



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

Nota Técnica nº 8/2022/CTBio/DIBIO/ICMBio

Vitória-ES, 31 maio de 2022

Assunto: Avaliação do documento do Segundo Relatório Anual (RA2020) do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente (PMBA/Fest-RRDM)

1. DESTINATÁRIO

Comitê Interfederativo - CIF.

2. INTERESSADO

Fundação RENOVA;
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA;
Instituto Estadual de Florestas - IEF;
Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IEMA;
Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade - ICMBio;
Ministério Público Estadual e Federal;
Atingidos pelo desastre da SAMARCO.

3. REFERÊNCIA

02/03/2016 - Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta - TTAC, celebrado entre a União, Estados de Minas Gerais e Espírito Santo e as Empresas Samarco, Vale e BHP. Cláusula 164;

Cláusula 165 do TTAC:

*“A FUNDAÇÃO deverá **elaborar e implementar medidas de monitoramento da fauna da foz do Rio Doce e ambientes estuarinos e marinhos impactados**, devendo:*

I. Apresentar, até o último dia útil de junho de 2016:

*a) Proposta de **estudo para avaliação da qualidade da água e ecotoxicidade sobre os organismos aquáticos, estuarinos, marinhos e dulcícolas**; e*

b) Descrição metodológica das medidas de monitoramento da fauna da foz do Rio Doce e ambientes estuarinos e marinhos impactados.

II. Realizar e apresentar os resultados, até o último dia útil de maio de 2017, dos estudos para:

*a) **identificação e caracterização do impacto agudo e crônico sobre as espécies e cadeia trófica dos ambientes dulcícolas, estuarino e marinho**; e*

b) avaliação do habitat de fundo marinho, incluindo algas calcáreas, rodólitos e corais, nas áreas estuarinas, marinhas e da foz do rio atingidas pelo material oriundo do EVENTO;

III. implementar e executar as medidas de monitoramento referidas nesta Cláusula num período de 5 anos, a partir da aprovação da proposta de estudos por parte do ICMBio.

PARÁGRAFO PRIMEIRO: *A partir do primeiro dia útil de julho de 2017, as medidas de monitoramento referidas neste programa e os parâmetros decorrentes dos resultados dos estudos previstos nos parágrafos anteriores deverão ser integrados.*

PARÁGRAFO SEGUNDO: *O programa previsto nesta Cláusula deverá ser orientado e supervisionado pelo ICMBio, em articulação com os demais ÓRGÃOS AMBIENTAIS, que monitorará sua execução.”*

04/10/2016 – Envio do Ofício SEI nº 175/2016-DIBIO/ICMBio - (SEI 0493035) que informa à Fundação RENOVA a reprovação dos Relatórios Técnicos Samarco RT-014_159-515-2282_01-J e RT-012_159-515-2282-01-B conforme Nota Técnica 04/2016/Vitória- ES/TAMAR/DIBIO/ICMBio, e apresenta orientação para execução do Programa de Monitoramento de que trata a Cláusula 165 do TTAC, conforme Termo de Referência 04/2016 - Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática Cláusula 165 - (SEI 0502063) e seus anexos (SEI 0502067; 0502071; 0502083; 0502087; 0502097; 0502111; 0502135; e 0502151).

2016.10.04 - Termo de Referência 04/2016 - Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática Cláusula 165 - (SEI 0502063)

2016.10.04 - Termo de Referência 04/2016 - Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática - Anexo 1 (ecotoxicologia) - Monitoramento Ecotoxicológico dos Impactos causados pela lama oriunda do Rompimento da Barragem de Mariana (MG) em Regiões Dulcícolas, Estuarinas e Marinhas - (SEI 0502067)

2016.10.04 - Termo de Referência 04/2016 - Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática - Anexo II (Ambiente Dulcícola) - Estudo e Monitoramento do Ambiente Dulcícola da Área Ambiental 1 - (SEI 0502071)

2016.10.04 - Termo de Referência 04/2016 - Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática - Anexo III (Físico/Químico) - Estudo e Monitoramento Ambiental no Rio Doce, Área Estuarina e Marinha (área Ambiental 1) - (SEI 0502083)

2016.10.04 - Termo de Referência 04/2016 - Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática - Anexo IV (Praias) - Monitoramento de Potenciais Impactos do Rejeito de Minério de Ferro na Praia e Antepraia Adjacentes da Desembocadura do Rio Doce - (SEI 0502087)

2016.10.04 - Termo de Referência 04/2016 - Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática - Anexo V (Manguezais) - Alterações Ecológicas na Dinâmica dos Manguezais e Vegetação de Restinga sob Influência dos Sedimentos Provenientes do Rio Doce - (SEI 0502097)

2016.10.04 - Termo de Referência 04/2016 - Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática - Anexo VI (Megafauna) - Monitoramento de Mamíferos, Tartarugas e Aves Marinhas Associados à Foz do Rio Doce, Plataforma Continental e Áreas Protegidas Adjacentes - (SEI 0502111)

2016.10.04 - Termo de Referência 04/2016 - Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática - Anexo VII (Ictiofauna Marinha) - Estudo e Monitoramento da Ictiofauna Marinha e Estuarina - (SEI 0502135)

2016.10.04 - Termo de Referência 04/2016 - Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática - Anexo VIII (Abrolhos) - Monitoramento da Sedimentação no Parque Nacional Marinho dos Abrolhos e Regiões Relacionadas - (SEI 0502151)

04/10/2016 – Discussão na 3ª Reunião Ordinária da CTBIO/CIF (SEI 0513233), sobre as contribuições encaminhadas pelo IBAMA, IEMA/ES e IEF/MG aos termos de referência para o cumprimento da Cláusula 165 do TTAC e informado que as contribuições foram incorporadas aos termos, tais como: retirada da citação aos termos de referência da Cláusula 164, ficando para o primeiro ano de monitoramento, o cumprimento do disposto no Termo de Notificação nº 678311, série E, processo 02009.001478/2015-97, do IBAMA; acréscimos de pontos de amostragem (IEF e IEMA); acréscimo de espécies indicadoras (IEF) e modificação na metodologia de monitoramento de orgânicos (IEF). Todos os presentes concordaram com a aprovação dos termos e o envio à Fundação Renova para providências.

27/04/2017 - CTBIO elabora Nota Técnica nº 11/2017/DIBIO/ICMBio, contendo diretrizes para Banco de Dados previsto na Cláusula nº 184 do TTAC, e cláusulas da CTBIO, incluindo cláusula 165.

06/07/2017 – Fundação Renova protocola no CIF e CTBIO o Ofício SEQ2800-03/2017/GJU (SEI [1534386](#)), apresentando segunda versão do Plano de Trabalho para execução parcial da Cláusula 165 (SEI [1534434](#)), devidamente ajustado conforme recomendações da Nota Técnica nº 14/2017/DIBIO/ICMBio, visando atendimento ao Item 1 da Deliberação CIF nº 79/2017.

09/08/2017 – Durante a 3ª Reunião Extraordinária da CTBIO/CIF a Fundação Renova protocola o Parecer Técnico Questionamentos ao Termo de Referência 4 - Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática - (SEI [1704706](#)), contendo proposta de reavaliação do Plano de Trabalho entregue pela Renova baseada apenas nos méritos técnicos do documento, sem considerar aspectos de formato. Na referida reunião formaliza-se a separação entre os estudos de monitoramento a serem realizados na porção mineira e na porção capixaba do rio Doce: os estudos em Minas Gerais seriam contratados por meio de abertura de edital FAPEMIG, enquanto os estudos no Espírito Santo terão outra estratégia de contratação em atendimento às recomendações previstas no Termo de Referência 04/2016.

22/08/2017 – Nota Técnica nº 3/2017/CTBIO/DIBIO/ICMBio - (SEI [1730943](#)), contendo nova análise da CTBIO referente à segunda versão do Plano de Trabalho para execução parcial da Cláusula 165 e questionamentos ao Termo de Referência 04/2016, apresentados pela Fundação Renova. Na referida análise a CTBIO/CIF apresenta a seguinte conclusão: aprova parcialmente

26/08/2017- Deliberação CIF nº 112/2017 (SEI 3716841) - Aprova com ressalvas, a segunda versão do Plano de Trabalho da Cláusula 165 para os ambientes dulcícolas, estuarinos, marinhos e costeiros do Estado do Espírito Santo, determinando entrega de versão corrigida do Plano, segundo os termos da Nota Técnica nº 03/2017/CTBIO, até 26/10/2017. A referida Nota estabelece a condução das atividades referentes ao Anexo 2 localizadas no Espírito Santo;

26/10/2017 – Fundação Renova protocola no CIF e CTBIO o Ofício SEQ2800-05/2017/GJU (SEI 2054271), apresentando terceira versão do Plano de Trabalho para execução parcial da Cláusula 165 e cronograma de execução (SEI 2054275), visando atendimento ao Item 2 da Deliberação CIF nº 112/2017.

06/12/2017 – Elaboração da Nota Técnica nº 8/2017/CTBIO/DIBIO/ICMBio - (SEI 2236027), contendo análise da CTBIO referente à terceira versão do Plano de Trabalho apresentado pela Fundação Renova visando atendimento ao Item 2 da Deliberação CIF nº 112/2017. Na referida análise a CTBIO/CIF conclui que o Plano de Trabalho não atende em sua totalidade às disposições previstas na Deliberação CIF nº 112/2017, de 26 de setembro de 2017, apresentando a seguinte recomendação ao CIF:

18/05/2018 - Renova entrega OFI.NII.052018.3021 Apresentando o relatório Semestral da Fundação Pró - Tamar.

11/06/2018 - ICMBIO entrega Nota Técnica no 12/2018/TAMAR-Vitoria- ES/DIBIO/ICMBio (SEI 3379498) referente a análise do Relatório Semestral set/2017 a fev/2018 de 'Monitoramento Reprodutivo de Tartarugas Marinhas na Planície Costeira do Rio Doce, elaborado pela Fundação Pró-Tamar.

25/06/2018 – Entrega do Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar à Fundação Renova, que inicia análise do mesmo (conforme informação apresentada pela Fundação Renova por meio do Ofício OFI.NII.102018.4319, de 06 de dezembro de 2018 - SEI 4366245).

18/07/2018 – Discutidas e aprovadas na 24ª Reunião Ordinária da CTBIO/CIF sugestões de alterações aos Anexos 2 e 3 do TR4, apresentadas pela FEST/UFES-RRDM;

23/07/2018 – Fundação Renova protocola no CIF e CTBIO o Ofício OFI.NII.072018.3602 (SEI 3611259), apresentando quarta versão do Plano de Trabalho Monitoramento da Biodiversidade Aquática e anexos (SEI 3611283). Documento elaborado pela RRDM visando atendimento ao Item 2 da Deliberação CIF nº 112/2017.

