

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

Sumário

1. INTRODUÇÃO	3
2. RESUMO DO PERÍODO	5
2.1 Resumo dos descartes em ambiente marinho	5
2.2 Ocorrências no período.	7
3. ANÁLISE CRÍTICA DOS DADOS	12
3.1 Metodologia estatística.	12
3.1.1 Ecotoxicidade aguda com misídeos	14
3.1.2 Ecotoxicidade aguda com organismo de sedimento	18
3.1.3 Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos - HPA	19
3.1.4 Metais e metaloides.	21
4. CONCLUSÕES	22
5. AVALIAÇÃO CRÍTICA DA EFETIVIDADE DO PROJETO E RECOMENDAÇÕES	23
6. EQUIPE TÉCNICA	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Poços monitorados no 14º Período do PMFC da AGBC.....	3
Tabela 2: Informações da completação do poço 7-MLL-82HA-RJS (pendência 13º Período da AGBC).	5
Tabela 3: Volumes de FBA, Casc_A e Casc_NA descartados em uma atividade de um poço monitorado no 14º Período da AGBC.	5
Tabela 4: Volumes totais de FBAs, Casc_A e Casc_NA descartados no período de abrangência deste relatório.	7
Tabela 5: Atividades acompanhadas no 14º Período da AGBC.	7
Tabela 6: Distribuição de análises ecotoxicológicas e químicas do 14º Período da AGBC.	7
Tabela 7: Amostra reprovada na análise de Ecotoxi-Mya no 14º Período da AGBC.	8
Tabela 8: Fluidos e grupos atribuídos para análise de ecotoxicidade aguda com organismo de coluna d' água.	14
Tabela 9: Parâmetros estatísticos dos gráficos box-plot dos grupos atribuídos.	16
Tabela 10: Testes t-student pareados dos grupos atribuídos.	17
Tabela 11: Parâmetros estatísticos dos gráficos box-plot das análises LEPs dos FPNAs analisados no 14º Período da AGBC.	19
Tabela 12: Porcentagem de resultados de HPA < Limite de Quantificação.	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Resultados de ecotoxi-Mya por fluidos monitorados no 14º Período da AGBC.	15
Figura 2: Gráfico de <i>boxplot</i> dos resultados de CL 50, 96 h referentes ao 14º período da AGBC discriminados pelos grupos atribuídos. A linha pontilhada representa o valor de aceitação para a ecotoxicidade aguda (CL50,96h dever ser maior ou igual a 30.000 ppm da FPS).	16
Figura 3: <i>Box-plot</i> dos valores de razão de ecotoxicidade com organismo de sedimento para FPNAs Olefínicos com salmoura de Cloreto de cálcio, FPNAs Olefínicos com salmoura de Cloreto de cálcio (Olecore) e FPNAs Olefínicos com salmoura de Cloreto de sódio.	18
Figura 4: <i>Boxplot</i> dos valores HPA para os grupos FBA, Casc_A e Casc_NA.	20
Figura 5: Concentrações médias e aportes de metais. Pontos: concentração média; barras: massa do elemento.	22

1. INTRODUÇÃO

Em atendimento às “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, avaliação, completação e intervenção (*workover*) da área geográfica da Bacia de Campos (AGBC) referente ao período de 01.01.2020 a 31.12.2020.

Neste relatório, serão apresentados os dados do 14º período do projeto de monitoramento de fluidos e cascalhos conduzido na Bacia de Campos durante o desenvolvimento das atividades de perfuração, completação, avaliação e intervenção (*workover*), conforme o modelo da planilha do “Apêndice III e IV - Dados do monitoramento de fluidos (com volumetria de fluidos e cascalhos)” 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 14º 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 14º Período da AGBC está nomeado como 14º PMFC AGBC.ods. Os laudos analíticos e expeditos digitais referentes a este período monitorado encontram-se em pastas específicas de cada poço. Somente as atividades com fluidos estão detalhadas na planilha supracitada.

A Tabela 1 relaciona os poços monitorados no 14º Período do PMFC da AGBC. As operações de cimentação fazem parte das atividades de perfuração, completação, *workover* e avaliação e, por isto, não aparecem explicitamente na tabela 1.

Tabela 1: Poços monitorados no 14º Período do PMFC da AGBC.

POÇO	ATIVIDADE	DATA DE INÍCIO*	DATA DE FIM*
1-RJS-460	WORKOVER	01/09/2020	29/10/2020
1-RJS-753	PERFURAÇÃO	11/02/2020	17/04/2020
1-RJS-754D	PERFURAÇÃO	04/06/2020	13/10/2020
3-RJS-670	WORKOVER	22/01/2020	01/03/2020
7-AB-25D-RJS	WORKOVER	25/12/2019	30/01/2020
7-BR-56H-RJS	WORKOVER	05/10/2020	14/12/2020
7-BR-71HP-RJS	WORKOVER	05/12/2019	26/01/2020
7-CH-25D-RJS	WORKOVER	27/11/2019	21/01/2020
7-GP-22D-RJS	WORKOVER	15/10/2019	08/01/2020
7-MLL-86HPA-RJS	COMPLETAÇÃO	12/03/2020	01/04/2020
7-MLL-86HPA-RJS	PERFURAÇÃO	23/02/2020	12/03/2020
7-MLL-86HP-RJS	PERFURAÇÃO	13/02/2020	23/02/2020

