

# Atividade de Perfuração e Completação de Poços da Área Geográfica da Bacia de Campos

## Relatório do Projeto de Monitoramento de Fluidos e Cascalhos (PMFC)

Processo IBAMA/MMA 02001.005368/03-31

Processo Administrativo de Fluido de Perfuração e  
Complementares nº 2022.002330/08



**Setembro/2019**

E&P



**PETROBRAS**

# **Atividade de Perfuração e Completação de Poços na Área Geográfica da Bacia de Campos**

## **Relatório do Projeto de Monitoramento de Fluidos e Cascalhos (PMFC)**

**Setembro/ 2019**



**E&P**

# Relatório do Projeto de Monitoramento de Fluidos e Casalhos (PMFC)

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. RESUMO DO PERÍODO .....</b>	<b>6</b>
2.1 Resumo dos descartes em ambiente marinho .....	6
2.2 Ocorrências no período .....	7
<b>3. ANÁLISE CRÍTICA DOS DADOS .....</b>	<b>8</b>
3.1 Metodologia estatística .....	8
3.2 Ecotoxicidade aguda com misídeos .....	9
3.3 Ecotoxicidade aguda com organismo de sedimento .....	15
3.4 Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos - HPA .....	17
3.5 Metais e metaloides .....	19
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>21</b>
<b>5. EQUIPE TÉCNICA .....</b>	<b>23</b>

## Índice de tabelas

<b>Tabela 1:</b> Poços monitorados no 12º Período do PMFC da AGBC e pendências do 11º período.....	5
<b>Tabela 2:</b> Volumes de FBA, CASC_A e CASC_NA descartados por atividades monitoradas do 12º Período da AGBC.....	6
<b>Tabela 3:</b> Somatório dos volumes de FBA, CASC_A e CASC_NA descartados nas atividades monitoradas do 12º Período da AGBC.....	6
<b>Tabela 4 :</b> Atividades acompanhadas no 12º Período da AGBC. ....	7
<b>Tabela 5:</b> Distribuição de análises químicas e ecotoxicológicas do 12º Período da AGBC. ....	7
<b>Tabela 6:</b> Análises de ecotoxicidade aguda em coluna d'água reprovadas no 12º Período da AGBC. ....	7
<b>Tabela 7:</b> Formulações utilizadas e grupos atribuídos para análise de ecotoxicidade aguda com organismo de coluna d'água. ....	10
<b>Tabela 8:</b> Análise de outliers para os grupos atribuídos. ....	10
<b>Tabela 9:</b> Parâmetros estatísticos relevantes para a construção do <i>Boxplot</i> ...	12
<b>Tabela 10:</b> Pares de grupos testados com t-student.....	14
<b>Tabela 11:</b> Resumo dos resultados obtidos.....	14
<b>Tabela 12:</b> Parâmetros estatísticos relevantes para a construção do <i>boxplot</i> . ....	16

## Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> Principais passos do tratamento estatístico .....	8
<b>Figura 2:</b> Resultados de ecotoxicidade com misídeo por fluidos e seus grupos atribuídos.....	11
<b>Figura 3:</b> Gráfico de boxplot dos resultados de CL 50, 96 h referentes ao 12º Período da AGBC.....	12
<b>Figura 4:</b> Gráfico de boxplot dos resultados de CL 50, 96 h (ensaio com misídeo) para os grupos de fluidos. ....	13
<b>Figura 5:</b> Resultados do teste t-student (no programa KNIME) para os pares de grupos de fluidos. ....	15
<b>Figura 6:</b> Boxplot dos valores de razão de ecotoxicidade com organismo de sedimento para FPBNA olefínico com salmoura de cloreto de cálcio. ....	16
<b>Figura 7:</b> Recorte da planilha 12º PMFC AGBC.ods para exemplificar o cálculo da concentração de um HPA e a sua massa descartada ao mar.....	18
<b>Figura 8:</b> Boxplot dos valores HPA para os grupos Casc_A, Casc_NA e FBA. ....	19
<b>Figura 9:</b> Concentrações médias e aportes de metais. Pontos: concentração média; barras: massa do elemento. ....	20

## 1. INTRODUÇÃO

Segue neste relatório as informações acerca do monitoramento de fluidos e cascahos das atividades marítimas de perfuração, completação, avaliação e *workover* da Área Geográfica da Bacia de Campos (AGBC).

Serão apresentados os dados do 12º período, na abrangência de 01/01/2019 a 30/06/2019, conforme o modelo da planilha de “Dados do Monitoramento de fluidos” que consta no Apêndice I da Instrução Normativa nº 01/2018, além daqueles pendentes do 11º Período da AGBC (período de 30/06/2018 a 31/12/2018). Os arquivos estão nomeados como **12ºPMFC AGBC.ods** e **Pendências 11º PMFC AGBC.ods**. Adicionalmente, os laudos digitais referentes ao monitoramento do 12º Período e as pendências do 11º Período encontram-se em pastas específicas de cada poço.

A **Tabela 1** relaciona os poços monitorados no 12º Período do PMFC da AGBC e as pendências do 11º Período do PMFC da AGBC. A expressão “intervenção” empregada na tabela refere-se de forma genérica a qualquer atividade realizada no poço, incluindo a sua construção (perfuração), completação e *workover*. As operações de cimentação fazem parte da atividade de perfuração e, por isto, não aparecem explicitamente na **Tabela 1**.

As análises estatísticas consideradas neste relatório contemplam apenas os dados obtidos na abrangência do 12º período.

**Tabela 1:** Poços monitorados no 12º Período do PMFC da AGBC e pendências do 11º período.

Período	Poço	Atividade	Início Intervenção	Fim Intervenção
12º	7-PM-21D-RJS	WORKOVER	04/01/2019	10/01/2019
12º	7-RO-133HP-RJS	WORKOVER	05/12/2018	06/01/2019
12º	7-PM-35DP-RJS	WORKOVER	08/12/2018	14/01/2019
12º	7-MRL-91H-RJS	WORKOVER	19/01/2019	09/03/2019
12º	7-PPT-50HP-RJS	COMPLETAÇÃO	19/07/2018	23/01/2019
12º	7-CRP-49D-RJS	WORKOVER	29/01/2019	18/02/2019
12º	9-BR-82DA-RJS	PERFURAÇÃO	11/10/2018	30/03/2019
12º	7-MRL-147HP-RJS	WORKOVER	19/10/2018	17/01/2019
12º	7-NA-35D-RJS	WORKOVER	10/11/2018	03/04/2019
12º	7-ABL-44HP-RJS	WORKOVER	18/12/2018	18/01/2019
12º	8-MLS-75HPA-RJS	WORKOVER	21/12/2018	19/01/2019
12º	7-AB-25D-RJS	WORKOVER	07/12/2018	20/02/2019
12º	7-PM-40DP-RJS	WORKOVER	04/02/2019	14/02/2019
12º	7-MLL-74D-RJS	PERFURAÇÃO	01/03/2019	23/04/2019
12º	7-MLL-77D-RJS	WORKOVER	23/04/2019	19/05/2019
12º	7-ESP-33HP-RJS	WORKOVER	09/03/2019	29/03/2019
12º	8-BR-16HPA-RJS	WORKOVER	25/03/2019	20/04/2019
12º	7-ESP-34HP-RJS	WORKOVER	29/03/2019	21/04/2019
12º	7-MLL-50H-RJS	WORKOVER	03/04/2019	22/04/2019
12º	8-TVD-6D-RJS	COMPLETAÇÃO	20/04/2019	26/04/2019
12º	7-VM-53D-RJS	WORKOVER	20/04/2019	21/04/2019
12º	7-CRP-63HP-RJS	WORKOVER	20/04/2019	13/05/2019
12º	7-ESP-40HP-RJS	WORKOVER	21/04/2019	16/06/2019
12º	7-MRL-21D-RJS	WORKOVER	26/04/2019	23/05/2019
12º	9-MLL-80D-RJS	PERFURAÇÃO	19/05/2019	14/06/2019
12º	7-CRP-57D-RJS	WORKOVER	17/05/2019	08/06/2019
12º	9-MLL-80DA-RJS	PERFURAÇÃO	14/06/2019	28/06/2019
12º	7-PG-19D-RJS	WORKOVER	08/02/2019	13/07/2019
12º	7-CRP-59D-RJS	WORKOVER	21/02/2019	20/04/2019
12º	7-MLL-74DA-RJS	PERFURAÇÃO	04/03/2019	21/04/2019
12º	7-MLL-74DA-RJS	COMPLETAÇÃO	23/04/2019	11/05/2019
11º	7-CH-32D-RJS	WORKOVER	06/07/2018	11/08/2018
11º	8-TVD-6D-RJS	COMPLETAÇÃO	17/10/2018	19/10/2018
11º	8-TVD-6D-RJS	COMPLETAÇÃO	05/11/2018	08/12/2018

## 2. RESUMO DO PERÍODO

### 2.1 Resumo dos descartes em ambiente marinho

Na **Tabela 2** a seguir, estão informados os volumes de Fluidos Base Água (FPBA e FCBA) e cascalho (CASC\_A e CASC\_NA) descartados no mar nas operações reportadas por este relatório. Todos os volumes estão indicados em metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

**Tabela 2:** Volumes de FBA, CASC\_A e CASC\_NA descartados por atividades monitoradas do 12º Período da AGBC.

Poço	Compartimento	Volume Total descartado no mar (m3)
8-MLS-75HPA-RJS - WORKOVER	FBA	613,42
7-MRL-147HP-RJS - WORKOVER	FBA	2012,94
9-BR-82DA-RJS - PERFURAÇÃO	FBA	5355,76
	Casc_NA	196,52
	Casc_A	248,52
7-MLL-74D-RJS - PERFURAÇÃO	FBA	1140,83
7-MRL-91H-RJS - WORKOVER	FBA	444,41
7-ESP-40HP-RJS - WORKOVER	FBA	88,56
7-MLL-74DA-RJS - PERFURAÇÃO	FBA	1456,60
	Casc_NA	179,94
7-MLL-74DA-RJS - COMPLETAÇÃO	FBA	1285,52
9-MLL-80D-RJS - PERFURAÇÃO	FBA	1265,16
9-MLL-80DA-RJS - PERFURAÇÃO	Casc_NA	129,98

A **Tabela 3** sumariza os volumes descartados por compartimento.

**Tabela 3:** Somatório dos volumes de FBA, CASC\_A e CASC\_NA descartados nas atividades monitoradas do 12º Período da AGBC.

Compartimento	Volume Total descartado no mar (m3)
FBA	13663,19
CASC_A	248,52
CASC_NA	506,45



## 2.2 Ocorrências no período

No 12º período do monitoramento de Fluidos e Cascalho da AGBC foram acompanhadas 31 operações (incluindo 9 intervenções sem fluidos), distribuídas conforme a **Tabela 4**.

**Tabela 4** : Atividades acompanhadas no 12º Período da AGBC.

Atividades	Nº poços
Perfuração	5
Completação	3
Workover	23

Foram realizadas 78 análises ecotoxicológicas e químicas distribuídas conforme a **Tabela 5**. Na mesma tabela, consta o índice de reprovação de cada análise em relação ao atendimento aos critérios estabelecidos para o descarte.

**Tabela 5:** Distribuição de análises químicas e ecotoxicológicas do 12º Período da AGBC.

Análises	nº Total de Amostras	nº de Amostras Reprovadas (% de Amostras Reprovadas)
Ecotoxicidade em Coluna d'água	34	1(2,9%)
Ecotoxicidade em sedimentos	4	0 (0,0%)
HPA	20	0 (0,0%)
Metais	20	Não se aplica

A reprovação observada no ensaio de ecotoxicidade aguda em coluna d'água está indicada na **Tabela 6** a seguir. Para o critério de ecotoxicidade aguda em coluna d'água, o limite estabelecido para descarte é CL 50-96h  $\geq 30.000$  ppm FPS.

**Tabela 6:** Análises de ecotoxicidade aguda em coluna d'água reprovadas no 12º Período da AGBC.

AMOSTRA	POÇO	ATIVIDADE	CL 50 - 96 h (ppm da FPS)
FCBA Polimérico com Calcário	7-MLL-74DA-RJS	COMPLETAÇÃO	22322,15

Para o ensaio de ecotoxicidade aguda em organismo de sedimento não foi observada nenhuma reprovação. Para o critério de ecotoxicidade em organismo de sedimento, o limite estabelecido para o descarte é "igual ou menos tóxico que o padrão de fluido de perfuração de base olefina interna (C16 – C18), ou seja, razão  $\leq 1,0$ ".

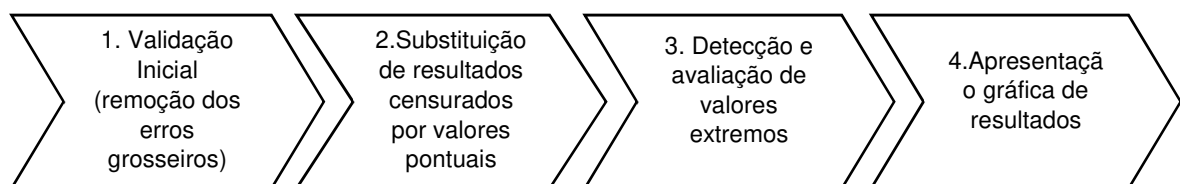
### 3. ANÁLISE CRÍTICA DOS DADOS

#### 3.1 Metodologia estatística

Dadas as características inerentes ao Projeto de Monitoramento de Fluidos e Cascalho, que envolve a coleta de amostras de diferentes poços com características individuais e cujo propósito é de verificação da conformidade para o descarte, comparando-os a valores estabelecidos do passa ou falha, a análise estatística é descritiva, não sendo possível aprofundar nos aspectos inferenciais da análise.

Além disto, algumas características intrínsecas da operação com fluidos fazem com que amostras de uma mesma população assumam propriedades particulares. Seja por meio da variabilidade da composição (qualitativa e quantitativa) dos fluidos usados, seja pela interação rocha-fluido, é possível concluir que, inclusive amostras provenientes de um mesmo grupo, podem ser únicas, pois as condições de um determinado poço em particular não necessariamente são reproduzidas de forma idêntica em outro poço. Isto ocorre independentemente da similaridade entre os poços e a composição dos fluidos empregados.

A presente seção detalha a proposta inicial de metodologia para tratamento estatístico destes dados. É importante ressaltar que, no caso da verificação de pertinência de outras análises estatísticas aqui não mencionadas, as mesmas poderão ser incluídas oportunamente, de forma complementar e/ou substitutiva às análises já estabelecidas, tendo em vista a dinâmica do processo de tratamento de dados. Na figura a seguir, encontram-se os principais passos realizados para o tratamento estatístico dos dados:



**Figura 1:** Principais passos do tratamento estatístico

Primeiramente, os dados foram validados tecnicamente, com o objetivo de detectar eventuais erros grosseiros, tais como aqueles advindos dos ensaios analíticos, como por exemplo dados não conformes às metodologias pertinentes, restrições e/ou particularidades metodológicas ou até mesmo erros de registro/transcrição de dados.

