falsos positivos). Cabe ressaltar que as análises no segundo laboratório foram realizadas em duas alíquotas de uma mesma amostra (análises em duplicata) e obtiveram baixos desvios-padrões, ilustrando a precisão dos resultados. Alguns autores já discutiram erros nas análises de Hg (MICARONI et al., 2000; NEFF, 2002). Em adição, cita-se que em 2016 ocorreu uma quantificação isolada de Hg em uma amostra de Peregrino B, com $0,078 \text{ mg.kg}^{-1}$.

A título de comparação, HORVAT (1996) reportou valores de mercúrio total em sedimento marinho entre $0,05$ e $0,10 \text{ mg.kg}^{-1}$ como naturais, similares até aos primeiros resultados verificados. Mesmo que estes valores representassem a realidade local, destaca-se que NEFF (2002) reporta que as concentrações de Hg tendem a ser tão baixas na barita que os teores verificados em sedimento próximo a plataformas raramente são superiores aos valores de base (*background*). Em outras localidades também sob influência de atividade de perfuração de poços, NEFF (2002) verificou concentrações de mercúrio no sedimento no entorno de 30 plataformas do Golfo do México entre $<0,01$ e cerca de $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$, mesmo próximo das unidades. Já Trefry et al. (2007) apresentou concentrações médias de Hg total entre $0,029$ e $0,248 \text{ mg.kg}^{-1}$ no entorno de seis áreas de perfuração de poços no Golfo do México (lâminas d'água entre 60-556 m). No Brasil, o Projeto MAPEM não verificou concentrações detectáveis de Hg ($<0,07 \text{ mg.kg}^{-1}$) (Pozebon et al., 2005; 2009), enquanto que LACERDA et al. (2004) reportou teores médios no campo de Pargo equivalentes a $0,039 \text{ mg.kg}^{-1}$ e no campo de Pampo iguais a $0,036 \text{ mg.kg}^{-1}$.

Em resumo, a partir das ocorrências isoladas de Hg (considerando que ocorrem campanhas anuais desde 2012 até atualmente, com 84 amostras avaliadas em cada campanha) e da avaliação aprofundada dos dados

de 2015 infere-se que não há tendência de presença de concentrações significativas (superiores a LQs das análises) de Hg no Campo de Peregrino.

Solicitação/Questionamento: *“A conclusão apresentada foi elaborada sem utilizar valores de referência, tais como TEL e PEL ou mesmo a utilização de índices, como por exemplo, o Índice de Geoacumulação (Igeo). Como também não considera o incremento de bário durante a atividade de perfuração, conforme declarado “A oscilação das elevadas concentrações de bário podem estar associadas ao histórico de perfurações do campo”. O estudo também não apresentou análise da campanha Baseline comparando com áreas mais preservadas e o grau de contaminação da área.*

Além disso, o estudo não faz referência e nem apresenta justificativas técnicas aos valores discrepantes observados nos box-plots para todos os metais, em especial àqueles referentes ao bário, chumbo, cobre, cromo, níquel e zinco.

Considerando-se as concentrações significativas de bário encontradas no sedimento da região, há indicativo de interferências da atividade de exploração de petróleo e gás na região (Baseline = Média de 30,72 mg/Kg; de 2012 a 2017, valores médios de 97,2 mg/Kg a 885,7 mg/Kg em Peregrino A e B). Neste contexto, solicita-se uma discussão avaliando a relação entre os períodos de perfuração / descarte de água produzida e os valores de bário verificados no sedimento da região. Cabe também uma análise se há de fato uma tendência de retorno aos valores de background conforme indicado como possibilidade no estudo.”

Resposta/Comentário: A literatura reporta que é improvável que ligeiros aumentos na turbidez e na concentração de materiais particulados em suspensão na coluna d'água, decorrente dos descartes da perfuração, causem efeitos adversos significativos no fitoplâncton, zooplâncton e animais pelágicos nas proximidades da plataforma de perfuração. Por esta razão, a preocupação dos impactos do lançamento de cascalhos e fluidos está voltada para o sedimento (MELTON et al., 2000; NRC, 1983; VEIGA, 2010). Além disso, conforme exposto por GABARDO (2007), não são esperados impactos significativos no sedimento marinho decorrentes do descarte de água produzida. Sendo assim, na presente avaliação, foram considerados os resultados do metal bário apresentados nos relatórios de PMA focados no acompanhamento dos impactos no sedimento do Campo de Peregrino, que por sua vez compararam resultados com a campanha *Baseline*, entre as estações (analisando inclusive diferenças significativas com auxílio de testes estatísticos), entre campanhas e com referências e índices. Os trechos abaixo discorrem sobre as variações observadas nos resultados desse metal. Os mesmos também se encontram no item II.5.1 reapresentado (Anexo II.5.1.2).