7-MLS-106H-RJS**	WORKOVER	27/07/2020	01/09/2020
7-MLS-106H-RJS**	WORKOVER	29/10/2020	19/11/2020
7-MLS-21HP-RJS	WORKOVER	15/10/2020	23/11/2020
7-MLS-223HA-RJS	WORKOVER	14/05/2020	14/06/2020
7-MLS-79HP-RJS	WORKOVER	23/08/2020	25/10/2020
7-MRL-100H-RJS	WORKOVER	29/08/2020	05/10/2020
7-MRL-109H-RJS	WORKOVER	26/01/2020	20/02/2020
7-MRL-115H-RJS	WORKOVER	06/10/2020	31/10/2020
7-MRL-123HP-RJS	WORKOVER	17/03/2020	18/04/2020
7-MRL-126HP-RJS	WORKOVER	25/11/2020	27/12/2020
7-MRL-136HP-RJS	WORKOVER	05/11/2020	25/11/2020
7-MRL-167HP-RJS	WORKOVER	12/07/2020	08/08/2020
7-MRL-187HPA-RJS	WORKOVER	30/06/2020	27/07/2020
7-MRL-51-RJS	WORKOVER	31/08/2020	05/11/2020
7-MRL-88H-RJS	WORKOVER	12/11/2020	28/11/2020
7-MRL-8D-RJS	WORKOVER	26/08/2020	06/10/2020
7-PPT-17H-RJS	WORKOVER	06/03/2020	20/04/2020
7-PPT-51HP-RJS	COMPLETAÇÃO	26/09/2019	06/03/2020
7-RO-141HP-RJS	WORKOVER	23/06/2020	29/08/2020
7-TVD-5D-RJS	COMPLETAÇÃO	09/06/2020	12/07/2020
7-TVD-5D-RJS	PERFURAÇÃO	17/04/2020	09/06/2020
8-MLS-238H-RJS	COMPLETAÇÃO	10/05/2020	30/06/2020
8-MLS-238H-RJS	PERFURAÇÃO	01/03/2020	10/05/2020
8-MLS-239H-RJS	PERFURAÇÃO	26/01/2020	13/02/2020
8-MRL-114D-RJS	WORKOVER	20/02/2020	17/03/2020
8-MRL-161HP-RJS	WORKOVER	13/06/2020	11/07/2020
8-MRL-163HP-RJS	WORKOVER	23/11/2020	07/12/2020
8-MRL-181D-RJS	WORKOVER	25/10/2020	05/11/2020
8-MRL-15D-RJS	WORKOVER	18/04/2020	16/05/2020
8-MRL-38H-RJS	WORKOVER	14/06/2020	21/07/2020
8-MRL-57DA-RJS	WORKOVER	14/10/2020	12/11/2020
8-MRL-73D-RJS	WORKOVER	28/11/2020	24/12/2020
8-MRL-90D-RJS	WORKOVER	11/01/2020	26/01/2020
8-RO-170HP-RJS	COMPLETAÇÃO	03/09/2020	03/10/2020
8-RO-170HP-RJS	PERFURAÇÃO	14/08/2020	03/09/2020
8-RO-171D-RJS	COMPLETAÇÃO	04/02/2020	03/03/2020
8-RO-171D-RJS	PERFURAÇÃO	14/12/2019	04/02/2020
9-AB-135D-RJS	AVALIAÇÃO EXPLORATÓRIA	10/05/2020	26/07/2020
9-AB-135D-RJS	PERFURAÇÃO	13/02/2020	10/05/2020
9-MLL-83-RJS	COMPLETAÇÃO	16/12/2019	08/01/2019
9-MLL-85D-RJS	PERFURAÇÃO	08/01/2020	13/02/2020
9-MRL-231DA-RJS**	COMPLETAÇÃO	01/04/2020	20/05/2020
9-MRL-231DA-RJS**	COMPLETAÇÃO	31/10/2020	16/11/2020

9-RO-17D-RJS	WORKOVER	10/05/2020	23/06/2020
9-RO-169D-RJS	PERFURAÇÃO	03/07/2020	14/08/2020

*O início e o fim de uma atividade podem não coincidir com o início do uso do primeiro fluido de uma atividade e o fim do uso do último fluido de uma atividade, pois as datas mencionadas na Tabela 1 acima se referem ao início das operações (navegação para o poço, posicionamento da sonda sobre o poço, descida de coluna, lançamento de beacons...) da unidade marítima em um poço.

**Nesta tabela, alguns poços estão indicados duas ou mais vezes com uma mesma atividade. Isto ocorre pois, nestes poços, uma unidade marítima operou um período realizando uma parte da atividade (p.e: perfuração das fases iniciais); houve uma descontinuidade da operação (a unidade marítima saiu do poço) e, posteriormente, outra unidade marítima (ou as vezes até a mesma) voltou ao poço para dar continuidade à atividade (p.e perfuração das fases finais).

Adicionalmente a este relatório, segue o monitoramento realizado na completção do poço 7-MLL-82HA-RJS (13º Período da AGBC).

Devido a inconsistências verificadas no registro da data de encerramento da atividade desta completção, no fim de 2019, estas informações estão sendo apresentadas junto ao relatório do 14º Período da AGBC. Esta ação está associada exclusivamente ao reporte das informações e em nada comprometeu a integridade e qualidade das amostras do monitoramento. A Tabela 2 mostra as informações do poço com a entrega do relatório de monitoramento pendente.

Tabela 2: Informações da completção do poço 7-MLL-82HA-RJS (pendência 13º Período da AGBC).

Período da Pendência	Poços	Atividade	Início da atividade	Fim da Atividade
13º Período	7-MLL-82HA-RJS	Completção	25/11/2019	08/12/2019

2. RESUMO DO PERÍODO

2.1 Resumo dos descartes em ambiente marinho

A Tabela 3 a seguir, informa os volumes de fluidos de base aquosa (FBA, que é a somatória de FPBAs e/ou FCBAs utilizados na atividade de um poço) e cascalhos com fluido base aquosa aderido e com fluido base não aquosa aderido (Casc_A e Casc_NA, respectivamente) descartados no mar nas operações reportadas por este relatório. Todos os volumes estão indicados em metros cúbicos (m³).

Tabela 3: Volumes de FBA, Casc_A e Casc_NA descartados no 14º Período da AGBC.

Poços	Atividade	Compartimento	Volume descartado no mar (m³)
1-RJS-460	WORKOVER	FBA	692,65
1-RJS-753	PERFURAÇÃO	FBA	1.348,35
		Casc_NA	79,87
1-RJS-754D	PERFURAÇÃO	FBA	1.354,06
		Casc_NA	389,93
3-RJS-670	WORKOVER	FBA	480,18
7-AB-25D-RJS	WORKOVER	FBA	164,09

7-BR-56H-RJS	WORKOVER	FBA	644,32
7-MLL-86HPA-RJS	COMPLETAÇÃO	FBA	889,18
7-MLL-86HPA-RJS	PERFURAÇÃO	FBA	1.348,37
		Casc_A	26,08
		Casc_NA	40,21
7-MLL-86HP-RJS	PERFURAÇÃO	Casc_NA	124,80
7-MLS-21HP-RJS	WORKOVER	FBA	60,42
7-MLS-106H-RJS	WORKOVER	FBA	911,71
7-MLS-223HA-RJS	WORKOVER	FBA	124,02
7-MRL-8D-RJS	WORKOVER	FBA	321,93
7-MRL-51-RJS	WORKOVER	FBA	297,33
7-MRL-88H-RJS	WORKOVER	FBA	54,22
7-MRL-100H-RJS	WORKOVER	FBA	184,44
7-MRL-115H-RJS	WORKOVER	FBA	19,08
7-MRL-126HP-RJS	WORKOVER	FBA	12,72
7-MRL-136HP-RJS	WORKOVER	FBA	28,62
7-PPT-51HP-RJS	COMPLETAÇÃO	FBA	1.931,12
7-RO-141HP-RJS	WORKOVER	FBA	903,53
7-TVD-5D-RJS	COMPLETAÇÃO	FBA	621,83
7-TVD-5D-RJS	PERFURAÇÃO	FBA	667,80
		Casc_NA	142,31
8-MLS-238H-RJS	COMPLETAÇÃO	FBA	700,60
8-MLS-238H-RJS	PERFURAÇÃO	FBA	1.300,30
		Casc_NA	162,01
		Casc_A	47,68
8-MLS-239H-RJS	PERFURAÇÃO	FBA	1.245,83
8-MRL-38H-RJS	WORKOVER	FBA	164,60
8-MRL-73D-RJS	WORKOVER	FBA	190,01
8-MRL-114D-RJS	WORKOVER	FBA	278,41
8-MRL-161HP-RJS	WORKOVER	FBA	351,07
8-RO-170HP-RJS	COMPLETAÇÃO	FBA	1.955,92
8-RO-170HP-RJS	PERFURAÇÃO	FBA	1.213,81
		Casc_NA	22,13
		Casc_A	45,92
8-RO-171D-RJS	PERFURAÇÃO	FBA	1.249,10
		Casc_NA	125,59
9-AB-135D-RJS	AVALIAÇÃO EXPLORATÓRIA	FBA	1.905,79
9-AB-135D-RJS	PERFURAÇÃO	FBA	1.371,38
		Casc_NA	457,33
9-MLL-83-RJS	COMPLETAÇÃO	FBA	1.656,30
9-MLL-85D-RJS	PERFURAÇÃO	FBA	3.210,85
		Casc_A	52,98
9-MRL-231DA-RJS	COMPLETAÇÃO	FBA	2.578,41
9-RO-17D-RJS	WORKOVER	FBA	567,22
9-RO-169D-RJS	PERFURAÇÃO	FBA	1.612,34