28/08/2018 – Realização da 4ª Reunião Extraordinária da CTBIO/CIF que teve como pauta única o I Workshop de alinhamento do Plano de Trabalho – Fundação Renova/FEST-RRDM (SEI 4029357). Na referida reunião foi apresentada a quarta versão do Plano de Trabalho Monitoramento da Biodiversidade Aquática e anexos. As alterações metodológicas ou locais de pontos amostrais foram discutidas individualmente e aprovadas pela CTBIO no referido evento, conforme informações constantes no “Relatório de modificações/questionamentos do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I após o do I Workshop de alinhamento do Plano de Trabalho - Fundação Renova/ FEST-RRDM” (SEI 3957589). Visando início das atividades de campo do Programa de Monitoramento, no referido seminário foram discutidos e aprovados apenas os anexos do Plano de Trabalho - Fundação Renova/FEST-RRDM, ficando acordado que a aprovação integral do Plano de trabalho deverá ocorrer após elaboração de Nota Técnica CTBIO específica sobre o tema.

30/08/2018 – Elaboração da Informação Técnica nº 2/2018-CEMAVE/DIBIO/ICMBio - (SEI 3786777), pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres - CEMAVE/ICMBio, contendo análise de adequação da quarta versão do Plano de Trabalho Monitoramento da Biodiversidade Aquática e anexos ao TR 04/2016.

11/09/2018 – Elaboração da Nota Técnica nº 2/2018/ICMBio Santa Cruz - (SEI 3847513), pelo Núcleo de Gestão Integrada Santa Cruz/ICMBio, contendo análise de adequação da quarta versão do Plano de Trabalho Monitoramento da Biodiversidade Aquática e anexos ao TR 04/2016. A referida análise apresenta a seguinte conclusão:

Considerando:

- *Que os estudos a serem realizados no âmbito da Cláusula 165 do TTAC são de grande importância para o entendimento dos efeitos crônicos e agudos causados pelo rompimento da barragem de Fundão, da empresa SAMARCO S.A.;*
- *Que se faz necessário haver adesão entre o Termo de Referência nº 04/2016 e o plano de trabalho apresentado pela FEST, permitindo o adequado acompanhamento da realização do programa;*
- *Que foram verificadas algumas inconformidades entre tais documentos, conforme relatado ao longo desta nota técnica;*
- *Que durante o workshop de alinhamento do plano de trabalho Fundação Renova - FEST/RRDM, foram apresentadas solicitações de alterações relacionadas à realização do monitoramento no interior da APA Costa das Algas e do RVS de Santa Cruz.*

Ante o exposto, solicita-se:

- *Que sejam analisadas e consideradas as recomendações apresentadas nessa nota técnica nos itens 4.20; 4.21; 4.22; 4.28; 4.31; 4.35; 4.44; 4.46 e 4.49.*
- *Que solicitações de alterações não tratadas nesta nota técnica e/ou apresentadas posteriormente ao workshop sejam formalmente encaminhadas para a APA Costa das Algas e o RVS de Santa Cruz, para conhecimento e demais encaminhamentos que se fizerem necessários.*

2018.09.18 - E-mail: Documento pedidos de alterações - FEST/UFES/RRDM - (SEI 3887877)

2018.09.18 - Relatório de modificações/questionamentos do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I após o I Workshop de alinhamento do plano de trabalho – Fundação Renova/FEST-RRDM - (SEI 3957589)

22/10/2018 – Empresa CP+ Soluções em Meio Ambiente protocolou no IBAMA o Ofício CP+T 170/18 (SEI 4071201), apresentando Plano de Trabalho e solicitação de captura, coleta e transporte de material biológico da fauna aquática ictiofauna, ictioplâncton e zoobentos na porção capixaba do rio doce, visando execução de monitoramento conforme orientações estabelecidas no Anexo 2 do TR 04/2016.

22/10/2018 – Fundação Renova protocola no CIF e CTBIO o Ofício OFI.NII.102018.4432 (SEI 4783190), apresentando o Relatório Técnico Anual emitido pela Fundação Pró-TAMAR (SEI 4783544), referente ao Monitoramento Reprodutivo das Tartarugas Marinhas na Planície Costeira do Rio Doce, conforme disposições previstas no Termo de Referência 04/2016 e Cláusula 165 do TTAC.

13/02/2019 – Elaboração da Nota Técnica nº 5/2019/CTBIO/DIBIO/ICMBio - (SEI 4600688), contendo análise técnica do Plano de Trabalho do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I (SEI 3611283) elaborado pela Rede Rio Doce Mar - RRDM/FEST, e encaminhado pela Fundação Renova por meio do Ofício OFI.NII.072018.3602 (SEI 3611259), visando atendimento da Cláusula 165 do TTAC.

“Conclui-se que o Plano de Trabalho, objeto de análise nesta Nota Técnica embora não atenda em sua totalidade às disposições previstas na Deliberação CIF nº 112/2017, de 26 de setembro de 2017, poderá ser considerado o documento balizador para a execução do primeiro ano do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I, conforme disposições previstas na Cláusula 165 do TTAC.

22/03/2019 – Elaboração da Nota Técnica nº 8/2019/CTBIO/DIBIO/ICMBio - (SEI 4787186), contendo retificação (substituição) da Nota Técnica nº 5/2019/CTBIO/DIBIO/ICMBio - (SEI 4600688) referente à análise técnica do Plano de Trabalho do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I elaborado pela Rede Rio Doce Mar - RRDM/FEST. Na referida retificação foram inseridos os entendimentos discutidos na 32ª Reunião Ordinária da CTBIO/CIF, e propostos novos encaminhamentos CIF visando adequado cumprimento integral da Cláusula 165 do TTAC. Na referida Nota Técnica são apresentadas as seguintes conclusões:

“Após análise do Plano de trabalho elaborado pela Fundação Espírito-Santense de Tecnologia (FEST), intitulado “Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I” (3611283) e do “Relatório de modificações/questionamentos do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I após o do I Workshop de alinhamento do plano de trabalho - Fundação Renova/FEST-RRDM” (SEI 3957589), e considerando as informações elencadas no Item 4 desta Nota Técnica, conclui-se que o Plano de Trabalho, objeto desta análise embora não atenda em sua totalidade às disposições previstas na Deliberação CIF nº 112/2017, poderá ser considerado o documento balizador para a execução somente para o primeiro ano do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I.”

23/04/2019 - Deliberação CIF nº 279/2019. Aprovação integral do estabelecido na NT nº 008/2019/CTBIO/DIBIO/ICMBIO, Relativa ao Plano de Trabalho do PMBA/RRDM/FEST/UFES.

1. Estabelece prazo de 30 dias para apresentação de Plano de Trabalho do Sistema de Gestão de Dados.
2. Estabelece prazo de 30 dias para apresentação estratégia de continuidade do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática.

23/04/2019 - Deliberação CIF nº 279/2019 - Aprovação integral do estabelecido na NT nº 008/2019/CTBIO/DIBIO/ICMBIO, Relativa ao Plano de Trabalho do PMBA/RRDM/FEST/UFES.

Determina ainda que:

a Fundação renova presente à CTBIO no prazo de 30 dias, Plano de Trabalho do sistema de Gestão de Dados Gerados na Cláusula 165 do TTAC, conforme orientações fornecidas pela CTBIO por meio da Nota Técnica nº 11/2017/DIBIO/ICMBio.

Determinar que a Fundação Renova presente à CTBIO, no prazo de 30 (trinta) dias após o 1º Seminário de seis meses de avaliação, estratégia de continuidade do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática, garantindo a execução dos estudos de forma ininterrupta pelo período de 5 anos, conforme disposições previstas no Termo de Referência nº 04/2016, aprovado pela Deliberação CIF nº 79/2017 e os Planos de trabalho aprovados pela Deliberação CIF nº 112/2017.

30/04/2019 - OF NII [0420196242](#) - **Fundação Renova encaminha o relatório Semestral FEST/UFES/RRDM** do programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática no Estado do ES, em atendimento ao Item III da Cláusula 165 do TTAC

01/05/2019 - Fundação renova apresenta à CTBIO um **relatório da empresa Golder Associates de análise do Relatório Semestral do PMBA, quanto à aderência ao conteúdo do TR4**. O relatório conclui que o documento em análise aderiu parcialmente ao TR4.

30/05/2019 - OF.NII.052019.6754 - **Fundação Renova apresenta o “Plano de Trabalho do sistema de Gestão de Dados gerados na cláusula 165 do TTAC, em atendimento à Deliberação CIF nº 279 de 23 de abril de 2019”**.

04/06/2019 - OF.NII.052019.6754-02. - **Fundação Renova apresenta à CTBIO a estratégia de continuidade do programa de monitoramento da biodiversidade aquática , cláusula 165 do TTAC** em que informa as tratativas para renovação da contratação da Rede Rio Doce Mar.

18/07/2019 - RRDM/FEST apresenta o RT-00 RRDM/JUL19 contendo **errata do Relatório Semestral do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática** da Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente

30/05/2019 - OF.NII.092019.7873 - **Fundação Renova apresenta sugestões de alteração do escopo do Termo de referência - PMBA- Cláusula 165.**

17/10/2019 - Nota Técnica nº 28/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio - **Análise do Plano de Trabalho Apresentado pela Fundação Renova, do Sistema de Gestão de Dados gerados na Cláusula 165 do TTAC, em atendimento à Deliberação CIF nº 279 de 23 de abril de 2019. CTBIO aprova o plano de Trabalho e solicita complementações de informações, padronização de planilhas de dados brutos e Plano de Trabalho Executivo da primeira fase da elaboração do Sistema de Gestão de Dados.**

18/10/2019 - Nota Técnica nº 32/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio - **Avaliação do Relatório Semestral do Programa de Monitoramento da Biota Aquática - PMBA** - em cumprimento da Cláusula 165, Itens I, II e III. A NT conclui:

- **Aprova parcialmente o Relatório Semestral do PMBA.**
- **Não irá solicitar uma nova versão do relatório semestral do PMBA, já que para alguns anexos do TR4/2016 foram realizados apenas três campanhas mensais de coletas de dados e em poucos meses (outubro de 2019) será apresentado o relatório anual do PMBA com resultados totais.**
- **As solicitações de alterações e complementações objeto desta Nota Técnica e já encaminhados à Rede Rio Doce Mar e à Fundação Renova, devem ser considerados para elaboração do relatório anual do PMBA.**
- **A análise do cumprimento da Cláusula 165 será objeto de outra Nota Técnica da CT-Bio, por ser tema mais complexo e que envolve diversas entregas de estudos pelas outras contratadas da Fundação Renova.**

19/11/2019 - OF.NII.112019.8380 - Fundação Renova apresenta o **Relatório Anual do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática** da Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente - Relatório RT-16 RRDM/NOV19, elaborado pela **RRDM/FEST/UFES**

19/11/2019 - Deliberação CIF nº 347 - Aprova o Sistema de Gestão de Dados Gerados na Cláusula 165 da Renova e determina:

1.1. *os dados de biodiversidade das Cláusulas do TTAC estejam reunidos em um mesmo Sistema de Gestão de Dados;*

1.2. *a construção do Sistema inclua consulta aos órgãos ambientais envolvidos no TTAC para a compatibilização com os sistemas já empregados pela Administração Pública para consolidação de um legado;*

1.3. *a Fundação renova apresente no prazo de 30 (trinta) dias padronização das planilhas de todos os dados e metadados entre os diversos estudos ambientais. Todos novos estudos a serem apresentados pela Fundação renova deverão utilizar-se das mesmas planilhas padronizadas;*

1.4. *a Fundação renova apresente no prazo de 30 (trinta) dias o Plano de Trabalho executivo da mobilização (Kick Off) do sistema.*

19/11/2019 - Deliberação CIF nº 348 - Aprova parcialmente o Relatório Semestral de Resultados do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática elaborado pela Rede Rio Doce Mar, analisado no âmbito da Câmara Técnica de Conservação da Biodiversidade – CTBio/CIF, determinando à Fundação Renova que o relatório anual do PMBA contemple os apontamentos de alterações e complementações da NOTA TÉCNICA Nº 32/2019/CTBIO/DIBIO/ICMBIO.