As principais indicações da influência da atividade de perfuração é a diferença da faixa de concentração de bário encontrada na campanha *Baseline* em comparação com picos observados nas campanhas de monitoramento e as diferenças entre estações em uma mesma malha/campanha. Os valores de bário reportados na campanha *Baseline* variaram de 18,14 a 40,40 mg.kg⁻¹, enquanto nas campanhas de monitoramento no entorno de Peregrino A e Peregrino B (2012 a 2017) observou-se concentrações entre 6,47 e 5.237,90 mg.kg⁻¹ (**Figura 1**).

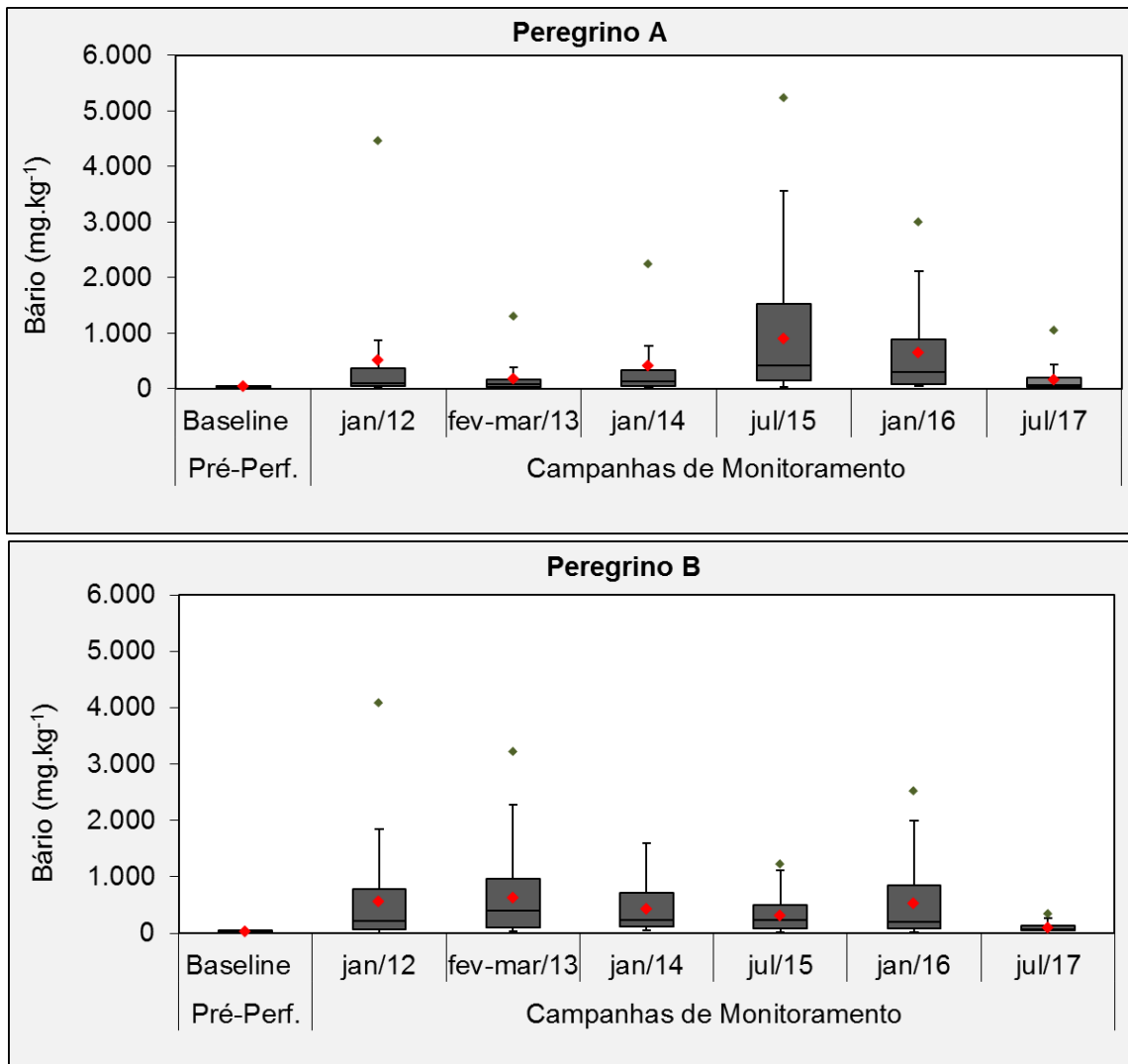




Figura 1 – Box-plot comparativo das concentrações de bário (mg.kg⁻¹) na campanha *Baseline* (período pré-perfuração) e da 1^a à 6^a campanha de monitoramento no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B, Bloco BM-C-7, Bacia de Campos.

Em relação a tendência de retorno aos valores de *background*, a mesma é inferida a partir da diminuição de concentrações dos metais em estações que campanhas anteriores já tenham apresentado picos. Na tabela abaixo observa-se que ao longo dos últimos anos os períodos de perfuração de poços foram praticamente contínuos, o que dificulta a comparação direta com as concentrações do metal, mas é possível observar que a campanha de 2017, que apresentou as menores concentrações, foi realizada em período posterior a uma diminuição das atividades de perfuração.