		Casc_NA	124,50
8-RO-171D-RJS	COMPLETAÇÃO	FBA	1.149,27

A Tabela 4 consolida os volumes descartados por compartimento. O volume de cascalho representa o somatório do cascalho descartado no mar pelas fases com retorno à superfície.

Tabela 4: Volumes totais de FBAs, Casc_A e Casc_NA descartados no 14º Período da AGBC.

Compartimento	Volume descartado no mar (m3)
FBA	35.761,15
Casc_A	172,66
Casc_NA	1.668,67

2.2 Ocorrências no período.

No 14º período do monitoramento de fluidos e cascalho da AGBC foram monitoradas 57 atividades distribuídas conforme a Tabela 5 e indicadas, anteriormente, na Tabela 1.

Tabela 5: Atividades acompanhadas no 14º Período da AGBC.

Atividades	Nº de poços
PERFURAÇÃO	12
COMPLETAÇÃO	9
WORKOVER	35
AVALIAÇÃO	1

Foram realizadas 312 análises ecotoxicológicas e químicas distribuídas conforme a Tabela 6. Na mesma tabela, consta o percentual de reprovação de cada análise em relação ao atendimento aos critérios estabelecidos para o descarte.

Tabela 6: Distribuição de análises ecotoxicológicas e químicas do 14º Período da AGBC.

Análises	Nº total de amostras	nº de amostras reprovadas (% de amostras reprovadas)
Ecotoxicidade aguda em coluna d'água	121	1 (0,83%)
Ecotoxicidade aguda em sedimento	17	0 (0,00%)
HPA	87	0 (0,00%)
Metais	87	Não se aplica

A reprovação observada no ensaio de ecotoxicidade aguda em coluna d'água está indicada na Tabela 7 a seguir.

Tabela 7: Amostra reprovada na análise de Ecotoxi-Mya no 14º Período da AGBC.

Amostra	Poço	Atividade	CL 50 - 96 h (ppm da FPS)
FCBA Polimérico com Goma Xantana e CMC (4835)	8-MLS-238H-RJS	PERFURAÇÃO	<30.000

Das 121 análises de Ecotoxi-Mya realizadas neste período de monitoramento da AGBC, apenas 1 análise (0,83%) apresentou resultado inferior a 30.000 ppm da FPS. Esta composição de fluido (FCBA Polimérico com Goma Xantana e CMC) é regularmente utilizado na PETROBRAS em todas as áreas geográficas e não apresenta histórico de reprovação.

Para efeito de comparação, desde a implementação do monitoramento neste modelo, em julho de 2018, a PETROBRAS monitorou 28 FCBA's Poliméricos com Goma Xantana e CMC com composição associada ao fluido envolvido no desvio. Deste montante, foi constatada somente esta reprovação (3,6 % do total de FCBA's Poliméricos com Goma Xantana e CMC monitorados na PETROBRAS). Estes dados corroboram que fluidos com esta composição empregados nas atividades da PETROBRAS atendem, majoritariamente, ao critério de ecotoxicidade estabelecido para o descarte (CL 50-96h \geq 30.000 ppm FPS).

Da investigação das condições operacionais deste poço, foi possível concluir que o fluido FCBA Polimérico com Goma Xantana e CMC foi utilizado na fase 4 da perfuração do poço 8-MLS-238H-RJS e, posteriormente, empregado no deslocamento de uma pasta de cimento que, fortuitamente, misturou-se ao fluido de perfuração antes de que houvesse a solidificação da pasta (pega da pasta). Dessa forma, considera-se a possibilidade de que a amostragem tenha ocorrido imediatamente após o retorno do fluido do poço, antes de que a pasta incorporada fosse homogeneizada no volume total do fluido. Nesta interface, é possível que tenha ocorrido uma predominância da pasta de cimento no fluido e, conseqüentemente, a amostra coletada pode não ter sido representativa de todo o volume de fluido descartado. Atribui-se a esta possível contaminação de pasta de cimento no fluido ao resultado < 30.000 ppm da FPS da amostra ambiental do FCBA Polimérico com Goma Xantana e CMC.

Além do mais, na tentativa de entender o que gerou essas reprovações pontuais, num período pós-pandemia, a PETROBRAS reforçará suas auditorias e visitas técnicas aos laboratórios de serviços ecotoxicológicos para garantia da execução da análise, conforme ABNT NBR 15308:2017.

Ressalta-se que para o ensaio de ecotoxicidade aguda em organismo de sedimento (Ecotoxi-Lep) 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 $\leq 1,0$ ”. Da mesma forma, tampouco foi observada reprovação para o parâmetro de HPA em amostras de fluidos e cascalho. Para o critério HPA, o limite estabelecido para o descarte é “igual ou menor que 10 mg/kg de HPA Total”.

A seguir serão detalhadas algumas peculiaridades no monitoramento de alguns fluidos e cascalhos no 14º Período da AGBC e que também estão esclarecidos na aba “Observações” da planilha 14º PMFC AGBC.ods.

- Descarte de cascalhos da fase 3 / Poço: 1-RJS-753.

A perfuração da fase 3 do poço 1-RJS-753 foi realizada em área sensível e, portanto, com descarte de cascalhos foi realizado em área georreferenciada aprovada. Por isso, as datas referenciadas ao descarte de cascalho indicam a data do primeiro e do último descarte do cascalho em área georreferenciada, o que explica a defasagem com a data final de geração de cascalho.