09/12/2019 - OF.NII.092019.7873-01 - Fundação Renova apresenta complementações à solicitação de alteração de escopo do TR4 - Ressalvas feitas pela RRDM.

41ª reunião da CTBIO - fundação renova apresenta novo cronograma para elaboração do Sistema de Gestão de Dados. CTBIO considerou proposta não razoável e determina encurtamento dos prazos.

20/12/2019 - OF.NII.122019.863 - Fundação Renova apresenta ofício de cumprimento da Deliberação CIF nº 347 (ainda não respondido pela CTBIO).

08/01/2020 - Ofício SEI nº 1/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio - Após tratativas mantidas durante a 39ª Reunião Ordinária da Câmara Técnica de Conservação e Biodiversidade – CTBio informa aprovação parcial do solicitado no OFI.NII.092019.7873 - Sugestão de alteração de escopo ao Termo de Referência 4 – Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática (Cláusula 165 do TTAC), estabelecendo ressalvas que devem ser atendidas pela Fundação Renova.

Com a finalidade de registro e de atualização da metodologia aplicada pela Rede Rio Doce Mar nas coletas e análises realizadas no âmbito da cláusula 165, solicita à Fundação Renova que envie as alterações e ajustes realizados na metodologia apresentada nos Termos de Referência e Planos de Trabalho, detalhadamente para cada anexo, com as devidas justificativas.

Solicita também planilha de espacialização geográfica das coletas realizadas pela Rede Rio Doce Mar, contendo as seguintes informações: anexo, denominação do ponto (e toda as sinônimas presentes em relatórios e planilhas de dados brutos), coordenadas atuais, coordenadas antigas (em caso de alteração).

Informamos que está previsto o Workshop para realização da revisão do Termo de Referência 4, nos dias 05 e 06 de março de 2020.

11 e 12/02/2020 - Realização da 11ª Reunião Extraordinária da CTBIO - com principal objetivo de promover Discussão Técnica, entre os participantes da CTBIO, coordenadores dos estudos (anexos do TR4) e Fundação Renova, referente aos resultados do Relatório Anual do PMBA, executado pela RRDM/FEST.

22/05/2020 – OF. NII.FR.2020.0742 (7173640) – Fundação Renova apresenta ofício Proposta de apresentação dos resultados semestrais do Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente (PMBA/RRDM-FEST) .

23/06/2020- Durante a 45ª Reunião Ordinária da CTBIO/CIF (SEI 10899064), a Fundação Renova informa que ocorreu a paralização das atividades em campo do PMBA, impossibilitando a conclusão das coletas periódicas, mas quanto aos dados já coletados, os laboratórios sofrem poucas interferências, e as análises estão acontecendo, para o devido atendimento conforme previsto no cronograma de entrega do Relatório semestral.

31/08/2020 – CTBio elabora da Nota Técnica nº 15/2020/CTBio/DIBIO/GABIN (SEI 7653770), contendo Avaliação do RELATÓRIO ANUAL (2018/2019) do “Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática - PMBA, da Área Ambiental I, na Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente, em atendimento à Cláusula 165 do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta - TTAC, apresentado pela Fundação Renova e realizado pela FEST/UFES em Acordo de Cooperação. Na referida análise a CTBio/CIF apresenta a seguinte conclusão:

Conclusão Geral:

De uma maneira geral, os três ambientes analisados (dulcícola, costeiro e marinho, apresentaram transformações negativas significativas em relação à situação pré rompimento da barragem de Fundão, nos diferentes compartimentos ambientais (sedimentos, água, biota associada). Foram relatados indícios e/ou evidências de estresse ambiental nestes três compartimentos, alterações nas suas composições, bem como a prevalência de espécies oportunistas.

Os índices de contaminação e/ou toxicidade ultrapassaram, nas diversas matrizes ambientais, os valores preconizados nas legislações específicas, em muitos pontos amostrais e períodos de avaliação, evidenciando importantes variações espaciais e temporais, que exigem um monitoramento constante, permanente e aprimorado.

É extremamente necessária a continuação dos estudos do PMBA para acompanhamento da evolução espacial e temporal destes impactos identificados.

O impacto identificado exige que medidas para conservação do ambiente estudado sejam tomadas a fim de melhorar a qualidade ambiental dos ecossistemas impactados.

06/10/2020 - FR.2020.1559 – Função Renova apresenta ofício com posicionamento sobre a participação de pesquisadores em eventos que discuta a revisão de Termos de Referência. (SEI [7855196](#)).

07/10/2020 – Durante a 12ª Reunião Extraordinária da CTBio/CIF (SEI 10899074), que teve como pauta única, devido a CT-Bio ter sido surpreendida com a informação do cancelamento do Acordo de Cooperação Técnica entre a RRDM-FEST e Fundação Renova o que coloca em risco a continuidade do PMBA. Destacou que tomou ciência do fim do Acordo, por meio do IEMA-ES, causando estranheza, uma vez que a Câmara Técnica sempre buscou ter boa relação com a Fundação Renova e sua equipe técnica.

Renata Stopiglia, representante da Fundação Renova, informou que tentou um contato com a coordenação da CT-Bio, por meio de mensagem de app (WhatsApp), para falar sobre a rescisão com a FEST. Apresentou a nova gerente socioambiental da Fundação Renova, Sra. Juliana Bedoya. Informou que não há previsão da retomada total das atividades em campo, devido o cenário de pandemia no país. Fez leitura do documento apresentado à RRDM-FEST, onde relatou algumas premissas que levaram ao fim do contrato. Citou que o 1º Relatório Anual do PMBA apresentou uma série de atendimentos parciais e necessidade de complementações.

Houve questionamento do coordenador da CT-Bio Frederico, em meio às informações contidas na apresentação realizada pela representante da Fundação Renova, solicitando explicações sobre ter ou não motivos técnicos para o cancelamento do contrato, por ter utilizado o termo “imotivadamente”.

Representantes da Fundação Renova se negaram em responder a pergunta realizada pela coordenação da CT-Bio, sobre os motivos da rescisão do ACT com a RRDM, informando que daria sequência na apresentação. Foi citado falhas técnicas; falhas nos Dados Brutos e falta de mecanismo de reparação, pontos estes considerados pela Fundação Renova como situações de alta gravidade, levando a rescisão “imotivada”.

Foi solicitado pelo coordenador da CT-Bio, que seja apresentado um documento, contendo os reais problemas técnicos e de Dados Brutos que levaram a decisão quanto a rescisão “imotivada”, uma vez que, vários outros contratos em vigor da Fundação Renova já apresentaram ou apresentam problemas muito mais graves como os quais foram citados para a rescisão junto à FEST.

Houveram também duras críticas aos profissionais representantes da Fundação Renova, que usaram um aplicativo de conversa (WhatsApp) na tentativa de comunicar ao coordenador da CT-BIO sobre o rompimento de contrato com tamanha importância.

Carlos Cenachi, representante da Fundação Renova, destacou sobre os papéis e responsabilidades de cada ator e sobre a intenção do trabalho em conjunto para o processo de reparação. Informou que não é papel das Câmaras Técnicas questionar e defender um fornecedor da Fundação Renova, destacando que a gestão da contratação é da própria Fundação Renova. Informou ainda que, não tem conhecimento de que seja responsabilidade exclusiva da Câmara Técnica em elaborar o Termo de Referência. João Carlos informou que a Cláusula 165 do TTAC direciona ao ICMBio definir, junto aos demais órgãos, o Termo de Referência onde não direciona à Fundação Renova a contratação que tem liberdade e autonomia de realização dos processos. Solicitou que se mantenha a agenda de reuniões temáticas já programadas, referente as discussões quanto ao 2º ano de Monitoramento do PMBA, junto à RRDM-FEST.

Frederico Martins, fez um apelo à Fundação Renova, solicitando que seja reconsiderado a decisão quanto ao encerramento do Acordo de Cooperação junto à RRDM-FEST, ao menos neste primeiro instante, a fim de que não ocorra a descontinuidade dos trabalhos e garanta as pesquisas. Citou sobre a possibilidade de

suspensão da revisão do TR4 pelas incertezas que a Rescisão do acordo de cooperação técnica com RRDM/FEST causou.

08/10/2020 - Ofício SEI nº 48/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 7855116) – Após tratativas mantidas durante a 12ª Reunião Extraordinária da Câmara Técnica de Conservação da Biodiversidade – CTBio, a CTBio faz a seguinte solicitação a Fundação Renova:

Que reconsidere a decisão de rescisão do Acordo de Cooperação Técnica – ACT que atualmente viabiliza o Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática – PMBA no Estado do Espírito Santo, a fim de garantir a continuidade dos estudos incluindo as campanhas dos próximos períodos seco e chuvoso;

Que apresente as questões técnicas que justificaram a rescisão imotivada do referido ACT;

Que apresente a estratégia de continuidade do PMBA com cronograma.

Solicitamos a Fundação Renova que as respostas aos itens solicitados acima sejam encaminhadas a Câmara Técnica de Conservação e Biodiversidade em até 07 (sete) dias, conforme acordado no âmbito da 12ª Reunião Extraordinária da CTBio.

14/10/2020 – Ofício SEI nº 51/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 7878646) - Informa ao CIF e demais órgãos envolvidos, dos prejuízos que serão causados pela interrupção dos estudos previstos no Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática - PMBA, na Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente, em atendimento à Cláusula 165 do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta - TTAC, ocasionado pela rescisão unilateral, e imotivada, por parte da Fundação Renova, do Acordo de Cooperação Técnico com a Fundação Espírito-Santense de Tecnologia/Rede Rio Doce Mar - RRDM/FES.

