

## **G - Caracterização das Substâncias Passíveis de Descarga**

Neste item, será apresentada a caracterização física, química e toxicológica das substâncias passíveis de descarga durante a instalação e operação do FPU P-53 do Campo de Marlim Leste.

### **G1 - Água Produzida**

- *Considerações Gerais sobre Água Produzida*

Durante a produção de hidrocarbonetos é comum a produção conjunta de água. Esta pode ser proveniente do aquífero localizado numa zona inferior à formação produtora (reservatório) ou, então, do mecanismo de recuperação secundária por injeção de água, necessário, para manter as condições de pressão do reservatório (Ramalho, 2002), conforme previsto para a exploração do Campo de Marlim Leste.

A água produzida inclui a água de injeção empregada na recuperação secundária e manutenção da pressão do reservatório, a água de formação, além dos produtos químicos utilizados no poço, na água de injeção e no processo de separação água/óleo. A água de formação, proveniente do reservatório, é caracterizada pela sua alta salinidade, comumente com altos teores de cloreto.

No Campo de Marlim Leste os três fluidos oriundos do reservatório (petróleo, água e gás) serão separados e destinados às plantas de tratamento específicas a bordo da P-53, sendo a água produzida tratada adequadamente a fim de reduzir o teor de óleo e graxas (TOG) e garantir o descarte sem gerar interferências no meio ambiente.

A água produzida é o principal resíduo gerado nas atividades de produção de petróleo e gás *offshore*, resultante do processo de recuperação dos fluidos do reservatório. Em águas profundas, este resíduo é quase sempre descartado ao mar pelas operadoras, após tratamento adequado, de acordo com a legislação brasileira pertinente.

De acordo com Thomas *et al.* (2001), a quantidade de água produzida gerada varia em função de uma série de fatores, destacando-se as características do reservatório, a idade dos poços produtores e os métodos de recuperação

utilizados (volume de água injetada na recuperação secundária). Nas atividades de produção, a água produzida geralmente corresponde a cerca de 98% de todos os resíduos gerados pela atividade, dependendo do estágio de desenvolvimento do campo explorado.

A Resolução CONAMA nº 020 de 1986, que trata do descarte de efluentes de fontes poluidoras em águas interiores e marinhas, determina que, para ser lançado direta ou indiretamente em um corpo d' água, todo resíduo deve apresentar concentração de óleo (ou óleos e graxas) igual ou inferior a 20 ppm e temperatura inferior a 40°C (de forma a não gerar impacto térmico no corpo d'água receptor).

Observa-se que os principais fatores oceanográficos que determinam o grau de diluição são a profundidade da lâmina d' água e o hidrodinamismo (regime de correntes e ventos) do local de descarte. Desta forma, regiões de grandes profundidades e de acentuado dinamismo são favoráveis ao descarte da água produzida, não gerando conseqüências deletérias ao ambiente. O principal aspecto ambiental relativo ao descarte da água produzida é a concentração de óleo, presente na água mesmo após passagem pelos sistemas de separação óleo/água, devido à coesão entre as moléculas de óleo e água. A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*Environmental Protection Agency – EPA*) estabelece que a concentração média mensal de óleo na água descartada em operações offshore deve ser inferior a 29 ppm de óleo na água, permitindo episódios diários de no máximo 42 ppm. Estes limites foram promulgados considerando a BAT (*Best Available Technology - Melhor Tecnologia Disponível*) estabelecida para as instalações de produção offshore americanas (EPA 40 CFR 435.13).

A Convenção Oslo–Paris (OSPAR) definiu a concentração média mensal de 40 ppm como o máximo permitido para descarte *offshore* (UKOOA, 1999), de forma a preservar o ambiente oceânico.

De acordo com a OSPAR, em 1997 cerca de 90% dos operadores do Mar do Norte já haviam atingido a marca de 40 ppm (OSPAR, 2000). Assim sendo, em 2001 a OSPAR recomendou a implementação do limite de 30 ppm como meta a ser obtida até 2006 (EPCON, 2001). Observa-se que a eficiência do tratamento

da água produzida está relacionada diretamente aos volumes envolvidos e às características químicas do óleo produzido.

De uma forma geral, a tecnologia atualmente empregada no tratamento da água produzida visa remover hidrocarbonetos, substâncias hidrofóbicas, partículas em suspensão e adsorvidas ao óleo (EPCON, 2001), podendo desta forma remover poluentes orgânicos prioritários (p.ex., fenóis e ácidos orgânicos), químicos nocivos (BTEX e HPAs), elementos radioativos e metais pesados (principalmente o Zn e Hg).

Na Noruega, a OLF (*Oil Industries Association* – Associação das Indústrias de Petróleo) promulgou a política de desenvolvimento sustentável a ser executada no país. Esta política encontra-se baseada na redução contínua de poluentes tendo como meta alcançar a inexistência de danos ambientais.

Ressalta-se que os valores adotados pela EPA e pela OSPAR para descarte da água produzida são menos conservadores do que o limite de 20 ppm estabelecido pela Resolução CONAMA nº 020/1986, embora esta última não trate especificamente do descarte de água produzida em atividades offshore.

A PETROBRAS/CENPES vem desenvolvendo estudos que visam avaliar os fatores operacionais ou de projeto que possam vir a gerar não conformidades em relação à concentração máxima de óleo na água produzida de acordo com a Resolução CONAMA nº 020/1986.