Neste poço, um volume de 12,21 m³ de cascalho associado a fluido de perfuração de base não aquosa foi desembarco para posterior disposição final em terra. Esta quantidade de cascalho foi obtida na operação de limpeza de um tanque e de linhas auxiliares. Optou-se pela disposição final em terra dada a impossibilidade de enviá-lo ao sistema secador de cascalho e pelo possibilidade de haver contribuições de perfurações anteriores.

- FCBA Salino de Cloreto de Sódio (4700) utilizado no poço 3-RJS-670 / Workover.

No dia 26/02/2020 ocorreu um descarte do fluido FCBA Salino de Cloreto de Sódio (4700) para o mar. O dia seguinte, ocorreria o descarte do volume remanescente e a amostragem ocorreria nesta ocasião. No entanto, o volume do fluido que permaneceu a bordo da unidade marítima até o dia 27/02/2020 veio a ser enviado à planta de tratamento. Assim, a amostra deste fluido foi coletada apenas no dia 27/02/2020, antes do envio a planta de tratamento. Deve-se salientar que a amostra é representativa do FCBA Salino de Cloreto de sódio (4700) utilizado no poço e que fora descartado na véspera.

- FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de cálcio (Olecore) (4699) utilizado na fase 3 do poço 7-MLL-86HP-RJS / Perfuração.

O FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de cálcio (Olecore) (4699) utilizado na perfuração da Fase 3 do poço 7-MLL-86HP-RJS permaneceu no poço para dar início ao novo poço 7-MLL-86HPA-RJS.

No poço 7-MLL-86HPA-RJS esse fluido foi renomeado para FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de cálcio (Olecore) (4731). Como trata-se, fisicamente, de um mesmo fluido, que sequer saiu do poço 7-MLL-86HP-RJS para dar início ao poço 7-MLL-86HPA-RJS, não foi realizado uma análise de RPE ao término do uso do fluido FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de cálcio (Olecore) (4699) no poço 7-MLL-86HP-RJS, sendo realizada a referida análise ao término do uso do fluido FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de cálcio (Olecore) (4731) no poço 7-MLL-86HPA-RJS.

- FCBA Salino de Cloreto de Sódio (5318) utilizado no poço 7-MLS-106H-RJS / Workover.

O descarte ao término do uso do fluido FCBA Salino de Cloreto de sódio (5318) iniciou-se no dia 17/11/2020 e terminou no dia 18/11/2020. Por ser um volume grande a ser

descartado (413,4 m³), o descarte precisou ser realizado em 2 dias para que não ultrapassasse o limite de 200 bbl/h para descarte de FCBA. Portanto, por ser um descarte contínuo realizado durante 2 dias, a coleta da amostra ambiental do fluido FCBA Salino de Cloreto de sódio (5318) ocorreu no dia 17/11/2020 e representa todo o volume de fluido descartado nesses dois dias.

- FCBA Polimérico com Goma Xantana (5175) utilizado no poço 7-MRL-51-RJS / Workover.

O fluido FCBA Polimérico com Goma Xantana (5175) foi utilizado sem retorno para a superfície, por isso seu monitoramento se deu em um momento prévio ao uso.

- FPBNA Olefínico com Salmoura de Cloreto de Sódio (4916) utilizado fase 4 do poço 7-TVD-5D-RJS / Perfuração.

O fluido FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de Sódio (4916) utilizado na perfuração da Fase 4 do poço 7-TVD-5D-RJS permaneceu na sonda após o seu uso. O RPE realizado após o dia do término da perfuração da fase reservatório (26/05/2020) informa que o fluido não estava contaminado com óleo da formação.

- FPBA Polimérico com Goma Xantana e CMC (4655) utilizado na fase 2 do poço 8-MLS-239H-RJS / Perfuração.

A data do primeiro bombeio do fluido FPBA Polimérico com Goma Xantana e CMC (4655) foi no dia 03/02/2020, no entanto a sua amostra ambiental antes do uso foi coletada somente no dia 04/02/2020. A amostra coletada no dia 04/02/2020 é oriunda de um tanque do fluido FPBA Polimérico com Goma Xantana e CMC (4655) preparado antes do início do uso deste fluido no poço e é representativa de todo volume de fluido FPBA Polimérico com Goma Xantana e CMC (4655) utilizado na Fase 2 do poço 8-MLS-239H-RJS.

- FCBA com Traçador (cimentação) (4684) utilizado na fase na fase 2 do poço 8-MLS-239H-RJS / Perfuração.

A data de início do uso do fluido FCBA com Traçador (cimentação) (4684) foi no dia 13/02/2020, no entanto esse fluido foi preparado com antecedência e a coleta de sua amostra ambiental ocorreu no dia 11/02/2020.

- FCBA Argiloso (5419) utilizado no poço 8-MRL-73D-RJS / Workover.

O fluido FCBA Argiloso (5419) foi utilizado sem retorno de fluido para a plataforma, por isso ele foi monitorado em um momento prévio ao uso.

- FCBA Argiloso com Amido (4767) utilizado no poço 8-MRL-114D-RJS / Workover.

O preparo do fluido FCBA Argiloso com Amido (4767) ocorreu no dia 02/03/2020, e foi neste dia que sua amostra antes do uso foi coletada. No entanto, devido a um atraso na operação, o primeiro bombeio desse fluido para o poço só ocorreu no dia 03/03/2020. De qualquer forma a amostra coletada no dia 02/03/2020 é

representativa do fluido utilizado nesta operação de *Workover* sem retorno à plataforma.

- Poço: 8-MRL-114D-RJS/Workover.

O Workover do poço 8-MRL-114D-RJS foi realizado sem retorno de fluido à unidade marítima. Por isso as amostras ambientais dos fluidos utilizados nessa intervenção foram coletadas em um momento antes do uso.

- Poço: 8-MRL-161HP-RJS/Workover.

Os descartes dos fluidos utilizados nesta atividade foram realizados em área georreferenciada e aprovada (Longitude: 39° 52' 53,86" / Latitude: 22° 32' 25,57").

- Poço: 8-RO-171D-RJS/Perfuração.

A fase 1 do poço 8-RO-171D-RJS foi realizada através de um jateamento somente com uso de água do mar.

- FPBNA Olefínico com Salmoura de Cloreto de Cálcio (Olecore) (4872) utilizado na fase 5 do poço 9-AB-135D-RJS/Perfuração.

Ao término do uso do fluido FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de cálcio (Olecore) (4872) utilizado na Fase 5 do poço 9-AB-135D-RJS, o mesmo ficou acondicionado na sonda e por isso, nesta ocasião, não foi realizado uma análise de RPE para encaminhamento a outra operação ao término do uso do fluido em 10/05/2020. Como a Fase 5 se trata de uma fase reservatório, o RPE realizado no fluido no dia do término da perfuração em 23/04/2020 mostrou que o fluido FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de cálcio (Olecore) (4872) não foi contaminado com óleo da formação.

