

F - Caracterização das Substâncias Passíveis de Descarga

Neste item serão apresentadas as características físico-químicas e toxicológicas do óleo rebombeado e dos aditivos químicos a serem utilizados no teste hidrostático dos dutos marítimos. Para a mistura destes aditivos, é apresentado também teste de biodegradabilidade.

F1 - Óleo Rebombeado

O óleo rebombeado pelo Complexo PDET será um *blend* dos óleos produzidos nos campos de Marlim Leste, Marlim Sul e Roncador, cuja característica encontra-se descrita no Quadro II.2.4-12.

Quadro II.2.4-12 - Características do óleo a ser escoado através do Sistema de Rebombeio e Escoamento.

PARÂMETROS	VALORES
Fluido a ser escoado	<i>blend</i> dos óleos produzidos nos campos de Roncador, Marlim Sul e Marlim Leste
Grau API	21,3 – 23,5
Presença de H ₂ S (mg/L) UOP163	-
Presença de CO ₂ (% molar)	0,13
Enxofre (% m/m) (D-4294)	0,76
Enxofre mercaptídico (mg/kg) (UOP-163)	22
Nitrogênio Básico (% mg/kg) (UOP-269)	0,45
Nitrogênio (% mg/kg) (UOP-384)	0,54
Acidez total (% mg KOH/g) (D-664)	3,01
Viscosidade 20°C (cst)	382,4
Viscosidade 40°C (cst)	59,14
Temperatura de exportação	20°C
BSW (%)	< 1
Salinidade	< 570

Fonte: PETROBRAS.

Como, atualmente, não se dispõe de uma amostra representativa do *blend* dos óleos dos campos a serem interligados ao Complexo PDET, para caracterizar a toxicidade do óleo a ser rebombeado, serão descritos os óleos dos 3 (três)

reservatórios a serem escoados - Marlim Leste, Marlim Sul e Roncador. Estima-se que a partir de 2012, quando os três campos estarão escoando óleo pelo Sistema, sejam obtidas amostras representativas do *blend* para a realização de análises físico-químicas e toxicológicas.

F1.1 – Caracterização Físico-química

Como o campo de Marlim Leste ainda não se encontra em produção, foram analisadas amostras de óleo de um único poço RJS-359. Para os campos de Marlim Sul e Roncador foram obtidas amostras das plataformas que já se encontram em operação na região (UEP P-40/P-38 e FPSO Brasil, respectivamente).

Os resultados das análises físico-químicas dos óleos dos campos de Marlim Leste, Marlim Sul e Roncador são apresentados nos Quadros II.2.4-13 e II.2.4-14 a seguir. Os laudos completos dos testes são apresentados nos Anexos II.2-1 a II.2-3.

Quadro II.2.4-13 - Características físico-químicas dos óleos dos campos de Marlim Leste (MLL), Marlim Sul (MLS) e Roncador (RO).

PARÂMETRO	CAMPOS PETROLÍFEROS		
	MLL	MLS	RO
Ponto de Fluidez (°C)	-27	-39	-21
Enxofre (%m/m)	0,68	-	0,54
Pressão de Vapor (KPa)		28,5	-
Densidade relativa a 20/4°C (g/cm ³)	0,9440	0,9134	0,8794
Viscosidade (mm ² /s) a 20°C	1305	129	25,24
Viscosidade (mm ² /s) a 40°C	-	-	12,83
° API	17,8	22,8	28,7
Níquel (mg/Kg)	17	16	7
Vanádio (mg/Kg)	20	19	14
Bário (mg/Kg)	<0,1	-	<5
Fe (mg/Kg)	4,5	-	<1
Ca (mg/Kg)	2,6	-	<5
Cu (mg/Kg)	<0,1	-	<1
Pb (mg/Kg)	<0,2	-	<10
Zn (mg/Kg)	0,081	-	<2

(continua)

Quadro II.2.4-13 (conclusão)

PARÂMETRO	CAMPOS PETROLÍFEROS		
	MLL	MLS	RO
Mn (mg/Kg)	<0,03	-	<2
Água e Sedimentos (% v/v)	0,1	<0,05	<0,05
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	-	-
Teor de parafinas (%)	1,7	1,37	-
Teor de asfaltenos (%)	-	2,1	-
Cera (m/m%)	-	-	2,47

Fonte: PETROBRAS

Quadro II.2.4-14 - Composição dos óleos dos campos de Marlim Leste (MLL), Marlim Sul (MLS) e Roncador (RO).