22/10/2020 - Deliberação CIF nº 447 (SEI 7995772) - **Determina a não interrupção dos estudos do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática - PMBA**, da Área Ambiental I, na Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente como atendimento parcial à Cláusula 165 do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta - TTAC.

22/10/2020 - Deliberação CIF nº 450 (7995872) - **Aprovar o Relatório Anual (2018/2019)** do “Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática - PMBA, da Área Ambiental I, na Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente como atendimento parcial à Cláusula 165 do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta - TTAC.

30/10/2020 – Decisão Judicial da 12ª VARA FEDERAL DA SJMG Trata-se da Decisão Judicial PJE nº 1044614-56.2020.4.01.3800, determina (8625914):

a) que a Fundação Renova mantenha e dê continuidade, nos termos do TTAC, ao Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática (PMBA);

b) que a Fundação Renova mantenha o Acordo de Cooperação Técnica com a Fundação Espírito-Santense de Tecnologia/Rede Rio Doce Mar (RRDM/FES/UFES), nos moldes vigentes, pelo prazo de 120 dias, período em que as partes deverão estabelecer e concluir tratativas com vista às eventuais correções e/ou ajustes e/ou aprimoramentos que se fizerem necessários.

05/11/2020 – Manifestação da Fundação Renova 2020.1720 - Deliberação CIF nº 447 (SEI 7995772)

05/11/2020 - Manifestação da Fundação Renova 2020.1745 Deliberação CIF nº450 (7995934)

11/11/2020 - Ofício SEI nº 62/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 8019046) – **A CTBio solicita a Fundação Renova a retomada das atividades de campo, PMBA da Cláusula 165 do TTAC.**

Solicitamos que à Fundação RENOVA e REDE RIO DOCE MAR - RRDM que retomem imediatamente as atividades de campo e coletas de dados para garantir a continuidade do Programa de Monitoramento da Biota Aquática - PMBA, na porção Capixaba da Cláusula 165 do TTAC, seguindo o estabelecido no Termo de Referência 04.

A retomada das atividades de campo deve ocorrer com a garantia dos protocolos de segurança sanitária, considerando a pandemia do coronavírus.

11/11/2020 - Ofício SEI nº 63/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 8021726) – **A CTBio solicita a Rede Rio Doce Mar – RRDM, retomada das atividades de campo, PMBA da Cláusula 165 do TTAC. Retomada das atividades de campo, PMBA da Cláusula 165 do TTAC.**

12/11/2020 - Documentação FEST - resposta ao ofício SEI nº 63/2020 – CTBio (8036506), a FEST/RRDM trás a seguinte informação:

“estamos absolutamente à disposição para reinício imediato das atividades de coleta, pelo que dependemos apenas de ajustes do acordo para ressaltar não só a integridade das pesquisas e das

instituições que executam, como também as obrigações já assumidas e as necessárias ao cumprimento da decisão judicial.”

03/12/2020 - Ofício SEI nº 68/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 8141690) - A CTBio apresenta documentação com a proposta de documentos referente a Objetivos, Diretrizes e Premissas para o Workshop De atualização do Termo De Referência Nº 04/2016 para o programa de Monitoramento Da Biodiversidade Aquática na Porção Capixaba e Marinha atingidas pelos rejeitos da barragem de fundão.

10/12/2020 - **AUDIÊNCIA DE CONCILIAÇÃO**, realizada via Microsoft Teams, a fim de se viabilizar uma solução consensual, ocasião em que as partes deverão apresentar os pontos de dissenso e as respectivas propostas em relação a esses, sem prejuízo das tratativas diretas entre as partes envolvidas.

11/12/2020 - DESPACHO n. [00449/2020](#)/NMAF/SAP/PFMG/PGF/AGU - **Solicita à CTBIO:**

...” até o dia 22 de janeiro de 2020, deverá a Câmara Técnica / CIF encaminhar ao i. Juízo os andamentos e informações quanto ao reformular e aprimoramento do Termo de Referência do Programa, que já está em andamento e já era previsto de ocorrer inclusive antes da celeuma.”

12/12/2020 – Fundação Renova apresenta documentação FR SEQ30035 referente a Decisão Judicial N. 1044614-56.2020.4.01.3800 - PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA BIODIVERSIDADE AQUÁTICA - PMBA (8051774)**18/12/2020** – **Ofício** FR.2020.2105- Fundação Renova entrega do Segundo Relatório Anual do Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente (PMBA/RRDM-FEST). (SEI 8243830).

23/12/2020 – Ofício FR.2020.2128 – Fundação Renova apresenta um Ofício com as atualizações sobre o desenvolvimento das atividades de revisão técnica do Termo de Referência nº 4 (“TR4”) (SEI 8270152)

15/01/2021 – Rede Rio Doce Mar – RRDM/FEST apresentou documentação de Proposta de Conciliação para Execução do PMBA/FEST-RRDM (SEI 8360342)

19/01/2021 - Ofício SEI nº 2/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio – CTBio apresenta cronograma sobre o andamento do processo de reformulação e aprimoramento do Termo de Referência 4 – TR 4, que dispensa um relatório propriamente dito, por trazer de forma detalhada o passo a passo para revisão do TR4 (SEI 8363470).

26/1/2021 - Ofício FR.2021.0131_Relatório Anual Tamar (8386243) – Fundação Renova Apresentação do Relatório Anual “Monitoramento Reprodutivo das Tartarugas Marinhas na Planície Costeira do Rio Doce – agosto/2019 a julho/2020” em atendimento à Cláusula 165, do Termo de Referência 4 do anexo 6

27/01/2021 - Ofício Renova FR.2021.0124 Entregas de relatório mensal TAMAR (8386175) – Fundação Renova apresenta o relatório mensal de atividades da FUNDAÇÃO PRÓTAMAR, que compreende as atividades desenvolvidas no período de 10 de Dezembro de 2020 à 15 de Janeiro de 2021

05/02/2021 - Ofício SEI nº 4/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 8408731) – A CTBio apresenta Relatório circunstanciado do processo de revisão do TR4, para Advocacia Geral da União – AGU e Comitê Interfederativo – CIF. A CTBio faz as seguintes solicitações a PFE/AGU que apresente em juízo as seguintes demandas:

1. Prorrogar a decisão que garante o ACT entre a FR e a RRDM até que seja aprovada e mobilizada uma nova estratégia de desenvolvimento do PMBA com base no novo Termo de Referência.
2. Solicitar uma audiência em juízo para apresentação dos impactos identificados no PMBA a ser realizada pela RRDM.
3. Garantir que, mesmo com o novo e necessário Termo de Referência, o PMBA continue sendo conduzido pela Rede de Universidades públicas criadas para este fim, a RRDM.
4. Garantir que as evidências de impacto identificadas com suficiência estatística, no âmbito do PMBA, sejam reconhecidas e consideradas para fins de implantação de medidas reparatórias.
5. Garantir a independência da FR no processo de forma a impedir a sua atuação parcial no processo em alinhamento com as mineradoras responsáveis pela Barragem de Fundão.

05/02/2021 – Ofício FR.2020.1175-3 (8431312) – Fundação Renova apresenta o Relatório Anual quanto ao “Estudo da ictiofauna da bacia do rio Doce após o rompimento da barragem de rejeito da Samarco” realizado em 2019, conduzido pela Universidade Federal de Viçosa - UFV

15/02/2021 – Ofício FR.2021.0234 Resposta Ofício SEI nº 62_2020-CTBio (8435827) - Resposta ao Ofício SEI nº 62/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio, a Fundação Renova apresenta a planilha com a Retomada das atividades de campo – Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática PMBA (Cláusula 165 do TTAC

26/02/2021 - Decisão Judicial continuidade do PMBA (8473265), determina:

a) que a Fundação Renova mantenha e dê continuidade, nos termos do TTAC, ao Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática (PMBA);

b) que a Fundação Renova mantenha, por ora, o Acordo de Cooperação Técnica com a Fundação EspíritoSantense de Tecnologia/Rede Rio Doce Mar (RRDM/FES/UFES), nos moldes vigentes, pelo prazo de 90 dias, período em que as partes deverão estabelecer diálogo e manter as tratativas com vista às eventuais correções e/ou ajustes e/ou aprimoramentos que se fizerem necessários;

Determino, ainda:

a) que a CTBIO-CIF, no prazo de 30 dias, apresente em juízo a proposta final de revisão do TR4 que os órgãos da administração (CIF, IBAMA e ICMBio) entendem como adequado ao PMBA, considerando-se a indispensável necessidade de ajustes, correções e aperfeiçoamentos do modelo anterior;

b) Na sequência, as empresas ré e a Fundação Renova terão o prazo de 15 dias para manifestação sobre o TR4 apresentado, apontando, de forma clara e objetiva, (se for o caso) quais são as impugnações e divergências, justificando-as.

02/03/2021 - Ofício SEI nº 8/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 8473293) - Decisão Judicial - Continuidade do Programa de Monitoramento da Biota Aquática - PMBA, na porção Capixaba, prevista na cláusula 165 do TTAC. CTBio faz a seguinte solicitação:

à Fundação RENOVA e REDE RIO DOCE MAR - RRDM que nos seja enviado o cronograma das atividades de campo e coletas de dados, em até (cinco) dias, demonstrando assim a continuidade do PMBA nos moldes vigentes no período determinado.

08/03/2021 - Ofício FR.2021.0234-01 (SEI 8531696) – Fundação Renova apresenta resposta ao Ofício SEI nº 08.2021, com a apresentação da Planilha de Acompanhamento das Atividades de Campo (Anexo 1) que demonstra a manutenção das Atividades de Campo do 3º Ciclo do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática (PMBA).

12/03/2021 - CE SUP 018/2021 - GERÊNCIA EXECUTIVA DA FEST (SEI 8568984) – A Fundação Espírito-santense de Tecnologia – FEST em resposta ao Ofício SEI nº 8/2021, apresenta o cronograma detalhado para os próximos 90 dias de execução do PMBA.

12/03/2021 - Ofício FR.2021.0234-02 (SEI 8569168) – Fundação Renova apresenta **Complementação** de resposta ao Ofício SEI nº 08/2021- CTBio/DIBIO/ICMBio – Decisão Judicial – Continuidade do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática – PMBA, na porção Capixaba, prevista na cláusula 165 do TTAC

18/03/2021 - Ofício SEI nº 12/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 8578510) - Monitoramento da porção mineira através de convênio celebrado entre a Fundação Renova e a FAPEMIG, previsto na cláusula 165 do TTAC. A Câmara Técnica de Conservação e Biodiversidade - CTBio/CIF, faz as seguintes solicitações:

a Fundação Renova apresente as informações que se referem a medidas que garantam o cumprimento da Cláusula 165 do TTAC no que se refere ao processo de Monitoramento da Biodiversidade Aquática na porção mineira.