Tabela 1 – Cronograma dos períodos de perfuração dos poços no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B e das datas de campanhas de monitoramento no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B, Bloco BM-C-7, Bacia de Campos.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2010											B-22	B-22
2011	B-22	B-22 / A-8 / B-14	A-8 / B-14 / B-18	A-8 / B-14 / B-18 / A-13	B-08 / B-18 / A-13	B-08 / A-03 / A-13	B-08 / A-03 / B-23	A-03 / A-18 / B-23	B-08 / A-18 / B-09	B-09 / A-13	B-09 / A-13	B-09 / B-29 / A-13
2012	A-19 / B-29 / A-13	A-19 / B-29	A-19 / B-19 / B-29	A-19 / B-19	A-19 / B-19	A-09 / B-13	A-09 / B-13 / B-03	A-09 / A-23 / B-03	A-23 / B-03	A-23 / B-03 / B-28	A-23 / B-18 / B-28 / A-24	B-18 / A-24 / B-28
2013	A-24 / B-24	A-24 / B-24 / A-22	A-22 / B-05	B-17 / B-05 / A-14	B-17 / B-05 / A-14	B-17 / B-18 / B-05 / A-14	B-18 / B-05 / A-14	B-05	B-05	B-07 / A-13 B	B-07 / A-13 B	A-13 B / A-11 / B-04
2014	A-11 / B-25 / B-04	A-11 / B-25	A-11 / B-25 / B-04	B-04	A-11 / B-04	A-11 / B-04	A-20 / B-04	A-20 / B-04	A-20 / B-04	B-02 / A-20	B-02	B-27 / A-10
2015	B-27 / A-10 / B-01	A-10 / B-01 / B-11 / B-04 / A-19	B-11 / A-17	A-17	A-17 / B-16	B-16 / B-30 / A-29 / B-04	B-16 / B-30 / A-29	B-16 / A-29	A-29 / A-04 / B-04	A-04 / B-21	A-04 / B-21 / B-06	B-06
2016	B-10	B-10				A-28	A-28	A-28	A-28 / A-15	A-15	A-27	A-27
2017	A-27	A-27 / B-26	B-26	B-26 / B-15	B-15 / B-26 T2	B-26 T2 / B-26 T3	B-26 T3 / B15 T2			A-21	A-21	A-21

 Período de perfuração de poços
 Período de realização de campanha de monitoramento

A **Tabela 2** abaixo condensa as faixas de mínimo e máximos de todos os metais, comparando os mesmos a valores e referência.

Tabela 2 – Comparação entre as concentrações dos metais analisados no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B com os limites de proteção à vida aquática de CCME (2012), BRAKSTAD *et al.* (2006) e LEUNG *et al.* (2005).

Metal (mg.kg ⁻¹)	Baseline	Peregrino A (2012 a 2017)	Peregrino B (2012 a 2017)	CCME (2012)		BRAKSTAD <i>et al.</i> (2006)		LEUNG <i>et al.</i> (2005)		
	Min - Max	Min - Max	Min - Max	ISQG ¹	PEL ²	SSD ³	MWM ⁴	HC5 ⁵	TEL ⁶	PEL ²
Ba	18,14 – 40,40	8,38 – 5.237,90	6,47 – 4.084,50	-	-	848	2.286	130,1	2.218	4.876
Cd	0,27 - 0,72	<LQ – 0,53	<LQ – 1,02	0,7	4,2	0,03	0,062	0,014	0,058	0,129
Cu	0,37 – 3,56	1,19 – 5,27	<LQ – 9,25	18,7	108	3,23	6,46	-	-	-
Cr	18,19 – 34,51	4,07- 74,50	4,73 – 15,10	52,3	160	10,47	10,08	-	-	-
Fe	7.747 – 15.745	3.045 – 13.420	1.509 – 8.723	-	-	-	-	-	-	-
Hg	<LQ	<LQ	<LQ – 0,078	0,13	0,7	0,02	0,104	-	-	-
Mn	77,21 – 325,44	40,00 – 261,40	48,50 – 177,80	-	-	-	-	-	-	-
Ni	3,97 – 11,54	1,33 – 6,25	0,84 – 33,90	15,9	42,8	-	-	-	-	-
Pb	6,88 – 11,70	2,26 – 10,30	1,40 – 4,80	30,2	112	9,93	14,65	-	-	-
V	22,85 – 52,96	6,47 – 29,50	5,13 – 18,50	-	-	-	-	-	-	-
Zn	4,22 – 17,69	4,10 – 50,80	1,86 – 37,90	124	271	19,15	30,97	-	-	-

*mínimos e máximos considerando todas as réplicas. 1. ISQG - nível de efeito provisório; 2. PEL - nível de efeito provável; 3. SSD - concentração de uma substância em que o campo em conjunto com outras substâncias, não deverá causar efeitos na abundância Macrofauna para mais do que 5% das espécies (BRAKSTAD *et al.*, 2006); 4. MWM - metodologia que visa identificar a concentração de uma substância individual que uma vez que no campo, entre outras substâncias diferentes, não represente nenhuma evidência de causar efeitos na abundância de um grupo principal de espécies da comunidade de macrofauna (BRAKSTAD *et al.*, 2006); 5. HC5 – Concentração com efeito sobre 5% de espécies sensíveis; 6. TEL - nível de efeito mínimo.