- FPBA Polimérico (Hydroguard) (4657) utilizado na fase 3 do poço 9-MLL-85D-RJS Perfuração.

A substituição do fluido FPBA Polimérico (Hydroguard) (4657) pelo fluido FPBA Polimérico com Goma Xantana e Amido modificado (4658) ocorreu no dia 01/02/2020, no entanto, por motivos de contingência, o fluido que foi retirado do poço, FPBA Polimérico (Hydroguard) (4657), permaneceu na unidade marítima até o dia 03/02/2020, data do seu último descarte, por isso o término de uso desse fluido (FPBA Polimérico (Hydroguard) (4657)) foi indicado nessa data (03/02/2020).

- Poço: 9-RO-169D-RJS/Perfuração.

Na fase 1 do poço 9-RO-169D-RJS não foi utilizado fluido de perfuração e fluido complementar. O revestimento utilizado nesta fase foi instalado através de base torpedado.

- FCBA Argiloso com Amido (5025) utilizado na fase 2 do poço 9-RO-169D-RJS/Perfuração.

A data da coleta da amostra ambiental do fluido FCBA Argiloso com Amido (5025) ocorreu um dia (10/07/2020) após o início do seu uso (09/07/2020). No entanto esta amostra faz parte da mesma batelada preparada antes do início do uso do fluido e é representativa de todo o fluido FCBA Argiloso com Amido (5025) utilizado na fase 2 do poço 9-RO-169D-RJS.

- FCBA Salino de Cloreto de Sódio com Cloreto de Potássio (723) utilizado no poço 7-PPT-51HP-RJS/Completação.

O último descarte do fluido FCBA Salino de Cloreto de sódio com Cloreto de potássio (723) foi realizado no dia 20/10/2019, por isso a coleta das amostras para análises ambientais foi realizada nesse dia. Do dia 21/10/2019 a 07/01/2020, o fluido permaneceu no poço (e desde então não houve descarte ao mar), quando (em 07/01/2020) foi utilizado como base para o preparo do fluido FCBA Salino de Cloreto de sódio com Inibidor de corrosão (4898), por isso há indicação de "convertido ou incorporado" de 293,33 m3 do fluido FCBA Salino de Cloreto de sódio com Cloreto de potássio (723).

- FCBA Salino de Cloreto de sódio (5372) utilizado no poço 7-MRL-126HP-RJS/Workover.

A saturação de Cloretos para uma salmoura de Cloreto de Sódio é de aproximadamente 188.000 mg/L. O valor encontrado nessa célula refere-se a um excesso de Cloreto de Sódio em suspensão no fluido FCBA Salino de Cloreto de sódio (5372), que foi medido durante a titulação para determinação de íons cloretos nesse fluido.

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 de 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 próprio programa estatístico (PYTHON) empregado nas análises. 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 14° 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 06 subgrupos, a saber:

- Fluidos argilosos (composto de fluidos complementares e de perfuração);
- Fluidos de base não aquosa (composto de fluidos de perfuração);
- Fluido polimérico (composto de fluidos complementares e de perfuração);
- Fluido salino (composto de fluidos complementares e de perfuração);
- Fluido catiônico (composto de fluidos complementares e de perfuração);
- Fluido de estimulação (composto por fluido complementar).

As contagens de ocorrências e o grupo escolhido para cada formulação utilizada constam na Tabela 8:

Tabela 8: Fluidos e grupos atribuídos para análise de ecotoxicidade aguda com organismo de coluna d'água.

Fluido	Número de amostras	Grupo atribuído
FCBA com Traçador (cimentação)	14	Argiloso
FPBA Argiloso	9	
FCBA Argiloso com Amido	3	
FCBA Argiloso	3	
FCBA Polimérico com Goma Xantana	16	Polimérico
FCBA Polimérico com Goma Xantana e Amido modificado	4	
FCBA Polimérico com Goma Xantana e CMC	8	
FPBA Polimérico com Goma Xantana e CMC	1	
FPBA Polimérico (Hydroguard)	1	
FPBA Polimérico com Goma Xantana e Amido modificado	3	
FCBA Polimérico com Calcário	2	
FCBA Salino de Cloreto de sódio com Cloreto de potássio	7	Salino
FCBA Salino de Cloreto de sódio	29	
FCBA Salino de Cloreto de cálcio	1	
FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de cálcio (Olecore)	11	Não-aquoso
FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de cálcio	1	
FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de Sódio	5	
FPBA Catiônico com Cloreto de potássio	1	Catiônico
FCBA Catiônico com Cloreto de Potássio	1	
FCBA Gel reticulado (estimulação)	1	Estimulação

Na Figura 1 a seguir, estão dispostos os 121 dados obtidos para o parâmetro ecotoxicidade aguda em coluna d'água nos fluidos monitorados no período e área de abrangência deste relatório.

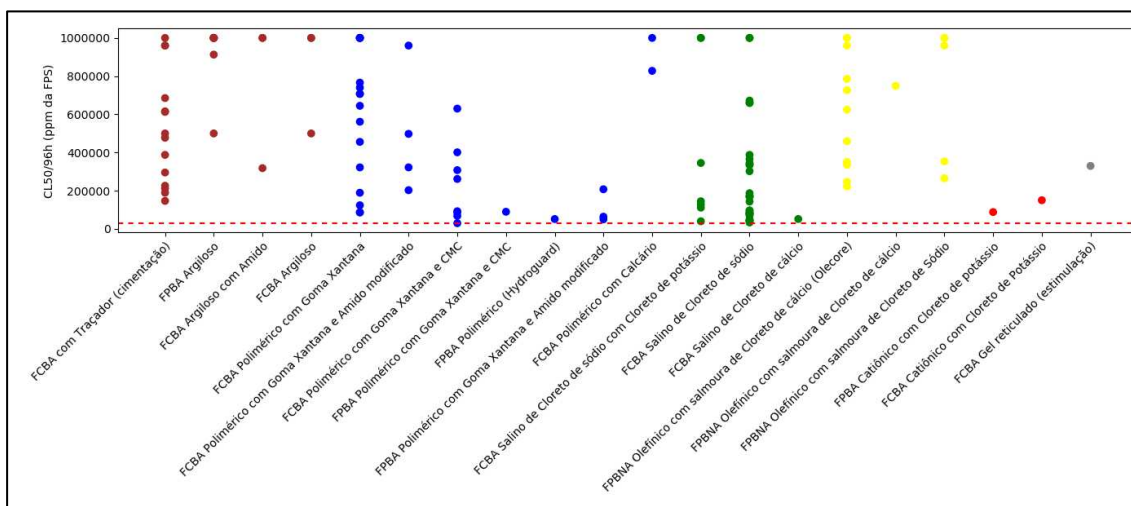


Figura 1: Resultados de ecotoxi-Mya por fluidos monitorados no 14º Período da AGBC.