Solicitamos também à Fapemig, a memória ao processo seletivo dos projetos, como critérios de avaliação, pontuação, requisitos mínimos, cronograma, etc., para fins de registro nos arquivos da CTBIO.

24/03/2021 – Fundação Renova protocola no CIF e na CTBio Ofício FR.2021.0124.01 (SEI 8647599) - Apresentando Relatório mensal emitida pela Fundação Pró- Tamar - Janeiro e fevereiro (SEI 8647657) e fevereiro e março (SEI 8647708), referente ao Monitoramento Reprodutivo das Tartarugas Marinhas na Planície Costeira do Rio Doce, conforme disposições prevista no Termo de Referência 04/2016 e Cláusula 165 do TTAC.

29/03/2021 - Ofício SEI nº 15/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 8626668) – CTBio encaminha para AGU a Proposta Final de Revisão Termo de Referência 4 (SEI 8626940).

12/04/2021 – Ofício FR.2021.0564 (SEI 8683440) - Resposta ao Ofício SEI nº 12/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio - Monitoramento da porção mineira através de convênio celebrado entre a Fundação Renova e a FAPEMIG, previsto na cláusula 165 do TTAC. A Fundação Renova enviou os cronogramas e informou que a FAPEMIG havia encaminhado o pleito de envio dos projetos completos para o seu Departamento de Proteção à Propriedade Intelectual, sendo que o pedido está sob análise.

27/04/2021 - Fundação Renova protocola no CIF e na CTBio Ofício FR.2021.0124_02 (SEI 8818270) – Apresenta Relatório mensal de atividades da FUNDAÇÃO PRÓ-TAMAR, referente as atividades desenvolvidas no período de 16 de Março de 2021 à 15 de Abril de 2021, conforme disposições prevista no Termo de Referência 04/2016 e Cláusula 165 do TTAC.

27/04/2021 - Ofício FR.2021.0124_02 (SEI 8818270) – Fundação Renova apresenta Relatório mensal (SEI 8818280) de atividades da FUNDAÇÃO PRÓ-TAMAR no período de 16 de Março de 2021 à 15 de Abril de 2021, referente à cláusula 165 do TTAC.

28/04/2021 – Ofício FR.2021.0675 (SEI 8770616) - **Complemento à Carta FR.2021.0564** em resposta ao Ofício SEI nº 12/2021- CTBio/DIBIO/ICMBio - Monitoramento da porção mineira através de convênio celebrado entre a Fundação Renova e a FAPEMIG, previsto na cláusula 165 do TTAC. A Fundação Renova informa que uma reunião havia sido programada entre a Fundação Renova e a FAPEMIG para discutir a respeito da solicitação. Essa reunião se deu no dia 16 de abril de 2021 e contou, também, com a participação de representantes da CTBio. Nessa reunião, ficou definido que a Fundação Renova e a CTBio fariam uma conversa com os coordenadores das Linhas de Pesquisa para apresentar a equipe do IEF, informar sobre o papel da CTBio e solicitar um “De acordo” dos coordenadores para encaminhamento dos Planos de trabalho para a CTBio. A conversa com os coordenadores, ou designados, se deu no dia 20 de abril de 2021. Até o presente momento, os coordenadores das Linha Temática I, Processos Biogeoquímicos (APQ-00208-19); Linha Temática II, Dinâmica do Sedimentos e Hidrogeomorfologia (APQ-00405-19); Linha Temática III, Biota Aquática - Estrutura do Habitat (APQ-05461-18); Linha Temática IV: Biota Aquática - Comunidade, Populações e Bioinvasão (APQ-00401-19) e Linha Temática V, Ecotoxicidade (APQ-00219-19) já deram o “De acordo” para envio dos Planos de Trabalho à CTBio (SEI 8770668).

19/05/2021- Ofício SEI nº 25/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 8889840) – CTBio emite ofício apresentando preocupação com a continuidade do Plano de Monitoramento da Biodiversidade Aquática (PMBA), executado pelo Acordo de Cooperação Técnica entre a Fundação RENOVA e a Fundação Espírito-santense de Tecnologia/Rede Rio Doce Mar (RRDM/FEST/UFES), e solicita que a PFE/ AGU interceda para que a decisão de garantia do ACT entre a Fundação Renova e a FEST/RRDM seja prorrogada até que a nova estratégia de desenvolvimento do PMBA com base no novo Termo de Referência seja validada e esteja mobilizada, sem solução de continuidade no monitoramento da biodiversidade aquática impactada pelo rompimento da barragem de Fundão em Mariana - MG.

20/05/2021 - Nota Técnica nº 14/2021/TAMAR-Vitoria- ES/DIBIO/ICMBio (SEI 8957480) - **Análise do 3º Relatório Anual “Monitoramento Reprodutivo das Tartarugas Marinhas na Planície Costeira do Rio Doce – agosto/2019 a julho/2020”, elaborado pela Fundação Pró-Tamar, para a Fundação Renova.**

25/05/2021 - Decisão judicial continuação do PMBA (SEI 8923766):

2. Ratifico, ainda, os termos da referida decisão, in verbis:

Somente assim o juízo terá condições de avaliar a conveniência de prova pericial requerida pelas partes. Do mesmo modo, a definição do modelo e forma de contratação de quem executará o PMBA, a partir do novo Termo de Referência 4 (TR4), será examinada oportunamente.

Em seguida, voltem-me os autos conclusos para deliberação.

3. Proceda a secretaria à retificação da autuação, com a inclusão do Ministério Público do Estado do Espírito Santo - MP/ES (interessado).

26/05/2021 - Ofício FR.2020.2105.1 (SEI 8932132) – Fundação Renova Entrega da Avaliação em formato *Peer Review* do Segundo Relatório Anual do Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente (PMBA/RRDM-FEST), elaborada pelo grupo de pesquisadores independentes do Instituto Ekos Brasil.

08/06/2021- Decisão Judicial-Continuidade do PMBA-junho (SEI 8996952) - o OFÍCIO n. [00056/2021/NMAF/SAP/PFMG/PGF/AGU](#).

Solicita-se que a Câmara Técnica mantenha a IAJ informada quanto aos andamentos, assim como para que, havendo necessidade, direcione à IAJ novo pleito de prorrogação, segundo o avanço do prazo de 90 (noventa) dias fixado judicialmente.

09/06/2021 - Gerência Executiva da FEST CE SUP 054/2021 (SEI 8996984) - FEST/RRDM encaminha para CTBio comunicado informando Paralisação das atividades do PMBA.

A paralisação das atividades se embasa no item 5.6 da Cláusula Quinta do Acordo de Cooperação Técnico – Científica (ACT) Nº 001/2018, o qual estabelece que “o atraso injustificado no pagamento da parcela superior a 30 (trinta) dias pode implicar na paralisação das atividades do projeto, sem a possibilidade de a RENOVA aplicar qualquer sanção por tal paralisação”.

09/06/2021 - Ofício SEI nº 33/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 8999328) - Monitoramento da Biodiversidade Aquática. A CTBio faz a seguinte solicitação:

solicitamos à Fundação Renova que apresente esclarecimentos no prazo de 24 horas à partir do recebimento deste sobre a situação relatada pela FEST, especialmente sobre a possível paralisação das atividades do PMBA;

Solicitamos ainda que a Fundação Renova envie todos os esforços para garantir as atividades do PMBA sem solução de continuidade, evitando a possível paralisação relatada

Argumentamos que, caso a paralisação do PMBA se concretize teremos sérios prejuízos ao monitoramento em curso além de implicar em descumprimento da decisão judicial de 25 de maio que determina a continuidade do PMBA e do Acordo de Cooperação Técnica com a FEST/UFES/RRDM, nos moldes vigentes.

11/06/2021 – Fundação Renova apresenta documento ao Ofício nº 33-2021-CTBio (SEI 9022454) – a FR informa que foi recebida com surpresa a alegação da Fundação Espírito-santense de Tecnologia – FEST de que iria paralisar as atividades do PMBA, pois o contrato entre a FEST e a Fundação Renova segue conforme previsto. Ocorre que, novamente, foram detectados problemas na prestação de contas enviada pela FEST. Estes problemas impedem a liberação da próxima parcela de recursos, a teor do que dispõe o item 5.4.1 do contrato celebrado. Dessa forma, não procede a alegação da FEST de que há atraso injustificado que possibilite a paralisação das atividades. E apresenta Comprovante de pagamento FR-FEST-Resposta ao Of 33-CTBio (9022490).

14/06/2021 - Ofício SEI nº 34/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 9022770) – a CTBio faz a seguinte solicitação:

que a FEST apresente os esclarecimentos que julgar necessários sobre as informações apresentada pela Fundação Renova, além de informar sobre o risco de paralisação das atividades do Programa de Monitoramento da Biota Aquática - PMBA.

16/06/2021 - Resposta às Decisões de ID 449955395 e ID 553454395 (SEI 9401308) – Justiça solicita que as empresas ré e a Fundação Renova apontem, de forma clara e objetiva (se for o caso), quais são as impugnações e divergências em relação à proposta final de revisão do TR4 apresentada pela CTBio

16/06/2021 - Nota Técnica nº 7/2021/CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 9039184) - Análise do Relatório Anual dos “Estudo da ictiofauna da bacia do rio Doce após o rompimento da barragem de rejeito da Samarco”, conduzido pela Universidade Federal de Viçosa – UFV.

16/06/2021 - Gerência Executiva Da FEST (SEI 9044068) – Em resposta Ofício nº 3/2021 da CTBio.

29/06/2021 - Ofício FR.2021.0124_04-Entrega de relatório mensal TAMAR (SEI 9159988) – Fundação Renova apresenta Relatório Técnico Mensal no período de 16 de Maio de 2021 à 15 de Junho de 2021 (SEI 9160050).

05/07/2021 - Ofício SEI nº 41/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 9145216) – CTBio solicita à Fundação Renova que apresente à CTBio, no prazo de 48 horas, as considerações da Fundação Renova referente à Proposta de Revisão do Termo de Referência - TR 4, apresentadas à 12ª Vara Federal Cível e Agrária da SJMG.

12/07/2021 - Ofício FR.2021.1093 (SEI 9204386) - Contextualização para resposta à Nota Técnica nº 7/2021/CTBIO/DIBIO/ICMBIO.

13/07/2021 - Ofício SEQ 34909 (SEI 9204060) – Fundação Renova apresenta Resposta Ofício SEI nº 41/2021/CTBio. A FR informa que a manifestação protocolada perante o juízo 12ª Vara Federal Cível e Agrária da SJMG no dia 16/06/2021 por meio do ID 583178863, bem como os documentos que acompanharam e respectiva manifestação.

27/07/2021 - Ofício SEI nº 44/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 9280912) – CTBio solicita a FEST/RRDM a realização do Seminário de Avaliação dos Impactos da tragédia do rompimento da Barragem da Samarco do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente PMBA.