Tabela 3 – Metais (Mínimo – Máximo, em mg.kg⁻¹) ao longo da Plataforma Continental Brasileira.

Metal	Plataforma Interna do SE ^{1,2}	Plataforma Interna do NE ³	Bacia de Campos ^{4,5}	Bacia de Campos ⁶	Bacia de Campos ⁷	Bacia de Campos ⁸
Ba	-	-	103 - 242	-	0,45 – 515	0,03 - 18.968,4
Cd	0,10 - 0,32	0,03 - 0,08	-	0,2 - 3,1	-	<0,2 - 1,02
Cu	19 - 29	3,0 - 42	3,4 - 6,3	6,2 – 23	0,8 – 186	0,05 - 92,2
Cr					3,7 – 76,5	0,51 - 66,8
Fe	6.000 - 16.400	2.500 - 8.500	5.800 - 6.900	7.700 - 28.000	238 – 34.100	312 - 51.324,4
Hg	0,013 – 0,08	0,06 – 0,25	0,012 - 0,06	-	<LQ – 0,98	<0,013 - 0,172
Mn	70 - 90	9 - 210	74 - 88	120 - 945	3 – 1.710	7,26 - 834,4
Ni	25- 26	4,0 - 12	6,2 - 7,7	5,3 - 23,6	0,3 – 36,2	0,2 - 33,9
Pb	17 - 38	16 - 47	5,5 - 6,7	2,2 - 35,7	0,6 – 11,7	0,25 - 40,0
V	6,0 - 51	-	16 - 17	12,7 - 53,4	0,45 – 95,0	0,64 - 114,2
Zn	78 - 147	99 - 270	24,5 - 28,9	19,6 - 66,5	0,15 – 110,0	0,03 - 53,8

1. LACERDA *et al.* (2004); 2. CARVALHO *et al.* (1993); 3. FREIRE *et al.* (2004); 4. REZENDE *et al.* (2002); 5. OVALLE *et al.* (2000); 6. SIQUEIRA (2006); 7. MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002); 8. DORE (2016).

E relação aos metais cromo, níquel e chumbo que tiveram valores discrepantes observados nos *box-plots*, cabe acrescentar que a representação dos dados nesse modelo de gráfico buscou ilustrar a faixa e médias e medianas representativas da região e destacar o que seriam *outliers*. Esse *outliers* isolados e não justificados ao longo do estudo foram ocorrências pontuais não associadas a representações reais, com ocorrência em somente uma amostra de uma estação (não ratificada por réplicas) e sem recorrência entre estações ou campanhas. Não há hipótese de fonte que possa ser associada as atividades locais e o tipo de ocorrência remete à algum ruído na análise, seja uma contaminação ou um erro analítico, por exemplo. O máximo de cromo ocorreu em uma réplica da estação 5 em Peregrino A na campanha de 2017, o máximo de níquel ocorreu em uma réplica da estação 5 em Peregrino B na campanha de 2012 e o máximo de chumbo ocorreu

em uma réplica da estação 12 em Peregrino B em 2017. Desconsiderando esses picos, todos os valores das demais campanhas foram similares ou inferiores aos dados do *Baseline*.

O metal zinco, no entanto, apresentou picos (representados como *outliers*) em algumas campanhas, o que pode ser inferido como uma possível influência da atividade de perfuração. Dore (2016) destacou aumento das concentrações de zinco após períodos de perfuração. Um ponto importante é que os máximos reportados para zinco foram na estação 5 de Peregrino A na maioria das campanhas (com exceção de 2016, quando correspondeu ao segundo maior valor), o que também indica a associação com a atividade de perfuração. Em análises integradas apresentadas em relatórios de monitoramento já foi apresentado inclusive uma correlação positiva entre os metais zinco e bário. Cabe ressaltar, no entanto, que diferente do caso do bário, as concentrações mais elevadas de Zn não foram significativamente distintas das estações controle na maioria das campanhas. Na **Tabela 2** observa-se que a maioria dos valores mantiveram-se abaixo de todos os limites citados como referência de possível influência na biota, com exceção dos valores mais restritivos e conservadores do estudo de BRAKSTAD *et al.* (2006), e na **Tabela 3** observa-se que a amplitude dos valores de zinco em outros levantamentos chega a ser maior do que nas campanhas do Campo de Peregrino.

A partir das **Tabelas 2 e 3** também confirmam que a faixa de concentrações de bário reportada na campanha *Baseline* remete a concentrações naturais no meio, tendo a campanha demonstrado concentrações baixas, inferiores aos máximos dos outros estudos e dos limites de segurança a biota.

Solicitação/Questionamento: “ Em relação ao HTP, relata-se que a maioria das estações não apresentou concentrações quantificáveis no entorno de ambas as unidades. Apenas os resultados das estações 5 e 9 das duas plataformas foram quantificáveis, e que a estação 5 de ambas as plataformas “tende a apresentar hidrocarbonetos”, e que “sugere uma presença já antiga de resquícios de óleo na área”.