COMPONENTE	% DO TOTAL		
	MLL	MLS	RO
Saturados	33,8	45	54,7
Aromáticos	34,8	30,6	29,6
Resinas	29,6	22,5	13,9
Asfaltenos	1,8	1,9	1,8

Fonte: PETROBRAS

Com base nas informações apresentadas, e seguindo a Portaria N° 009 (21 de janeiro 2000) da ANP, o óleo de Marlim Leste a ser produzido é classificado como pesado, enquanto que os de Marlim Sul e Roncador são considerados como medianos. 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 (> 20%), sendo sua densidade e viscosidade maior do que aquela dos óleos mais leves.

F1.2 – Análise Toxicológica

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 à 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 a 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 tanto da composição e características físicas do óleo, que irão influenciar a “quebra” das moléculas de hidrocarbonetos, quanto das 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 realizados 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*.

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. O teste foi considerado válido quando o percentual de sobrevivência no controle foi igual ou superior a 90%.

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

Os testes de toxicidade crônica foram realizados de acordo com a Norma CETESB (1999). Tais testes baseiam-se na exposição dos ovos de um determinado organismo 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 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.

Ambos os testes foram realizados de acordo com duas metodologias distintas: (1) com a Fração Solúvel do óleo em Água (FSA) (Anderson *et al.*, 1974); e (2) com a Fração Dispersa do óleo em Água (FDA) (Tarzwell, 1969). Ressalta-se que para o campo de Marlim Leste, o qual ainda não se encontra em produção, os testes de toxicidade foram realizados, somente, com base na Fração Dispersa do Óleo em Água (FDA), enquanto que em Marlim Sul os testes foram feitos, somente, com base na Fração Solúvel do óleo em Água (FSA).

Observa-se que a realização de testes de toxicidade com a fração solúvel e com a fração dispersa possibilita uma melhor avaliação da presença de hidrocarbonetos mono e poliaromáticos no óleo analisado, uma vez que estes compostos podem se encontrar dissolvidos ou dispersos na água (OGP, 2002).

Os laudos completos dos testes de toxicidade dos óleos dos campos de Marlim Leste, Marlim Sul e Roncador são apresentados nos Anexos II.2-4 a II.2-6.

a) Toxicidade da Fração Dispersa em Água (FDA): Marlim Leste e Roncador

Para o campo de Marlim Leste, foi utilizado o extrato do óleo (10.000 ppm) do poço RJS-359, enquanto que para o campo de Roncador foi utilizada a fração hidrossolúvel do óleo produzido no módulo 1A do campo de Roncador pela unidade FPSO Brasil. Todos os ensaios foram realizados no Labtox – Laboratório de Análise Ambiental Ltda, Rio de Janeiro.

Os Quadros II.2.4-15 e II.2.4-16 apresentam um resumo dos resultados obtidos. Os laudos completos dos testes são apresentados nos Anexos II.2-4 e II.2-6.

Quadro II.2.4-15 - Resultados dos testes de toxicidade aguda da Fração Dispersa em Água (FDA) dos óleos dos campos de Marlim Leste e Roncador com o misidáceo *Mysidopsis juniae*.

PARÂMETROS	RESULTADOS SEGUNDO MÉTODO DE TARZWELL (FDA)	
	MARLIM LESTE	RONCADOR
CL50-96h	1.306,43 ppm	22,61 ppm
Intervalo de Confiança	1.015,84 -1.680,14 ppm	IC= 19,07-26,82ppm
Sobrevivência no controle	100%	96,7%
Padrão (Zinco)	0,24 mg.L-1 (IC: 0,23 – 0,25 mg.L-1)	0,31 mg/L (IC= 0,28-0,35)

Fonte: Labtox - Laboratório de Análise Ambiental Ltda
CL⁵⁰-96h– Concentração Letal a 50% dos organismos-teste em 96 horas.

Quadro II.2.4-16 - Resultado do teste de toxicidade crônica da Fração Dispersa em Água (FDA) dos óleos dos campos de Marlim Leste e Roncador com o ouriço *Lytechinus variegatus*.