Para favorecer operações matemáticas e tratamentos estatísticos de dados não quantificados ou fora da faixa de trabalho, os resultados nestas situações (expressos como intervalos) foram substituídos por valores numéricos. Dados

não quantificados são aqueles reportados nos laudos analíticos como abaixo do limite de quantificação, situação muito recorrente nos resultados de HPA e em alguns metais. Resultados reportados como fora da faixa de trabalho são característicos de algumas medidas da ecotoxicidade aguda (CL50,96h). Neste caso, o resultado de CL50,96h é expressa como menor do que a concentração mínima da faixa de trabalho (limite inferior e superior das concentrações teste) ou como maior do que a concentração máxima da faixa de trabalho aplicável. Também nestes casos, estes intervalos foram substituídos pelos seus valores extremos, sendo restritos a valores pontuais.

Em seguida, quando pertinente, procedeu-se, à avaliação da ocorrência de eventuais discrepâncias pontuais (valores extremos) em relação à tendência dos valores esperados para um determinado fenômeno. A detecção de valores extremos foi conduzida pelo método *Interquartile range (IQR)* e só foi aplicada em situações com o  $n$  amostral superior a cinco. Os valores extremos observados foram, então, categorizados como:

**Outliers** – são pontos extremos e sem correlação técnica com o fenômeno observado, não trazendo em si ganhos técnicos para as análises realizadas. Uma vez comprovada a presença de *outliers*, estes não foram considerados para os demais tratamentos estatísticos, e foram descartados estatisticamente mediante justificativa devida;

**Eventos** – são pontos extremos, mas com correlação técnica com o fenômeno observado, trazendo em si ganhos técnicos para as análises realizadas. Medições caracterizadas como “eventos” são empregadas no tratamento estatístico pontual, porém fora da tendência natural observada para a amostragem de interesse.

Valores encaminhados para a rejeição estatística significa apenas que estes não foram considerados como parte de um subconjunto para fins exclusivo de tratamento estatístico. Apesar de rejeitado estatisticamente, dados com esta característica são igualmente reportados e apresentados neste relatório. Na **planilha 12°PMFC AGBC.ods** que acompanha este relatório, todos os dados gerados no semestre estão disponíveis.

Uma vez tratados e validados, os dados remanescentes foram dispostos graficamente em formatos diversos, tais como gráfico de dispersão e gráfico de caixas (*Box-Plot*). Além disto, na busca de algumas correlações e considerações estatística, os dados foram submetidos a alguns testes de hipótese (*t-student*).

### 3.2 Ecotoxicidade aguda com misídeos

Para favorecer o tratamento estatístico baseado em resultados de ensaios de ecotoxicidade em organismo de coluna d'água (*Mysidopsis juniae*), foi

necessário o estabelecimento de grupos de fluidos que guardam similaridade de composição entre si. Desta maneira, todos os fluidos empregados nas operações da área geográfica da Bacia de Campos no período de abrangência deste relatório foram agrupados em 04 subgrupos, a saber:

- Fluidos argilosos (composto de fluidos complementares e de perfuração);
- Fluidos de base não aquosa;
- Fluido polimérico (composto de fluidos complementares e de perfuração);
- Fluido salino (composto de fluidos complementares e de perfuração).

As contagens de ocorrências e o grupo escolhido para cada formulação utilizada constam na **Tabela 7**:

**Tabela 7:** Formulações utilizadas e grupos atribuídos para análise de ecotoxicidade aguda com organismo de coluna d'água.

Tipologia (Formulação)	Quantidade de Amostras	Grupo Atribuído
FPBA Argiloso	4	Argiloso
FCBA Argiloso com Amido	3	
FCBA com Traçador (cimentação)	7	
FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de cálcio (Oledrill)	1	Não-Aquoso
FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de cálcio (Olecore)	3	
FCBA Polimérico com Goma Xantana	4	Polimérico
FPBA Polimérico (Hydroguard)	1	
FPBA Polimérico com Goma Xantana e Amido modificado	1	
FEBA Gel reticulado	1	
FCBA Polimérico com Calcário	1	
FPBA Polimérico com Goma Xantana	1	
FCBA Salino de Cloreto de sódio	4	Salino
FCBA Salino de Cloreto de sódio com Cloreto de potássio	2	
FCBA Salino de Cloreto de cálcio	1	

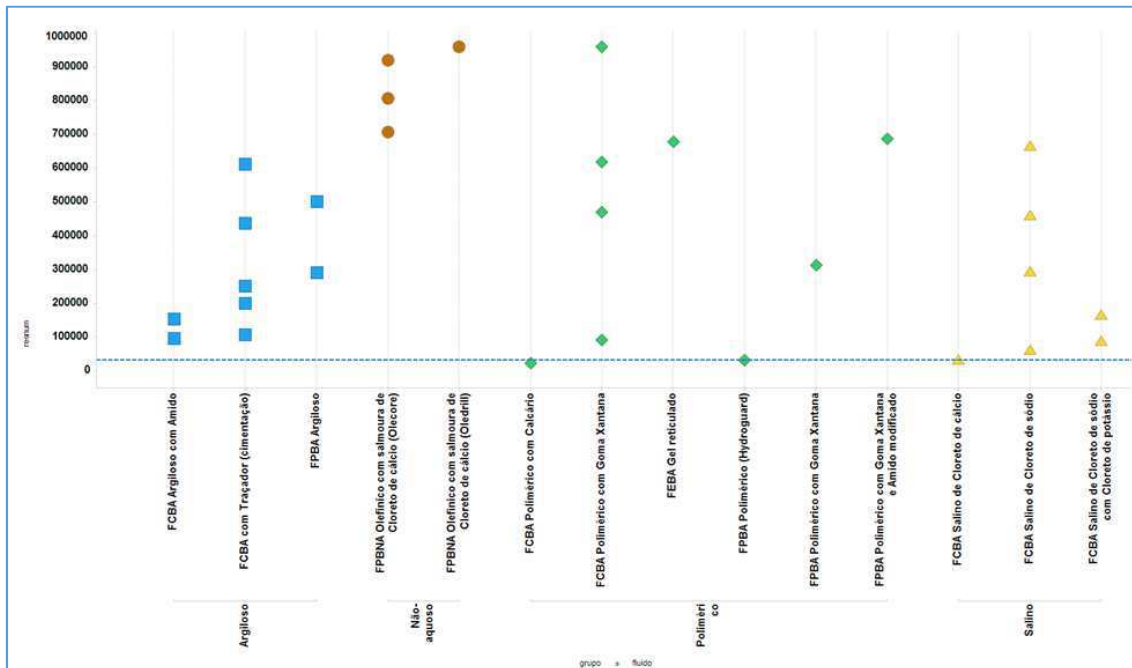
Em cada um dos 4 grupos estabelecidos, foi aplicado o teste de detecção de dados extremos (**Tabela 8**).

**Tabela 8:** Análise de outliers para os grupos atribuídos.

Grupo	Quantidade de análise	Outliers
Argiloso	14	0
Não-Aquoso	4	0
Polimérico	9	0
Salino	7	0

Na **Figura 2** a seguir, estão dispostos os 34 dados obtidos para o parâmetro ecotoxicidade aguda em coluna d'água nos fluidos monitorados no período e

área de abrangência deste relatório. Estes dados são o que foram empregados para a construção do gráfico *boxplot* da **Figura 3**.



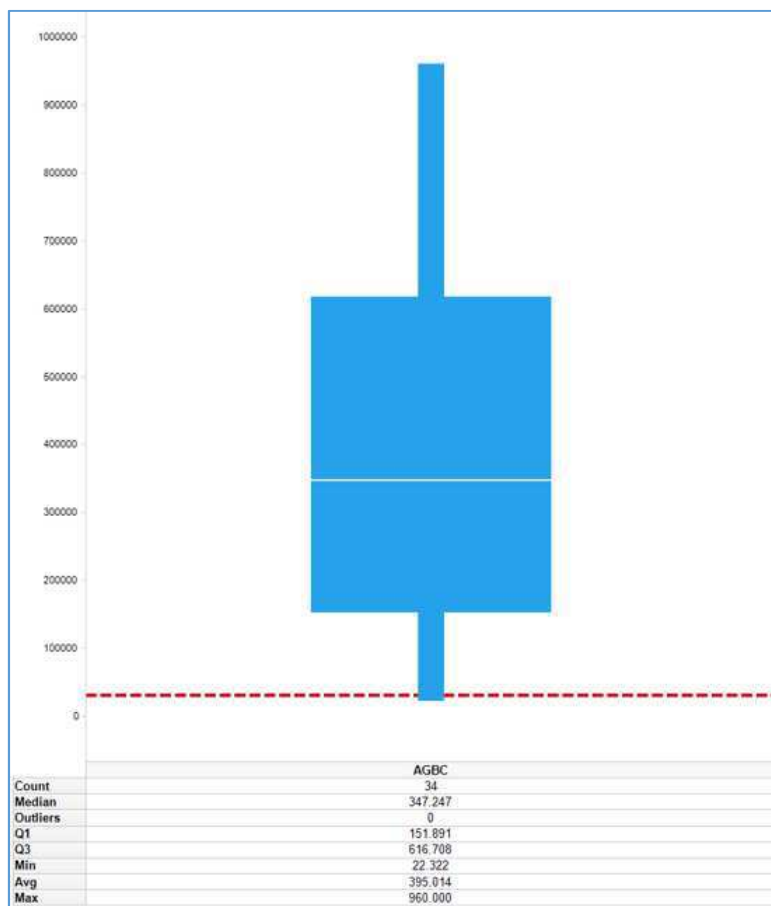
**Figura 2:** Resultados de ecotoxicidade com misídeo por fluidos e seus grupos atribuídos.

Os gráficos indicados nas **Figura 2** e **Figura 3** auxiliam na compreensão da dispersão dos resultados de ecotoxicidade (CL50,96h da FPS) e têm como objetivo apresentar a variabilidade global dos resultados deste parâmetro obtidos para fluidos empregados pela Petrobras na abrangência deste relatório. Nestes gráficos, a linha pontilhada representa o valor de aceitação para a ecotoxicidade aguda (CL50,96h deve ser maior ou igual a 30.000 ppm da FPS). A região do gráfico abaixo deste valor representa o fluido cujo resultado de ecotoxicidade não atendeu ao limite estabelecido para o descarte e que está indicado na Tabela 6 deste relatório.

O gráfico da **Figura 2** corrobora a preocupação da Petrobras com as amostras de fluido complementar de base aquosa polimérico com goma xantana. Apesar deste relatório conter apenas 04 exemplares deste fluido, já é possível verificar a elevada variabilidade dos resultados destes fluidos.

Adicionalmente, estudos serão realizados para entender se durante o período de armazenamento da amostra há possibilidade de biodegradação da goma xantana e se eventuais produtos da degradação poderiam causar toxicidade da amostra.

O *boxplot* é uma ferramenta que permite constatar a ampla distribuição dos dados de ecotoxicidade dentro de cada grupo de fluidos e, principalmente, entre grupos. Representa uma conveniente ferramenta exploratória para análise de um conjunto de dados.



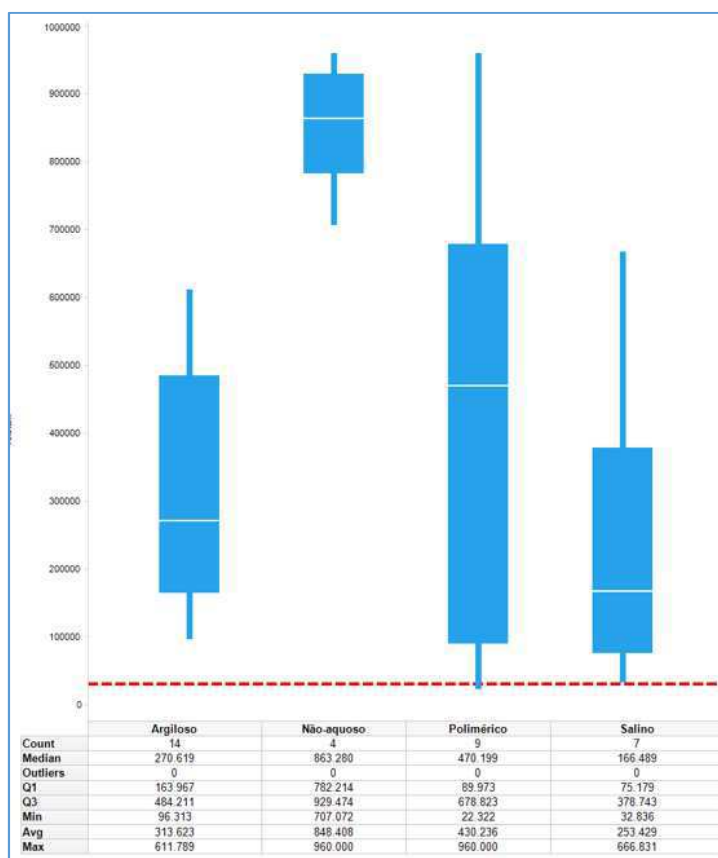
**Figura 3:** Gráfico de boxplot dos resultados de CL 50, 96 h referentes ao 12º Período da AGBC.

Os resultados dos parâmetros estatísticos associados a este conjunto de dados estão sumarizados na Tabela 9:

**Tabela 9:** Parâmetros estatísticos relevantes para a construção do *Boxplot*.

Parâmetro	Valor obtido
Quantidade	34
Média	395.014
Mediana	347.247
Q25	151.891
Q75	616.708
Mínimo	22.322
Máximo	960.000

De forma complementar à **Figura 2**, os dados originais de CL50,96h também foram organizados para cada grupo de fluidos e estão representados na **Figura 4**.



**Figura 4:** Gráfico de *boxplot* dos resultados de CL 50, 96 h (ensaio com misídeo) para os grupos de fluidos.

Para as análises de ecotoxicidade aguda em coluna d'água (ensaio com misídeo) deste período, os resultados reforçam a tendência de uma grande dispersão. Pode-se observar pela Figura 3 que a mediana do valor de CL50,96h para os diferentes grupos de fluido encontra-se entre 160.000 e 860.000 ppm da FPS.

Dentre os 4 grupos estabelecidos de fluidos, observa-se que aquele composto pelos fluidos poliméricos é o que apresenta maior dispersão dos resultados.

Dos 34 fluidos monitorados e reportados neste relatório, apenas um fluido, pertencente ao grupo de fluidos poliméricos (Tabela 6), não atendeu ao critério estabelecido de ecotoxicidade. Este resultado é compatível com os tipos de fluidos que, notadamente, mais apresentam vulnerabilidade em relação ao ensaio de ecotoxicidade. Isto pode ser devido à degradação microbológica da goma xantana que constitui estes fluidos aquosos ou até mesmo pela salinidade que o próprio fluido polimérico pode apresentar a depender da sua composição.

Com o objetivo de verificar se existe ou não diferença estatisticamente significativa nos valores de ecotoxicidade (ppm da CL50,96h) entre os 4 grupos de fluidos, utilizou-se o teste *t-student* pareado para grupos independentes.

A Tabela 10 ilustra os pares de grupos testados para o *t-student*. Os testes foram realizados com o auxílio da ferramenta estatística KNIME e consideraram  $\alpha=0,05$  (grau de confiabilidade de 95%).