26/07/2021 - Ofício FR.2021.0248 (SEI 9281976) – Considerações da pauta da 54ª Reunião CIF, Fundação Renova apresentou manifestações referente a Nota Técnica nº7/2021/CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 9281994).

29/07/2021 - Ofício FR.2021.0124_05 (SEI 9310496) – Fundação Renova apresenta relatório mensal TAMAR no período de 16 de Junho de 2021 à 15 de Julho de 2021 (SEI 9310530).

05/08/2021 - Deliberação CIF nº 521 (SEI 9970824) - Analisa o Relatório Anual dos “Estudo da ictiofauna da bacia do rio Doce após o rompimento da barragem de rejeito da Samarco” realizado em 2019, conduzido pela Universidade Federal de Viçosa – UFV, e estabelece novo cronograma para atendimento à Deliberação CIF nº 361.

12/08/2021 - Ofício FR.2021.1274 (SEI 9397852) – Fundação Renova faz Apresentação dos Relatórios Parciais com Informações do Período Chuvoso e Seco do “Estudo Da Ictiofauna da Bacia do Rio Doce Após o

Rompimento da Barragem De Rejeito Da Samarco", Conduzido Pela Universidade Federal De Viçosa – UFV (SEI 9397874).

13/08/2021 - Ofício nº [00080/2021](#)/NMAF/SAP/PFMG/PGF/AGU (SEI 9414726) – AGU solicitam que as empresas ré e a Fundação Renova apontem, de forma clara e objetiva (se for o caso), quais são as impugnações e divergências em relação à proposta final de revisão do TR4 apresentada pela CTBio.

19/08/2021 - Ofício SEI nº 53/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 9439240) – CTBio solicita a PFE/ AGU interceda para que a decisão de garantia do ACT entre a Fundação Renova e a FEST/RRDM seja prorrogada até que a nova metodologia de desenvolvimento do PMBA seja validada e esteja mobilizada, sem solução de continuidade no Monitoramento da Biodiversidade Aquática impactada pelo rompimento da barragem de Fundão em Mariana-MG.

30/08/2021 - Ofício FR.2021.0124_06 (SEI 9546984) - Fundação Renova apresenta relatório mensal TAMAR no período de 16 de Julho de 2021 à 15 de Agosto de 2021 (SEI 9547066).

13/09/2021 - Ofício FR.2021.1456 (SEI 9608272) – Fundação Renova apresenta a resposta ao Ofício SEI nº 53/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio.

15/09/2021 - Ofício SEI nº 65/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 9620908) – CTBio emite ofício para CIF e Fundação Renova referente ao Descumprimento de prazo por parte da Fundação Renova na Avaliação do RELATÓRIO FINAL CONSOLIDADO CPM RT 101/20 do “Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática - PMBA, da Área Ambiental I, na Porção Capixaba do Rio Doce”, em atendimento à Cláusula 165 do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta - TTAC, apresentado pela Fundação Renova e realizado pela CEPEMAR - Serviços de Consultoria em Meio Ambiente Ltda.

Durante a 56ª Reunião Ordinária da CT-Bio, o assunto foi discutido e ficou acordado que a CT-Bio encaminharia o atual Ofício em resposta à Fundação Renova.

(...), a Câmara Técnica de Conservação da Biodiversidade (CT-Bio) concorda que outra instituição elabore o Relatório com os devidos ajustes, conforme solicitado por meio do Ofício SEI nº 53/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio, desde que seja atendida a Nota Técnica nº 26/2020/CEPTA/DIBIO/ICMBio.

Sendo assim, conforme acordado com a Fundação Renova durante a 56ª Reunião da CT-Bio, estabelecemos novo prazo de 90 (noventa) dias para entrega do Relatório ajustado com *peer review*.

17/09/2021 - Ofício SEI nº 67/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 9637360) - Em resposta ao Ofício FR.2021.141, A CTBio solicita a Fundação Renova uma nova data para o seminário no mês de novembro.

29/09/2021 - Ofício FR.2021.0131-2 (SEI 9695434) – Fundação Renova apresenta Apresentação do Relatório Semestral “Monitoramento Reprodutivo das Tartarugas Marinhas na Planície Costeira do Rio Doce – agosto/2020 a janeiro/2021” em atendimento à parte da Cláusula 165 do TTAC (SEI 9695520).

01/10/2021 - Ofício FR.2021.0124_07 (SEI 9733714) – Fundação Renova apresenta Relatório mensal de atividades da FUNDAÇÃO PRÓ-TAMAR, referente à cláusula 165 do TTAC, s no período de 16 de Agosto de 2021 à 15 de Setembro de 2021 (SEI 9733738).

05/10/2021 - Ofício FR.2021.1538 (SEI 9750756) – Fundação Renova Entrega do Terceiro Relatório Semestral de Evolução do Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente (PMBA/RRDM-FEST) (SEI 9750850)

08/10/2021 - Ofício SEI nº 70/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 9774426) – A CTBio solicita a Fundação Renova e a Rede Rio Doce Mar que providencie a organização de um seminário nas datas de 17 e 18 janeiro para apresentação completa dos resultados dos 3 anos Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática em execução.

18/10/2021 - Ofício SEI nº 71/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 9810312) – CTBio solicita a Fundação Renova que envie à CT-Bio o Termo de Transição que se pretende aplicar ao Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática - PMBA.

22/10/2021 - Ofício FR.2021.1729 (SEI 9850692) – Fundação Renova apresenta resposta ao Ofício SEI nº 71/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio – Solicitação de acesso ao plano de transição do PMBA

22/10/2021 - Ofício SEI nº 72/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 9846276) – CTBio solicita a SECEX atue junto a AGU para que tenhamos uma posição da justiça em relação ao TR4 e à continuidade do monitoramento aquático no Espírito Santo.

01/12/2021 - Ofício FR.2021.0124_08 (SEI 10088956) – Fundação Renova apresenta Relatório mensal TAMAR, no período de 16 de setembro de 2021 à 15 de Outubro de 2021 e 16 de Outubro de 2021 à 15 de novembro de 2021 (SEI 10089034).

- 01/12/2021** - Ofício FR.2021.1931 (SEI 10138348) – Fundação Renova apresenta Evolução do Plano de transição da execução do Plano de Monitoramento da Biodiversidade Aquática em atendimento ao TR4 (SEI 10138426).
- 02/12/2021** - Ofício SEI nº 77/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 10091220) – CTBio apresenta manifestação quanto ao DESPACHO n. [00093/2021/IAJ/ETR-MA-PRF1/PGF/AGU](#).
- 09/12/2021** - Ofício SEI nº 79/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 10136980) – CTBio faz Solicitação da proposta completa do "Plano de Transição e Substituição – PMBA Espírito Santo" com definição do modelo básico de apresentação.
- 22/12/2021** - Ofício FR.2021.0799_01 (SEI 10234490) – Fundação Renova apresenta Plano de Trabalho para elaboração do Plano de Ação Integrado para Conservação da Biodiversidade Aquática (SEI 10234538).
- 03/01/2022** - Ofício SEI nº 1/2022-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 10275266) – A CTBio solicita que a Fundação Renova, FAPEMIG e equipes e ICT agraciadas com recursos da Chamada FAPEMIG Número 10/2018 encaminhem à CTBio/CIF e seus órgãos integrantes todos os relatórios técnicos, parciais e finais, bem como as planilhas e outros arquivos, de qualquer natureza, contendo os dados brutos referentes aos projetos supracitados já produzidos até o momento.
- 13/01/2022** - Ofício SEI nº 6/2022-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 10332350) – CTBio emite Ofício para Fundação Renova e CIF com informações referentes a execução do PMBA - Estudos Ecotoxicológicos.
- A Fundação Renova solicitou a suspensão das atividades relacionadas aos estudos ecotoxicológicos, previstos no anexo I do PMBA, conduzidas pela FEST-UFES- FURG.*
- Esta suspensão coloca em risco a execução do monitoramento em um período crítico de chuvas, momento em que o rejeito presente no rio se mobiliza, conforme indicam os estudos do PMBA.*
- Tal medida coloca em risco a continuidade do monitoramento da contaminação promovida pelo rompimento da barragem de Fundão e o seu impacto na biota aquática, marinha, costeira e dulcícola do Estado do Espírito Santo.*
- Tal medida não encontra razoabilidade e, no nosso entendimento, afronta diversas decisões do CIF e do próprio poder judiciário que acompanha a causa.*
- 21/01/2022** - Ofício FR.2022.0101 (SEI 10402825) – Fundação Renova apresenta Ofício em Resposta ao Ofício SEI nº 01/2021 emitido pela CTBio. Encaminha os “relatórios técnico-científicos parciais – ano 1 do Programa de Monitoramento da Biodiversidade aquática da Área Ambiental I – Porção Mineira (chamada 10/2018 FAPEMIG) (SEI 10402847).
- 28/01/2022** - Ofício FR.2022.0140 (SEI 10420353) – Fundação Renova apresenta resposta ao Ofício ao Ofício SEI nº 79/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio com complementações a proposta de "Plano de Transição e Substituição – PMBA Espírito Santo" (SEI 10420503).
- 31/01/2022** - Ofício FR.2022.0156 (SEI 10437149) – Fundação Renova apresenta Relatório mensal TAMAR, no período de 11 de Dezembro de 2021 à 15 de Janeiro de 2022 (SEI 10437167).
- 31/01/2022** - Ofício FR.2022.0151 (10437313) – Fundação Renova apresenta Relatório Anual “Monitoramento Reprodutivo das Tartarugas Marinhas na Planície Costeira do Rio Doce – agosto/2020 a julho/2021” (4º ano de monitoramento) em atendimento à Cláusula 165, do Termo de Referência 4 do anexo 6 (SEI 10437329).
- 08/02/2022** - Ofício SEI nº 11/2022-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 10470637) – CTBio solicita aos pesquisadores que encaminhem ao IEF as informações que se referem as medidas que garantam o cumprimento da Cláusula 165 do TTAC no que se refere ao processo de Monitoramento da Biodiversidade Aquática na **porção mineira**.
- 08/02/2022** - Nota Técnica nº 1/2022/CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 10471151) – CTBio elabora Nota Técnica informando o Descumprimento de prazo por parte da Fundação Renova, referente ao descumprimento do anexo 2 do Termo de Referência nº 04/2016, que se refere à apresentação dos resultados do Monitoramento de ictioplâncton, ictiofauna e zoobentos, em atendimento de parte da Cláusula 165 do TTAC, na porção capixaba.
- 08/02/2022** - Nota Técnica nº 2/2022/CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 10471859) – CTBio faz Análise do “Plano de Trabalho para elaboração do Plano de Ação Integrado para Conservação da Biodiversidade Aquática” entregue pela Fundação Renova por meio do Ofício FR.2021.0799_01, em 22 de dezembro de 2021.
- 10/02/2022** - Deliberação CIF nº 573 (SEI 10878203) - Determina à Fundação Renova a continuidade dos estudos ecotoxicológicos pela FEST, no âmbito do PMBA.
- 23/03/2022** – Ofício SEI nº 15/2021-CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 8626668) - A CTBio encaminhou a proposta final do Termo de Referência 4, e seus respectivos anexos, atendendo a Decisão Judicial proferida no dia 26 de fevereiro de 2021 (SEI 8625944).