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 dever ser maior ou igual a 30.000 ppm da FPS). Na região do gráfico abaixo da linha pontilhada, está representado o fluido cujo resultado de ecotoxicidade não atendeu ao limite estabelecido para o descarte. É possível também visualizar dois pontos verdes sobre a linha limite, isso ocorre em função da escala utilizada no gráfico.

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.

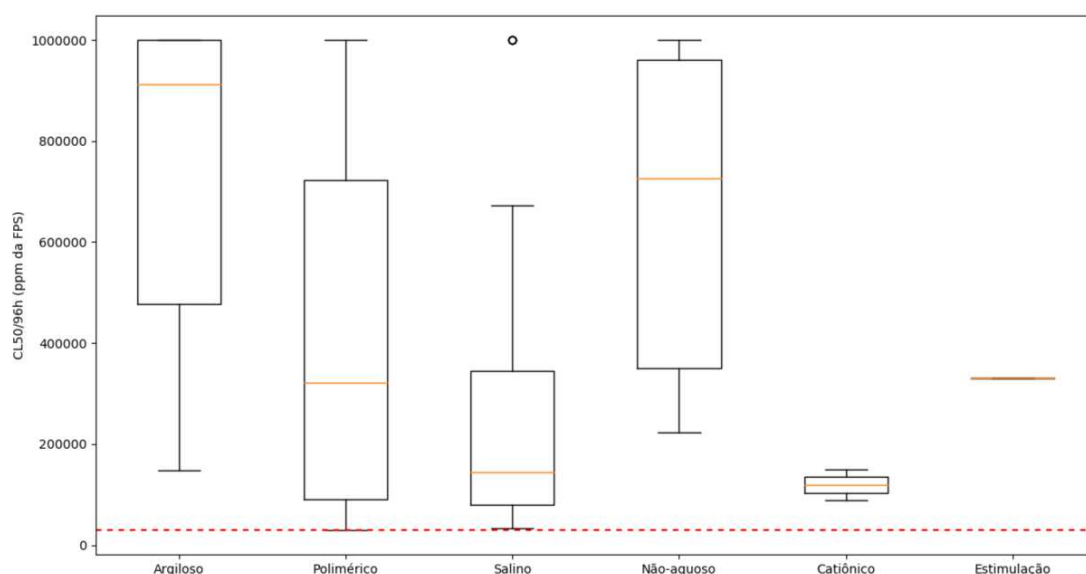


Figura 2: Gráfico de *boxplot* dos resultados de CL 50, 96 h referentes ao 14º período da AGBC discriminados pelos grupos atribuídos. A linha pontilhada representa o valor de aceitação para a ecotoxicidade aguda (CL50,96h dever ser maior ou igual a 30.000 ppm da FPS).

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

Tabela 9: Parâmetros estatísticos dos gráficos *box-plot* dos grupos atribuídos.

Grupo	Número de amostras	Média	Mediana	Q25	Q75	Mínimo	Máximo	Outliers	Normalidade (Shapiro-Wilks)
Argiloso	29	706.877	912.685	477.421	1.000.000	146.905	1.000.000	0	0,000098
Polimérico	35	444.127	322.343	91.328	723.456	30.000	1.000.000	0	0,000981
Salino	37	286.891	144.955	79.170	345.478	33.905	1.000.000	1	0,000002
Não-aquoso	17	649.421	726.211	350.871	960.000	222.725	1.000.000	0	0,011858
Catiônico	2	119.383	119.383	103.886	134.881	88.388	150.378	Dados insuficientes	Dados insuficientes
Estimulação	1	329.877	329.877	329.877	329.877	329.877	329.877	Dados insuficientes	Dados insuficientes

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 e Tabela 9 que a mediana do valor de CL50,96h para os diferentes grupos de fluido oscilou entre 119.383 e 912.685 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 6 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 PYTHON e consideraram $\alpha = 0,05$ (grau de confiabilidade de 95%).

Tabela 10: Testes t-student pareados dos grupos atribuídos.

	Grupo 1	Grupo 2	p-value	Resultado	Conclusão
GRUPOS ATRIBUÍDOS	Argiloso	Polimérico	0,002832	$p < \alpha$	Há elementos para rejeitar H0
	Argiloso	Salino	0,000001	$p < \alpha$	Há elementos para rejeitar H0
	Argiloso	Não-aquoso	0,555113	$p > \alpha$	Não há elementos para rejeitar H0
	Argiloso	Catiônico	0,016345	$p < \alpha$	Há elementos para rejeitar H0
	Argiloso	Estimulação	Dados insuficientes		
	Polimérico	Salino	0,045721	$p < \alpha$	Há elementos para rejeitar H0
	Polimérico	Não-aquoso	0,044309	$p < \alpha$	Há elementos para rejeitar H0
	Polimérico	Catiônico	0,202732	$p > \alpha$	Não há elementos para rejeitar H0
	Polimérico	Estimulação	Dados insuficientes		
	Salino	Não-aquoso	0,000183	$p < \alpha$	Há elementos para rejeitar H0
	Salino	Catiônico	0,450205	$p > \alpha$	Não há elementos para rejeitar H0
	Salino	Estimulação	Dados insuficientes		
	Não-aquoso	Catiônico	0,030019	$p < \alpha$	Há elementos para rejeitar H0
	Não-aquoso	Estimulação	Dados insuficientes		
	Catiônico	Estimulação	Dados insuficientes		

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.

Das quinze análises realizadas, 1/3 dos testes, ou seja 5 de 15 (todos cujo um dos grupos atribuídos foi o da **Estimulação**) não tiveram dados suficientes para proceder as análises.

Em 46,67% (7 de 15) dos testes realizados, os resultados obtidos para o p-value foi menor do que o valor de α empregado, e 20% (3 de 15) dos testes realizados, os resultados obtidos para o p-value foi maior que o valor de α empregado.

Os resultados sugerem que os perfis ecotoxicológicos dos grupos **Argiloso** e **Não-Aquoso** tendem a ser diferentes dos grupos **Salino**, **Catiônico** e **Polimérico**, ou seja, no teste pareado entre os grupos **Argiloso** e **Não-Aquoso** não há elementos para rejeitar a hipótese nula (H_0), enquanto nos testes pareados desses dois grupos (**Argiloso** e **Não-Aquoso**) com os demais agrupamentos (**Salino**, **Catiônico** e **Polimérico**) há elementos para rejeitar a hipótese nula (H_0). Essa constatação pode ser observada verificando os gráficos box-plot da Figura 2, já que a distribuição de resultados de ecotoxicidade aguda em coluna d'água dos grupos **Argiloso** e **Não-Aquoso** tem valores próximos entre si e maiores que os demais grupos.

