

1. APRESENTAÇÃO

O presente Relatório de Descarte de Água Produzida foi elaborado em atendimento ao Parecer Técnico CGPEG/DILIC/IBAMA N° 167/12, de 01 de junho de 2012, e apresenta os resultados obtidos na caracterização da água produzida descartada pela Unidade Estacionária de Produção FPSO Maersk Peregrino, coletada em 23/11/2011.

Em seu Artigo 10º, a Resolução CONAMA 393/07 estipula a análise dos seguintes parâmetros na água produzida:

- Compostos inorgânicos - arsênio, bário, cádmio, cromo, cobre, ferro, mercúrio, manganês, níquel, chumbo, vanádio e zinco;
- Radioisótopos - rádio-226 e rádio-228;
- Compostos orgânicos: hidrocarbonetos policíclicos aromáticos - HPA, benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos - BTEX, fenóis e avaliação de hidrocarbonetos totais de petróleo - HTP através de perfil cromatográfico;
- Toxicidade crônica da água produzida determinada através de método ecotoxicológico padronizado com organismos marinhos;
- Parâmetros complementares: carbono orgânico total - COT, pH, salinidade, temperatura e nitrogênio amoniacal total;
- Teor de óleos e graxas.

2. RESULTADOS

Os resultados das análises realizadas para atendimento ao Artigo 10º da Resolução CONAMA 393/07, com seus respectivos métodos analíticos (referência) e limites de detecção (LD) e quantificação (LQ), encontram-se sob a forma de tabela a seguir. Os laudos das análises realizadas encontram-se no Anexo C.

Salienta-se que os protocolos das análises químicas seguiram recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SM) e da *US Environmental Protection Agency* (USEPA). Já no ensaio toxicológico crônico, foi aplicada a norma brasileira NBR 15.350 (ABNT, 2006). Os métodos, limites e resultados obtidos nas análises são sumarizados na **Tabela 1**, a seguir.

TABELA 1 – Resultados das análises químicas na água produzida descartada pela FPSO Maersk Peregrino em novembro de 2011.

Parâmetro	Método de Análise	Limite de Detecção (LD)	Limite de Quantificação (LQ)	Resultado
COMPOSTOS INORGÂNICOS				
Arsênio	USEPA 6010C	0,003 mg/L	0,010 mg/L	< LQ
Bário	USEPA 6010C	0,003 mg/L	0,010 mg/L	7,30mg/L
Cádmio	USEPA 6010C	0,001 mg/L	0,004 mg/L	<LQ
Cromo	USEPA 6010C	0,003 mg/L	0,010 mg/L	< LQ
Cobre	USEPA 6010C	0,003 mg/L	0,009 mg/L	< LQ
Ferro	USEPA 6010C	0,010 mg/L	0,030 mg/L	20,4 mg/L