PARÂMETROS	RESULTADOS SEGUNDO MÉTODO DE TARZWELL (FDA)	
	MARLIM LESTE	RONCADOR
CENO	500 ppm	31,25 ppm
CEO	1.000 ppm	62,5ppm
VC	707,10 ppm	44,19 ppm
Percentual médio de larvas saudáveis no controle	84,5% de pluteus	84,25% de pluteus
CE (I) 50 com substância de referência DSS	1,12 mg.L ⁻¹ (IC= 1,08 – 1,17 mg.L ⁻¹)	1,21 mg/L (IC: 1,15-1,27 mg/L)

Fonte: PETROBRAS/Labtox - Laboratório de Análise Ambiental Ltda.
CENO – concentração de efeito não observado
CEO – concentração de efeito observado
VC – valor crônico

Para a Fração Dispersa do óleo em Água (FDA), o óleo de Roncador apresentou maior toxicidade que o óleo de Marlim Leste, pois foi mais tóxico aos organismos testados em menores concentrações. O percentual de sobrevivência no controle e o resultado do teste com as substâncias de referência validam os testes.

b) Toxicidade da Fração Solúvel em Água (FSA): Marlim Sul e Roncador

Para ambos os campos, foi utilizada a fração hidrossolúvel do óleo em produção. Para Marlim Sul, foi amostrada uma mistura do óleo dos oleodutos A e B da P-40, enquanto que para Roncador, foi amostrado o óleo produzido no módulo 1A do campo de Roncador pela unidade FPSO Brasil. Todos os ensaios foram realizados no Labtox – Laboratório de Análise Ambiental Ltda, Rio de Janeiro.

Os Quadros II.2.4-17 e II.2.4-18 apresentam um resumo dos resultados obtidos. Os laudos completos dos testes são apresentados nos Anexos II.2-5 e II.2-6.

Quadro II.2.4-17 - Resultados dos testes de toxicidade aguda da fração solúvel do óleo em água (FSA) dos óleos dos campos de Marlim Sul e Roncador com o misidáceo *Mysidopsis juniae*.

PARÂMETROS	RESULTADOS	
	MARLIM SUL	RONCADOR
CL50 (96H)	24,24%	23,23%
Intervalo de Confiança	IC= 20,93-28,06%	IC= 19,08-28,52%
Sobrevivência no controle	100%	90%
Padrão (Zinco)	0,28 mg/L (IC= 0,21-0,38)	0,31 mg/L (IC= 0,28-0,35)

Fonte: Labtox Tecnologia Ambiental
CL50 – concentração letal a 50% dos organismos-teste

Quadro II.2.4-18 - Resultados dos testes de toxicidade crônica da fração hidrossolúvel (FSA) dos óleos dos campos de Marlim Sul e Roncador com o ouriço *Lytechinus variegatus*.

PARÂMETROS	RESULTADOS	
	MARLIM SUL	RONCADOR
CENO	10%	3,13%
CEO	30%	6,25%
VC	17,32%	4,42%
Percentual médio de larvas saudáveis no controle	86%	84% de pluteus
CL50 com substância de referência DSS	1,54 mg/L (IC= 1,46-1,62 mg/L)	2,06 mg/L (IC: 1,95-2,18 mg/L)

Fonte: PETROBRAS/Labtox Tecnologia Ambiental

CENO – concentração de efeito não observável

CEO – concentração de efeito observável

VC – valor crônico

Para a Fração Suspensa do óleo em Água (FSA), o óleo de Roncador apresentou, novamente, maior toxicidade, pois os valores de CENO, CEO e VC encontrados foram menores, ou seja, o óleo de Roncador foi tóxico aos organismos testados em menores concentrações que o óleo de Marlim Sul. O percentual de sobrevivência no controle e o resultado do teste com as substâncias de referência validam os testes.

c) Considerações Finais sobre a Toxicidade dos Óleos dos 3 Campos

Para uma avaliação mais precisa dos resultados obtidos nos testes de toxicidade dos óleos de Marlim Leste, Marlim Sul e Roncador, é necessário considerar a composição dos óleos do campo, sintetizada no Quadro II.2.4-14, apresentado anteriormente. De acordo com os dados fornecidos pela Petrobras, os óleos dos 03 (três) campos petrolíferos apresentam elevado percentual de hidrocarbonetos aromáticos (29,6% - 34,8%), seguido pelos hidrocarbonetos saturados (33,8% - 54,7%).