**Tabela 10:** Pares de grupos testados com t-student.

GRUPOS	Argiloso	Polimérico	Não Aquoso	Salino
Argiloso				
Polimérico	Análise 1			
Não Aquoso	Análise 2	Análise 4		
Salino	Análise 3	Análise 5	Análise 6	

Para o teste estatístico, a seguinte hipótese nula ( $H_0$ ) foi postulada:

**$H_0$ :** Não há diferença entre os valores de ecotoxicidade dos dois grupos de fluidos testados.

Para o conjunto de resultados testados, nas seis análises realizadas, metade (3) dos resultados obtidos para  $p$  bicaudal foram menores do que o valor de  $\alpha$  empregado e metade (3) superiores ao valor de  $\alpha$  empregado. Isto sugere, que metade dos grupos testados (análises 2, 4 e 6) tem inconsistência com  $H_0$ , enquanto a outra metade apresenta consistência com  $H_0$ . Os resultados estão resumidos na Tabela 11. As análises cujos resultados de  $p$  bicaudal são tais que apresentaram inconsistência com a hipótese nula ( $p < \alpha$ ) são aquelas realizadas com o grupo de fluidos Não-aquosos. Tal resultado não foi observado no conjunto de dados testados para estes mesmos fluidos no relatório do 11º período da Bacia de Campos.

**Tabela 11:** Resumo dos resultados obtidos

Análise	t	p bicaudal	$\alpha$	Resultado	Conclusão
Análise 1	-0,7028	0,491	0,05	$p > \alpha$	Não há elementos rejeitar $H_0$
Análise 2	-5,4022	9,32 E-5	0,05	$p < \alpha$	Há elementos rejeitar $H_0$
Análise 3	0,6499	0,5245	0,05	$p > \alpha$	Não há elementos rejeitar $H_0$
Análise 4	2,4863	0,0322	0,05	$p < \alpha$	Há elementos rejeitar $H_0$
Análise 5	0,9395	0,3646	0,05	$p > \alpha$	Não há elementos rejeitar $H_0$
Análise 6	4,6476	1,2 E-3	0,05	$p < \alpha$	Há elementos rejeitar $H_0$

Na **Figura 5**, encontram-se as saídas dos testes estatísticos do programa KNIME. Como o número de amostras que compõem cada grupo é muito discrepante, é possível que esta conclusão se restrinja ao cenário testado. Não obstante, o ensaio é válido nesta condição.



Independent Groups Statistics Confidence Interval (CI) Probability: 95.0% Differences are reported of the groups: Argiloso - Polimérico								
	Variance Assumption	t	df	p-value (2-tailed)	Mean Difference	Standard Error Difference	CI (Lower Bound)	CI (Upper Bound)
Resultado_ecotox	Equal variances assumed	-0,7028	18	0,4912	-82.812,6578	117.837,9668	-330.381,0394	164.755,7238
Independent Groups Statistics Confidence Interval (CI) Probability: 95.0% Differences are reported of the groups: Argiloso - Não-aquoso								
	Variance Assumption	t	df	p-value (2-tailed)	Mean Difference	Standard Error Difference	CI (Lower Bound)	CI (Upper Bound)
Resultado_ecotox	Equal variances assumed	-5,4022	14	9,32E-5	-532.058,224	98.488,5421	-743.295,1379	-320.821,31
Independent Groups Statistics Confidence Interval (CI) Probability: 95.0% Differences are reported of the groups: Argiloso - Salino								
	Variance Assumption	t	df	p-value (2-tailed)	Mean Difference	Standard Error Difference	CI (Lower Bound)	CI (Upper Bound)
Resultado_ecotox	Equal variances assumed	0,6499	17	0,5245	62.921,1332	96.821,0819	-141.353,4936	267.195,76
Independent Groups Statistics Confidence Interval (CI) Probability: 95.0% Differences are reported of the groups: Não-aquoso - Polimérico								
	Variance Assumption	t	df	p-value (2-tailed)	Mean Difference	Standard Error Difference	CI (Lower Bound)	CI (Upper Bound)
Resultado_ecotox	Equal variances assumed	2,4863	10	0,0322	449.245,5662	180.688,9671	46.645,4585	851.845,6738
Independent Groups Statistics Confidence Interval (CI) Probability: 95.0% Differences are reported of the groups: Polimérico - Salino								
	Variance Assumption	t	df	p-value (2-tailed)	Mean Difference	Standard Error Difference	CI (Lower Bound)	CI (Upper Bound)
Resultado_ecotox	Equal variances assumed	0,9395	13	0,3646	145.733,791	155.117,4673	-189.377,1234	480.844,7053
Independent Groups Statistics Confidence Interval (CI) Probability: 95.0% Differences are reported of the groups: Não-aquoso - Salino								
	Variance Assumption	t	df	p-value (2-tailed)	Mean Difference	Standard Error Difference	CI (Lower Bound)	CI (Upper Bound)
Resultado_ecotox	Equal variances assumed	4,6476	9	0,0012	594.979,3571	128.018,1063	305.382,1454	884.576,5689

**Figura 5:** Resultados do teste t-student (no programa KNIME) para os pares de grupos de fluidos.

Para todos grupos pareados analisados onde um dos grupos era o **Não-Aquoso** (Análises 2, 4 e 6), os resultados do p-bicaudal foram inferiores ao  $\alpha$ , logo, há elementos que sugerem que os valores de ecotoxicidade aguda em coluna d'água do grupo de Não-Aquoso diferem dos valores de ecotoxicidade aguda em coluna d'água dos demais grupos.

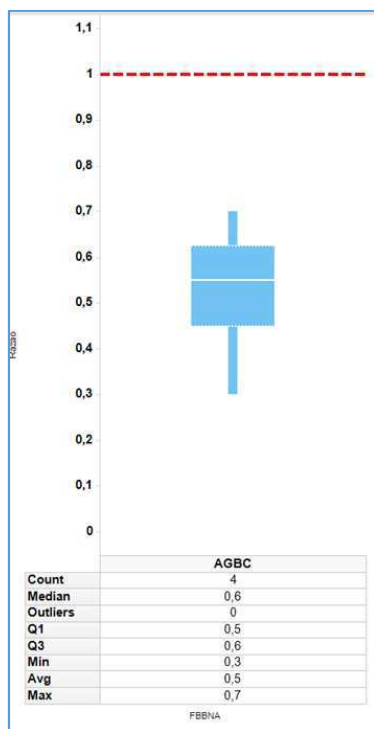
Esta observação pode ser corroborada no próprio gráfico de *boxplot*, onde os dados do grupo Não-Aquoso estão numa faixa de resultados separados e superiores aos dados dos gráficos *boxplot* dos demais grupos.

Para as demais análises (Análises 1, 3 e 5) os resultados de p-bicaudal foram superiores a  $\alpha$ , logo, não há elementos que sugerem diferença entre os resultados de ecotoxicidade aguda em coluna d'água entre os grupos estudados.

### 3.3 Ecotoxicidade aguda com organismo de sedimento

Devido a pequena quantidade de análises de ecotoxicidade aguda com organismo de sedimento neste período (4 resultados de ensaios), não foi aplicado o teste de detecção de dados extremos.

A **Figura 6** ilustra a distribuição dos resultados de ecotoxicidade aguda com organismo de sedimento em box-plot.



**Figura 6:** *Boxplot* dos valores de razão de ecotoxicidade com organismo de sedimento para FPBNA olefínico com salmoura de cloreto de cálcio.

Os resultados dos parâmetros estatísticos associados a este conjunto de dados estão sumarizados na Tabela 12:

**Tabela 12:** Parâmetros estatísticos relevantes para a construção do *boxplot*.

Parâmetro	Valor obtido
Quantidade	4
Média	0,5
Mediana	0,6
Q25	0,5
Q75	0,6
Mínimo	0,3
Máximo	0,7

Para o monitoramento do 12º Período da AGBC, o índice de aprovação da análise de ecotoxicidade aguda em organismo de sedimento foi de 100%.

Este nível de aprovação (superior a períodos anteriores) foi fruto de um trabalho intenso do corpo técnico (consultores e gestores do contrato do laboratório que executa esta análise) da Petrobras em auditorias criteriosas no laboratório analítico responsável por essa análise. Isso mostra o nível de maturidade que o laboratório vem adquirindo com a experiência e troca de conhecimento durante os períodos de monitoramento.

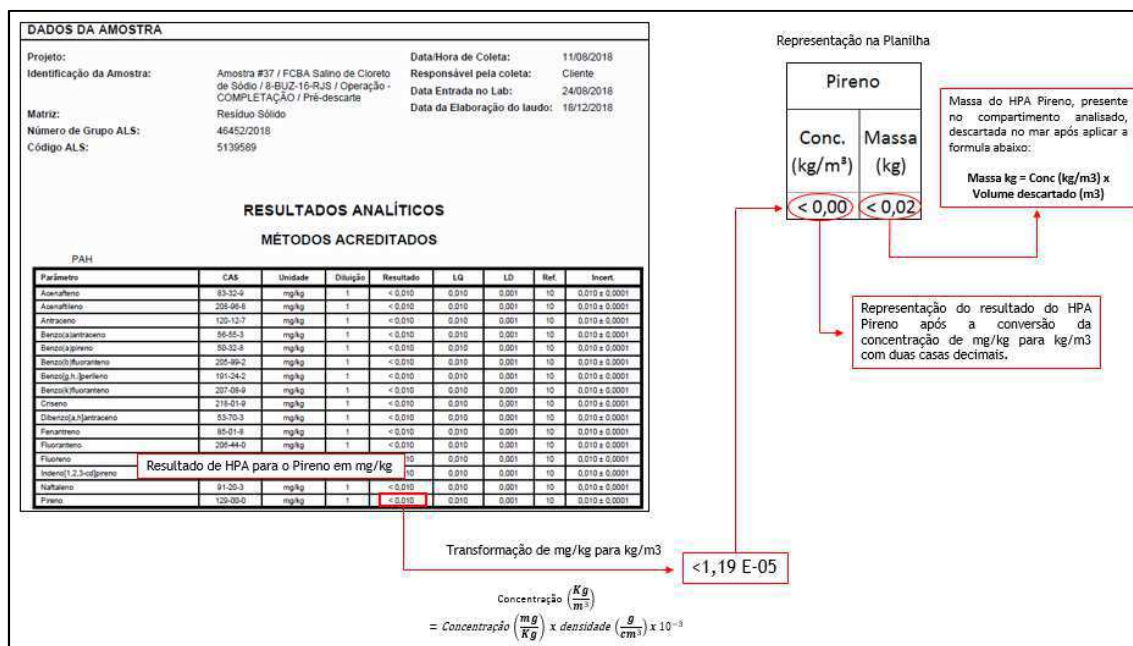
### 3.4 Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos - HPA

Majoritariamente, os HPA em amostras de fluidos aquosos e cascalhos não são quantificáveis e, nestes casos, são reportados nos laudos analíticos como menor do que o limite de quantificação. Esta constatação é recorrente e se mantém com esta característica ao longo dos diversos períodos nos quais a determinação de HPA vem sendo realizada nestes compartimentos.

Exclusivamente para fins de operações matemáticas e tratamento estatístico dos dados, os resultados dos HPA que foram reportados como menor do que o limite de quantificação foram substituídos pelo valor nominal do limite de quantificação, segundo os valores que constam no laudo analítico do HPA. Esta opção adota a postura mais conservadora e superestima a massa do analito descartado no meio ambiente marinho.

No entanto, na planilha **12º PMFC AGBC.ods** alguns resultados de HPA (assim como alguns resultados de metais) estão representados como < 0,00. Esta representação ocorreu devido a inteligência de programação na geração da **planilha 12º PMFC AGBC.ods**, que estava programada para informar o resultado com duas casas decimais. Assim, no momento de converter o resultado de mg/kg (como consta nos laudos analíticos) para kg/m<sup>3</sup> (como solicita a planilha), a magnitude do valor gerado para a maioria dos analitos é incompatível com a unidade da planilha e, conseqüentemente, o valor numérico, depois do arredondamento realizado, é expresso como < 0,00 (Figura 7).

Não obstante à limitação indicada acima, para o cálculo da massa de cada HPA descartado no mar, a concentração considerada não foi "<0,00" e sim o valor encontrado após a transformação da concentração de mg/kg para kg/m<sup>3</sup> com mais de duas casas decimais. Situações de analitos cujos resultados são censurados (expressos como menor do que o limite de quantificação/detecção), são tratadas como descrito acima.



**Figura 7:** Recorte da planilha 12ª PMFC AGBC.ods para exemplificar o cálculo da concentração de um HPA e a sua massa descartada ao mar.

Vale salientar que a planilha para preenchimento dos resultados deste relatório, proposta pelo IBAMA, indica que a concentração de HPA deve ser expressa em kg/m<sup>3</sup>, seja para fluidos ou para cascalho. Contudo, os resultados dos laudos de análise apresentados pelo laboratório externo estão expressos em mg/kg. Para esta conversão de unidade, faz-se necessário o emprego da densidade do compartimento analisado (fluido ou do cascalho), tal como indicado na **Equação 1** a seguir:

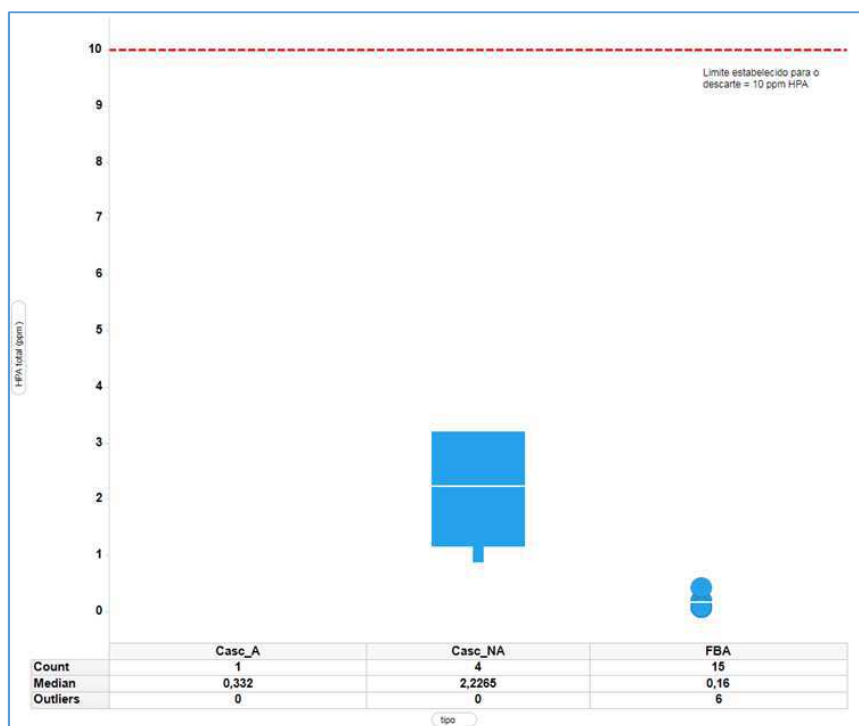
$$\text{Concentração} \left(\frac{Kg}{m^3}\right) = \text{Concentração} \left(\frac{mg}{Kg}\right) \times \text{densidade} \left(\frac{g}{cm^3}\right) \times 10^{-3}$$

**Equação 1:** Conversão de unidades para concentrações de HPA e metais

Foi realizada uma tentativa de análise dos valores totais de HPA agrupando os dados por matriz de amostra: fluidos de base aquosa (FBA), cascalho associados a fluidos de base aquosa (Casc\_A) e cascalho associados a fluidos de base não-aquosa (Casc\_NA).