Parâmetro	Método de Análise	Limite de Detecção (LD)	Limite de Quantificação (LQ)	Resultado
Mercúrio	USEPA 7473	0,0002 mg/L	0,0006 mg/L	< LQ
Manganês	USEPA 6010C	0,003 mg/L	0,010 mg/L	1,31 mg/L
Níquel	USEPA 6010C	0,002 mg/L	0,005 mg/L	< LQ
Chumbo	USEPA 6010C	0,003 mg/L	0,009 mg/L	< LQ
Vanádio	USEPA 6010C	0,005 mg/L	0,015 mg/L	< LQ
Zinco	USEPA 6010C	0,005 mg/L	0,020 mg/L	0,102 mg/L
RADIOISÓTOPOS				
Rádio-226	SM 7500 D (adaptado)	-	-	0,733 Bq/L
Rádio-228	SM 7501 D (adaptado)	-	-	0,386 Bq/L
COMPOSTOS ORGÂNICOS				
Total HPA	USEPA 8270D	0,1 µg/L	0,3 µg/L	66,0 µg/L
Naftaleno	USEPA 8270D	0,1 µg/L	0,3 µg/L	66,0 µg/L
Acenaftileno	USEPA 8270D	0,1 µg/L	0,3 µg/L	<LQ
Acenafteno	USEPA 8270D	0,1 µg/L	0,3 µg/L	<LQ
Fluoreno	USEPA 8270D	0,1 µg/L	0,3 µg/L	<LQ
Fenantreno	USEPA 8270D	0,1 µg/L	0,3 µg/L	<LQ
Antraceno	USEPA 8270D	0,1 µg/L	0,3 µg/L	<LQ
Fluoranteno	USEPA 8270D	0,1 µg/L	0,3 µg/L	<LQ
Pireno	USEPA 8270D	0,1 µg/L	0,3 µg/L	<LQ
Benzo[a]antraceno	USEPA 8270D	0,013 µg/L	0,038 µg/L	<LQ
Criseno	USEPA 8270D	0,013 µg/L	0,038 µg/L	<LQ
Benzo[b]fluoranteno	USEPA 8270D	0,013 µg/L	0,038 µg/L	<LQ
Benzo[k]fluoranteno	USEPA 8270D	0,013 µg/L	0,038 µg/L	<LQ
Benzo[a]pireno	USEPA 8270D	0,013 µg/L	0,038 µg/L	<LQ
Indeno[1,2,3cd]pireno	USEPA 8270D	0,013 µg/L	0,038 µg/L	<LQ
Dibenzo[a,h]antraceno	USEPA 8270D	0,013 µg/L	0,038 µg/L	<LQ
Benzo[g,h,i]perileno	USEPA 8270D	0,1 µg/L	0,3 µg/L	< LQ
Benzeno	USEPA 8260B	5 µg/L	15 µg/L	220,6 µg/L
Tolueno	USEPA 8260B	5 µg/L	15 µg/L	178,5 µg/L
Etilbenzeno	USEPA 8260B	1 µg/L	3 µg/L	41,3 µg/L
o-xileno	USEPA 8260B	1 µg/L	3 µg/L	68,5 µg/L
m,p-xileno	USEPA 8260B	1 µg/L	3 µg/L	112,1 µg/L
Fenóis CG	USEPA 8270D	0,1 µg/L	0,3 µg/L	263,6 µg/L
Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP)	USEPA 8015C	145 µg/L	435 µg/L	14275,5 µg/L
TOXICIDADE				
Crônica	NBR 15.350 (ABNT, 2006)	-	-	*CENO: 0,78% CEO: 1,56% VC: 1,10%
PARÂMETROS COMPLEMENTARES				
Carbono Orgânico Total (COT)	SM - 21 st - 5310 A/B	0,5 mg/L	1,0 mg/L	464 mg/L

16 HPA prioritários

Parâmetro	Método de Análise	Limite de Detecção (LD)	Limite de Quantificação (LQ)	Resultado
pH (Coleta)	pHmetro (medição <i>in situ</i>)	-	-	7
Salinidade	SM - 20th - 2520B	-	-	138,22
Temperatura (de coleta)	Termômetro (medição <i>in situ</i>)	-	-	37°C
Nitrogênio Amoniacal Total	SM - 21st - 4500.NH3-D	0,020 mg/L	0,060 mg/L	1,44 mg/L
TOG	SM - 21st - 5520D	3 mg/L	10 mg/L	13 mg/L

*CENO = maior concentração da amostra de efeito não observado; CEO = menor concentração da amostra de efeito observado; VC= média geométrica de CENO e CEO

3. DISCUSSÃO

A água produzida se destaca entre os principais efluentes gerados a partir das atividades de produção de petróleo e gás. Em sua composição há uma complexa mistura de compostos químicos, onde se incluem: minerais dissolvidos oriundos da formação produtora, hidrocarbonetos, produtos químicos empregados durante o processo de produção, amônia, sólidos, gases dissolvidos, entre outros (SEGUI, 2009; BRETAS 2011).