Diversos estudos têm demonstrado que o descarte da água produzida em águas profundas e ultra-profundas, principalmente na área da Bacia de Campos onde há movimentação hidrodinâmica causada por grandes correntes marinhas, não gera efeitos representativos no ambiente, devido à rápida diluição após seu lançamento (GESAMP, 1993; EPCON, 2000; EPCON, 2001).

De acordo com a Chevron (1997), o poder de diluição do oceano receptor é muito grande, sendo a descarga diluída para 1:50 a 100m do ponto de descarte. Esta mistura é função do volume, temperatura e densidade da água descartada, além da profundidade e do dinamismo das massas d' água do local.

Segundo a GESAMP (1993), a composição química e o grau de diluição da água produzida fazem com que o impacto da água descartada seja significativo apenas em áreas continentais, não sendo representativo em águas oceânicas.

Até o momento, resultados obtidos evidenciam que o descarte contínuo da água produzida não causa danos sensíveis ao meio marinho, desde que o sistema de descarte atenda às especificações de projeto necessárias para a dispersão do efluente.

- *Água Produzida de Marlim Leste*

O projeto de produção da P-53 em Marlim Leste prevê a produção de água a partir do primeiro ano de produção (115 m<sup>3</sup>/dia em 2007), com previsão de uma vazão máxima de 24.904 m<sup>3</sup>/d no ano de 2024, de acordo com o apresentado no item 2.4-F. Uma análise da curva de produção da água (Quadro 2.4-20) mostra que, nos primeiros anos da atividade, a produção de água é bastante reduzida, com o volume aumentando gradativamente até o ano de 2024 quando passa a apresentar valores relativamente menores até 2025 (final da concessão).

A região do Campo de Marlim Leste apresenta características oceânicas tipicamente tropicais, onde a temperatura da camada superficial do oceano é em torno de 25 °C e as correntes superficiais apresentam valores entre 0,5 a 1,0 m.s<sup>-1</sup> (valor médio da Corrente do Brasil, conforme o Diagnóstico Ambiental), o que favorece a rápida dispersão e biodegradação do efluente descartado. Para avaliar a dispersão da água produzida, descartada pela P-53, foi realizada uma modelagem matemática apresentada na seção II.5 deste relatório, onde foi avaliado o impacto do descarte da água no ambiente oceânico local. Outra característica importante que favorece a rápida dispersão do efluente é a grande profundidade local (1.080m).

Durante a produção de óleo e gás em Marlim Leste, toda a água produzida será tratada por separação gravimétrica através de um flotor a gás e cinco hidrociclones por trem, para redução da concentração de óleo, sendo descartada ao mar com, no máximo, 20 ppm e até 40 °C de temperatura, em atendimento à Resolução CONAMA nº 020/1986. A planta de tratamento da água produzida da P-53 tem capacidade para tratar até 30.000 m<sup>3</sup>/dia de água, conforme anteriormente descrito.

A caracterização preliminar e avaliação da água a ser produzida em Marlim Leste será baseada nas características da água de formação do reservatório,

tendo em vista que o Campo de Marlim Leste não tem amostragem para a água produzida. São apresentadas, também, as características da água do mar oceânica injetada no reservatório para a recuperação secundária dos poços.

- *Água de Formação*

A água de formação extraída de reservatórios mantém grande afinidade com as formações de onde provêm (Thomas et al., 2001), apresentando elevado teor de sais dissolvidos, sódio e cálcio, assim como valores um pouco elevados de bário, magnésio e estrôncio. A quantidade de água de formação depende da porosidade do reservatório e sua mobilidade está diretamente relacionada ao grau de saturação definido pela rocha e pelos tipos de fluidos presentes no reservatório.

O Quadro II.2.4-24, a seguir, apresenta as características da água de formação representativa do Campo de Marlim Leste, coletada no poço MLL-3.

**Quadro II.2.4-24 - Parâmetros (mg/L) da água de formação do reservatório de Marlim Leste (profundidade 2.775,5m).**

PARÂMETRO	POÇO MLL-3
Na <sup>+</sup>	26535
K <sup>+</sup>	1906
Ca <sup>2+</sup>	2033
Mg <sup>2+</sup>	547
Ba <sup>2+</sup>	80
Sr <sup>2+</sup>	417
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	15
Br <sup>-</sup>	102
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	298
Alcalinidade Total (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	124
Cl <sup>-</sup>	48700
NaCl	80358
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,055
pH (a 25°C)	7,0

Fonte: PETROBRAS.

- *Água de Injeção*

A água a ser utilizada nos poços de injeção para recuperação secundária do reservatório de Marlim Leste é a própria água oceânica da região do campo, devidamente filtrada e tratada, cujas características estão sintetizadas no Quadro II.2.4-25, baseadas no Diagnóstico Ambiental – Meio Físico (seção II.5 deste EIA), onde pode ser encontrado um maior detalhamento das condições oceanográficas do Campo de Marlim Leste.

**Quadro II.2.4-25 - Características da água oceânica utilizada nos poços de injeção.**

PARÂMETRO	CONCENTRAÇÃO (mg/L)
Na <sup>+</sup>	11500
K <sup>+</sup>	226
Ca <sup>++</sup>	504
Mg <sup>++</sup>	1390
Fe <sup>+++</sup>	0,05
Ba <sup>++</sup>	1
Sr <sup>+</sup>	9
Salinidade	35.100
pH	8,0
Cl <sup>-</sup>	21300
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	2834
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	150
Densidade	1,0273

Dentre os parâmetros citados, destaca-se o elevado teor de cloreto e sódio da água de formação (48.700 e 26.535 mg/L, respectivamente), quando comparada com a água do mar oceânica (21.300 e 11.500 mg/L, respectivamente). Entretanto, devido ao poder de diluição e a imensidão do corpo d'água receptor, a água a ser descartada não acarretará nenhuma alteração significativa na salinidade local.