Os hidrocarbonetos aromáticos são compostos que apresentam elevada resiliência no sedimento marinho, sendo que os de baixo peso molecular, como o BTEX, 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 aos organismos (Thomas *et al.*, 1995).

Para o campo de Marlim Leste, não foram realizados testes com a fração hidrossolúvel do óleo. Porém, a toxicidade aguda da matriz água do óleo do poço RJS-359 encontrada para *Mysidopsis juniae* (CL⁵⁰-96H = 1.306,43 ppm), e crônica para as larvas de *Lytechinus variegatus* (VC=707,10 ppm), nas condições de teste apresentadas, possivelmente está associada à grande contribuição dos hidrocarbonetos aromáticos na fração dispersa em água do óleo analisado.

A fim de subsidiar a análise dos resultados encontrados nos testes de toxicidade dos campos em produção (Marlim Sul e Roncador), a PETROBRAS realizou análises laboratoriais qualitativas dos seus óleos com matriz em água, cujos resultados são sintetizados nos Quadros II.2.4-19 e I.2.4-20.

Quadro II.2.4-19 - Composição qualitativa da fração solúvel do óleo em água de Marlim Sul.

PARÂMETROS	FRAÇÃO SOLÚVEL DO ÓLEO EM ÁGUA DE MARLIM SUL (µg/L)	METODOLOGIA UTILIZADA E LIMITE DE DETECÇÃO (µg/L)
Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP)	6.988,2	EPA 8015C 0,1
N-alcanos	98,98	EPA 8015C 0,1
HRP (Hidrocarbonetos Resolvidos de Petróleo)	2.294,21	EPA 8015C 0,1
UCM (Unresolved Complex Mixture – Mistura Complexa Não Resolvida ou MCNR)	4.694,0	EPA 8015C 0,1
Hidrocarbonetos Policíclico Aromáticos (HPA)	17,76	EPA 8270C 0,01
Monoaromáticos BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno)	9.123,1	EPA 8260B 0,1

Fonte: PETROBRAS/ Analytical Solutions

Quadro II.2.4-20 - Composição qualitativa da fração solúvel em água (FSA) do óleo de Roncador.

FSA	Benzeno (µg/L)	Tolueno (µg/L)	Etilbenzeno (µg/L)	m+pXIL (µg/L)	o-Xileno (µg/L)	Σ BTEX (µg/L)	HPA* (µg/L)	THP* (µg/L)
Método Tarzweil	384	952	208	546	288	2.378	630	25.073
Método Anderson	902	737	102	192	110	2.043	41,48	1.198

Fonte: *PETROBRAS/CENPES
PETROBRAS/Analytical Solutions

Observa-se pela análise dos Quadros II.2.4-19 e II.2.4-20 que as frações solúveis em água dos óleos de Marlim Sul e Roncador apresentam baixo teor de hidrocarbonetos poliaromáticos (HPA's) e uma quantidade alta de monoaromáticos (BTEX). Destaca-se que Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno (BTEX) são compostos aromáticos de baixo peso molecular, portanto, bastante solúveis em água. Entretanto, os hidrocarbonetos solúveis em água são também reconhecidamente voláteis, evaporando rapidamente (Neff, 1987). Isto ocorre principalmente em águas oceânicas e se o aporte ocorre pela superfície, onde os processos turbulentos do oceano (ventos, ondas e marés) favorecem a evaporação dos compostos dissolvidos (McAuliffe, 1979).

Para Marlim Sul, os hidrocarbonetos alifáticos (n-alcenos) foram pouco representativos na fração do óleo analisado, tendo contribuído com menos de 2% do total de hidrocarbonetos (HTP). Entretanto, cerca de 67% do óleo de Marlim Sul se mostra composto por uma mistura não facilmente distinguível nas análises cromatográficas, denominada MCNR ou Mistura Complexa Não Resolvida. A MCNR pode englobar tanto hidrocarbonetos alifáticos quanto aromáticos com propriedades químicas similares, contribuindo, representativamente, para o total de hidrocarbonetos no óleo, embora muito pouco seja conhecido sobre sua composição (Thomas *et al.*, 1995; Frysinger *et al.*, 2002).