Como os resultados de HPA em fluidos base aquosa, em sua maioria expressiva, foram expressos como abaixo do limite de quantificação, observa-se uma predominância muito acentuada de um único valor (igual ao limite de quantificação) e que se torna a moda deste conjunto de dados. Este fenômeno prejudica o teste de valores extremos, pois induz, equivocadamente, que qualquer valor diferente do valor da moda seja considerado um valor extremo segundo os critérios do teste. Desta forma, apesar do teste sugerir que estes

valores seriam extremos, estes não foram retirados dos conjuntos de dados. Os resultados desta análise numérica estão ilustrados na Figura 7.



**Figura 8:** Boxplot dos valores HPA para os grupos Casc\_A, Casc\_NA e FBA.

Não houve reprovação ( $\Sigma\text{HPA} > 10 \text{ mg/kg}$ ) nas 20 análises de HPA realizadas nos compartimentos Casc\_A, Casc\_NA e FBA. O compartimento FBA teve muitas análises com resultados abaixo do limite de quantificação, enquanto que para o compartimento Casc\_NA, os resultados das análises de HPA foram mais dispersos e com valores quantificáveis.

### 3.5 Metais e metaloides

A presença de metais e metaloides em fluidos e cascalho decorrem, predominantemente, da característica da formação perfurada e da baritina (sulfato de bário), que é utilizada como adensante no fluido.

Para formações com predominância de argilas, espera-se observar valores expressivos de silício e alumínio, enquanto que para formações com predominância de arenitos, prevalece o silício, sem a presença pronunciada de alumínio.

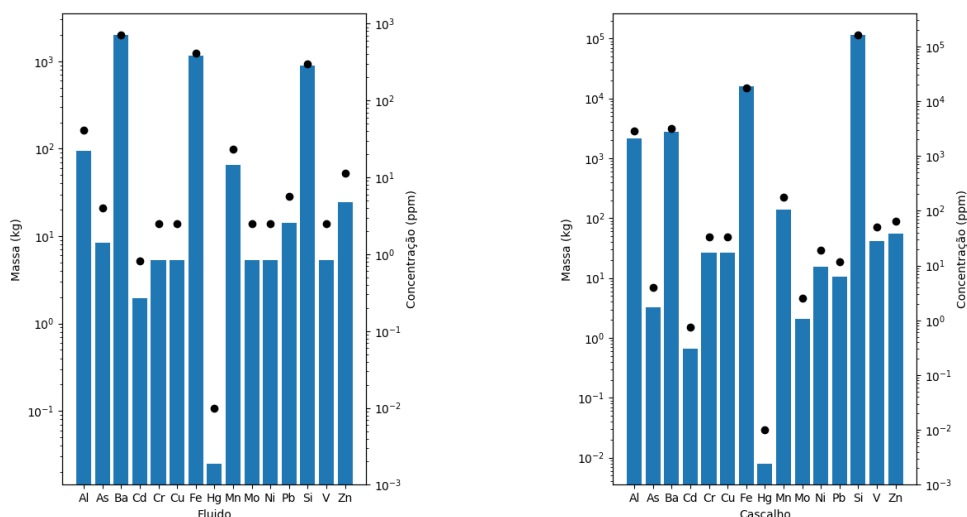
Para as formações com predominância de carbonatos e halita, não se espera influência nos metais monitorados. Desta forma, a expectativa é de que os principais aportes de metais e metaloides em ambiente marinho sejam de silício, alumínio, ferro e bário. Os elementos silício, alumínio e ferro são constituintes

comuns dos minerais que constituem as formações rochosas e ocorrem em forma inerte, assim como o bário, na forma de sulfato de bário, advindo do fluido.

A **Figura 9** ilustra as médias das concentrações e os aportes dos diferentes metais. Para auxiliar a visualização, foi adotada a escala logarítmica em ambos os eixos.

Importante salientar que, tal como as concentrações dos resultados de HPA, os resultados de metais e metaloides devem ser expressos em  $\text{kg.m}^{-3}$  na planilha de resultados. Como os resultados dos laudos de análise estão expressos em  $\text{mg.Kg}^{-1}$ , fez-se necessário converter o resultado indicado no laudo analítico empregando a densidade do compartimento em questão (fluido ou cascalho), conforme indicado na planilha. Para tal conversão, a mesma fórmula indicada na Equação 1 foi empregada.

Tal como foi realizado nos dados de HPA, as operações matemáticas e tratamento estatístico dos dados de metais e metaloides que, nos laudos analíticos foram reportados como menor do que o limite de quantificação, foram substituídos pelo valor nominal do limite de quantificação. Esta opção adota a postura mais conservadora e superestima a massa do analito descartado no meio ambiente marinho.



**Figura 9:** Concentrações médias e aportes de metais. Pontos: concentração média; barras: massa do elemento.

## 4. CONCLUSÕES

O 12º Período da Área Geográfica da Bacia de Campos (AGBC) monitorou 31 intervenções realizando 78 análises entre químicas e ecotoxicológicas. Todas as pendências de resultados associados 11º período

Com relação às análises de ecotoxicidade aguda em coluna d'água, para o universo de amostras testadas, os testes de hipótese (*t-student*) mostram que houve diferença entre os valores médios dos resultados de ecotoxicidade dos grupos de fluidos para os pares de testes onde um dos grupos era Não-Aquoso. Tal fato pode ser corroborado pela análise dos gráficos de box-plot de cada grupo, onde os valores de ecotoxicidade aguda em coluna d'água para o grupo de Não-Aquoso estão separados e superiores aos resultados dos demais grupos (argilosos, poliméricos e salinos).

Acerca do único resultado abaixo de 30.000 ppm da FPS, a Petrobras os considerará nas ações de investigação que vem conduzindo para entender alguns resultados insatisfatórios de ecotoxicidade aguda que, eventualmente, ocorrem de forma pontual. Estas ações são integradas e, dentre outros aspectos, desatacam-se: (i) vistorias técnicas aos laboratórios prestadores de serviço; (ii) melhores práticas na formulação e operações com fluidos, garantindo que as formulações empregadas atendam aos requisitos de descarte e que as operações com fluidos nas atividades *offshore* não as comprometa.

Para as análises de ecotoxicidade aguda em organismo de sedimento (4 análises), nenhuma amostra apresentou resultado em desacordo com o limite estabelecido como referência de aceitação para este ensaio. A Petrobras reconhece que o ensaio de ecotoxicidade em organismos de sedimento teve uma lenta curva de aprendizagem, e que através de auditorias técnicas e acompanhamento das análises nos laboratórios contratados, a maturidade do laboratório nesta análise foi incrementando de forma a proporcionar uma aprovação de 100%. De maneira a não perder o foco, a Petrobras tem envidado esforços para incrementar a prestação deste serviço no Brasil, diversificando os fornecedores e fomentando a melhoria da qualidade deste ensaio.

Todos os resultados das análises de HPA ficaram abaixo do valor regulatório (10 mg/kg), sendo a maioria destes valores considerados como censurados (abaixo do limite de quantificação/detecção). O excesso de resultados abaixo do limite de quantificação levou à predominância de um único valor na base de dados, comprometendo os testes de valores extremos. Adicionalmente, pelo perfil dos resultados, a moda obtida coincidiu, artificialmente, com a valor mínimo (limite de quantificação).

As análises de metais mostraram a predominância de descartes de silício (Si), Alumínio (Al) e Ferro (Fe).




Reconhecendo os benefícios decorrentes da forma indicada pelo Ibama para apresentação dos resultados do monitoramento de fluidos e cascalho e, na busca de melhorias contínuas deste processo, a Petrobras sugere os seguintes ajustes:

- (i) que a análise estatística dos dados seja apresentada em base anual, considerando todos os poços objetos de monitoramento nas diferentes áreas geográficas. Esta estratégia permitirá uma análise mais enriquecedora e produtiva, gerando uma análise crítica do processo pelo maior volume de dados disponíveis. Não obstante a esta proposta, os dados do monitoramento de fluidos e cascalho da AGBC continuariam a ser apresentados conforme a frequência estabelecida pela licença;
- (ii) que os valores das concentração dos analitos químicos (HPA e metais) sejam reportados na planilha de resultados (Dados de monitoramento) com as mesmas unidades dos laudos emitidos pelos laboratórios externos. Esta sugestão indica a alteração apenas da concentração das células de “concentração” e mantém a unidade da célula “massa” em (kg), tal como previsto na planilha de Dados de Monitoramento.

No que tange a melhorias, vale destacar que neste relatório os dados dos ensaios de iridescência estática, detecção de hidrocarbonetos (RPE) e teor de base orgânica aderida ao cascalho já compõem registros específicos assinados, fato que favorece a conformidade com o requisito estabelecido para o registro destes ensaios. Contudo, no período equivalente a este relatório, os resultados dos parâmetros físico-químico de fluidos (densidade, salinidade, pH e temperatura) estão indicados apenas na planilha de resultados “12º PMFC AGBC” e ainda não integram registros específicos assinados. Na ocasião da emissão deste relatório, tal melhoria já havia sido estabelecida, porém só será evidenciada em relatório subsequentes.



**5. EQUIPE TÉCNICA**

Profissional	Antônio Claudio Martinez Geraci
Empresa	PETROBRAS
Registro no Conselho de Classe	CRQ3 – 03250912
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	7209904
Responsável pela(s) Seção(ões)	Projeto de Monitoramento de Fluidos e Cascahos (PMFC)
Assinatura	



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTRO TÉCNICO FEDERAL  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
7209904	30/09/2019	30/09/2019	31/12/2019

**Dados básicos:**

CPF: 100.587.497-21  
Nome: ANTONIO CLAUDIO MARTINEZ GERACI

**Endereço:**

logradouro: AV ATLANTICA  
N.º: 3752 Complemento: 604  
Bairro: PRAIA DO PECADO Município: MACAE  
CEP: 27920-390 UF: RJ

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2132-10	Químico Industrial	Interpretar dados químicos

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	MYESPZ9CU7IY3YMI
------------------------------	------------------

# **Atividade de Perfuração e Completação de Poços na Área Geográfica da Bacia de Campos**

## **13º Relatório do Projeto de Monitoramento de Fluidos e Cascalhos (PMFC)**

Junho/ 2020



**E&P**

# Relatório do Projeto de Monitoramento de Fluidos e Cascalhos (PMFC)

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. RESUMO DO PERÍODO .....</b>	<b>4</b>
2.1 Resumo dos descartes em ambiente marinho .....	4
2.2 Ocorrências no período. ....	5
<b>3. ANÁLISE CRÍTICA DOS DADOS .....</b>	<b>7</b>
3.1 Metodologia estatística. ....	7
3.1.1 Ecotoxicidade aguda com misídeos .....	8
3.1.2 Ecotoxicidade aguda com organismo de sedimento .....	13
3.1.3 Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos - HPA .....	14
3.1.4 Metais e metaloides. ....	15
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>17</b>
<b>5. AVALIAÇÃO CRÍTICA DA EFETIVIDADE DO PROJETO E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>17</b>
<b>6. EQUIPE TÉCNICA .....</b>	<b>19</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Poços monitorados no 13º Período do PMFC da AGBC.....	4
Tabela 2: Volumes de FBAs, CASC_A e CASC_NA descartados por poço/atividade no período de abrangência deste relatório. ....	5
Tabela 3: Volumes consolidados de FBAs, CASC_A e CASC_NA descartados no período de abrangência deste relatório. ....	5
Tabela 4: Atividades acompanhadas no 13º Período da AGBC .....	5
Tabela 5: Distribuição de análises químicas e ecotoxicológicas do 13º Período da AGBC. ....	6
Tabela 6: Fluidos e grupos atribuídos para análise de ecotoxicidade aguda com organismo de coluna d' água. ....	9
Tabela 7: Análise de outliers para os grupos atribuídos. ....	9
Tabela 8: Parâmetros estatísticos relevantes para a construção do Boxplot da Figura 2. ....	11
Tabela 9: Pares de grupos testados com t-student. ....	12
Tabela 10: Parâmetros estatísticos relevantes para a construção do Boxplot.....	13

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Resultados de ecotoxi-Mya por fluidos e seus grupos atribuídos. ....	10
Figura 2: Gráfico de boxplot dos resultados de CL 50, 96 h referentes ao 13º Período da AGBC discriminados pelos grupos atribuídos.....	11
Figura 3: <i>Boxplot</i> dos valores de razão de ecotoxicidade com organismo de sedimento para FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de cálcio.....	13
Figura 4: <i>Boxplot</i> dos valores HPA para os grupos Casc_A, Casc_NA e FBA. ....	15
Figura 5: Concentrações médias e aportes de metais. Pontos: concentração média; barras: massa do elemento. ....	16

## 1. INTRODUÇÃO

Em atendimento as “Diretrizes para uso e descarte de fluidos de perfuração e cascalhos, fluidos complementares e pastas de cimento nos processos de licenciamento ambiental dos empreendimentos de perfuração marítima de poços de exploração e produção de petróleo e gás nas atividades de perfuração marítima de poços e produção de petróleo e gás” estabelecida pela Presidência do IBAMA conforme Despacho nº 5540547/2019-Gabin em 22 de julho de 2019, seguem as informações demandadas acerca do monitoramento de fluidos e cascalhos das atividades marítimas de perfuração, cimentação e completação da Área Geográfica da Bacia de Campos (AGBC) referente ao período de 01.07.2019 a 31.12.2019.

Neste relatório, serão apresentados os dados do 13º período do projeto de monitoramento de fluidos e cascalhos conduzido na Bacia de Campos durante o desenvolvimento das atividades de perfuração, cimentação, completação e intervenção, conforme o modelo da planilha do “Apêndice III e IV - Dados do monitoramento de fluidos (com volumetria de fluidos e cascalhos) (Idem Apêndice I IN 01/2018)” da “Diretrizes para uso e descarte de fluidos de perfuração e cascalhos, fluidos complementares e pastas de cimento nos processos de licenciamento ambiental dos empreendimentos de perfuração marítima de poços de exploração e produção de petróleo e gás nas atividades de perfuração marítima de poços e produção de petróleo e gás”. As informações do monitoramento realizado neste período estão no arquivo 13º PMFC AGBC.ods e nos laudos digitais que se encontram em pastas específicas de cada poço.

O arquivo com os dados do monitoramento de fluidos e cascalhos do 13º Período da AGBC está nomeado como 13º PMFC AGBC.ods. Os laudos analíticos e expeditos digitais referentes a este período monitorado encontram-se em pastas específicas de cada poço. Neste período, diferentemente dos demais (11º e 12º Períodos da AGBC), somente as intervenções com fluidos estão detalhadas na planilha supracitada.

A Tabela 1 relaciona os poços monitorados no 13º Período do PMFC da AGBC. As operações de cimentação fazem parte da atividade de perfuração e, por isto, não aparecem explicitamente na tabela 1.

Tabela 1: Poços monitorados no 13º Período do PMFC da AGBC.