Para o FPU P-53, o sistema de injeção de água está dimensionado para uma vazão máxima de 39.000 m<sup>3</sup>/dia, de acordo com o apresentado no item II.2.4.C. Observa-se que a injeção de água será feita no aquífero do reservatório através

dos poços de injeção, desde o primeiro ano de produção. Desta forma, a quantidade de água produzida aumenta gradativamente ao longo da produção do campo, como mencionado anteriormente (item II.2.4-F).

De acordo com a PETROBRAS/CENPES (1999), a proporção de água de injeção na água produzida pode ser determinada através do controle de sua salinidade, considerando a salinidade conhecida das águas originais (água de formação do reservatório e água do mar tratada, utilizada na injeção).

- *Toxicidade da Água Produzida*

Os testes de toxicidade efetuados com a água produzida têm como principal objetivo avaliar o teor tóxico do efluente a ser descartado de maneira a controlar o seu efeito no ambiente (EPA, 2001).

Normalmente são realizados testes de toxicidade aguda e crônica com um determinado organismo exposto à ação do poluente. Os testes de toxicidade crônica, que avaliam o efeito subletal do poluente no organismo, são mais aplicáveis, uma vez que a água produzida é descartada continuamente.

Os produtos químicos utilizados durante a produção de óleo e gás e presentes na água produzida são rapidamente diluídos quando descartados ao mar, principalmente considerando as condições oceanográficas da Bacia de Campos.

Estudos realizados com água produzida de diferentes regiões demonstram uma toxicidade aguda cuja Concentração Letal (CL<sup>50</sup>) varia de 5 a 50%, estando concentrada apenas na camada de mistura da região ao redor da unidade de produção (Quadro II.2.4-26). Adicionalmente, este autor reforça a necessidade da realização de ensaios agudo e crônico com diferentes organismos marinhos.

**Quadro II.2.4-26 - Toxicidade aguda da água produzida em campos do mundo.**

ORGANISMO-TESTE	LOCAL	CL <sup>50</sup> (% DE ÁGUA)
<i>Vibrio fischeri</i> (Bactéria - Microtox)	Bass Strait, Austrália	7,09 %
<i>Vibrio fischeri</i> (Bactéria - Microtox)	Gullfaks, Mar do Norte	7,18%
<i>Artemia salina</i> (microcrustáceo)	Bass Strait, Austrália	58,8%
<i>Mysidopsis bahia</i> (microcrustáceo)	Golfo do México	10,05%
<i>Mysidopsis bahia</i> (microcrustáceo)	Mar de Java Oeste, Indonesia	55%
<i>Skeletonema costatum</i> (microalga)	Gullfaks, Mar do Norte	27,6%
<i>Cyprinodon variegatus</i> (peixe)	Golfo do México	21,55%

Fonte: Holdway, 2002 (modificado).

De acordo com o sugerido pela EPA (2001), deve-se avaliar o efluente como um todo, a fim de apreciar o efeito sinérgico dos diferentes componentes presentes na água de formação, no óleo, na própria água do mar tratada utilizada na injeção dos poços e dos produtos químicos utilizados no processo de produção.

A caracterização química, físico-química e toxicológica da água produzida será efetuada de acordo com o descrito no Projeto de Monitoramento Ambiental (item II.7.2), a ser implementado no início das atividades de produção da UEP P-53, assim que se iniciar a produção de água, no ano de 2007.

Considerando as características oceanográficas da região do campo (águas ultra-profundas e com regime hidrodinâmico bem definido), que garantem a rápida dispersão da água produzida (conforme evidenciado na modelagem matemática da dispersão da água produzida apresentada no capítulo 5 deste EIA), assim como a eficiência da planta de tratamento de água prevista para a P-53, a toxicidade do resíduo será pouco representativa.

**G2 - Óleo Produzido**

Para a caracterização do óleo do reservatório de Marlim Leste, amostras de óleo do poço RJS-359 foram analisadas, sendo os resultados apresentados no quadro a seguir:

**Quadro II.2.4-27 - Características do óleo da P-53 (Poço RJS-359).**

PARÂMETRO	
Ponto de Fluidez (°C)	-27
Enxofre (%m/m)	0,68
Densidade relativa a 20/4°C (g/cm <sup>3</sup> )	0,9440
Viscosidade Cinemática (mm <sup>2</sup> /s) a 20°C	1305
° API	17,8
TIAC° (Temperatura Inicial de Aparecimento de Cristais)	
Níquel (mg/Kg)	17
Vanádio (mg/Kg)	20
Bário (mg/Kg)	< 0,1
Ferro (mg/Kg)	4,5
Ca (mg/Kg)	2,6
Cu (mg/Kg)	< 0,1
Pb (mg/Kg)	< 0,2
Zn (mg/Kg)	0,081
Mn (mg/Kg)	< 0,03
Água e sedimentos (% v/v)	0,1
Tensão interfacial água doce (mN/m ou dina/cm) a 21°C	19,56
Tensão interfacial água salgada (mN/m ou dina/cm) a 21°C	19,94
Parafinas (m/m%)	1,7

Fonte: PETROBRAS

A composição de hidrocarbonetos do óleo da P-53 é apresentada no Quadro II.2.4-28, a seguir e os laudos laboratoriais são apresentados no Anexo II.2-1.