4. FUNDAMENTAÇÃO/ANÁLISE TÉCNICA/PARECER

1. Objetivos

Avaliação do documento do Segundo Relatório Anual (RA2020) do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente (PMBA/Fest-RRDM) e entregue pela Fundação Renova em 18/12/2020 - FR.2020.2105.

Esta avaliação traz principalmente:

- Verificação da aderência dos dados apresentados no Relatório Anual com o TR4 e suas alterações, com os Planos de Trabalho da Fundação Renova e Rede Rio Doce Mar para o PMBA, para fins de cumprimento da Cláusula 165 do TTAC da SAMARCO;
- Apontar eventuais dados que necessitem complementações de informações e / ou alterações para serem solicitados à RRDM e Fundação Renova;
- Apontar ao CIF direcionamentos quanto aos impactos do desastre da SAMARCO na biodiversidade e seus habitats estudados;
- Apontar dados para subsidiar a revisão do escopo do TR4, conforme exigido em seu Item 5.1 - *Dos prazos e produtos*;

O Relatório Anual é composto por um conjunto de relatórios técnicos organizados em relatórios individualizados e material suplementar (RT 36 a RT 36G). Como Apêndice aos documentos, estão inseridos o Protocolo de Amostragem e Protocolo de Análise que descrevem as metodologias utilizadas nos diversos projetos desde a coleta das amostras até as análises em laboratório.

2. Considerações da CTBIO sobre as informações apresentadas no Relatório Técnico

2.1 Anexo 1 – Ecotoxicologia

2.1.1 ANÁLISE DOS SUBPROJETOS AMBIENTE DULCÍCOLA

2.1.1.1 Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, ao histórico de ajustes do TR4, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 15/2020/CTBio/DIBIO/GABIN

- a) Em relação à malha amostral: *Cumprido*.
- b) Em relação à periodicidade: *Cumprido*.
- c) Em relação à Metodologia: *Cumprido*.
- d) Em relação aos Resultados: *Cumprido*.

2.1.1.2 Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados (Avaliação geral)

Os resultados das quatro campanhas de monitoramento do Anexo 1 demonstraram que os pontos Lagoa do Areal (LAL-01), Lagoa Monsarás (LMN-01), Lagoa do Areão (LAO-02), Lago Nova (LNV-01) e os pontos na calha do Rio Doce em Colatina (RDO-13) e na foz (estuário) (RDO-16) são os mais críticos com vistas à contaminação da água por metais. As lagoas costeiras (LAO-02, LAL-01 e LMN-01) estiveram associadas aos elementos Al, Fe, Mn, As e Zn nas suas frações dissolvidas, sugerindo um aumento no potencial tóxico destes elementos nestes ambientes, uma vez que são passíveis de serem bioacumulados e promoverem efeitos tóxicos nos organismos.

Estes resultados indicam que as lagoas estão em constante sinergia com o Rio Doce e algumas com o mar, e eventos extremos, como cheias e grandes marés, podem levar a um aumento no aporte de componentes tóxicos presentes no rio e no mar para estes ambientes, incluindo os metais/metalóide oriundos dos rejeitos.

Durante os últimos meses do Período de Transição, **os ambientes lacustres supracitados, mostraram teores totais de Al, Fe e Mn bem mais elevados, sendo respectivamente cerca de 7, 16 e 6 vezes maiores que os pontos amostrais na calha do rio.** Isto sugere um efeito de remobilização por revolvimento mais intenso de sedimentos nos rios devido à correnteza maior, causada por grandes chuvas, em comparação às lagoas.

Os resultados de metais na comunidade de peixes, não apresentaram um padrão tão claro na distribuição e bioacumulação de metais, quando comparado aos padrões encontrados para o plâncton e camarões. Os metais se distribuíram de maneira não muito congruente entre os diferentes tecidos analisados, entre os diferentes pontos monitorados, ao longo das quatro campanhas e entre os dois grupos tróficos distintos (onívoros/herbívoros e carnívoros).

Estes resultados podem estar relacionados à maior complexidade deste grupo taxonômico, composto por diversas espécies com hábitos de vida, biologia e ecologia distintos que, por apresentarem maior mobilidade e longevidade, comparado aos níveis tróficos inferiores.

O Índice de bioacumulação de metais (IBR bioacumulação) em peixes, também indica variações espaço-temporais. Os resultados, gerados pelo Anexo 3 e apresentados no Relatório Semestral de Evolução 2020, PMBA/Fest-RRDM, indicaram um aumento de 40% nas concentrações de Zn nas lagoas durante o Período de Transição, em comparação ao Ano 1, refletindo nos maiores teores deste metal nos peixes das lagoas na campanha 4 (jan/fev 2020).

Estes resultados corroboram com os padrões de bioacumulação encontrados para os camarões coletados na campanha 4 (jan/fev 2020), mais uma vez evidenciando o maior impacto do rejeito nas lagoas durante o Período de Transição.

Seguindo para os resultados da campanha 4 (jan/fev 2020), com relação aos fitoplânctons, a PCA (Análise de Componentes Principais) indicou uma forte associação dos biomarcadores com todos os pontos localizados na calha do rio Doce, o que pode indicar um efeito sazonal decorrente do aumento das concentrações de metais neste período mais chuvoso.

Os resultados do PMBA (Relatório Semestral de Evolução 2020, PMBA/Fest-RRDM) de fato indicaram que houve uma tendência de aumento de concentração, para praticamente todos os metais totais

na água, durante o Período de Transição em relação ao Ano 1, incluindo os pontos da calha do Rio Doce, Rio Guandu e Lagoas, para As, Ba, Cr, Fe, Mn, Pb, V e Zn.

De forma mais detalhada, os níveis de metalotioneínas (MTs) em ambos os grupos, assim como os danos lipídicos (LPO) foram mais acentuados nos pontos do rio Doce em Colatina (RDO-13), Linhares (RDO-15) e na foz do rio Doce (RDO-16), assim como no rio Guandu (RGU-01).

Já os níveis de LPO no fitoplâncton estavam mais associados ao ponto do rio Doce em Baixo Guandu (RDO-11) e à Lagoa Areal (LAL-01). Cabe destacar nestes ambientes que o aumento nas concentrações de Zn, Cr e V no Período de Transição, determinados pelo anexo 3, foi bem evidente, alcançando 40% para Zn nas Lagoas, 240% para Cr no rio Doce e 232% para V no rio Guandu.

Variações sazonais também ocorrem quando da observação **dos resultados do IBR biomarcador.** Durante as duas estações mais secas (campanha 1 – set/out 2018 e campanha 3 - set/out 2019) a comunidade planctônica amostrada nos pontos que compõem o setor Rio apresentou respostas biológicas mais acentuadas em comparação aos demais setores. Observa-se aumento nos valores de IBR biomarcador na última campanha (jan./fev. 2020), em relação à campanha 2 (jan./fev. 2019), sobretudo no setor Afluentes, e em menor proporção no setor Rio.

O aumento temporal nos níveis de bioacumulação de metais nos camarões coletados nas Lagoas indica que estes ambientes lacustres são áreas críticas para os mesmos. Variações transitórias nos níveis de efeito biológico nos setores Afluentes e Rio ao longo do tempo podem estar refletindo um maior dinamismo destes locais, em comparação aos ambientes lacustres, onde efeitos como vazão, ressuspensão de sedimentos e lixiviação, por exemplo, podem ter uma influência abiótica na dinâmica dos metais.

O aumento temporal e gradual nos níveis de danos oxidativos em proteínas (PCO) pode indicar um efeito crônico da exposição aos metais.

Para o Período de Transição, houve um aumento de As e Fe para as Lagoas em comparação ao Ano 1. **Além disso, os dados gerados pelo PMBA/Fest-RRDM, Anexo 3, mostraram que os teores totais de Al e Fe são bem mais elevados nos ambientes lacustres, sendo cerca de 7 e 16 vezes, respectivamente, maiores que os fluviais, o que pode ser indicado pelo menor fluxo de água nestes ambientes, em comparação à hidrodinâmica fluvial.**

Para o cálculo do **Índice de Resposta Biológica (IBR biomarcador) em peixes**, indicou que o setor Lagoas, seguido do setor Rio, foram os mais afetados em termos de efeito biológico durante a campanha 1 (set/out 2018).

Já na campanha 2 (jan/fev 2019), o setor Rio destacou-se como o setor de maior efeito biológico para a ictiofauna. Seguindo para a campanha 3 (set/out 2019), os valores de IBR biomarcador foram muito próximos entre os diferentes setores, mas seguiram a seguinte sequência: Lagos > Rio > Lagoas. Por fim, na campanha 4 (jan/fev 2020), um padrão semelhante ao da campanha anterior pode ser observado, sendo o setor Lagos, seguido do setor Rio, os que apresentaram maior nível geral de efeito biológico. **Numa perspectiva temporal, nota-se um aumento gradual no valor médio do IBR biomarcador nos setores Afluente, Rio e Lagoas ao longo das campanhas de monitoramento.**

De maneira geral, observa-se uma diminuição temporal dos índices de lesão no fígado dos peixes, especialmente nos setores Lagos e Lagoas, e uma redução na atividade de enzimas antioxidantes (CAT) no fígado dos peixes do setor Rio. Por outro lado, alguns biomarcadores, como a LPO e a PCO, foram mais expressivos no Período de Transição, particularmente na campanha 3 (set/out 2019), do que no Ano 1.

Em conjunto, estes resultados podem indicar efeitos deletérios duradouros sobre a biota aquática, em decorrência da exposição crônica aos contaminantes ambientais, e da intensificação destes efeitos prejudiciais observados no Período de Transição.

Os resultados dos **ensaios de toxicidade** mostraram que os microcrustáceos foram os mais afetados dentre os organismos testados. Os ensaios semicrônicos com *Ceriodaphnia dubia* e crônicos com *Daphnia magna* foram considerados os mais sensíveis, por responderem com maior frequência à presença dos metais nas amostras ambientais, seja através da redução no número da prole ou aumento da mortalidade.

As análises realizadas no Ano 1 do PMBA/Fest-RRDM também mostraram uma maior sensibilidade dos microcrustáceos, sendo os ensaios crônicos com *D. magna* os mais responsivos (RRDM, 2019; RT17; Tabelas 13 a 15). As partículas em suspensão podem entupir as estruturas alimentares de organismos filtradores, como é o caso da *C. dubia*, causando colmatção celular, acarretando em maior efeito de toxicidade aos elementos metálicos. No presente monitoramento, mesmo com a filtragem das amostras de água e sedimento (filtro GF 5 – malha 0,45 µm), reduzindo o número de partículas em suspensão, mas mantendo as formas dissolvidas de metais (menor que 0,45 µm), e mesmo assim encontramos toxicidade para *C. dubia*.