Este item discute os resultados encontrados através de análises realizadas em amostras de água produzida, provenientes do FPSO Maersk Peregrino, coletadas em 23 de novembro de 2011.

Destaca-se que os valores obtidos são discutidos a seguir através do uso de referências bibliográficas brasileiras, relacionadas à outras unidades de produção dentro do país. Entretanto, as características da água produzida estão intrinsecamente ligadas a características do campo produtor e das substâncias químicas utilizadas na produção.

Compostos Inorgânicos e Radioisótopos

Lee & Neff (2011) destacaram que metais e radioisótopos representam os principais constituintes inorgânicos da água produzida. Segui (2009) cita o bário (como Ba²⁺) e o ferro (como Fe²⁺) entre os compostos inorgânicos presentes na água produzida, mencionando ainda, outros metais como cádmio, cromo, cobre, chumbo, mercúrio, níquel, prata e zinco.

O trabalho de Gabardo (2007) compilou concentrações de metais em águas produzidas de plataformas de petróleo brasileiras monitoradas entre os anos de 2005 e 2006. A **Tabela 2** compara os dados citados pela autora com as concentrações de metais referentes ao descarte pelo FPSO Maersk Peregrino. Observa-se que os metais analisados na água produzida descartada pela FPSO Maersk Peregrino permaneceram em sua maioria abaixo do limite de quantificação, principalmente em relação aos metais pesados, e que os metais

ferro e bário se destacaram com as maiores concentrações. Gabardo (*op. cit.*) já havia mencionado concentrações similares para águas de produção, também com concentrações elevadas de bário, porém a mediana citada para ferro pela autora foi inferior à encontrada para a FPSO Maersk Peregrino, mas o máximo dentre as análises em diversas plataformas entre 2005 e 2006 foi de 17 mg.L^{-1} , valor similar ao da FPSO Maersk Peregrino.

As concentrações elevadas de bário associam-se, em geral, à barita (BaSO_4), utilizada em grande quantidade para aumentar a densidade de fluidos e lamas de perfuração. Salienta-se, entretanto, que a substância apresenta baixa toxicidade (CANTELMO *et al.*, 1979; OLSGARD & GRAY, 1995).

Tabela 2 – Concentrações de metais na água produzida descartada por diversas plataformas brasileiras entre 2005 e 2006 e pela FPSO Maersk Peregrino em novembro de 2011.

Metal	Teor de metais na água produzida descartada por plataformas brasileiras nos anos 2005 a 2006 (valores de mediana) (GABARDO, 2007)	Teor de metais na água produzida descartada pela FPSO Maersk Peregrino
	mg/L	mg/L
Arsênio	<0,20	<0,01
Bário	2,00	7,30
Cádmio	<0,020	<0,004
Cromo	<0,0050	<0,0100
Cobre	0,120	<0,009
Ferro	1,1	20,4
Mercurio	<0,0002	<0,0002
Manganês	0,35	1,31
Níquel	<0,010	<0,005
Chumbo	<0,100	<0,009
Vanádio	<0,002	<0,015
Zinco	<0,020	0,102

Quanto às concentrações de rádio-226 e rádio-228, os valores encontrados na análise da água produzida da FPSO Maersk Peregrino (respectivamente 0,733 e 0,386 Bq/L) foram similares às medianas citadas por Gabardo (2007) (0,42 Bq/L para rádio-226 e 0,41 Bq/L para rádio-226). A autora acrescenta ainda que os radioisótopos presentes na água produzida descartada na costa brasileira são baixos comparados ao restante do mundo.

Compostos Orgânicos

Para observação dos resultados dos compostos orgânicos, cabe ressaltar que Oliveira & Oliveira (2000) agruparam em quatro grupos principais os compostos orgânicos presentes na água produzida, seriam: 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. Destaca-se que 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.