Considerando os valores de MCNR e HTP encontrados, solicita-se uma discussão das fontes de hidrocarboneto que poderiam afetar o fundo marinho da região e quais são as informações disponíveis quanto ao período em que a área esteve sujeita aos componentes encontrados. Em especial, cabe avaliar se há uma relação potencial entre os efluentes descartados pelas plataformas e os valores encontrados nas estações 5 das duas plataformas.”

Resposta/Comentário: Como já exposto em resposta acima neste documento, de acordo com a literatura (MELTON *et al.*, 2000; NRC, 1983; GABARDO, 2007; VEIGA, 2010), é considerado que os impactos no sedimento marinho sejam decorrentes do descarte de fluidos (de base aquosa no Campo de Peregrino) e cascalhos. Neste sentido, segue abaixo, assim como no item II.5.1 reapresentado (Anexo II.5.1.2), uma discussão sobre os resultados de HTP no sedimento marinho no Campo de Peregrino.

As concentrações de hidrocarbonetos no meio ambiente oceânico possuem diversas fontes e proporções variáveis. A análise detalhada da distribuição dos hidrocarbonetos permite traçar sua origem e diferenciar os hidrocarbonetos autóctones dos alóctones, que são provenientes de detritos naturais ou fósseis. Destaca-se a análise dos n-alcenos, que são hidrocarbonetos saturados de cadeia linear que podem ser sintetizados por organismos, sendo os constituintes dominantes dos hidrocarbonetos naturais no ambiente marinho. SALIOT (1981) mencionou que na água do mar os n-alcenos podem ter origem de fontes naturais internas (biomassa oceânica – predominando fitoplâncton, zooplâncton e bactérias); fontes naturais terrestres

(predominantemente de vegetais superiores) e fontes antropogênicas (poluição por petróleo e seus derivados).

Os n-alcenos de origem fóssil possuem composição variada dependendo do tipo da fonte (petróleo bruto, derivados, etc.), com 1 a 40 átomos de carbono sem predomínio de cadeias com número par ou ímpar de átomos de carbono (SIMONEIT, 1993). Tomando como base os fluidos de perfuração descritos por VEIGA (2010) de composição n-parafínica de n-C10 a n-C19 utilizados em perfurações em águas profundas e n-C14 a n-C20 em águas rasa, compostos quantificados nestas faixas podem ser um indicativo do aporte petrogênico (seja do fluido de perfuração ou da formação geológica). Embora biodegradável, a identificação desta faixa de hidrocarbonetos em concentrações relativamente altas após o descarte da atividade de perfuração, quando comparadas a concentrações anteriores ao descarte, fornecem um registro importante para distinguir as zonas de deposição de cascalho das fases perfuradas (BREUER et al., 2004; PULGATI et al., 2005).

A tabela abaixo compara as concentrações de HTPs (mínimos e máximos) obtidas no Campo de Peregrino com outros estudos e valores de referência, destacando a tendência a menores concentrações de hidrocarbonetos em Peregrino, principalmente nas campanhas mais recentes.

Tabela 4 – Comparação entre as concentrações de HTP (Mínimo - Máximo) analisados na 6ª campanha no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B com resultados de outras regiões.

	Referências	Locais	HTP (µg.kg-1)
Área de estudo (Bloco BM-C-7)	Pré-perfuração	<i>Baseline</i>	157 – 4.127
	1ª Campanha (2012)	Entorno da plataforma Peregrino A	<LQ
		Entorno da plataforma Peregrino B	<LQ
	2ª Campanha (2013)	Entorno da plataforma Peregrino A	<LQ – 32.891
		Entorno da plataforma Peregrino B	<LQ
	3ª Campanha (2014)	Entorno da plataforma Peregrino A	<LQ – 40.517
		Entorno da plataforma Peregrino B	<LQ – 56.627
	4ª Campanha (2015)	Entorno da plataforma Peregrino A	<LQ – 101.466,9
		Entorno da plataforma Peregrino B	<LQ
	5ª Campanha (2016)	Entorno da plataforma Peregrino A	<LQ – 15.647,5
		Entorno da plataforma Peregrino B	<LQ
	6ª Campanha (2017)	Entorno da plataforma Peregrino A	<LQ – 21.400
		Entorno da plataforma Peregrino B	<LQ – 16.700
	Outras regiões	KENNICUT (1995)	Golfo do México sob impacto de perfuração
MAPEM (2006)		Bacia de Campos	270 – 32.920
MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002)		Bacia de Campos	<LQ – 265.973
DORE (2016)		Bacia de Campos – áreas sob impacto de perfuração	<10.332,5 - 231.357.288,1

Em relação aos valores de HTP na área monitorada do Campo de Peregrino, 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 em 2013, 2014 e 2017, enquanto que em 2015 foram quantificadas as maiores concentrações observadas em todos os monitoramentos na estação 9 (200m a NO), com teores de 95.963,8 µg.kg⁻¹ para MCNR, 5.503,1 µg.kg⁻¹ para HRP e 101.466,9 µg.kg⁻¹ para HTP. Em