Poço	Atividade	Início Atividade	Fim da Atividade
7-GP-14DC-RJS	WORKOVER	23/09/18	26/09/19
7-PPT-51HP-RJS (LPH2)	PERFURAÇÃO	11/06/19	29/09/19
9-ESP-12D-RJS	WORKOVER	16/06/19	02/08/19
7-MLL-81HP-RJS	PERFURAÇÃO	28/06/19	27/07/19
7-MLL-81HP-RJS	COMPLETAÇÃO	28/07/19	13/08/19
8-MLL-48HPB-RJS	WORKOVER	26/07/19	16/10/19
6-MRL-199D-RJS	WORKOVER	02/08/19	21/09/19
7-MLL-82H-RJS	PERFURAÇÃO	13/08/19	15/08/19
7-MLL-82HA-RJS	PERFURAÇÃO	15/08/19	25/11/19
6-MLS-146D-RJS	WORKOVER	24/08/19	25/10/19
9-MLL-83-RJS	PERFURAÇÃO	02/09/19	16/12/19
4-RJS-477A	WORKOVER	13/10/19	14/12/19
7-ESP-34HP-RJS	WORKOVER	21/09/19	07/11/19
8-BR-16HPA-RJS	WORKOVER	28/09/19	10/10/19
8-MLS-232D-RJS	PERFURAÇÃO	18/10/19	29/10/19
4-MLL-84-RJS	PERFURAÇÃO	21/10/19	13/12/19
7-CH-33D-RJS	WORKOVER	23/10/19	01/11/19
7-CH-23D-RJS	WORKOVER	08/11/19	16/11/19
7-MLS-59HP-RJS	WORKOVER	10/11/19	23/11/19
7-CH-10DA-RJS	WORKOVER	21/11/19	01/12/19
4-ESP-23D-RJS	WORKOVER	23/11/19	05/12/19
7-CH-36D-RJS	WORKOVER	10/12/19	27/12/19
7-RO-160D-RJS	WORKOVER	23/11/19	23/11/19

Além das operações apresentadas na tabela 01, também foi objeto de monitoramento no período de abrangência deste relatório a completação do poço 7-MLL-82HA-RJS. Contudo, devido inconsistências verificadas no registro da data de encerramento da atividade desta completação, estas informações somente serão apresentadas no próximo relatório. Esta ação está associada exclusivamente ao reporte das informações e em nada comprometeu a integridade e qualidade das amostras do monitoramento.

## 2. RESUMO DO PERÍODO

### 2.1 Resumo dos descartes em ambiente marinho

A Tabela 2 a seguir, informa os volumes de Fluidos Base Água (FBA) e cascalhos (CASC\_A e CASC\_NA) descartados no mar nas operações reportadas por este relatório. Todos os volumes estão indicados em metros cúbicos (m³).

**Tabela 2:** Volumes de FBAs, CASC\_A e CASC\_NA descartados por poço/atividade no período de abrangência deste relatório.

Poço	Atividade	Compartimento	Volume descartado no mar (m³)
4-MLL-84-RJS	PERFURAÇÃO	FBA	1368,68
		Casc_NA	92,03
4-RJS-477A	WORKOVER	FBA	861,79
6-MLS-146D-RJS	WORKOVER	FBA	1.690,33
6-MRL-199D-RJS	WORKOVER	FBA	184,6
7-ESP-34HP-RJS	WORKOVER	FBA	694,99
7-MLL-81HP-RJS	PERFURAÇÃO	Casc_NA	34,22
		Casc_A	27,43
		FBA	713,27
	COMPLETAÇÃO	FBA	1.287,26
7-MLL-82H-RJS	PERFURAÇÃO	FBA	103,35
7-MLL-82HA-RJS	PERFURAÇÃO	Casc_A	30,21
		Casc_NA	79,47
		FBA	1851,66
7-PPT-51HP-RJS (LPH2)	PERFURAÇÃO	Casc_NA	281,47
		Casc_A	0,27
		FBA	949,07
8-MLL-48HPB-RJS	WORKOVER	FBA	465,24
8-MLS-232D-RJS	PERFURAÇÃO	FBA	1594,92
9-ESP-12D-RJS	WORKOVER	FBA	492,42
9-MLL-83-RJS	PERFURAÇÃO	Casc_NA	228,47
		Casc_A	67,88
		FBA	4.016,68

A Tabela 3 sumaria os volumes descartados por compartimento.

**Tabela 3:** Volumes consolidados de FBAs, CASC\_A e CASC\_NA descartados no período de abrangência deste relatório.

Compartimento	Volume descartado no mar (m3)
FBA	16.274,26
Casc_A	125,79
Casc_NA	715,66

## 2.2 Ocorrências no período.

No 13º período do monitoramento de Fluidos e Cascalho da AGBC foram monitoradas 23 operações distribuídas conforme a Tabela 4 e indicadas na tabela 01 acima.

**Tabela 4:** Atividades acompanhadas no 13º Período da AGBC

Atividade	Nº poços
Perfuração	7
Workover	15
Completação	1



Foram realizadas 133 análises ecotoxicológicas e químicas distribuídas conforme a Tabela 5. Na mesma tabela, consta o índice de reprovação de cada análise em relação ao atendimento aos critérios estabelecidos para o descarte.

**Tabela 5:** Distribuição de análises químicas e ecotoxicológicas do 13º Período da AGBC.

<b>Análises</b>	<b>nº Total de Amostras</b>	<b>nº Amostras Reprovadas (% de Amostras Reprovadas)</b>
Ecotoxi - Mya	58	0 (0,0%)
Ecotoxi - Lep	7	0 (0,0%)
HPA	34	0 (0,0%)
Metais	34	Não se aplica

Para o ensaio de ecotoxicidade aguda em organismo de coluna d'água (Ecotoxi-Mya) não foi observada nenhuma reprovação. Para o critério de ecotoxicidade em organismo de coluna d'água (Ecotoxi-Mya), o limite estabelecido para o descarte é "igual ou superior a 30.000 ppm da FPS".

Para o ensaio de ecotoxicidade aguda em organismo de sedimento não foi observada nenhuma reprovação. Para o critério de ecotoxicidade em organismo de sedimento, o limite estabelecido para o descarte é "igual ou menos tóxico que o padrão de fluido de perfuração de base olefina interna (C16 - C18), ou seja, razão  $\leq 1,0$ ".

Para a análise química de HPA não foi observada nenhuma reprovação. Para o critério HPA, o limite estabelecido para o descarte é "igual ou menor que 10 mg/kg de HPA Total".

O anexo 1 ao final deste relatório detalha o monitoramento de fluidos e cascalhos realizado no poço 9-MLL-83-RJS. Devido a verificação da instabilidade da cabeça do poço antes do início da Fase 4, foi necessário a instalação de estacas estruturais para reestabelecimento das condições de integridade da cabeça do poço. O Anexo 1 detalha como o monitoramento de fluidos e cascalho foi adaptado a esta situação emergencial.

Neste período de monitoramento, foi detectada a presença de óleo da formação, segundo o critério do ensaio de Iridescência Estática (sheen test), em amostra de cascalho da perfuração da fase 05 do poço 7-PPT-51HP-RJS. A evidência ocorreu no início da perfuração da fase, no segundo dia da perfuração. No dia anterior, o cascalho recolhido fora testado e com evidência de ausência de óleo da formação.

Tão logo foi constata a presença de óleo da formação no cascalho (15/09/2019), o sistema de contingência para seu recolhimento foi empregado e houve imediata interrupção do descarte no mar do cascalho. Apesar do fluido de perfuração de base aquoso empregado na construção da fase 05 nunca ter apresentado presença de óleo livre segundo o ensaio devido, a Petrobras adotou seu recolhimento integral ao final da fase e envio para destinação final em terra.

Deve-se justificativa sobre a ausência de coleta de amostra de cascalho para o monitoramento de metais e HPA. É fato que uma pequena fração de cascalho desta fase foi descartada no mar nos metros iniciais, que foram perfurados até evidência de contaminação por óleo da formação. Como isto ocorreu muito no início da fase, logo anteriormente ao marco de 30% da fase, referente à primeira amostragem simples para compor a amostra composta de cascalho, não houve amostragem referente a este volume descartado.

### 3. ANÁLISE CRÍTICA DOS DADOS

#### 3.1 Metodologia estatística.

Dadas as características inerentes ao Projeto de Monitoramento de Fluidos e Cascalho, que envolve a coleta de amostras de diferentes poços com características individuais e cujo propósito é de verificação da conformidade para o descarte, comparando-os a valores estabelecidos do passa ou falha, a análise estatística é descritiva, não sendo possível aprofundar nos aspectos inferenciais da análise.

Além disto, algumas características intrínsecas da operação com fluidos fazem com que amostras de uma mesma população assumam propriedades particulares. Seja por meio da variabilidade da composição (qualitativa e quantitativa) dos fluidos usados, seja pela interação rocha-fluido, é possível concluir que, inclusive amostras provenientes de um mesmo grupo, podem ser únicas, pois as condições de um determinado poço em particular não necessariamente são reproduzidas de forma idêntica em outro poço. Isto ocorre independentemente da similaridade entre os poços e a composição dos fluidos empregados.

A presente seção detalha a proposta inicial de metodologia para tratamento estatístico destes dados. É importante ressaltar que, no caso da verificação de pertinência de outras análises estatísticas aqui não mencionadas, as mesmas poderão ser incluídas oportunamente, de forma complementar e/ou substitutiva às análises já estabelecidas, tendo em vista a dinâmica do processo de tratamento de dados.

Primeiramente, os dados foram validados tecnicamente, com o objetivo de detectar eventuais erros grosseiros, tais como aqueles advindos dos ensaios analíticos, como por exemplo dados não conformes às metodologias pertinentes, restrições e/ou particularidades metodológicas ou até mesmo erros de registro/transcrição de dados.

Para favorecer aos tratamentos estatísticos de dados não quantificados ou fora da faixa de trabalho, os resultados nestas situações (expressos como intervalos) foram substituídos por valores numéricos. Dados não quantificados são aqueles reportados nos laudos analíticos como abaixo do limite de quantificação, situação muito recorrente nos resultados de HPA e em alguns metais. Resultados reportados como fora da faixa de trabalho são característicos de algumas medidas da ecotoxicidade aguda (CL50,96h). Neste caso, o resultado de CL50,96h é expressa como menor do que a concentração mínima da faixa de trabalho ou como maior do que a concentração máxima da faixa de trabalho aplicável (limites inferior e superior das concentrações teste, respectivamente). Nestes casos específicos, para viabilizar o tratamento

estatístico, estes intervalos foram substituídos pelos seus valores extremos, sendo restritos a valores pontuais.

Em seguida, quando pertinente, procedeu-se, à avaliação da ocorrência de eventuais discrepâncias pontuais (valores extremos) em relação à tendência dos valores esperados para um determinado fenômeno. A detecção de valores extremos foi conduzida pelo teste de *Grubs* e só foi aplicada em situações com o *n* amostral superior a cinco. Os valores extremos observados foram, então, categorizados como:

**Outliers** - são pontos extremos e sem correlação técnica com o fenômeno observado, não trazendo em si ganhos técnicos para as análises realizadas. Uma vez comprovada a presença de *outliers*, estes não foram considerados para os demais tratamentos estatísticos, e foram descartados estatisticamente mediante justificativa devida;

**Eventos** - são pontos extremos, mas com correlação técnica com o fenômeno observado, trazendo em si ganhos técnicos para as análises realizadas. Medições caracterizadas como “eventos” são empregadas no tratamento estatístico pontual, porém fora da tendência natural observada para a amostragem de interesse.

Valores encaminhados para a rejeição estatística significa apenas que estes não foram considerados como parte de um subconjunto para fins exclusivo de tratamento estatístico. Apesar de rejeitado estatisticamente, dados com esta característica são igualmente reportados e apresentados neste relatório. Na planilha 13° PMFC AGBC.ods que acompanha este relatório, todos os dados gerados no semestre estão disponíveis.

Uma vez tratados e validados, os dados remanescentes foram dispostos graficamente em formatos diversos, tais como gráfico de dispersão e gráfico de caixas (*Box-Plot*). Além disto, na busca de algumas correlações e considerações estatística, os dados foram submetidos a alguns testes de hipótese (*t-student*).

### 3.1.1 Ecotoxicidade aguda com misídeos

Para favorecer o tratamento estatístico baseado em resultados de ensaios de ecotoxicidade em organismo de coluna d'água (*Mysidopsis juniae*), foi necessário o estabelecimento de grupos de fluidos que guardam similaridade de composição entre si. Desta maneira, todos os fluidos empregados nas operações da área geográfica da Bacia de Campos no período de abrangência deste relatório foram agrupados em 04 subgrupos, a saber:

- Fluidos argilosos (composto de fluidos complementares e de perfuração);
- Fluidos de base não aquosa (composto de fluidos complementares e de perfuração);
- Fluido polimérico (composto de fluidos complementares e de perfuração);
- Fluido salino (composto de fluidos complementares e de perfuração).

As contagens de ocorrências e o grupo escolhido para cada formulação utilizada constam na Tabela 6:

**Tabela 6:** Fluidos e grupos atribuídos para análise de ecotoxicidade aguda com organismo de coluna d'água.

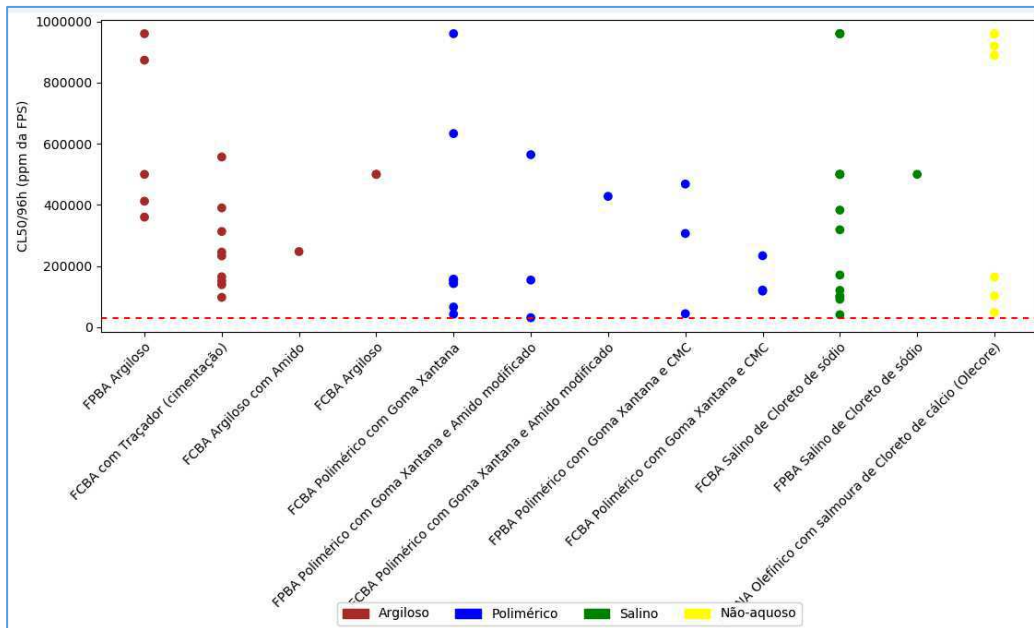
Tipologia (Formulação)	Quantidade de Amostras	Grupo Atribuído
FPBA Argiloso	5	Argiloso
FCBA com Traçador (cimentação)	9	
FCBA Argiloso com Amido	1	
FCBA Argiloso	2	
FCBA Polimérico com Goma Xantana	9	Polimérico
FPBA Polimérico com Goma Xantana e Amido modificado	3	
FCBA Polimérico com Goma Xantana e Amido modificado	1	
FPBA Polimérico com Goma Xantana e CMC	3	
FCBA Polimérico com Goma Xantana e CMC	3	
FCBA Salino de Cloreto de sódio	14	Salino
FPBA Salino de Cloreto de sódio	1	
FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de cálcio (Olecore)	7	Não-aquoso

Em cada um dos 4 grupos estabelecidos, foi aplicado o teste de detecção de dados extremos - teste de Grubs (Tabela 7).