**Quadro II.2.4-28 - Composição do óleo da P-53 (Poço RJS-359) - Marlim Leste.**

HIDROCARBONETOS	%(m/m)
saturados	33,8
aromáticos	34,8
resinas	29,6
asfaltenos	1,8

Fonte: PETROBRAS/CENPES

Com base nas informações apresentadas, e segundo a Portaria nº 009 (21 de janeiro 2000) da ANP, o óleo a ser produzido é classificado como pesado, com

alto teor de hidrocarbonetos aromáticos e saturados, como as parafinas. Segundo Thomas *et al.*, (2001), o tipo de óleo comumente encontrado na Bacia de Campos é composto principalmente por parafinas (de 50-70% do total) e naftênicos, como os aromáticos (> 20%), sendo sua densidade e viscosidade maior do que aquela dos óleos mais leves.

- *Toxicidade da Fração Dispersa em Água (FDA) do Óleo Produzido em Marlim Leste*

O óleo produzido é uma mistura complexa de hidrocarbonetos e outros compostos de solubilidades distintas. Desta forma, um determinado componente no óleo pode afetar a solubilidade de outro, ou seja, existe influência de cada componente em relação a solubilidade final do óleo.

A solubilidade de hidrocarbonetos na água relaciona-se de forma inversa com seu tamanho molecular. Quanto menor for a molécula de um hidrocarboneto, maior sua solubilidade em água. Assim sendo, hidrocarbonetos aromáticos leves como o benzeno e o tolueno são reconhecidos como mais solúveis do que hidrocarbonetos alifáticos como as parafinas (GESAMP, 1993; OGP, 2002). O benzeno e o tolueno representam de 70 a 85% do total de aromáticos dissolvidos em um óleo cru. Quando hidrocarbonetos aromáticos são descartados no mar, a concentração elevada de sais na água do mar favorece a sua solubilidade (EPCON, 2001).

Outro aspecto que deve ser lembrado é a rápida degradação bacteriana dos componentes orgânicos solúveis do óleo. De acordo com a GESAMP (1993), existem cerca de 25 gêneros de fungos e bactérias degradadoras de óleo, cuja eficiência na degradação deste será função da composição e características físicas do óleo, que irão influenciar a “quebra” das moléculas de hidrocarbonetos, bem como será condicionada pelas características ambientais locais.

Os testes de toxicidade aguda geralmente avaliam os efeitos do composto analisado sobre a mortalidade do organismo-teste, enquanto que os testes crônicos (normalmente realizado com estágios larvais ou juvenis) podem incluir

avaliações dos efeitos no crescimento, morfologia, reprodução, efeitos comportamentais e efeitos subletais (EPA1, 2001).

A Petrobras realizou testes de toxicidade aguda com o misidáceo *Mysidopsis juniae* e de toxicidade crônica com o estágio larval do ouriço *Lytechinus variegatus*, utilizando o extrato do óleo (10.000 ppm) do poço RJS-359 de Marlim Leste. Todos os ensaios foram realizados no Labtox – Laboratório de Análise Ambiental Ltda, Rio de Janeiro.

Os testes foram realizados de acordo com a metodologia apresentada por Tarzwell 2 (1969), que propõe a realização de testes de toxicidade com a Fração Dispersa do óleo em Água (FDA).

Os testes de toxicidade aguda seguiram a metodologia descrita em CETESB (1992), modificada, sendo os testes realizados em sistema estático por 96 horas, quando foram avaliados os efeitos sobre a sobrevivência dos jovens de misidáceos com leituras a cada 24 horas.

Para a avaliação da toxicidade da Fração Dispersa do Óleo em Água (FDA), o extrato do óleo avaliado consistiu de uma fração dispersa do óleo em água de 10.000 ppm e a partir dele foram preparadas as seguintes soluções: 31,25; 62,5; 125; 250; 500; 1000; 5.000 e 10.000 ppm da FDA. O preparo pelo método Tarzwell do extrato do óleo foi realizado pelo CENPES e enviado para o Labtox para o ensaio de toxicidade. O teste é considerado válido quando o percentual de sobrevivência no controle for igual ou superior a 90%.

O Quadro II.2.4-29 apresenta um resumo dos resultados obtidos. Os laudos completos dos testes são apresentados no Anexo II.2-2.

<sup>1</sup> EPA, 2001. *Guidelines for the Bioremediation of Marine Shorelines and Freshwater Wetlands*. US EPA, 163P.

<sup>2</sup> Tarzwell, C.M. 1969. *Standard Methods for determination of oil dispersants and mixtures of dispersants and various oil to aquatic organisms*.

**Quadro II.2.4-29 - Resultados dos testes de toxicidade aguda da Fração Dispersa em Água (FDA) do óleo do poço RJS-359 de Marlim Leste com o misidáceo *Mysidopsis juniae*.**

PARÂMETROS	MÉTODO DE TARZWELL (FDA)
CL50-96h	1.306,43 ppm
Intervalo de Confiança	1.015,84 -1.680,14 ppm da FDA
Sobrevivência no controle	100%
Padrão (Zinco)	0,24 mg.L <sup>-1</sup> (IC: 0,23 – 0,25 mg.L <sup>-1</sup> )

Fonte: Labtox - Laboratório de Análise Ambiental Ltda  
CL<sup>50</sup>-96h– Concentração Letal a 50% dos organismos-teste em 96 horas.