Peregrino B, a quantificação ocorreu nas estações 5 e 9 na campanha de 2014 e estações 4 e 5 na campanha de 2017. Ou seja, a estação 5 de ambas as plataformas foi a mais recorrente em quantificação de hidrocarbonetos e essa mesma estação tendeu a apresentar picos de alguns metais (no caso, dos metais, principalmente em Peregrino A), fato que pode ser esperado devido à proximidade da estação 5, posicionada na radial de 200 m de tais unidades. Análises de razões MCNR/HRP realizadas indicaram resquícios de petróleo degradado, ora por razões superiores a 4 (interpretadas como mistura de hidrocarbonetos com significativa contribuição de produtos de petróleo degradado, por READMAN *et al.*, 2002), ora somente por uma MCNR maior que HRP, resultados reportados ao longo das campanhas realizadas ao redor das Plataformas Peregrino A e B.

Como observado na **Tabela 1** deste documento, as atividades de perfuração ocorreram quase que de forma contínua no Campo de Peregrino ao longo dos últimos anos. No caso dos hidrocarbonetos quantificados no monitoramento, suas concentrações foram baixas e sem identificação de n-alcanos específicos, o que inviabilizou a confirmação da associação direta com a perfuração. A proximidade entre as plataformas e as estações com hidrocarbonetos quantificados e a indicação de degradação a partir das razões MCNR/HRP (conforme apresentado ao longo das campanhas ao redor das plataformas), no entanto, indica que ocorra uma influência embora a mesma seja pequena, pontual e variável ao longo do tempo.

Solicitação/Questionamento: “Sobre os HPAs, declara-se que somente nas campanhas de 2012 e 2017 foram observados valores quantificáveis, os quais foram considerados outliers, sem contudo apresentar justificativas técnicas.”

Resposta/Comentário: Segue abaixo a justificativa, também inserida no item II.5.1 reapresentado (Anexo II.5.1.2).

Na campanha de 2012 na maioria das amostras de sedimentos analisadas, assim como em todas da campanha *Baseline*, não foram obtidas concentrações efetivas de HPAs ($LQ < 1,0 \mu\text{g.kg}^{-1}$). A única exceção foi a réplica C da estação 4 da plataforma Peregrino B, posicionada a 200 metros (com $70,6 \mu\text{g.kg}^{-1}$ de naftaleno). A proximidade da unidade poderia justificar o valor quantificado, porém esse foi considerado como *outlier*, visto que as outras réplicas não confirmaram a presença de naftaleno, além de ter sido uma única amostra num total de 84 somente desta campanha.

Já na campanha de 2017, embora na maioria das amostras tenha se observado ausência de concentrações acima do LQ, ocorreram algumas exceções. Em Peregrino A foram observadas concentrações de HPAs em réplicas isoladas das estações 9, 7 e 14 (HPA total respectivamente a 22, 86 e $39 \mu\text{g.kg}^{-1}$). Em Peregrino B também observaram-se concentrações quantificáveis em réplicas isoladas de três estações, sendo 5, 9 e 12 (HPA total respectivamente de 139, 116 e $205 \mu\text{g.kg}^{-1}$). Os resultados encontrados corresponderam a diferentes hidrocarbonetos em cada amostra, como: naftaleno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, indeno (1,2,3-cd) pireno, dibenzo (a,h) antraceno e benzo (g,h,i) perileno.

De acordo com o estudo de READMAN *et al.* (2002), concentrações de até $50 \mu\text{g.kg}^{-1}$ de HPA são típicas de regiões distantes de atividades antropogênica. Estudos indicam que em regiões sujeitas à influência de plataformas de produção de petróleo, como as plataformas dos Campos de Pargo e Pampo, localizadas na plataforma sudeste do Brasil, concentrações de hidrocarbonetos aromáticos variaram entre 6,0 e $2.095 \mu\text{g.kg}^{-1}$

¹ (TOLDO JR & AYUP-ZOUAIN, 2004; PETROBRAS, 2001). Para a agência de proteção ambiental americana, concentrações de HPAs totais superiores $4.020 \mu\text{g.kg}^{-1}$ indicam contaminação (USEPA, 1996). Segundo Long *et al.*, (1995), concentrações entre 4.022 e $44.792 \mu\text{g.kg}^{-1}$ representam uma faixa na qual efeitos adversos biológicos poderiam ocasionalmente ocorrer em sedimentos marinhos. Kennicutt (1995) utilizou a concentração de HPA de $4.022 \mu\text{g.kg}^{-1}$ como limítrofe entre ambientes contaminados e não contaminados. A partir dessas referências é possível inferir que os valores encontrados na campanha de 2017 são baixos, mais próximos a concentrações citadas como não associadas a atividades antropogênicas do que a valores indicativos de contaminação.