**Tabela 7:** Análise de *outliers* para os grupos atribuídos.

Grupo Atribuído	Quantidade de análises	Outliers
Argiloso	17	0
Não-Aquoso	7	0
Polimérico	19	1
Salino	15	0

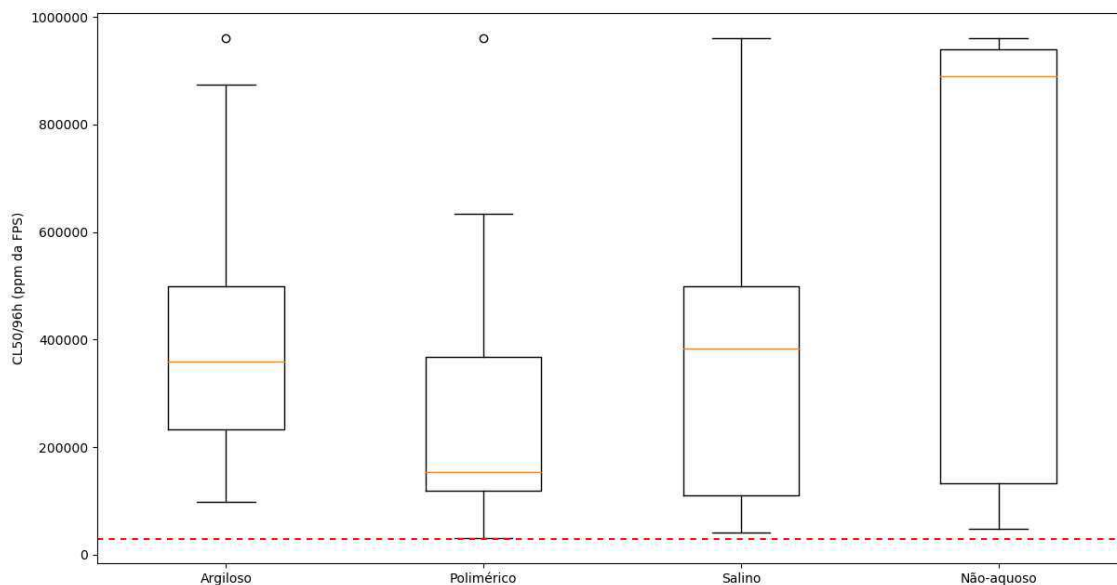
Na Figura 1 a seguir, estão dispostos os 58 dados obtidos para o parâmetro ecotoxicidade aguda em coluna d'água nos fluidos monitorados no período e área de abrangência deste relatório.



**Figura 1:** Resultados de ecotoxi-Mya por fluidos e seus grupos atribuídos.

O gráfico indicado na Figura 2 auxilia na compreensão da dispersão dos resultados de ecotoxicidade (CL50,96h da FPS) e tem como objetivo apresentar a variabilidade global dos resultados obtidos para fluidos empregados pela Petrobras na abrangência deste relatório. Neste gráfico, a linha pontilhada representa o valor de aceitação para a ecotoxicidade aguda (CL50,96h deve ser maior ou igual a 30.000 ppm da FPS). Na região do gráfico abaixo deste valor, estariam representados os fluidos cujo resultado de ecotoxicidade não atendeu ao limite estabelecido para o descarte. Para este conjunto de dados, não houve fluido com esta característica, tal como indicado na tabela 05 deste relatório.

O *boxplot* é uma ferramenta que permite constatar a ampla distribuição dos dados de ecotoxicidade dentro de cada grupo de fluidos e, principalmente, entre grupos. Representa uma conveniente ferramenta exploratória para análise de um conjunto de dados.



**Figura 2:** Gráfico de *boxplot* dos resultados de CL 50, 96 h referentes ao 13º Período da AGBC discriminados pelos grupos atribuídos.

Os resultados dos parâmetros estatísticos associados a este conjunto de dados estão sumariados na Tabela 8:

**Tabela 8:** Parâmetros estatísticos relevantes para a construção do *Boxplot* da Figura 2.

Parâmetro	Valor Encontrado			
	Argiloso	Polimérico	Salino	Não-Aquoso
Quantidade	17	19	15	7
Média	390.867	220.357	413.752	577.569
Mediana	360.062	153.928	382.992	888.840
Q25	233.258	119.019	110.934	133.264
Q75	500.000	288.408	500.000	939.650
Mínimo	97.633	31.110	40.981	48.315
Máximo	960.000	960.000	960.000	960.000

Para as análises de ecotoxicidade aguda em coluna d'água (ensaio com misídeo) deste período, os resultados reforçam a tendência de uma grande dispersão. Pode-se observar pela Figura 2 que a mediana do valor de CL50,96h para os diferentes grupos de fluido encontra-se entre 153.928 e 888.840 ppm da FPS.

Com o objetivo de verificar se existe ou não diferença estatisticamente significativa nos valores de ecotoxicidade (ppm da CL50,96h) entre os 4 grupos de fluidos, utilizou-se o teste *t-student* pareado para grupos independentes.

A Tabela 9 ilustra os pares de grupos testados para o *t-student*. Os testes foram realizados com o auxílio da ferramenta estatística PYTHON e consideraram  $\alpha = 0,05$  (grau de confiabilidade de 95%).

Tabela 9: Pares de grupos testados com *t-student*.

	Grupo 1	Grupo2	p-value	Resultado	Conclusão
GRUPOS ATRIBUIDOS	Argiloso	Polimérico	0,0251	$p < \alpha$	Há elementos para rejeitar H0
	Argiloso	Salino	0,8234	$p > \alpha$	Não há elementos para rejeitar H0
	Argiloso	Não-aquoso	0,1957	$p > \alpha$	Não há elementos para rejeitar H0
	Polimérico	Salino	0,0412	$p < \alpha$	Há elementos para rejeitar H0
	Polimérico	Não-aquoso	0,0080	$p < \alpha$	Há elementos para rejeitar H0
	Salino	Não-aquoso	0,3419	$p > \alpha$	Não há elementos para rejeitar H0

Análises realizadas no PYTHON

 $\alpha = 0,05$ 

Para o teste estatístico, a seguinte hipótese nula ( $H_0$ ) foi postulada:

$H_0$ : Não há diferença entre os valores de ecotoxicidade dos dois grupos de fluidos testados.

Para o conjunto de resultados testados, nas seis análises realizadas, metade (3) dos resultados obtidos para *p-value* foram menores do que o valor de  $\alpha$  empregado e metade (3) superiores ao valor de  $\alpha$  empregado. Isto sugere, que metade dos grupos testados (Polimérico x Argiloso / Polimérico x Não-Aquoso / Polimérico x Salino) tem inconsistência com  $H_0$ , enquanto a outra metade (Argiloso x Salino / Argiloso x Não-Aquoso / Salino x Não-Aquoso) apresenta consistência com  $H_0$ . Os resultados estão resumidos na Tabela 9. As análises cujos resultados de *p* bicaudal são tais que apresentaram inconsistência com a hipótese nula ( $p < \alpha$ ) são aquelas realizadas com o grupo de fluidos poliméricos.

Como o número de amostras que compõem cada grupo é discrepante, é possível que esta conclusão se restrinja ao cenário testado. Não obstante, o ensaio é válido nesta condição.

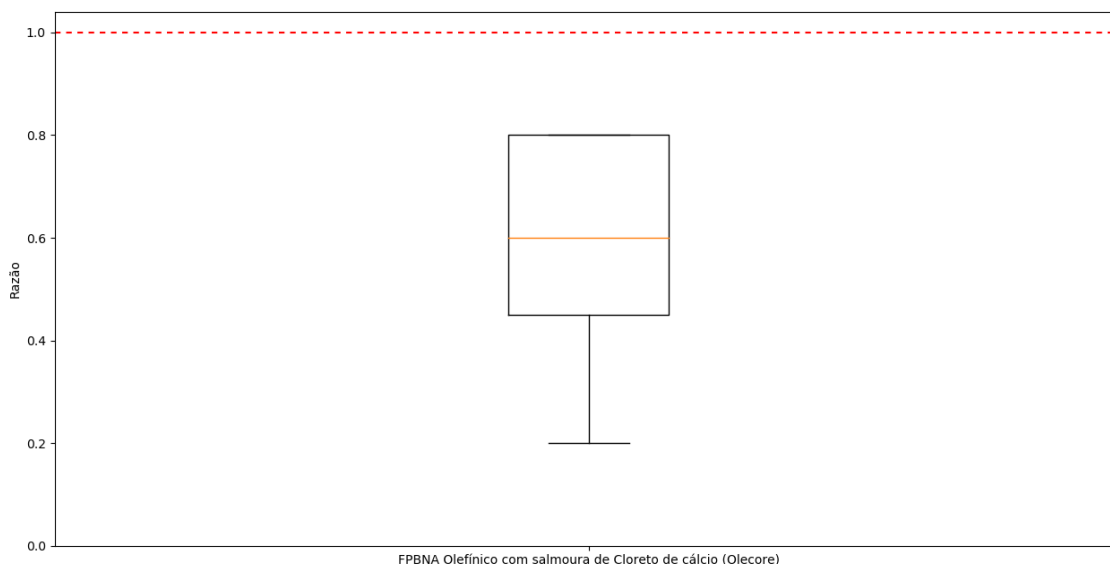
Para todos grupos pareados analisados onde um dos grupos era o **Polimérico**, os resultados do *p*-bicaudal foram inferiores ao  $\alpha$ , logo, há elementos que sugerem que os valores de ecotoxicidade aguda em coluna d'água do grupo de **Polimérico** diferem dos valores de ecotoxicidade aguda em coluna d'água dos demais grupos.

Esta observação pode ser corroborada visualmente no próprio gráfico de *box-plot*, onde os dados do grupo **Polimérico** estão numa faixa de resultados separados e inferiores aos dados dos gráficos *box-plot* dos demais grupos.

Para as demais análises (sem a presença do Grupo **Polimérico**) os resultados de *p*-bicaudal foram superiores a  $\alpha$ , logo, não há elementos que sugiram diferença entre os resultados de ecotoxicidade aguda em coluna d'água entre estes grupos estudados.

### 3.1.2 Ecotoxicidade aguda com organismo de sedimento

A Figura 3 ilustra a distribuição dos resultados de ecotoxicidade aguda com organismo de sedimento em *box-plot*.



**Figura 3:** *Box-plot* dos valores de razão de ecotoxicidade com organismo de sedimento para FPBNA Olefinico com salmoura de Cloreto de cálcio.

Os resultados dos parâmetros estatísticos associados a este conjunto de dados estão resumidos na Tabela 10:

**Tabela 10:** Parâmetros estatísticos relevantes para a construção do *Box-plot*.

Parâmetro	Valor Encontrado
Quantidade	7
Média	0,6
Mediana	0,6
Q25	0,5
Q75	0,8
Mínimo	0,2
Máximo	0,8

Para o monitoramento do 13º Período da AGBC, o índice de aprovação da análise de ecotoxicidade aguda em organismo de sedimento foi de 100%.

Este nível de aprovação (superior a períodos anteriores) foi fruto de um trabalho intenso do corpo técnico (consultores e gestores do contrato do laboratório que executa esta análise) da Petrobras em auditorias criteriosas no laboratório analítico responsável por essa análise. Isso mostra o nível de maturidade que o laboratório vem adquirindo com a experiência e a troca de conhecimento durante os períodos de monitoramento.



### 3.1.3 Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos - HPA

Majoritariamente, os HPA em amostras de fluidos aquosos e cascalhos não são quantificáveis e, nestes casos, são reportados nos laudos analíticos como menor do que o limite de quantificação. Esta constatação é recorrente e se mantém com esta característica ao longo dos diversos períodos nos quais a determinação de HPA vem sendo realizada nestes compartimentos.

Exclusivamente para fins tratamento estatístico dos dados, para os casos onde as concentrações de todos os 16 HPA prioritários ficaram abaixo do limite de quantificação (LQ), o resultado do HPA total foi estabelecido como 0 (ZERO). Para os casos, onde um ou mais HPA prioritários apresentaram uma concentração superior ao LQ, o valor do HPA total foi a somatória das cargas destes HPA prioritários medidos.

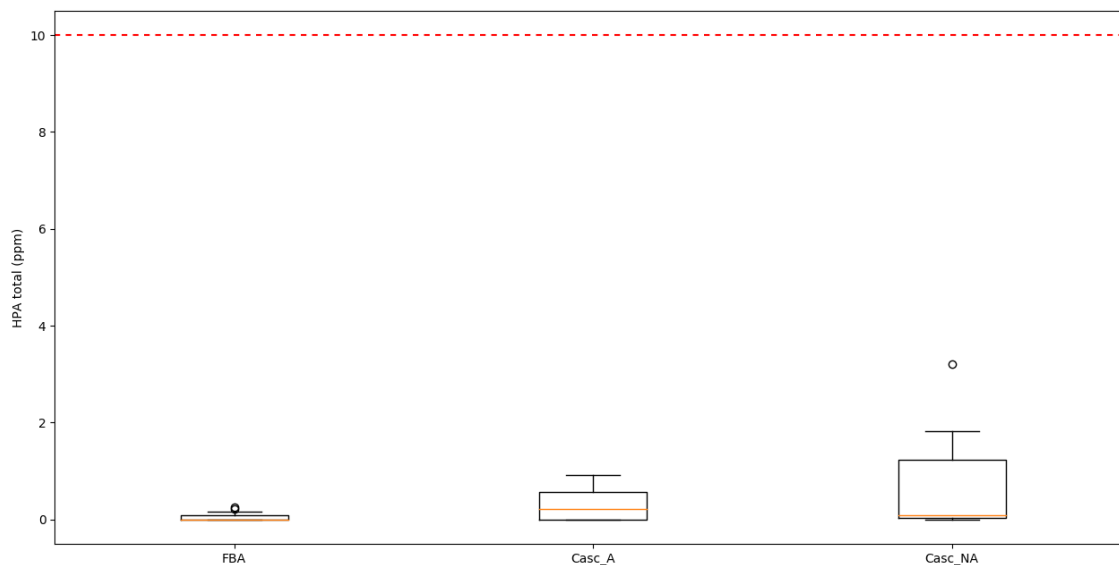
Vale salientar que a planilha para preenchimento dos resultados deste relatório, proposta pelo IBAMA, indica que a concentração de HPA deve ser expressa em  $\text{kg.m}^{-3}$ , seja para fluidos ou para cascalho. Contudo, os resultados dos laudos de análise apresentados pelo laboratório externo estão expressos em  $\text{mg.Kg}^{-1}$ . Para esta conversão de unidade, faz-se necessário o emprego da densidade do compartimento analisado (fluido ou do cascalho), tal como indicado na **Equação 1** a seguir:

$$\text{Concentração } \left( \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) = \text{Concentração } \left( \frac{\text{mg}}{\text{Kg}} \right) \times \text{densidade } \left( \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) \times 10^{-3}$$

**Equação 1:** Conversão de unidades para concentrações de HPA e metais

Foi realizada uma tentativa de análise dos valores totais de HPA agrupando os dados por matriz de amostra: fluidos de base aquosa (FBA), cascalho associados a fluidos de base aquosa (Casc\_A) e cascalho associados a fluidos de base não-aquosa (Casc\_NA).