A Fração Dispersa do óleo em Água (FDA), apresentou efeito agudo para *Mysidopsis juniae* na concentração de 1.306,43 ppm da FDA, nas condições de teste. O percentual de sobrevivência no controle e o resultado do teste com a substância de referência (zinco) validam o teste.

A toxicidade crônica do óleo do poço RJS 359 de Marlim Leste foi avaliada através do teste crônico de curta duração com embriões do ouriço *Lytechinus variegatus*, de acordo com a Norma CETESB (1999). Este teste baseia-se na exposição dos ovos do equinoderma a diferentes concentrações da amostra, avaliando-se a concentração que causa retardamento no desenvolvimento larval e/ou ocorrência de anomalias, nas condições de teste. A cada série de amostra testada é realizado um teste com o padrão (Dodecil Sulfato de Sódio – DSS), objetivando verificar se os organismos estão respondendo dentro da faixa de toxicidade previamente determinada.

Da mesma forma que para o teste crônico, o preparo pelo método *Tarzwell* do extrato do óleo foi realizado pelo CENPES e enviado para o Labtox para o ensaio de toxicidade. O extrato consistiu de uma fração dispersa do óleo em água de 10.000 ppm e a partir dele foram preparadas as seguintes soluções-teste: 7,81; 15,63; 31,25; 62,5; 125; 250; 500; 1.000; 5.000 e 10.000 ppm.

O teste crônico é considerado válido quando o controle apresentar o mínimo de 80% de embriões no estágio *pluteus* e o resultado com a substância de referência estiver dentro do limite estabelecido para a espécie.

Os valores de CENO (maior concentração testada que não causa efeito significativamente diferente do observado no controle) e CEO (menor

concentração utilizada que causa efeito significativamente diferente do controle), foram obtidos através do teste de hipóteses do programa TOXSTAT versão 3.3. O Valor Crônico (VC) foi obtido a partir da média geométrica de CENO e CEO e indica a concentração máxima aceitável da amostra.

O Quadro II.2.4-30 apresenta um resumo dos resultados obtidos. Os laudos completos dos testes são apresentados no Anexo II.2-2.

**Quadro II.2.4-30 - Resultado do teste de toxicidade crônica da Fração Dispersa em Água (FDA) do óleo do poço RJS-359 de Marlim Leste com o ouriço *Lytechinus variegatus*.**

PARÂMETROS	MÉTODO DE TARZWELL (FDA)
CENO	500 ppm
CEO	1.000 ppm
VC	707,10 ppm
Percentual médio de larvas saudáveis no controle	84,5% de pluteus
CE (l) 50 com substância de referência DSS	1,12 mg.L <sup>-1</sup> (IC= 1,08 – 1,17 mg.L <sup>-1</sup> )

Fonte: PETROBRAS/Labtox - Laboratório de Análise Ambiental Ltda

CENO – concentração de efeito não observado

CEO – concentração de efeito observado

VC – valor crônico

Para uma avaliação mais precisa dos resultados obtidos nos testes de toxicidade do óleo de Marlim Leste, é necessário considerar a composição do óleo do campo, sintetizada no Quadro II.2.4-28, apresentado anteriormente. De acordo com os dados fornecidos pela Petrobras, o óleo do poço RJS-359 de Marlim Leste apresenta elevado percentual de hidrocarbonetos aromáticos (34,8%), seguido pelos hidrocarbonetos saturados (33,8%).

Os hidrocarbonetos aromáticos são compostos que apresentam elevada resiliência no sedimento marinho, e em especial os de baixo peso molecular, apresentam toxicidade aguda para organismos marinhos (Woodhead *et al.*, 1999; White *et al.*, 2002). Geralmente, os aromáticos não são os principais componentes do óleo cru (White *et al.*, 2002), embora sejam bastante representativos na fração que é solúvel em água, fração do óleo que apresenta maior potencial de toxicidade (Thomas *et al.*, 1995).

De acordo com Neff (1987), a toxicidade da fração orgânica solúvel do óleo presente na água produzida é desconhecida, embora a fração mais tóxica seja a

mais provável de ocorrer no efluente, devido justamente a sua interação com a água. Entretanto, os hidrocarbonetos solúveis em água, também são reconhecidamente voláteis, evaporando rapidamente.

Segundo McAuliffe (1979), diversos estudos indicam que não são encontradas concentrações detectáveis de hidrocarbonetos dissolvidos em águas oceânicas, principalmente se o aporte ocorreu pela superfície, onde os processos turbulentos do oceano (ventos, ondas e marés) favorecem a evaporação dos compostos dissolvidos. De acordo com a OGP (2002), as concentrações de aromáticos na água produzida tratada são rapidamente atenuadas após o descarte no mar, e no caso específico do benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (BTEX), a evaporação é responsável pela redução da concentração destes monoaromáticos no oceano.

Segundo Holdway (2002), a toxicidade aguda para organismos marinhos da fração hidrossolúvel do óleo varia entre 20 e 100%. Entretanto, de acordo com a OGP (2002), a toxicidade dos HPAs no oceano ainda é pouco conhecida. O Quadro II.2.4-31 apresenta de forma sintética os resultados de testes de toxicidade aguda realizados com óleos de diferentes regiões no mundo.