Quanto a limites seguros para biota dos compostos analisados em amostras de Peregrino: naftaleno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, indeno(1,2,3-cd)pireno, dibenzo(a,h)antraceno e benzo(g,h,i)perileno, alguns valores obtidos em amostras coletadas chegaram a ser ultrapassados para o ISQG (limiar cujos valores abaixo do mesmo não são esperados efeitos biológicos), mas não para os níveis de PEL (limiar cujos níveis acima do mesmo espera-se observar algum efeito adverso com maior frequência) (Tabela 5).

Tabela 5 – Comparação entre valores guias para proteção da vida aquática da CCME para HPAs específicos e as respectivas concentrações (convertidas para mg.kg^{-1}) observadas na campanha de 2017 no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B. São apresentados somente os HPAs listados pela CCME e que apresentaram concentrações quantificáveis na campanha.

HPAs	ISQG	PEL	Peregrino A	Peregrino B
Naftaleno	0,0346	0,391	<LQ - 0,053 (1)	<LQ - 0,087 (1)
Acenafteno	0,0067	0,0889	<LQ - 0,007 (1)	<LQ - 0,008 (1)
Fluoreno	0,0212	0,144	<LQ - 0,006	<LQ - 0,029 (1)
Fenantreno	0,0867	0,544	<LQ - 0,009	<LQ - 0,135 (1)
Antraceno	0,0469	0,245	<LQ	<LQ - 0,007
Fluoranteno	0,113	1,494	<LQ	<LQ - 0,041
Pireno	0,153	1,398	<LQ	<LQ - 0,028
Dibenzo(a,h)antraceno	0,00622	0,135	<LQ - 0,008 (1)	<LQ

* (n) = número de amostras que ultrapassaram um valor guia, no caso, somente o ISQG.

Já CETESB (2008), estipulou limite seguro para vida marinha de $41,9 \mu\text{g.kg}^{-1}$ e a Resolução CONAMA nº 454/2012 (referente a materiais dragados em regiões de água salina/salobra) estipulou como limite seguro o valor de $4.000 \mu\text{g.kg}^{-1}$ de HPAs totais. Estes limiares são bastante abrangentes, sendo os menores valores inferiores a concentrações observadas na região do Campo de Peregrino. Os valores mais restritivos podem estar relacionados a concentrações mais conservadoras estipulados para HPAs específicos, pois cabe acrescentar que embora o valor de HPA totais possa ser considerado baixo, algumas referências específicas indicam uma demanda de atenção maior.

Para Peregrino B, durante a campanha de 2017, onde observou-se presença de fenantreno, antraceno, fluoreno e pireno, foi possível calcular algumas razões diagnósticas para amostras das estações 5C e 12C (Tabela 6). A razão fenantreno/antraceno (Fen/Ant) resultou em 5,71 para amostra 5C e 19,29 para a amostras 12C, de acordo com Baumard *et al.* (1998) valores inferiores 10,0 para essa razão indicam origem pirolítica e superiores origem petrogênica. A razão Ant(Ant+fen) resultou em 0,18 para amostra 5C e 0,06 para a amostras 12C, onde Ant (Ant+Fen) < 0,1 é indicativo de petrogenicidade, > 0,1 indicaria a

predominância de processos de combustão e entre 0,1 e 0,2 poderiam ser associados com a queima e introdução de alguns tipos de óleo diesel, combustíveis e de petróleo bruto (Yunker *et al.*, 2002). Para a amostra 5C foi possível calcular ainda a razão que utiliza fluoranteno e pireno (Ft/(Ft+Pi)), que resultou em 0,59, o que se enquadraria como valores superiores a 0,50, associados por YUNKER *et al.* (2002) a processos de combustão de querosene, biomassa vegetal e carvão. Ou seja, as razões demonstram origens diferentes para esses HPAs: enquanto na estação 5 seria associado a processos de combustão, na 12 seria a origem petrogênica.

Tabela 6 – Razões diagnósticas para as amostras com valores quantificáveis de fenantreno, antraceno, fluoreno e pireno, obtidas durante campanha de 2017, Peregrino B.

Amostras	razão fenantreno/antraceno	razão antraceno/fenantreno
5C	5,71	0,18
12C	19,29	0,06

A ocorrência de concentrações de HPA em réplicas isoladas, que não foram corroboradas pelas demais réplicas das respectivas estações, a localização aleatória das estações com ocorrência e o histórico de concentrações inferiores ao LQ para HPAs leva a crer que essas concentrações não estejam associadas à atividade de perfuração. Como estas estações não apresentaram indícios de alteração em outros parâmetros, não é possível identificar a origem desses HPAs, quando mesmo as razões – embora calculadas somente para duas amostras - divergiram quanto a origem.

A tabela abaixo condensa os valores encontrados em todas as campanhas junto a valores comparativos, destacando baixos máximos observados no Campo de Peregrino.