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 HPA's no oceano ainda é pouco conhecida. O Quadro II.2.4-21 apresenta, de forma sintética, os resultados de testes de toxicidade aguda realizados com óleos de diferentes regiões no mundo.

Quadro II.2.4-21 - 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 HPA's
<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 HPA's
<i>Boeckosimus hypsinotus</i> (anfípoda)	Cook Inlet, Alasca	>1,9 ppm do total de HPA's
<i>Pandalus hypsinotus</i> (camarão)	Cook Inlet, Alasca	1,4 ppm do total de HPA's
<i>Evasterias toschelii</i> (estrela-do-mar)	Cook Inlet, Alasca	>1,3 ppm do total de HPA's
<i>Chlamys hericus</i> (molusco bivalve)	Cook Inlet, Alasca	2,0 ppm do total de HPA's
<i>Mytilus trossulus</i> (mexilhão)	Cook Inlet, Alasca	>3,0 ppm do total de HPA's

Fonte: Holdway (2002).

Os resultados apresentados no Quadro II.2.4-21 corroboram a importância da fração dos poliaromáticos na avaliação da toxicidade aguda da fração hidrossolúvel do óleo, embora as diferenças nas metodologias de análise utilizadas e a composição específica dos diferentes óleos produzidos torna a comparação direta dos valores bastante problemática, principalmente considerando diferentes organismos-teste (Holdway, 2002).

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, porém 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*.

Tal como observado para a fração dispersa do óleo de Marlim Leste, tanto a toxicidade aguda da matriz água dos óleos de Marlim Sul e Roncador quanto a toxicidade crônica estão, possivelmente, associadas à grande contribuição dos hidrocarbonetos aromáticos na fração solúvel em água do óleo analisado.

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 dos óleos de Marlim Leste, Marlim Sul e Roncador ainda pouco consolidada.

Apesar dos óleos dos campos petrolíferos localizados ao sul da Bacia de Campos (Marlim Leste e Marlim Sul) apresentarem características físico-químicas distintas, sendo o de Marlim Leste considerado pesado e o de Marlim Sul mediano, ambos apresentam toxicidade menor que o óleo do campo localizado ao norte da Bacia (Roncador). No entanto, a toxicidade dos óleos dos campos de Marlim Leste e Marlim Sul não pode ser comparada de forma direta, pois foram analisadas frações distintas (FDA e FSA, respectivamente).

A diferença encontrada entre os valores de toxicidade dos óleos analisados foi maior entre os campos de Roncador e Marlim Leste. A menor diferença encontrada para Roncador e Marlim Sul pode se dever ao fato de ambos serem classificados como medianos.

d) Considerações sobre o Blend a ser escoado

As características físico-químicas do *blend* do óleo a ser escoado através do Complexo PDET foram estimadas de acordo com os percentuais de produção de óleo, também estimados para os 3 (três) campos a serem interligados ao sistema.

Analisando-se os Quadros II.2.4-12 e II.2.4-13, apresentados no início deste item, pode-se observar que o *blend* a ser escoado a partir do Complexo PDET tem características físico-químicas mais similares às do óleo do campo de Marlim Sul, especialmente em relação ao seu grau API e à sua viscosidade.

Tal constatação permite inferir que este *blend* poderá apresentar características toxicológicas mais próximas das observadas para o campo de Marlim Sul, as quais foram consideradas intermediárias entre as dos óleos de Marlim Leste (menos tóxico) e Roncador (mais tóxico).

A análise das características físico-químicas e toxicológicas do *blend* a ser escoado através do Complexo PDET deverá ser realizada, quando da operação do empreendimento, a fim de confirmar esta sua possível similaridade com o óleo de Marlim Sul.

F2 - Aditivos Químicos para Hibernação dos Dutos Marítimos

O fluido de preenchimento dos oleodutos que interligarão as unidades do Complexo PDET será composto por 300 ppm de glutaraldeído (biocida BULAB 6094 ou similar, cujo nome comercial atual é BL-1212), 200 ppm de bissulfito de sódio (seqüestrante de oxigênio BULAB-9602 ou similar) e 40 ppm de fluoresceína (corante Fluorene R2 ou similar), conforme especificado no Quadro II.2.4-11, apresentado no item II.2.4.E.