Como os resultados de HPA em fluidos base aquosa, em sua maioria expressiva, foram expressos como abaixo do limite de quantificação, observa-se uma predominância muito acentuada de um único valor (igual ao limite de quantificação = ZERO), fazendo com que “zero” seja a moda deste conjunto de dados. Este fenômeno prejudica o teste de valores extremos, pois induz, equivocadamente, que qualquer valor diferente de zero (valor da moda) seja considerado um valor extremo segundo os critérios do teste. Desta forma, apesar do teste sugerir que estes valores seriam extremos, estes não foram retirados dos conjuntos de dados. Os resultados desta análise numérica estão ilustrados na Figura 4.



**Figura 4:** Boxplot dos valores HPA para os grupos Casc\_A, Casc\_NA e FBA.

Não houve reprovação para o critério de HPA ( $\Sigma\text{HPA} > 10 \text{ mg/kg}$ ) nas 34 análises de HPA realizadas nos compartimentos Casc\_A, Casc\_NA e FBA. O compartimento FBA teve muitas análises com resultados abaixo do limite de quantificação, enquanto que para o compartimento Casc\_NA, os resultados das análises de HPA foram mais dispersos e com alguns valores quantificáveis.

#### 3.1.4 Metais e metaloides.

A presença de metais e metaloides em fluidos e cascalho decorrem, predominantemente, da característica da formação perfurada e da baritina (sulfato de bário), que é utilizada como adensante no fluido.

Para formações com predominância de argilas, espera-se observar valores expressivos de silício e alumínio, enquanto que para formações com predominância de arenitos, prevalece o silício, sem a presença pronunciada de alumínio.

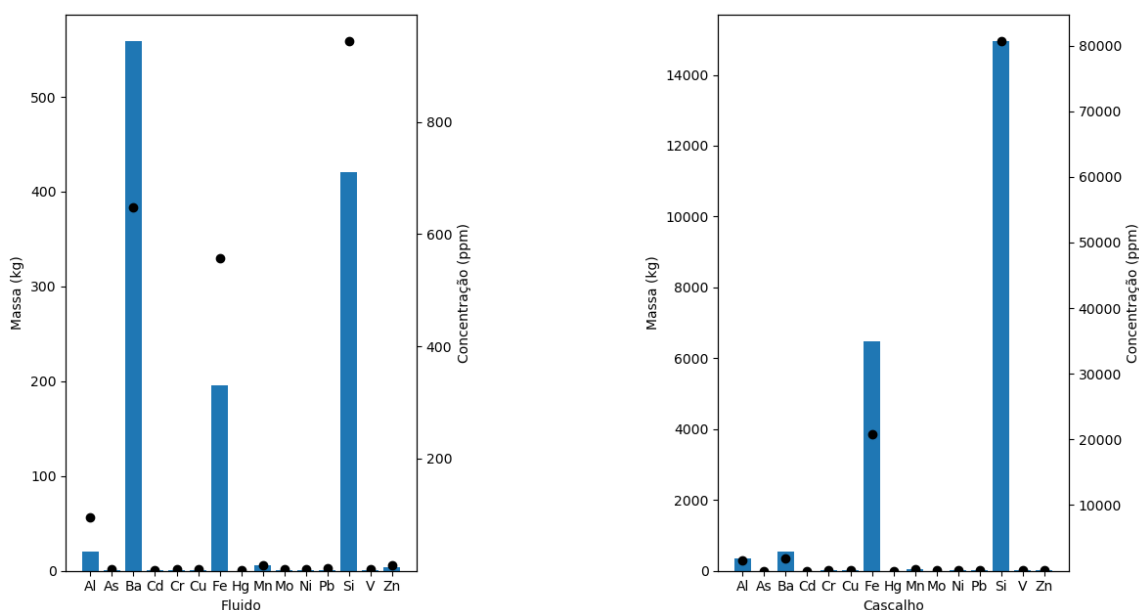
Para as formações com predominância de carbonatos e halita, não se espera influência nos metais monitorados. Desta forma, a expectativa é de que os principais aportes de metais e metaloides em ambiente marinho sejam de silício, alumínio, ferro e bário. Os elementos silício, alumínio e ferro são constituintes comuns dos minerais que constituem as formações rochosas e ocorrem em forma inerte, assim como o bário, na forma de sulfato de bário, advindo do fluido.

A Figura 5 ilustra as médias das concentrações e os aportes dos diferentes metais.

Importante salientar que, tal como as concentrações dos resultados de HPA, os resultados de metais e metaloides devem ser expressos em  $\text{kg.m}^{-3}$  na planilha de resultados. Como os resultados dos laudos de análise estão expressos em  $\text{mg.Kg}^{-1}$ , fez-

se necessário converter o resultado indicado no laudo analítico empregando a densidade do compartimento em questão (fluido), conforme indicado na planilha. Para tal conversão, a mesma fórmula indicada na Equação 1 foi empregada.

Para os metais cuja concentração medida ficou abaixo do Limite de Quantificação (LQ), o gráfico abaixo utilizou o valor do LQ para calcular a média da concentração destes metais (representada pelos pontos), no entanto, no cálculo do aporte destes metais em ambiente marinho (representada pelas barras), para os metais cuja concentração medida ficou abaixo do Limite de Quantificação (LQ), a massa destes metais não foi calculada.



**Figura 5:** Concentrações médias e aportes de metais. Pontos: concentração média; barras: massa do elemento.

Ressalta-se que as determinações de metais foram realizadas segundo a metodologia recomendada na diretriz vigente, qual seja o método US EPA 3052 (Digestão Ácida da Amostra). Como já discutido, este método procede a uma dissolução total da amostra, de forma que amostras preparadas segundo esta metodologia tenderão a apresentar resultados de metais que não agregarão relevância ambiental para fins de monitoramento e/ou estudo, haja vista que em um processo natural ou antrópico não intencional, não haveria disponibilização para a natureza de todo o conteúdo de metais presente na amostra.

#### 4. CONCLUSÕES

O 13º Período da Área Geográfica da Bacia de Campos (AGBC) monitorou 23 intervenções realizando 133 análises entre químicas e ecotoxicológicas.

Com relação às análises de ecotoxicidade aguda em coluna d'água, para o universo de amostras testadas, os testes de hipótese (*t-student*) mostram que houve diferença entre os valores médios dos resultados de ecotoxicidade dos grupos de fluidos nos pares de testes onde um dos grupos era Polimérico. Tal fato pode ser corroborado pela análise dos gráficos de box-plot de cada grupo, onde os valores de ecotoxicidade aguda em coluna d'água para o grupo de Polimérico estão separados e inferiores aos resultados dos demais grupos (argilosos, não-aquosos e salinos).

Para as análises de ecotoxicidade aguda em organismo de sedimento (7 análises), nenhuma amostra apresentou resultado em desacordo com o limite estabelecido como referência para o descarte do cascalho. A Petrobras reconhece que o ensaio de ecotoxicidade em organismos de sedimento teve uma lenta curva de aprendizagem, e que através de auditorias técnicas e acompanhamento das análises nos laboratórios contratados, a maturidade do laboratório nesta análise foi incrementando e, atualmente, encontra-se em estágio desejável para a prestação do serviço. De maneira a não perder o foco, a Petrobras tem envidado esforços para incrementar a prestação deste serviço no Brasil, diversificando os fornecedores e fomentando a melhoria da qualidade deste ensaio.

Todos os resultados das análises de HPA ficaram abaixo do valor regulatório (10 mg/kg), sendo a maioria destes valores considerados como censurados (abaixo do limite de quantificação/deteccção). O excesso de resultados abaixo do limite de quantificação levou à predominância de um único valor na base de dados (ZERO), comprometendo os testes de valores extremos. Adicionalmente, pelo perfil dos resultados, a moda obtida coincidiu, artificialmente, com a valor mínimo.

As análises de metais mostraram a predominância de descartes de silício (Si), alumínio (Al) e Ferro (Fe).

#### 5. AVALIAÇÃO CRÍTICA DA EFETIVIDADE DO PROJETO E RECOMENDAÇÕES

Reconhecendo os benefícios decorrentes da forma indicada pelo Ibama para apresentação dos resultados do monitoramento de fluidos e cascalho e, na busca de melhorias contínuas deste processo, a Petrobras sugere o seguinte ajuste:


- (i) que a análise estatística dos dados seja apresentada em base anual, considerando todos os poços objetos de monitoramento nas diferentes áreas geográficas. Esta estratégia permitirá uma análise mais enriquecedora e produtiva, gerando uma análise crítica do processo pelo maior volume de dados disponíveis. Não obstante a esta proposta, os dados do monitoramento de

fluidos e cascalho da AGBC continuariam a ser apresentados conforme a frequência estabelecida pela licença;

- (ii) que os valores das concentração dos analitos químicos (HPA e metais) sejam reportados na planilha de resultados (Dados de monitoramento) com as mesmas unidades dos laudos emitidos pelos laboratórios externos. Esta sugestão indica a alteração apenas da concentração das células de “concentração” e mantém a unidade da célula “massa” em (kg), tal como previsto na planilha de Dados de Monitoramento.

No que tange a melhorias, vale destacar que neste relatório os dados dos ensaios de iridescência estática (*sheen test*), detecção de hidrocarbonetos (RPE) e teor de base orgânica aderida ao cascalho já compõem registros específicos assinados, fato que favorece a conformidade com o requisito estabelecido para o registro destes ensaios. No período equivalente a este relatório, os resultados dos parâmetros físico-químico de fluidos (densidade, salinidade, pH e temperatura) também estão indicados nos relatórios de iridescência estática (*sheen test*).

## 6. EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Antônio Claudio Martinez Geraci
Empresa	PETROBRAS
Registro no Conselho de Classe	CRQ3 – 03250912
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	7209904
Responsável pela(s) Seção(ões)	Projeto de Monitoramento de Fluidos e Cascalhos (PMFC)
Assinatura	

# ANEXO 1

Informações adicionais sobre o monitoramento de fluidos e cascalhos realizado no Poço 9-MLL-83-RJS.

## Sumário

1. Introdução .....	22
2. Perfuração do poço 9-MLL-83-RJS.....	23
2.1 Lay- Out do poço .....	23
2.2 Construção do poço 9-MLL-83-RJS .....	24
3. Notas Finais .....	28

## Lista de Figuras

Figura 1: Lay-out da construção do poço 9-MLL-83-RJS .....	23
Figura 2: Desenho esquemático das estacas posicionadas ao lado da cabeça do poço.....	27

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Dados dos fluidos monitorados na Fase 1 do poço 9-MLL-83-RJS.....	24
Tabela 2: Dados dos fluidos monitorados na Fase 2 do poço 9-MLL-83-RJS.....	24
Tabela 3: : Dados dos fluidos monitorados na Fase 3 do poço 9-MLL-83-RJS. ....	25
Tabela 4: Dados dos fluidos monitorados na Fase 4 do poço 9-MLL-83-RJS.....	28
Tabela 5: Dados dos fluidos monitorados na Fase 5 do poço 9-MLL-83-RJS.....	28



## 1. Introdução

O Poço 9-MLL-83-RJS faz parte do 13º Período de monitoramento de fluidos e cascalhos da Área Geográfica da Bacia de Campos (AGBC) e foi perfurado entre os dias 08/09/2019 a 16/12/2019 pela sonda NS-33. Este poço teve algumas dificuldades operacionais durante a perfuração da Fase 3, fazendo-se necessários alguns ajustes no monitoramento de fluidos e cascalho

O objetivo principal deste anexo é esclarecer e justificar os ajustes do monitoramento de fluidos e cascalho realizados na perfuração deste poço e dirimir possíveis dúvidas que possam surgir.

## 2. Perfuração do poço 9-MLL-83-RJS

### 2.1 Lay- Out do poço

A perfuração do poço 9-MLL-83-RJS foi finalizada com o seguinte lay-out (Figura 1).

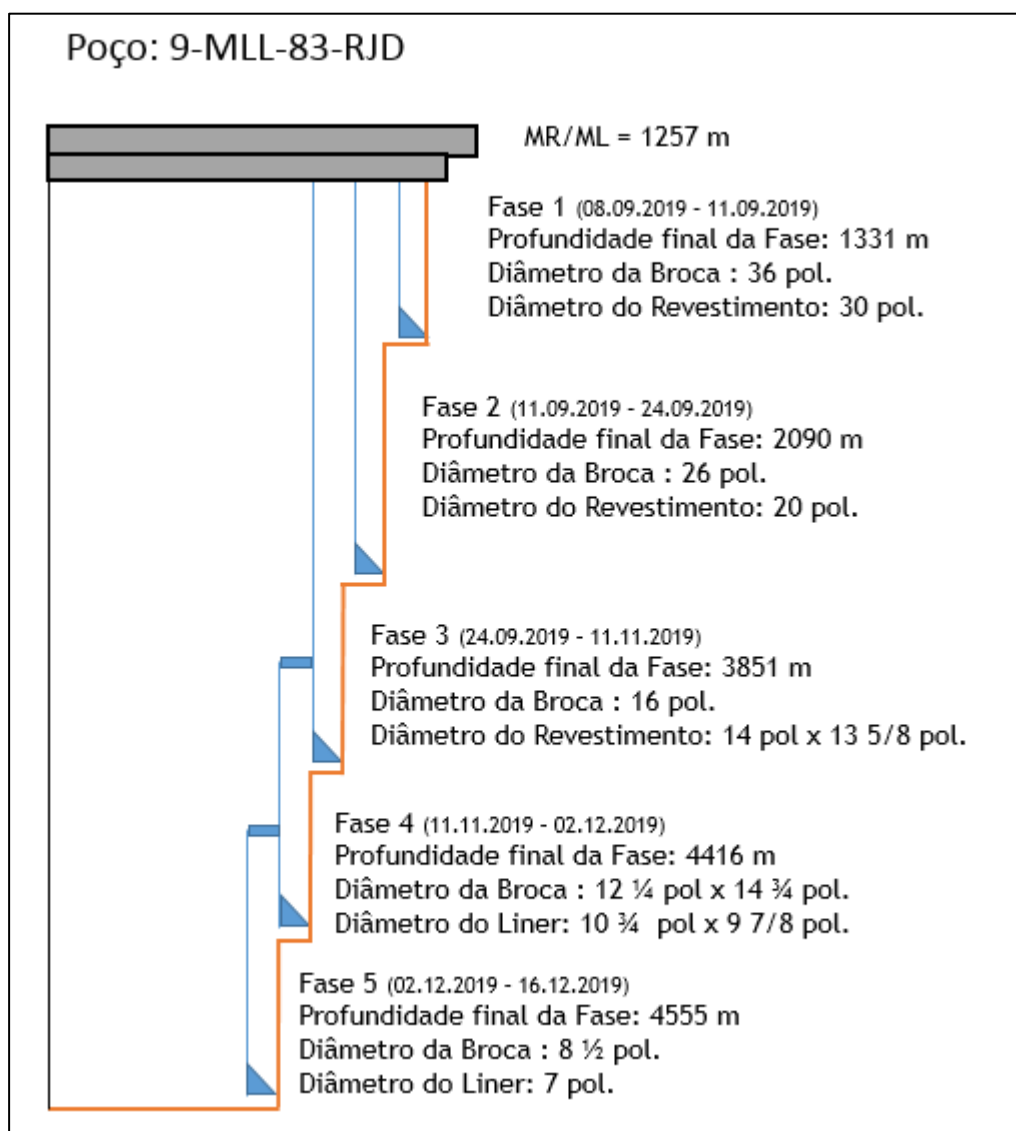


Figura 1: Lay-out da construção do poço 9-MLL-83-RJS.