**Quadro II.2.4-31 - Toxicidade aguda da Fração Solúvel em Água (FSA) para diferentes organismos marinhos.**

ORGANISMO TESTADO	LOCAL	CL 50
<i>Oncorhynchus gorbusha</i> (salmão)	Cook Inlet, Alasca	1,2 ppm do total de HPAs
<i>Oncorhynchus gorbusha</i> (salmão)	Norte do Alasca	2,8 ppm
<i>Platichthys stellatus</i> (lingado)	Cook Inlet, Alasca	1,8 ppm do total de HPAs
<i>Boeckosimus hypsinotus</i> (anfípoda)	Cook Inlet, Alasca	>1,9 ppm do total de HPAs
<i>Pandalus hypsinotus</i> (camarão)	Cook Inlet, Alasca	1,4 ppm do total de HPAs
<i>Evasterias toschelii</i> (estrela-do-mar)	Cook Inlet, Alasca	>1,3 ppm do total de HPAs
<i>Chlamys hericus</i> (molusco bivalve)	Cook Inlet, Alasca	2,0 ppm do total de HPAs
<i>Mytilus trossulus</i> (mexilhão)	Cook Inlet, Alasca	>3,0 ppm do total de HPAs

Fonte: Holdway (2002).

Os resultados apresentados no Quadro II.2.4-31 corroboram a importância da fração dos poliaromáticos na avaliação da toxicidade aguda da fração hidrossolúvel. Entretanto, Holdway (2002), ressalta que o método de preparo do extrato a ser avaliado, bem como a composição específica dos diferentes óleos

produzidos torna a comparação direta dos valores bastante problemática, principalmente considerando diferentes organismos-teste.

Em relação à toxicidade crônica, a maioria dos estudos realizados enfoca os efeitos subletais de organismos em sedimentos marinhos contaminados após um derramamento de óleo, que demonstram ainda incertezas em relação aos efeitos de longa duração do óleo derramado em ambientes marinhos (Holdway, 2002). Por isso, torna-se difícil a avaliação dos efeitos crônicos encontrados para o desenvolvimento larval do ouriço *Lytechinus variegatus*.

A toxicidade aguda da matriz água do óleo do poço RJS-359 de Marlim Leste encontrada para *Mysidopsis juniae* (CL<sup>50</sup>-96H = 1.306,43 ppm), e crônica para as larvas de *Lytechinus variegatus* (VC=707,10 ppm), nas condições de teste apresentadas, possivelmente está associada a grande contribuição dos hidrocarbonetos aromáticos na fração dispersa em água do óleo analisado.

Ressalta-se que a inexistência de padrões de toxicidade com os organismos marinhos brasileiros (Araújo & Nascimento, 1999), bem como a baixa quantidade de informações disponíveis, tornam a avaliação da toxicidade do óleo de Marlim Leste ainda pouco consolidada.

### **G3 - Aditivos Químicos**

#### **G3.1 - Fluido de Preenchimento dos dutos**

Conforme indicado no item E.2.2, os aditivos químicos que comporão o fluido de preenchimento do oleoduto e das linhas de fluxo que comporão o sistema de produção da P-53 serão o biocida FONGRABAC THPS numa concentração de 100 ppm, o seqüestrante de oxigênio SISBRAX SQO-40C a 160 ppm, e o corante Fluorene R<sub>2</sub> a 40 ppm. As Fichas de Segurança desses produtos são apresentadas no Anexo II.2-3 deste EIA.

A fim de avaliar a toxicidade de cada aditivo químico do fluido de preenchimento dos dutos, bem como do fluido de preenchimento como um todo, foram realizados ensaios de toxicidade aguda com o misidáceo *Mysidopsis juniae*

e crônica a partir do desenvolvimento embrionário do ouriço *Lytechinus variegatus*.

O teste de toxicidade aguda seguiu a metodologia descrita em CETESB (1992), modificada, sendo os testes realizados em sistema estático por 96 horas, quando foram avaliados os efeitos sobre a sobrevivência dos misidáceos com leituras a cada 24 horas do teste. O teste é considerado válido quando o percentual de sobrevivência no controle é maior ou igual a 90%, e a resposta ( $CL^{50}$ ) ao padrão de zinco estiver dentro da faixa de sensibilidade definida pelo Labtox – Laboratório de Análise Ambiental Ltda.

A toxicidade crônica foi avaliada através do teste embriológico com os embriões do ouriço *Lytechinus variegatus*, de acordo com a Norma CETESB (1999). Este tipo de teste baseia-se na exposição dos ovos do equinoderma a diferentes concentrações da amostra, avaliando-se a concentração que causa retardamento no desenvolvimento larval e/ou ocorrência de anomalias, nas condições de teste.

A cada série de amostra testada é realizado um teste com o padrão (Dodecil Sulfato de Sódio – DSS), objetivando verificar se os organismos estão respondendo dentro da faixa de toxicidade previamente determinada. O teste é considerado válido quando o número de larvas *pluteus* normais no controle é superior a 80% e a resposta ( $CE^{50}$ ) ao Dodecil Sulfato de Sódio estiver dentro da faixa estabelecida para a espécie pelo Labtox.

Para avaliar a toxicidade do fluido de preenchimento com seus três componentes em suas respectivas concentrações, o preparo das amostras de cada aditivo químico foi feito através da diluição direta de cada produto em água do mar, obtendo-se assim uma solução-estoque, com a concentração a ser utilizada no fluido (Anexo II.2-3).

O Quadro II.2.4-32, a seguir, apresenta os resultados dos ensaios de toxicidade realizados com cada produto componente do fluido de preenchimento separadamente. Os laudos completos dos ensaios de toxicidade são apresentados no Anexo II.2-4.