As concentrações dos 16 HPAs prioritários na água produzida descartada pela FPSO Maersk Peregrino foram baixas, e em sua maioria, inferiores aos limites de quantificação dos respectivos métodos. Na **Tabela 3** é possível observar que, assim como as concentrações de HPAs na água descartada pela FPSO Maersk Peregrino, a água produzida de diversas plataformas brasileiras apresenta contribuição principal de naftalenos.

Tabela 3 – Concentrações de HPAs (16 prioritários) na água produzida descartada por diversas plataformas brasileiras entre 2005 e 2006 e pela FPSO Maersk Peregrino em novembro de 2011.

HPAs	Teor de HPAs na água produzida descartada por plataformas brasileiras nos anos 2005 a 2006 (valores de mediana) (GABARDO, 2007)	Teor de HPAs na água produzida descartada pela FPSO Maersk Peregrino
	µg/L	µg/L
Naftaleno	39	66,00
Acenaftileno	nd	<0,3
Acenafteno	0,92	<0,3
Fluoreno	3,29	<0,3
Fenantreno	10	<0,3
Antraceno	0,18	<0,3
Fluoranteno	0,1	<0,3
Pireno	0,45	<0,3
Benzo[a]antraceno	0,13	<0,038
Criseno	0,61	<0,038
Benzo[b]fluoranteno	0,11	<0,038
Benzo[k]fluoranteno	nd	<0,038
Benzo[a]pireno	0,05	<0,038
Indeno[1,2,3cd]pireno	nd	<0,038
Dibenzo[a,h]antraceno	nd	<0,038
Benzo[g,h,i]perileno	0,06	<0,3
HPA total	438,51	66,0

Também aromáticos, os compostos do BTEX, acrônimo referente a benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos, apresentaram concentrações na água produzida descartada pela FPSO Maersk Peregrino de: benzeno - 220,6 µg/L, tolueno - 178,5 µg/L, etilbenzeno - 41,3 µg/L, o-xilenos - 68,5 µg/L e m,p-xilenos - 112,1 µg/L. Os valores reportados para FPSO Maersk Peregrino foram inferiores aos já mencionados para diversas

plataformas brasileiras em análises realizadas entre 2005 e 2006, com medianas de: benzeno - 1.579,0 µg/L , tolueno - 2.110,0 µg/L, etilbenzeno – 223,0 µg/L e xilenos - 971 µg/L (GABARDO, 2007).

Gabardo (2007) aborda a análise de fenóis em águas produzidas na costa brasileira, destacando que são realizadas por dois métodos distintos: a cromatografia gasosa acoplada à espectrofotometria de massas e o método colorimétrico (reação com 4-aminoantipirina e UV-visível). O trabalho supracitado salienta que a cromatografia gasosa inclui uma gama maior de compostos fenólicos e cita que resultados por colorimetria poderiam ser superestimados por quantificar outros compostos com capacidade de reagir com 4-aminoantipirina. A análise de fenóis da água produzida descartada pelo FPSO Maersk Peregrino foi realizada por cromatografia gasosa. Dentre as plataformas mencionadas por Gabardo (2007) que utilizaram esta mesma metodologia, foi observado valor de mediana de 730 µg/L em análises realizadas no período de 2005 e 2006, valor superior aos 263,6 µg/L observados na água descartada pela FPSO Maersk Peregrino.

Uma análise de hidrocarbonetos essencial para avaliação da água produzida é a de hidrocarbonetos totais do petróleo, pois a mesma fornece informações sobre a composição do extrato orgânico da amostra, permitindo inferir a fonte dessas substâncias. Embora a concentração de HTP na água produzida descartada pela FPSO Maersk Peregrino tenha sido pequena comparada à de outras plataformas (2.175 µg/L para FPSO Maersk Peregrino e mediana de 10.000 µg/L para as águas das plataformas analisadas por Gabardo, 2006), o perfil cromatográfico demonstrou compostos orgânicos derivados do petróleo, eluindo na faixa da gasolina e na faixa do querosene (**Figura 1**).