A fim de avaliar a toxicidade de cada um destes aditivos químicos, bem como do fluido de preenchimento como um todo, foram realizados ensaios de toxicidade aguda com o misidáceo *Mysidopsis juniae* e de toxicidade 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 for maior ou igual a 80%, e a resposta (CL50) ao padrão de zinco estiver dentro da faixa de sensibilidade definida pelo laboratório (CL50^{48h} 0,20 – 0,36 mg Zn/L).

A toxicidade crônica destas substâncias foi avaliada através do teste embriológico com os embriões do ouriço *Lytechinus variegatus*, de acordo com a Norma Técnica CETESB L5.250 (CETESB, 1999). Este tipo de teste baseia-se na exposição de embriões deste 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 for superior a 80% e a resposta (CL⁵⁰) ao Dodecil Sulfato de Sódio estiver dentro da faixa de sensibilidade prevista.

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-mãe,

com a concentração a ser utilizada no fluido, gerando as diferentes soluções teste a que foram expostos os organismos. O Quadro II.2.4-22, a seguir, apresenta os resultados dos ensaios de toxicidade realizados para cada produto que compõe o fluido de preenchimento. Os laudos completos dos testes são apresentados no Anexo II.2-7.

Quadro II.2.4-22 - Resultados do teste de toxicidade de cada produto componente do fluido de preenchimento dos oleodutos do Sistema de Rebombeio e Escoamento.

AMOSTRA	CENO (ppm) <i>Lytechinus variegatus</i>	CL 5096 H (ppm) <i>Mysidopsis juniae</i>	CONCENTRAÇÃO A SER UTILIZADA
BULAB 6094 (biocida)	<0,0064	0,69	300 ppm
BULAB 9602 (seqüestrante de O ₂)	< 0,0064	>187,3	200 ppm
Fluoresceína (corante)	200	705,1	40 ppm

CL50^{96H}: Concentração que causa letalidade a 50% da população exposta
CENO: Maior concentração testada onde não foi observado efeito adverso
Fonte: CENPES/PETROBRAS (2002).

O preparo das amostras do teste de toxicidade do fluido como um todo baseou-se em uma solução-estoque com todos os aditivos químicos nas concentrações a serem colocadas no fluido de preenchimento. Esta solução-estoque foi considerada 100% e dela foram retiradas alíquotas para as soluções-teste (0,001%, 0,005%, 0,01%, 0,05%, 0,1%, 0,5%, 1,0% e 3,0%). O Quadro II.2.4-23, a seguir, apresenta as soluções-teste em que foram encontradas a CENO e a CL50. O laudo completo deste teste é apresentado no Anexo II.2-8.

Quadro II.2.4-23 - Resultados do teste de toxicidade do fluido de preenchimento dos oleodutos do Sistema de Rebombeio e Escoamento.

AMOSTRA	CENO (ppm) <i>Lytechinus variegatus</i>	CL 5096 H (ppm) <i>Mysidopsis juniae</i>
300 ppm de BULAB 6094 + 200 ppm BULAB 9602 + 40 ppm de Fluoresceína	0,001%	0,31%

CL50^{96H}: Concentração que causa letalidade a 50% da população exposta
CENO: Maior concentração testada onde não foi observado efeito adverso
Fonte: CENPES/PETROBRAS (2002).

A biodegradabilidade da mistura prevista para ser utilizada no alagamento dos oleodutos do empreendimento foi avaliada a partir da metodologia OECD 306 – *Biodegradability in Seawater* (OECD, 1992), que estabelece que o teste de

biodegradabilidade deve ser realizado a partir de uma solução de 2 mg/L do produto ou, em casos especiais, até 10 mg/L.

O método de avaliação da biodegradabilidade consiste na diluição de uma concentração pré-estabelecida do produto, seguida de exposição a microorganismos presentes em água marinha filtrada. A solução é mantida em frascos de DBO fechados, no escuro e sob temperatura constante (25° C), e a degradação é acompanhada por análises da concentração de oxigênio dissolvido durante um período de 28 dias. Após este período, é determinada a porcentagem de biodegradação do produto a partir da medição do teor de oxigênio dissolvido na amostra.