**Quadro II.2.4-32 - Resultados dos testes de toxicidade de cada aditivo químico que irá compor o fluido de preenchimento do gasoduto.**

PRODUTO	<i>Lytechinus variegatus</i>				<i>Mysidopsis juniae</i>	
	CENO (ppm)	CEO (ppm)	Valor Crônico (ppm)	Substância de Referência* (mg.L <sup>-1</sup> )	CL 50-96 H	Substância de Referência** (mg.L <sup>-1</sup> )
FONGRABAC THPS (biocida)	0,0038	0,0075	0,005	1,59 (IC: 1,54 – 1,64)	0,73 ppm (IC: 0,63 – 0,84 ppm)	0,38 (IC: 0,35 – 0,41)
SISBRAX SQO-40C (sequestrante de O <sub>2</sub> )	62,5	125	88,39	1,31 (IC: 1,24 – 1,37)	36,76 ppm (IC: 32,86 – 41,12 ppm)	0,24 (IC: 0,22 – 0,27)
Fluorene R2 (corante)	200	300	244,9	1,32 (IC: 1,25 – 1,41)	705,08 ppm (IC: 509,72 – 975,3%)	0,34 (IC: 0,28 – 0,40)

CENO: Concentração de efeito não-observado

CEO: Concentração de efeito observado

VC: Valor Crônico (concentração máxima aceitável da amostra)

CL<sup>50</sup>-96h: Concentração letal a 50% dos organismos em 96 horas

\* Dodecil Sulfato de Sódio

\*\* Sulfato de Zinco

Conforme pode ser observado no quadro apresentado, os resultados dos ensaios de toxicidade crônica realizados com as larvas do ouriço *Lytechinus variegatus* demonstraram que dentre os produtos testados, o que apresentou maior toxicidade crônica nas condições de teste foi o biocida FONGRABAC THPS (VC =0,005 ppm), seguido pelo sequestrante de oxigênio SISBRAX SQO-40C (VC= 88,39 ppm) e pelo corante Fluorene R2 (VC= 244,9 ppm). Observa-se que o VC (Valor Crônico), corresponde a concentração máxima aceitável da amostra, sendo calculado a partir da média aritmética entre o CENO e o CEO.

Da mesma forma, nos testes realizados com o misidáceo *Mysidopsis juniae*, os maiores valores de toxicidade aguda foram obtidos para o produto FONGRABAC THPS (biocida), com CL50 de 0,73 ppm, seguido pelo SISBRAX SQO-40C (sequestrante de oxigênio) com CL50 de 36,76 ppm e pelo Fluorene R2 (corante fluoresceína), com CL50 de 705,08 ppm. Entretanto, observa-se que de acordo com a Ficha de Segurança do produto (Anexo II.2-3), o FONGRABAC THPS é facilmente degradado no meio ambiente.

Em todos os testes realizados, a substância de referência (sulfato de zinco), esteve na faixa estabelecida para a espécie pelo laboratório, validando os resultados encontrados.

Adicionalmente, foram realizados testes de toxicidade com a mistura dos produtos a ser utilizada no alagamento do oleoduto e das linhas do sistema de

produção de Marlim Leste. O preparo da amostra para os testes de toxicidade do fluido como um todo foi realizado pelo CENPES/PETROBRAS baseou-se em uma solução-estoque (100%) com os produtos nas concentrações que serão utilizadas nas linhas e no oleoduto: FONGRABAC THPS (100 ppm), SISBRAX SQO-40C (160 ppm) e FLUORENE R2 (40 ppm) A partir da solução – estoque foram preparadas soluções-teste nas seguintes diluições: 0,024; 0,049; 0,098; 0,195; 0,39; 0,78; 1,56 e 3,13% para os ensaios de toxicidade aguda e 0,024; 0,049; 0,098; 0,195; 0,39; 0,78 e 1,56% para os ensaios de toxicidade crônica. O Quadro II.2.4-33, a seguir, apresenta os resultados de CENO, CEO, VC e CL<sup>50</sup>-96h.

**Quadro II.2.4-33 - Resultados dos testes de toxicidade da solução composta a ser utilizada no preenchimento das linhas e do oleoduto da P-53.**

AMOSTRA	<i>Lytechinus variegatus</i>			<i>Mysidopsis juniae</i>		
	CENO	CEO	Valor Crônico	Substância de Referência*	CL <sup>50</sup> -96h	Substância de Referência**
FONGRABAC THPS SISBRAX SQO-40C FLUORENE R2	0,024%	0,048%	0,03%	1,59 mg.L <sup>-1</sup> (IC: 1,54 – 1,64 mg.L <sup>-1</sup> )	0,71 % (IC: 0,62 – 0,81%)	0,28 mg.L <sup>-1</sup> (IC: 0,35 – 0,41 mg.L <sup>-1</sup> )

CL<sup>50</sup>-96h: Concentração letal a 50% dos organismos em 96 horas.

VC: Valor Crônico

CENO: Concentração de efeito não-observado.

CEO: Concentração de efeito observado.

\* Dodecil Sulfato de Sódio

\*\* Sulfato de Zinco

Os resultados dos ensaios de toxicidade crônica sugerem que, nas condições de teste, o fluido de preenchimento apresenta VC (valor crônico), de 0,03%, ou seja, que a concentração máxima aceitável da amostra é de 0,03% da solução testada.

Os ensaios de toxicidade aguda demonstram que nas condições testadas, o fluido de preenchimento a ser utilizado no alagamento das linhas e do oleoduto da P-53 apresenta CL5096H de 0,71% para o misidáceo *Mysidopsis juniae*, ou seja, na concentração de 0,71%, o fluido se torna letal para 50% dos organismos testados.