## 2.2 Construção do poço 9-MLL-83-RJS

A Fase 1 foi perfurada com broca de 36'' de 1257 m a 1331m. Os fluidos utilizados na perfuração desta fase e as amostras coletadas, assim como as análises realizadas, estão listados na **Tabela 1** abaixo:

**Tabela 11: Dados dos fluidos monitorados na Fase 1 do poço 9-MLL-83-RJS.**

Fase	Fluido	Período de Uso	nº Amostra	Coleta	Análises	Observações
1	FPBA Argiloso (fases 1&2)	08.09.2019 - 12.09.2019	563	Antes do Uso	Ecotoxi-Mya	Amostra coletada na Fase 1
	FCBA com Traçador (cimentação)	09.09.2019 - 09.09.2019	562	Antes do Uso	Ecotoxi-Mya	-

A Fase 2 foi perfurada com broca de 26'' de 1331 m a 2090 m. Os fluidos utilizados na perfuração desta fase e as amostras coletadas, assim como as análises realizadas, estão listados na **Tabela 2** abaixo:

**Tabela 2: Dados dos fluidos monitorados na Fase 2 do poço 9-MLL-83-RJS.**

Fase	Fluido	Período de Uso	nº Amostra	Coleta	Análises	Observações
2	FPBA Argiloso (fases 1&2)	08.09.2019 - 12.09.2019	563	Antes do Uso	Ecotoxi-Mya	Amostra coletada na Fase 1
	FCBA com Traçador (cimentação)	14.09.2019 - 14.09.2019	566	Antes do Uso	Ecotoxi-Mya	-
	FPBA Polimérico com Goma Xantana e CMC	12.09.2019 - 12.09.2019	568	Antes do Uso	Ecotoxi-Mya	-

A Fase 3 foi perfurada com broca de 16'' de 2090 m a 3851 m. Nesta fase, foram necessários ajustes no monitoramento de fluidos e cascalho de forma a adequá-lo à operação executada em resposta às dificuldades operacionais encontradas na perfuração desta fase. Na Tabela 3 abaixo estão listados os fluidos e cascalhos monitorados na Fase 3. A seguir será detalhado as operações realizadas, correlacionando-as com as amostras coletadas.

**Tabela 12: : Dados dos fluidos e cascalho monitorados na Fase 3 do poço 9-MLL-83-RJS.**

Fase	Fluido	Período de Uso	n° Amostra	Coleta	Análises	Observações
3	FPBNA Olefínico com CaCl <sub>2</sub> (Olecore)	24.09.2019 - 11.10.2019	586	Pós Uso	Ecotoxi-Mya Ecotoxi-Lep	-
	Cascalhos_FPBNA Olefínico com CaCl <sub>2</sub> (Olecore)	24.09.2019 - 29.09.2019	587	Pós Uso	Metais HPA	-
	FPBA Polimérico com Goma Xantana e CMC (Fluido cadastrado para ser utilizado na Fase 4)	08.10.2019 - 11.10.2019	601	Pré-descarte	Ecotoxi-Mya Metais HPA	Este fluido seria utilizado na perfuração da Fase 4, no entanto o mesmo foi descartado antes do início da fase 4 para reparo da instabilidade da cabeça do poço
	FCBA com Traçador (cimentação)	03.11.2019 - 03.11.2019	639	Antes do Uso	Ecotoxi-Mya	Fluido utilizado para a verificação da instabilidade da cabeça do poço
	FCBA Polimérico com Goma Xantana e CMC	02.11.2019 - 05.11.2019	641	Antes do Uso	Ecotoxi-Mya	Fluido utilizado para estabilizar os poços perfurados nas estacas
	FPBA Salino de NaCl	02.11.2019 - 05.11.2019	642	Antes do Uso	Ecotoxi-Mya	Fluido utilizado para perfuração dos poços nas estacas de cimento
	FCBA Polimérico com Goma Xantana	11.11.2019 - 11.11.2019	653	Pré-descarte	Ecotoxi-Mya Metais HPA	Fluido utilizado na descida da broca de 12 1/4" com alargador de 14 3/4"
	FCBA Salino de NaCl	11.11.2019 - 16.11.2019	658	Pré-descarte	Ecotoxi-Mya Metais HPA	Fluido utilizado na descida da broca de 12 1/4" com alargador de 14 3/4"
	FCBA com adensante (cimentação)	04.10.2019-04.10.2019	sem amostra	sem amostra	NA	Fluido utilizado na cimentação do revestimento de 14 x 13 5/8"

Toda a perfuração da Fase 3 (de 2090 m → 3851m) foi realizada com o fluido FPBNA Olefínico de Cloreto de Cálcio (Olecore). As amostras compostas do FPBNA Olefínico de Cloreto de Cálcio (Olecore) (Amostra # 586) e do cascalho com FPBNA Olefínico de Cloreto de Cálcio (Olecore) aderido (Amostra # 587) foram coletadas e analisadas.

Ao término da perfuração da Fase 3, considerando a instalação e a cimentação do revestimento combinado de 14'' e 13 5/8'', foi descido BHA (*Bottom hole assembly*) de perfuração da Fase 4 com broca de 12 1/4'' e alargador de 14 3/4''. Ao final da descida deste BHA o FPBNA Olefínico de Cloreto de Cálcio (Olecore) foi substituído por FPBA Polimérico com Goma Xantana e CMC (Amostra# 601). No dia 09.10.2019, após uma verificação de rotina das condições da cabeça do poço por um ROV (veículo operado remotamente), foi observado que as inclinações da cabeça do poço estavam fora dos padrões de segurança.

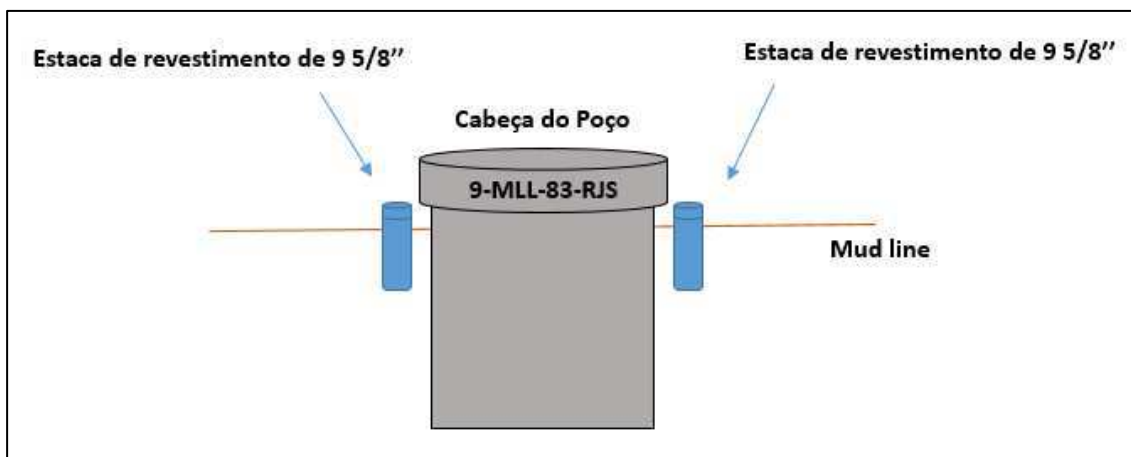
Para reestabelecer as condições seguras da cabeça do poço, decidiu-se pela seguinte sequência operacional: (i) substituição do FPBA Polimérico com Goma Xantana e CMC por água do mar, (ii) retirada do BHA com broca de 12 1/4'' +

alargador 14 3/4” e (iii) retirada do BOP e riser para iniciar a instalação das “estacas” de estabilização da cabeça de poço.

Nesta operação, foram descartados 1340 bbl de FPBA Polimérico com Goma Xantana e CMC (que estava posicionado no poço) e uma amostra foi coletada (amostra # 601) no dia 11/10/2019. Importante esclarecer que este fluido já estava previamente cadastrado como **FPBA** e, segundo projeto original do poço, teria sido utilizado na perfuração da Fase 4. Contudo, tal como descrito anteriormente, o descarte deste fluido ocorreu efetivamente durante a fase 3, tal como indica o registro do laudo de iridescência estática.

Frente a alteração do projeto, este fluido não foi empregado na perfuração (com geração de cascalho) da fase 4, uma vez que, naquele momento, a fase 4 fora suspensa para reparo/reestabelecimento das condições estruturais da cabeça de poço. Como o fluido já estava cadastrado na ferramenta de controle de amostra segundo as informações iniciais do projeto do poço, sua identificação foi mantida como “amostra#601 FPBA Polimérico com goma xantana e CMC - Poço 9-MLL-83RJS Fase Perfuração **fase 4** - Sonda NS-33. Desta maneira, apesar do descarte ter ocorrido durante a fase 3, o cadastro da amostra foi mantido segundo as premissas de projeto e, por isto, a identificação da amostra nos laudos de ecotoxicidade e de ensaios químicos, bem como na planilha “13° PMFC AGBC.ods” sugerirem que o descarte do fluido tenha ocorrido na fase 4.

Para a restauração da estabilidade da cabeça de poço, a Petrobras perfurou (com broca de 8 1/2”), instalou e cimentou 4 “estacas” (revestimento de 9 5/8”) defasadas de 90° a 1,0 m do epicentro da cabeça do poço (Figura 2). A instalação destas estacas teve como objetivo restringir o movimento e consequentemente a angulação da cabeça do poço de forma a viabilizar o resto do projeto de perfuração do poço.



**Figura 2: Desenho esquemático das estacas posicionadas ao lado da cabeça do poço.**

A perfuração e instalação das estacas foi realizada sem o conjunto BOP/Riser e foram utilizados os fluidos FPBA Salino de Cloreto de Sódio (amostra #642) e FCBA Polimérico com Goma Xantana e CMC (amostra #641) nesta operação. Como dito acima, por se tratar de operações sem BOP/Riser, logo sem retorno à plataforma, as amostras foram coletadas **antes do uso** e referenciadas a Fase 3.

Para a cimentação das estacas foi utilizado o FCBA com traçador (cimentação) (amostra #639). Por se tratar de uma cimentação a poço aberto, esta amostra também foi coletada antes do uso.

As demais fases (Fases 4 e 5) foram perfuradas conforme o planejado. Segue um pequeno detalhamento das mesmas a seguir.

A Fase 4 foi perfurada com broca de 12 ¼" + (alargador) 14 ¾" de 3851 m a 4416 m. Os fluidos utilizados na perfuração desta fase e as amostras coletadas, assim como as análises realizadas, estão listados na **Tabela 4** abaixo:

**Tabela 13: Dados dos fluidos e cascalho monitorados na Fase 4 do poço 9-MLL-83-RJS.**

Fase	Fluido	Período de Uso	n° Amostra	Coleta	Análises	Observações
4	FPBA Polimérico com Goma Xantana e CMC	11.11.2019 - 27.11.2019	672	Pré-descarte	Ecotoxi-Mya Metais HPA	-
	Cascalhos_FPBA Polimérico com Goma Xantana e CMC	11.11.2019 - 14.11.2019	662	Pré-descarte	Metais HPA	-
	FCBA Salino de NaCl	24.11.2019 - 02.12.2019	690	Pré-descarte	Ecotoxi-Mya Metais HPA	-
	FCBA com adensante (cimentação)	25.11.2019 - 25.11.2019	sem amostra	sem amostra	NA	-

A Fase 5 foi perfurada com broca de 8 ½” de 4416 m a 4570 m. Os fluidos utilizados na perfuração desta fase e as amostras coletadas, assim como as análises realizadas, estão listados na **Tabela 5** abaixo:

**Tabela 14: Dados dos fluidos e cascalho monitorados na Fase 5 do poço 9-MLL-83-RJS.**

Fase	Fluido	Período de Uso	n° Amostra	Coleta	Análises	Observações
5	FPBA Polimérico com Goma Xantana e HPA	01.12.2019 - 16.12.2019	693	Pré-descarte	Ecotoxi-Mya Metais HPA	-
	Cascalhos_FPBA Polimérico com Goma Xantana e HPA	02.12.2019 - 02.12.2019	689	Pré-descarte	Metais HPA	-
	FCBA com surfactante (cimentação)	15.12.2019 - 15.12.2019	sem amostra	sem amostra	NA	
	FCBA com adensante (cimentação)	15.12.2019 - 15.12.2019	sem amostra	sem amostra	NA	

### 3. Notas Finais

O monitoramento de fluidos e cascalhos do poço 9-MLL-83-RJS necessitou alguns ajustes devido às operações necessárias para solucionar um problema estrutural da cabeça do poço observado antes do início da perfuração da Fase 4.

Foi detalhado o monitoramento do FPBA Polimérico com Goma Xantana e CMC (amostra # 601) e o motivo pelo qual este fluido foi indicado como utilizado na Fase 4 na planilha de resultados “13° PMFC AGBC.ods”. Adicionalmente, também foi esclarecido o porquê do mesmo ter sido caracterizado como fluido de “perfuração” mesmo sem ter sido utilizado na perfuração propriamente dita da Fase 4 e tampouco ter cascalho associado.

Por fim, para reestabelecimento das condições estruturais da cabeça do poço, a Petrobras perfurou (com broca de 8 ½”), instalou e cimentou 4 “estacas”

(revestimento de 9 5/8'') defasadas de 90° a 1,0 m do epicentro da cabeça do poço. Como esta operação foi realizada a poço aberto (sem a presença do conjunto Riser/BOP), todo o monitoramento dos fluidos utilizados nesta operação específica foram idênticos aos fluidos utilizados em fase sem retorno, segundo especificado nas diretrizes anexas ao Ofício nº 470/2019/COEXP/CGMAC/DILIC.

“Os fluidos de perfuração/complementares empregados nas fases sem retorno deverão atender o limite de CL 50-96h > 30.000 ppm da FPS, por meio das normas ABNT NBR 15308 e ABNT NBR 15469. Fica proibido o uso dos fluidos que não atendam ao limite máximo de ecotoxicidade.

Para a realização de ensaio, os fluidos utilizados nas fases sem retorno deverão ser amostrados em momento prévio ao uso.”