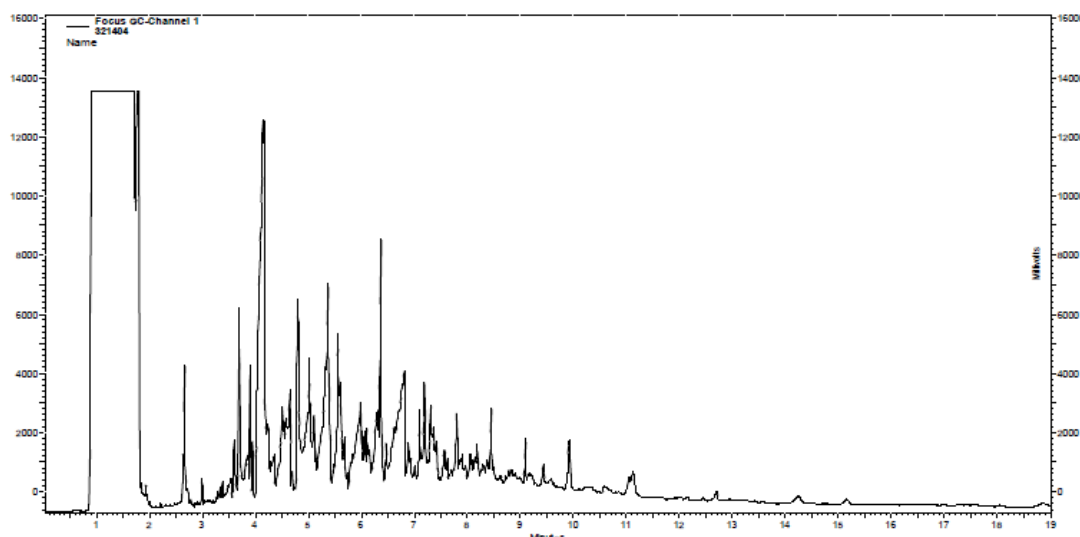


Figura 1 – Perfil cromatográfico da amostra da água produzida descartada pela FPSO Maersk Peregrino em novembro de 2011.

Toxicidade

Com a finalidade de observar possíveis efeitos da água produzida na biota é indicado a realização de testes de toxicidade crônica, posto que ação sinérgica de elementos químicos, mesmo em baixas concentrações, pode resultar em um efeito não estimado pela análise individual dos parâmetros. O teste toxicológico realizado na água produzida descartada pela FPSO Maersk Peregrino encontrou valores de CENO (maior concentração da amostra de efeito não observado) e CEO (menor concentração da amostra de efeito observado) para o teste crônico com *Lytechinus Variegatus* de, respectivamente, 0,78 e 1,56%, valores correspondentes a amostra diluída na água do ensaio. Os valores encontrados no teste foram inferiores as médias e medianas mencionadas por Gabardo (2007), porém superiores aos mínimos citados por esta autora, indicando que os resultados da FPSO Maersk Peregrino se incluíram na faixa comum a plataformas brasileiras (Tabela 4).

Tabela 4 – Resultados de ensaios de toxicidade crônica obtidos para águas produzidas de plataformas brasileiras entre os anos de 2005 a 2006 (GABARDO, 2007).

Organismos	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	D.P
<i>Lytechinus variegatus</i> CENO (%)	24	2,15	1,97	0,30	5,0	1,52
<i>Lytechinus variegatus</i> CEO (%)	24	4,31	3,92	0,60	10,0	3,03

n = número de amostras; D.P.= desvio padrão

Parâmetros Complementares

Na análise da água produzida descartada pela FPSO Maersk Peregrino em novembro de 2011 o resultado de COT correspondeu a 464 mg/L, valor similar aos citados por Gabardo, 2007 (mínimo de 86 mg/L, máximo de 971 mg/L e mediana de 307 mg/L). Ressaltando-se que OGP (2005 *apud* GABARDO, 2007) atribuíram as concentrações de COT à presença de ácidos orgânicos na água.