Tabela 7 – Comparação entre as concentrações de HPA (Mínimo - Máximo) analisados no entorno das plataformas fixas Peregrino A e Peregrino B com índices e 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	8,3 - 310,4
		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	

Referências	Localização	HPAs (µg.kg ⁻¹)
STEINHAUER <i>et al.</i> (1994)	Plataforma Hidalgo - Califórnia (EUA)	42.000 - 103.000
DORE (2016)	Bacia de Campos sob impacto de perfuração	<1,0 - 78,58
NOAA (2017)*	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 2017, segundo dados provenientes de MacDonald *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

BRAKSTAD F, BJØRGESÆTER A, DAHLE S. 2006. Memo: Field validation part II; comparison of SSD and MWM approaches. ERMS Report no. 14A. [http://www.sintef.com/project/ERMS/Reports/ERMS Report no 14A_Memo_Validation part II_MUST.pdf](http://www.sintef.com/project/ERMS/Reports/ERMS%20Report%20no%2014A_Memo_Validation%20part%20II_MUST.pdf).

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. *Mar. Pollut. Bull.*, 48 (2004), pp. 12-25.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB, 2008. Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. São Paulo: Relatórios/Secretaria do Meio Ambiente.

DORE, M. 2016. Avaliação crítica do monitoramento ambiental do sedimento em atividades de perfuração de poços marítimos de petróleo e gás no Brasil. Dissertação (Mestrado), Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016.

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. 261 p.

KENNICUTT II, M.C. 1995. Gulf of Mexico offshore operations monitoring experiment. U.S. Department of the Interior Minerals Management. Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans. Final Report.

LACERDA, L.D.; REZENDE, C.E.; OVALLE, A.R. & CARVALHO, C.E., 2004. Mercury distribution in continental shelf sediments from two offshore oil fields in southeastern Brazil. *Bull. Environ. Contamin. Toxicol.* 72:178-85.

LONG, E.R., MacDonald, D.D., Smith, S.L. and Calder, ED. (1995) Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environ. Manage.* 19, 81-97.

MICARONI, R.; MESQUITA, C.; BUENO, M. et al. Compostos de mercúrio: revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte. *Quim. Nova*, v.23, p.487-495, 2000.

MELTON, H.R. et al. Offshore discharge of drilling fluids and cuttings – a scientific perspective on public policy. In: *Rio Oil & Gas Expo and Conference, 2000*, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: IBP, 2000. p. 1-13.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Drilling discharges in the marine environment*. Washington: National Academy Press, 1983. 180 pp.

NEFF, J.M. 2002. Fates and effects of mercury from oil and gas exploration and production operations in the marine environment. Battelle Memorial Institute.

PETROBRAS – PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. 2001. *Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção de Petróleo na Bacia de Campos. Etapa de Pré-Monitoramento – Relatório Final*. Rio de Janeiro: CENPES. 222 p.

POZEBON, D.; LIMA, E.C.; MAIA, S.M. & FACHEL, J.M.G., 2005. Heavy metals contribution of non-aqueous fluids used in offshore oil drilling. *Fuel*, 84: 53-61.

POZEBON, D.; SANTOS, J.H.Z.; PERALBA, M.C.R.; MAIA, S.M.; BARRIONUEVO, S.; PIZZOLATO, T.M. 2009. Metals, arsenic and hydrocarbons monitoring in marine sediment during drilling activities using NAFs. *Deep-Sea Research II*, 56, 22-31.

PULGATI, F.H.; FACHEL, J.M.G.; RUSSO, L.; PERALBA, M.C.; POZZEBON, D. 2005. Identificação da Área Alterada pela Presença de Fluidos de Perfuração na Atividade Exploratória Marítima. 3o Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás.

READMAN, J.W., FILLMANN, G., TOLOSA, I., BARTOCCI, J., VILLENEUVE, J.P., CATTINI, C., MEE, L.D., 2002. Petroleum and PAH contamination of the Black Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 44, 48–62.

SALIOT, A. 1981. Natural hydrocarbons in seawater. In: DUURSAMA, E. & DAUSON, R. (Eds.) *Marine Organic Chemistry*, p.327–374.

SIMONEIT, B.R.T. 1993. Organic matter maturation and petroleum genesis: geothermal versus hydrothermal. In: *The role of heat in the development of energy and mineral resources in the Northern Basin and Range Province*. Geothermal Research Council, Spec. Rpt 13, Davis, CA, p 215.

TOLDO JR. & AYOUP-ZOUAIN, R.N. MAPEM – Monitoramento Ambiental em Atividades de Perfuração Exploratória Marítima, Águas Profundas. Publicação CECO-IG-UFRGS, CD-ROM, Porto Alegre, 2004.

TREFRY, J.H. R.P. TROCINE, M.MCELVAINE, R.D. REMBER, and L.T. HAWKINS, 2007. Total mercury and methylmercury in sediments near offshore drilling sites in the Gulf of Mexico; *Environ. Geol.* 53:375-385.

VEIGA, L. F.; Avaliação de risco ecológico dos descartes da atividade de perfuração de poços de óleo e gás em ambientes marinhos. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Programa de Engenharia Civil. Rio de Janeiro, 2010. 254 p.

YUNKER, M.B.; MACDONALD, R.W.; VINGARZAN, R. MITCHELL, H.R.; GOYETTE, D.; SYLVESTRE, S. 2002. PAHs in the Fraser river basin: a critical appraisal PAH ratios as indicators of PAH source and composition. Org. Geochem. 33, 489-515.