O tratamento empregado no estudo da biodegradabilidade da mistura em questão encontra-se apresentado no Quadro II.2.4-24 a seguir e no Anexo II.2-9.

Quadro II.2.4-24 - Tratamento realizado para procedimento do teste de biodegradabilidade dos produtos componentes do fluido de preenchimento dos oleodutos do Sistema de Rebombeio e Escoamento.

TRATAMENTOS	COMPOSIÇÃO
Amostra (2 mg/L)	6 mg do produto + 3L de água de diluição
Substância de Referência (2 mg/L)	6 mg da substância de referência + 3 L de água de diluição
Controle Branco	Somente água de diluição
Controle Físico-químico	6 mg do produto + cloreto de mercúrio + 3L de água de diluição
Controle de Toxicidade	6 mg do produto + 6 mg da substância de referência + 3 L de água de diluição

Fonte: TECAM.

A água de diluição utilizada corresponde à água do mar filtrada, para remover partículas grosseiras e organismos planctônicos, e enriquecida com nitrogênio e fósforo, para garantir a sobrevivência dos microorganismos. A qualidade da água de diluição foi padronizada de acordo com as variáveis salinidade, DQO, nitrato, amônia, fósforo total e contagem padrão de bactérias, apresentadas no Quadro II.2.4-25 a seguir e no Anexo II.2-9.

Quadro II.2.4-25 - Caracterização da qualidade da água de diluição do teste de biodegradabilidade do fluido de preenchimento dos dutos do Sistema de Rebombeio e Escoamento.

VARIÁVEL	VALOR PADRONIZADO PARA O TESTE
Salinidade	35 ‰
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	752 mg/L
Nitrato	0,4 mg/L
Amônia	< 0,01 mg/L
Fósforo Total	0,04 mg/L
Contagem Padrão de Bactérias	65 UFC/mL

Fonte: TECAM.

O consumo líquido de oxigênio foi determinado diariamente, a partir da diferença entre o consumo de oxigênio da solução do produto testado e do controle branco, e a biodegradação, expressa em porcentagem, foi calculada através da razão entre este consumo líquido e a DQO do produto, medida no início do teste.

Para verificar se a mistura foi tóxica para os microorganismos durante o teste, foi comparado o consumo líquido de oxigênio do controle de toxicidade com a soma das soluções da mistura e da substância de referência.

Os resultados indicaram certa toxicidade aos microorganismos, uma vez que o consumo de oxigênio do controle de toxicidade foi 49 vezes inferior à soma do consumo separado de cada uma das soluções (Quadro II.2.4-26). No entanto, verificou-se uma degradação relativamente rápida, com 100% da concentração do produto testado sendo biodegradada em 1 a 2 dias de incubação. Ao final do teste (28 dias de incubação), a biodegradação foi estimada em 1.620%.

Quadro II.2.4-26 - Consumo de oxigênio e biodegradação do fluido de preenchimento dos oleodutos do Sistema de Rebombeio e Escoamento após 28 dias.

SOLUÇÃO	CONSUMO LÍQUIDO DE O ₂ (mgO ₂ /mg de amostra)			BIODEGRADAÇÃO (%)
	DIA 5	DIA 15	DIA 28	
Amostra do fluido de preenchimento	0,05	0,20	0,18	1.620
Controle físico-químico	-0,18	-0,13	-0,58	-5.322
Controle de toxicidade	0,48	0,58	0,59	35
Substância de referência	0,85	1,10	1,38	82

Fonte: TECAM.

G - Laudos Técnicos das Análises das Substâncias Passíveis de Descarga

Os laudos técnicos completos de todas as análises realizadas nas substâncias passíveis de descarga (óleo rebombeado e aditivos químicos do fluido de preenchimento dos dutos) encontram-se apresentados no Anexo II.2.

Os laudos das análises físico-químicas dos óleos de Marlim Leste, Marlim Sul e Roncador são apresentados nos Anexos II.2-1 a II.2-3, enquanto os das análises de toxicidade destes óleos são apresentados nos Anexos II.2-4 e II.2-6.

Os laudos dos testes de toxicidade e biodegradabilidade realizados com os aditivos químicos a serem utilizados na água de preenchimento dos dutos são apresentados nos Anexos II.2-7 a II.2-9.