Embora os valores de COT indiquem a presença de ácidos na água produzida da FPSO Maersk Peregrino, o valor de pH mensurado *in situ* apontou para neutralidade, com valor 7. O trabalho de Gabardo (2007) citou valores de pH para água produzida de outras plataformas brasileiras entre 6,06 e 8,02.

Em geral, são associados altos valores de salinidade para água produzida (Gabardo, 2007). Gomes (2009) salientou que a faixa de salinidade encontrada é ampla, variando em função das características e profundidades do campo produtor. Na água produzida descartada pela FPSO Maersk Peregrino foi observada salinidade de 138,22; valor corroborado por Gabardo (2007) que descreve no seu estudo uma variação de salinidade de 38 a 179.

A temperatura da água produzida da FPSO Maersk Peregrino correspondeu a 37°C na análise realizada em novembro de 2011. Valor este atingido após as etapas de resfriamento do processo, visando o descarte da água em temperatura inferior à 40 ° C.

Na água produzida descartada pela FPSO Maersk Peregrino também foi analisada a concentração de nitrogênio amoniacal, onde verificou-se 1,44 mg/L, valor reduzido comparado às concentrações citadas por Gabardo (2007) (de 22,3 a 91,0 mg/L).

Teor de Óleos e Graxas (TOG)



Um parâmetro que demanda preocupação em relação às atividades petrolíferas e, em especial, ao descarte de água produzida, é teor de óleos e graxas. O parâmetro é o único para o qual são estipuladas concentrações máximas na água produzida pela Resolução CONAMA 393/07, correspondentes à média aritmética simples mensal de até 29 mg.L⁻¹, com máximo diário de 42 mg.L⁻¹. A concentração verificada na água produzida descartada pela FPSO Maersk Peregrino em novembro de 2011 correspondeu a 13 mg.L⁻¹, valor cerca de 50% inferior a média estipulada pela Resolução supracitada.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A coleta e análise da água produzida descartada pela FPSO Maersk Peregrino foi realizada de acordo com as recomendações da Resolução CONAMA 393/07;
- Os resultados expostos neste estudo apresentaram valores comuns àqueles obtidos em outras unidades brasileiras, conforme descrito ao longo do texto.

5. EQUIPE TÉCNICA

Para a elaboração do presente documento, a AECOM contou com a participação dos profissionais abaixo relacionados.

Nome	Formação	Registro de Classe	Registro IBAMA	Assinatura
Luiz Henrique C. Barbosa	Oceanógrafo	-	521520	
Liana Alves Freitas da Silva	Oceanógrafa	-	2881676	

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2006. Ecotoxicologia Aquática – Toxicidade crônica – Método de Ensaio com ouriço-do-mar (*Echinodermata, Echinoidea*). NBR 15.350, 17 p.

BRETAS, E. 2011. Avaliação toxicológica da água produzida de uma plataforma *off shore* de gás natural. Revista Ceciliana, 3(1): 50-53.

CANTELMO, F. R., TAGA T Z, M. E., RANGA RAO, K. (1979). Effect of barite on meiofauna in a flow-through experimental system. Mar. environ. Res. 2: 301-309.

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.

GOMES, E. A. 2009. Tratamento combinado da água produzida de petróleo por eletroflotação e processo fenton. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos), Universidade Tiradentes. Aracaju, SE.

KUNERT, R. (ed) 2007. Processamento primário de petróleo. Universidade PETROBRAS. Escola de Ciências e Tecnologias E&P. 54p.

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

OLIVEIRA, RCG; MCK OLIVEIRA. 2000. Remoção de contaminantes tóxicos dos efluentes líquidos oriundos da atividade de produção de petróleo no mar. Bol. Téc. PETROBRAS, 43(2): 129-136.

OLSGARD, F. & GRAY, J. S. 1995. A comprehensive analysis of the effects of offshore oil and gas exploration and production on the benthic communities of the Norwegian continental shelf. Marine Ecology Progress Series 122: 277-306.