### G3.2 - Demais produtos químicos

O FPU P-53 será equipado com um sistema de injeção de produtos químicos para óleo, gás, água produzida e água de injeção, o qual melhorará as condições operacionais dos equipamentos, linhas e dutos do sistema de produção.

O sistema será basicamente composto por tanques de armazenagem, bombas e tubulações para direcionar os produtos até os locais onde serão utilizados. No caso do FPU P-53, a previsão de grande consumo desses produtos fez com que fossem projetados tanques de armazenagem a serem instalados em um dos módulos do convés do navio com o objetivo de eliminar a movimentação de tambores.

Os produtos químicos anteriormente listados que serão utilizados durante as atividades de produção de Marlim Leste são apresentados no Quadro II.2.4-34 a seguir. As fichas de segurança dos produtos listados (MSDS) são apresentadas no Anexo II.2-5. Os estoques a bordo deverão ser correspondentes a uma demanda mínima de 7 (sete) dias de consumo.

**Quadro II.2.4-34 - Produtos químicos a serem utilizados nas plantas de produção do FPU P-53 -Marlim Leste.**

PRODUTO	NOME/TIPO	FUNÇÃO	PONTO DE INJEÇÃO	DOSAGEM (ppm)/ CONSUMO MÉDIO
Desemulsificante e ( <i>Demulsifier</i> )	DENTROL/BR-33 ou ULTRAPAN 203	Desemulsificante	Cabeças de poço (através dos umbilicais) Coletor de Produção e teste	30 a 100 ppm
Anti-espumante ( <i>Defoamer</i> )	solução diluída de silicone 12500 cs em querosene, na proporção de 1:3	Evitar a formação de espuma no óleo	Coletores de produção e teste.	5 a 50 ppm
Inibidor de Incrustação	Polyacrylamidas	Evitar a aderência dos cristais de incrustantes às paredes das tubulações, válvulas e equipamentos	Saída de água da desaeradora	20 a 100 ppm
Inibidor de Incrustação	EC 6356	Evitar a aderência dos cristais de incrustantes às paredes das tubulações, válvulas e equipamentos.	Saída de água dos tratadores eletrostáticos e dos separadores de produção e teste .	20 a 100 ppm

(continua)

Quadro II.2.4-34 (conclusão)

PRODUTO	NOME/TIPO	FUNÇÃO	PONTO DE INJEÇÃO	DOSAGEM (ppm)/ CONSUMO MÉDIO
Inibidor de Incrustação	EC 6356	Evitar a aderência dos cristais de incrustantes às paredes das tubulações, válvulas e equipamentos.	Coletores de produção e teste e cabeça dos poços	10 a 50 PPM
Inibidor de hidratos de gás (Gas Hydrate Inhibitor)	Etanol	Evitar a formação de hidratos no gás	Coletor de exportação de gás; Sistema de gás combustível; Árvores de natal dos poços satélites Linhas individuais de gás lift.	Consumo médio de 15.000 L / mês
Inibidor de corrosão das linhas de gás	BULAB 8060	Evitar corrosão nas linhas	Coletor de exportação de gás e do gás lift; Resfriadores do sistema de compressão; Sistema de gás combustível.	1.0 I/MMSCFH para as linhas de gás; 15 ppm para as linhas de condensado
Biocida	FONGRABAC - THPS	Elimina microorganismos	Entrada e seção acumuladora da desaeradora; Tanques de drenagem aberta de área não-classificada e classificada Tanques sludge e Bilge	500 a 1000 ppm, duas vezes por semana, durante 1 hora.
Biodispersante	DENVERCIDE QT	Elimina microorganismos	Saída de água da desaeradora	5 a 20 ppm
Polieletrólito	Quebrador de emulsão	Utilizado no tratamento da água produzida	Linhas de saída de água dos separadores de produção e teste Tratadores eletrostáticos Entrada de água dos pré-aquecedores óleo/água	10 a 100 ppm
Sequestrante de Oxigênio	Bisulfito de amônio	Removedor de oxigênio	Seção acumuladora da desaeradora; Saída de água da desaeradora	5 A 20 PPM CONTÍNUO 100 A 200 ppm BATELADA
Desidratante	Trietileno Glicol 1,2-di-(2-hidroxietoxi)-etano	Desidratante de gás	Planta de Tratamento do Gás	Regenerado e reutilizado na própria unidade
Sequestrante de H2S	Frongasorb T-50 E (CLARIANT)	Sequestrante de H2S	Linhas de gás-lift e exportação; Separadores de produção, teste e atmosférico. Linhas de saída de gás dos tratadores eletrostáticos.	23 I/MM3(gás) /ppm de H2S
Seqüestrante de cloro	NaHSO3	Seqüestrante de cloro	A montante da unidade de remoção de sulfatos.	20ppm (1040 l/d)

Fonte: PETROBRAS

## ***H - Caracterização Quali-Quantitativa da Água Produzida de Marlim Leste***

De acordo com histórico do campo, apresentado anteriormente, o RJS-359 foi o único poço a produzir no campo, de abril/2000 a jun/2002, pela P-26 (Campo de Marlim), mas sem histórico de produção de água. Desta forma, conforme previsto no Projeto de Monitoramento Ambiental, a caracterização qualitativa e quantitativa da água produzida no campo será realizada assim que a UEP P-53 começar a produzir água.

## ***I - Laudos Técnicos Laboratoriais***

Os laudos técnicos completos de todas as análises laboratoriais são apresentados nos Anexos II.2-1 a II.2-4 deste EIA.