Os grupos **Salino** e **Catiônico** apresentaram uma distribuição de resultados de Ecotoxi-MYA mais próxima, porém superior, ao limite estabelecido pelo Órgão Ambiental para descarte de fluidos ao mar (30.000 ppm da FPS). Ambos apresentaram correlação de resultados de ecotoxicidade aguda em coluna d'água.

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.

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*.

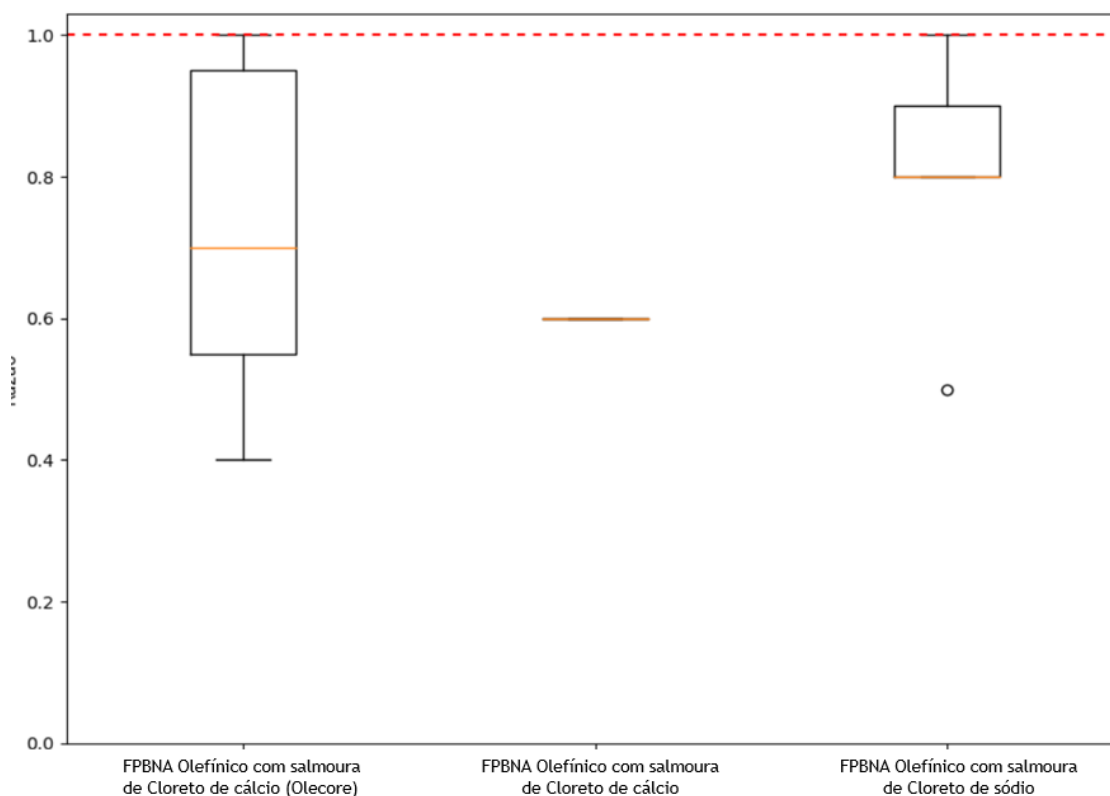


Figura 3: *Box-plot* dos valores de razão de ecotoxicidade com organismo de sedimento para FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de cálcio, FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de cálcio (Olecore) e FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de sódio.

Os resultados dos parâmetros estatísticos associados a este conjunto de dados (gráfico da Figura 3) estão descritos na Tabela 11:

Tabela 11: Parâmetros estatísticos dos gráficos box-plot das análises LEPs dos FPBNAs analisados no 14º Período da AGBC.

Fluido	Número de amostras	Média	Mediana	Q25	Q75	Mínimo	Máximo	Outliers	Normalidade (Shapiro-Wilks)
FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de cálcio (Olecore)	11	0,73	0,7	0,55	0,95	0,4	1	0	0,18
FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de cálcio	1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	Dados insuficientes	Dados insuficientes
FPBNA Olefínico com salmoura de Cloreto de Sódio	5	0,8	0,8	0,8	0,9	0,5	1	1	0,45

Os resultados de ecotoxi-LEP do FPBNA Olefínico com Salmoura de Cloreto de Cálcio (Olecore) apresentou uma maior variabilidade em relação aos resultados do FPBNA Olefínico com Salmoura de Cloreto de Sódio. Com relação ao FPBNA Olefínico com Salmoura de Cloreto de Cálcio, a análise de correlação fica prejudicada pela falta de dados (somente uma análise foi realizada nesse fluido). No entanto, no monitoramento do 14º Período da AGBC, o índice de aprovação da análise de ecotoxicidade aguda em organismo de sedimento, em todos os FPBNAs analisados, 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 de tratamento estatístico dos dados, para os casos em que 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 em que 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 kg.m^{-3} , seja para fluidos ou para cascalho. Contudo, os resultados dos laudos de análise apresentados pelo laboratório externo estão expressos em 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:

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

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

Foi realizada uma 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).

Os resultados de HPA em todos os grupos, 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.

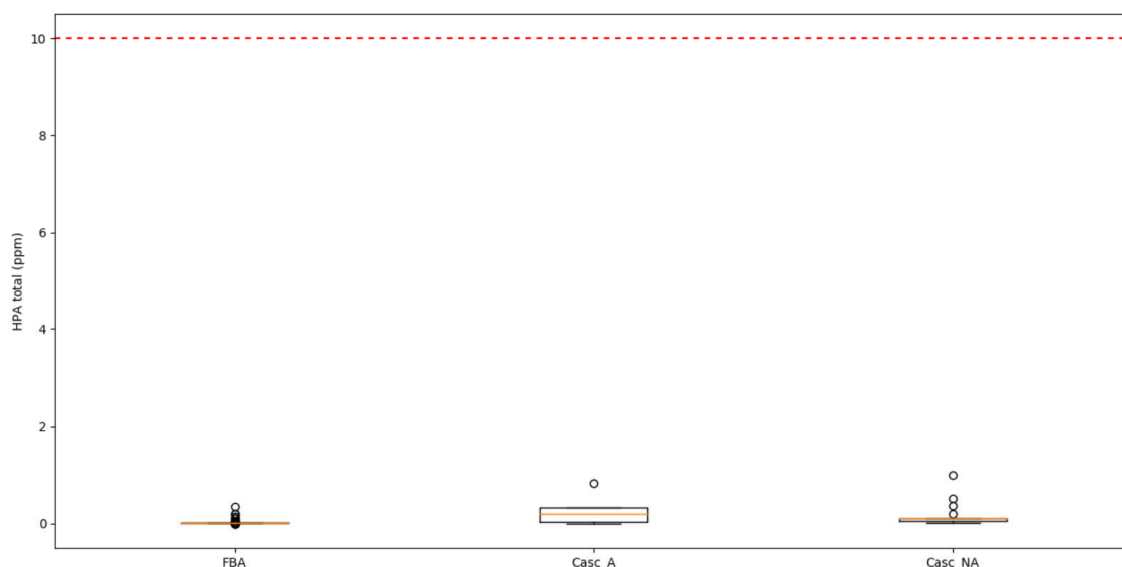


Figura 4: *Boxplot* dos valores HPA para os grupos FBA, Casc_A e Casc_NA.

De um total de 87 análises de HPA realizadas nesse período, 74 (85,06%) resultados foram abaixo do Limite de Quantificação. Esse valor é mais expressivo para resultados de HPA de fluidos base aquosa, onde 89,23% das amostras analisadas tiveram resultados abaixo do Limite de Quantificação (Tabela 12).

Tabela 12: Porcentagem de resultados de HPA < Limite de Quantificação.

Compartimento	Total análises HPA	Resultados HPA<LQ	% amostras com resultado <LQ
FBA	65	58	89,23%
Casc_A	5	2	40,00%
Casc_NA	17	14	82,35%
Total	87	74	85,06%

Não houve reprovação para o critério de HPA ($\Sigma\text{HPA} > 10 \text{ mg/kg}$) nas 87 análises de HPA realizadas nos compartimentos Casc_A, Casc_NA e FBA.

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 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 kg.m^{-3} na planilha de resultados. Como os resultados dos laudos de análise estão expressos em 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) e o cálculo do aporte destes metais em ambiente marinho (representada pelas barras).

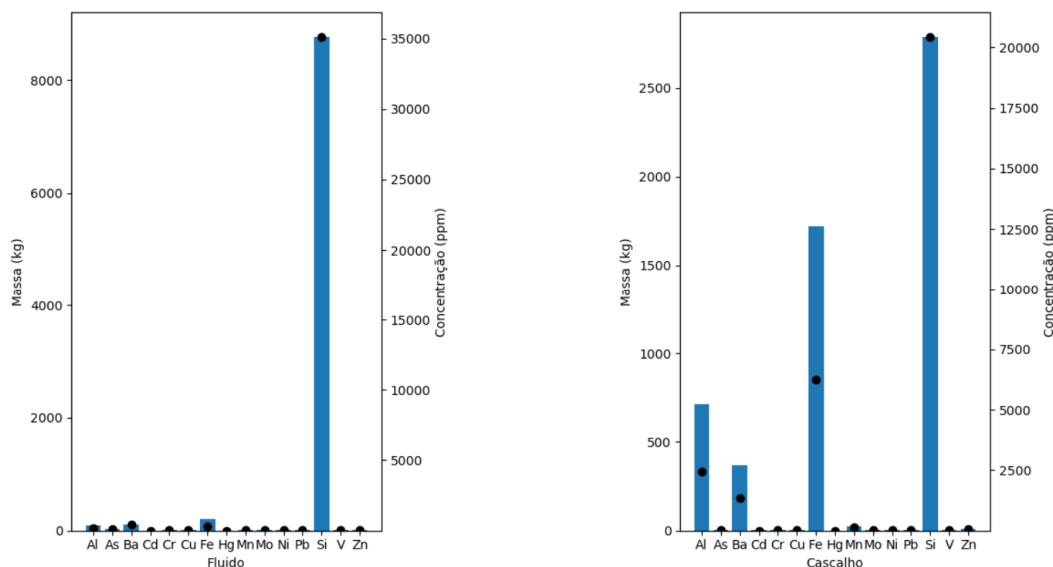


Figura 5: Concentrações médias e aportes de metais. Pontos: concentração média; barras: massa do elemento.

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 14º período da área geográfica da Bacia de Campos (AGBC) monitorou 57 atividades realizando 312 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*) sugerem que os perfis ecotoxicológicos dos grupos Argiloso e Não-Aquoso são diferentes dos grupos Salino, Catiônico e Polimérico, e que entre os grupos Argiloso e Não-Aquoso não há elementos para rejeitar a hipótese nula (H_0).

Nos testes pareados desses dois grupos, argiloso e Não-Aquoso, com os demais agrupamentos Salino, Catiônico e Polimérico, há elementos para rejeitar a hipótese nula (H_0).

De todas as amostras consideradas neste monitoramento, constatou-se que 01 (uma) amostra de fluido complementar de base aquosa não atendeu ao limite estabelecido para o descarte segundo este critério de ecotoxicidade com organismo de coluna d'água. Isto representa 0,83 % das amostras submetidas a este ensaio neste período. Pela investigação dos relatos operacionais, há uma possibilidade de que este fluido

FCBA Polimérico com Goma Xantana e CMC tenha sido parcialmente contaminado com pasta de cimento. Uma das hipóteses é que a amostragem do fluido tenha sido realizada na interface fluido-pasta, com predominância da pasta de cimento.

Com o intuito em evitar futuras coletas de amostras não representativas do fluido utilizado, para casos de Fluidos Base Aquosas coletados em um momento pré-descarte, a PETROBRAS tem orientado seus técnicos a promover a homogeneização/equalização dos tanques antes do descarte.

Além do mais, na tentativa de entender o que gerou essas reprovações pontuais, num período pós-pandemia, a PETROBRAS reforçará suas auditorias e visitas técnicas aos laboratórios de serviços ecotoxicológicos para garantia da execução da análise, conforme ABNT NBR 15308:2017.

Todos os resultados das análises de HPA ficaram abaixo do valor regulatório (10 mg/kg), sendo a maioria destes valores (85,06%) considerados como censurados (abaixo do limite de quantificação/deteção). 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), Bário (Ba), Alumínio (Al) e Ferro (Fe), que são os elementos mais abundantes nas formações rochosas, com exceção do Bário (Ba) que é o principal componente da Baritina, adensante largamente utilizado em fluidos de perfuração.

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;
- (iii) que, nas diretrizes para o monitoramento de fluidos e cascalho, a vazão de descarte de fluidos e cascalho esteja associada apenas para os descartes realizados pela superfície da unidade marítima. Para as fases sem retorno, seria

mais efetivo que as diretrizes indicassem a não aplicação deste parâmetro. Nesta situação, fluidos e cascalho são descartados no leito marinho via a cabeça do poço. Desta forma, não é possível a medição da vazão de descarte, tal como é feito nos descartes que ocorrem pela superfície. De fato, a vazão de descarte das fases sem retorno é determinada pelas necessidades operacionais da construção do poço, limitando-se à velocidade requerida para o bombeio de fluidos.

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*) e RPE.

Vazão de descarte de fluidos e cascalho seja exclusiva para as fases com retorno à superfície.

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	