A variável “Toxicidade” da água manteve-se associada ao ponto da foz do Rio Doce (RDO-16), assim como os metais Cd, Cu, Hg, Ni, Pb e Mn. As demais associações observadas para a campanha 4 (jan/fev 2020) seguem o mesmo padrão visto para os dados da campanha 3 (set/out 2019).

Os resultados apresentados no Relatório Semestral de Evolução 2020, PMBA/Fest - no período de outubro de 2019 a março de 2020, na calha do Rio Doce, incluindo seu estuário, as grandes chuvas poderiam ter causado a diluição e redução das concentrações de metais. No entanto, houve o aumento do teor destes elementos na água devido à ressuspensão dos sedimentos, onde a concentração de metais aumentou.

Além do estuário do Rio Doce estar mais impactado, a maior toxicidade está associada ao seu sedimento. Ambientes estuarinos possuem sedimento rico em matéria orgânica, um importante ligante de metais, havendo o risco de liberação dos metais depositados no sedimento de ambientes estuarinos quando de sua ressuspensão.

O acúmulo de metais-traço está associado às frações sedimentares menos biodisponíveis, condições anóxicas, transitórias ou cíclicas, podem causar alterações no ciclo redox de metais como, por exemplo, do Fe, liberando, constantemente, estes elementos para o ambiente, sugerindo um estado de contaminação crônica.

As abundâncias relativas da comunidade bacteriana das amostras de água de superfície, em nível de filo e gênero, de modo geral, foram semelhantes às amostras de água de superfície, com maior abundância dos filos Proteobacteria, Actinobacteria, C, anobacteria e Bacteroidetes, e dos gêneros *hgcl clade* e *Cyanobium*-PCC6307. No entanto, vale ressaltar que nestas amostras o aumento de *Acinetobacter* na campanha 4 (jan/fev 2020) foi ainda mais elevado, incluindo algumas lagoas.

Os maiores níveis de bioacumulação em camarões e peixes, integrados por meio do Índice de Bioacumulação de metais e As (IBR bioacumulação), foram encontrados para o Período de Transição, com destaque para o setor Lagoas, que apresentou um aumento gradativo no teor total de metais bioacumulados.

Cabe ressaltar que os metais mais abundantes em camarões e peixes para o Período de Transição (campanha 3 – set/out 2019 e campanha 4 – jan/fev 2020) foram o Fe, Mn, Pb, Zn e Cu, todos associados aos rejeitos de mineração. Para o plâncton, este padrão temporal não foi tão demarcado como nos grupos tróficos superiores. **Tais resultados sugerem que os organismos superiores, com ciclos de vida mais longos, tais como peixes e camarões, podem refletir melhor padrões temporais crônicos de bioacumulação de metais, fortemente influenciados por eventos que aumentam a biodisponibilidade destes elementos nos diferentes compartimentos ambientais.**

Outro aspecto notório é a intensificação dos impactos sobre os ambientes lacustres. Neste aspecto, vale salientar o aumento nos teores de metais no sedimento das lagoas durante o Período de Transição. **Dentre estes metais, destaca-se o Fe pela variação nas suas concentrações, passando de 44.036 mg.Kg-1 no Ano 1 para**

160.376,4 mg.Kg-1 no Período de Transição. Este aumento pode indicar ressuspensão e/ou arraste de material rico em Fe para estas lagoas, que foi acompanhado pelo V e As.

Ainda com relação à acumulação de metais na biota, apesar da ausência de um padrão na bioacumulação de metais nos organismos base da cadeia trófica (plâncton) ao longo do período de monitoramento, cabe destacar que os teores de Fe e outros elementos (como As, Cd, Cr, Cu, Mn e Pb) ainda são encontrados em níveis bastantes elevados no zooplâncton coletado em todos os setores do ambiente dulcícola, quando comparados aos níveis obtidos para amostras de zooplâncton coletadas em nov/2015, na região marinha mais próxima à foz do Rio Doce, antes da chegada da pluma de rejeitos.

Comparações entre os teores médios de metais no músculo de camarões coletados no âmbito do PMBA/Fest-RRDM com dados pretéritos à chegada dos rejeitos na foz do Rio Doce, obtidos em amostras de músculo de camarões desta região, indicam aumento nos níveis de Cd, Cr, Cu e Mn nos camarões dulcícolas. Para o Fe, concentrações mais elevadas são observadas, principalmente no setor Rio e Lagoas, sendo este último mais um indicativo do maior impacto promovido pelos rejeitos de mineração nestes setores.

Tanto os peixes onívoros quanto os peixes carnívoros coletados em todos os setores, no âmbito do PMBA/Fest-RRDM, continuam com níveis elevados de metais no músculo, principalmente Cd, Cr, Cu, Fe, Mn e Pb.

Passando para os efeitos ecotoxicológicos, analisados por meio de ensaios de toxicidade, a análise temporal das amostras coletadas pelo Anexo 1 indicou que o afluente Rio Guandu (RGU-01) não apresentou toxicidade na maior parte do monitoramento, sendo, portanto, um possível local de referência. Em contrapartida, no ponto mais impactado, localizado no estuário do Rio Doce (RDO-16), a toxicidade se manteve, sem um efeito claro da sazonalidade, provavelmente em função do curto período de monitoramento (dois anos), com intervalos relativamente esparsos (coletas semestrais). **No entanto, independente do momento da amostragem, a toxicidade sempre foi maior no sedimento do que na água.**

As análises dos grupos bacterianos nas amostras de água demonstraram a presença de táxons sugeridos como bioindicadores de metais e do rejeito da barragem de Fundão, em todas as campanhas avaliadas. Estes táxons foram também relatados em rios da bacia do Rio Doce, impactados poucos dias após ao rompimento da barragem, e não foram encontrados em um rio considerado como prístino, localizado na mesma bacia, sendo os táxons: *hgcl clade*, Polynucleobacter, Sediminibacterium e Sporichthyaceae. A presença destas bactérias sugere que o impacto na microbiota da água ainda continua, mesmo decorridos cinco anos do rompimento.

Na campanha 4 (jan/fev 2020), seguindo o grande aumento na concentração de metais na água, observou-se um aumento dos táxons Acinetobacter e Exiguobacterium, conhecidos bioindicadores de metais, por possuírem elevada tolerância a altos níveis de diversos elementos metálicos. Ainda, algumas espécies de Acinetobacter são patogênicas aos seres humanos e resistentes a antibióticos, o que demonstra a gravidade do impacto e o possível risco à saúde humana.

Em relação ao sedimento, os táxons sugeridos como bioindicadores da presença de metais e do rejeito da barragem de Fundão, como Anaerolineacea e Pirellulaceae, mantiveram-se em grande abundância. Vale destacar, que estes continuam mais abundantes no ponto do Rio Doce com maior concentração de metais (RDO-15). Os táxons que continuam presentes atualmente no sedimento do Rio Doce, e podem ser recomendados como novos bioindicadores são: *Novosphingobium*, *Geobacter*, *Geothrix* e Rhodocyclaceae.

Em suma, os resultados das quatro campanhas do Anexo 1 demonstram que a comunidade bacteriana do sedimento da região dulcícola continua impactada, e que os bioindicadores sugeridos continuam presentes e abundantes, mesmo anos após a chegada da pluma de rejeitos.

Complementações às análises estatísticas, incluindo gráficos com as variações das concentrações dos metais estudados nos diferentes períodos, mas nos mesmos pontos;

- Nos futuros estudos ecotoxicológicos, deve-se considerar o afluente Rio Guandu (RGU-01) como local de referência, por não ter apresentado toxicidade na maior parte do monitoramento, e, por outro lado, o ponto localizado no estuário do Rio Doce (RDO-16), deve ser mantido, por ser o mais impactado, no qual a toxicidade se manteve;

Proceder à continuidade dos testes toxicológicos padronizados para as espécies atualmente investigadas, visto a sua sensibilidade e indicação do *status* de toxicidade das matrizes em avaliação. Contudo, levando-se em conta os resultados obtidos, quando da utilização de larvas de quironomídeos, durante o estudo de biomarcadores, e considerando a sua relevância para a descrição do processo de melhoria de qualidade ambiental dulcícola lótico e lêntico, opta-se por aumento de esforço amostral focal. Este esforço deve contemplar ao menos três pontos: Rio Guandú, não impactado diretamente pelo rejeito, área amostra que apresente melhora temporal nos níveis de metais em água/sedimento e área que apresente piora e/ou manutenção do seu status de toxicidade ambiental nas

matrizes abióticas. Com isso, preconiza-se a descrição da dinâmica de comunidade, e possibilita aos pesquisadores a identificação de marcadores mais efetivos à descrição do processo de transição de diversidade de macroinvertebrados, com coleta de n-amostal significativo ao ambiente referido;

- Considerando que a toxicidade sempre foi maior no sedimento do que na água, há que se manter o monitoramento das análises de ambos;
- Considerando que algumas espécies de *Acinetobacter* são patogênicas aos seres humanos e resistentes a antibióticos, reforçando a gravidade do impacto e possível risco à saúde humana, recomenda-se estudos de identificação do grupo em todos os meios e em todos os pontos;
- A região do baixo Rio Doce, no município de Linhares, incluindo os pontos da calha, estuário e lagoas adjacentes, próximas à foz, representa a área mais criticamente impactada dentro da malha amostral dulcícola, mantendo-se a necessidade de uma maior concentração de estudos de monitoramento e estratégias de recuperação ambiental nesta região.

2.1.2 ANÁLISE DOS SUBPROJETOS AMBIENTE MARINHO

2.1.2.1 ADERÊNCIA AO TERMO DE REFERÊNCIA 4 - TR4/2016, AO HISTÓRICO DE AJUSTES DO TR4, PLANO DE TRABALHO DA REDE RIO DOCE MAR E NOTA TÉCNICA Nº 15/2020/CTBIO/DIBIO/GABIN

- a) Em relação à malha amostral: *Cumprido*.
- b) Em relação à periodicidade: *Cumprido*.
- c) Em relação à Metodologia: *Parcialmente cumprido*.

Em RT 36F, há inconsistência na descrição sobre como foram elaborados os mapas. Na descrição da análise indicou-se que *definição* seria o primeiro filtro para a classificação do impacto, enquanto nos mapas indica-se o *caráter* como parâmetro principal. Proceder à verificação da ordem/peso correto atribuído à análise.

d) Em relação aos Resultados: *Parcialmente cumprido*.

- As análises apresentaram adequação aos tópicos elencados na Nota Técnica 15/2020 - CTBio. Os dados do primeiro ano de monitoramento foram citados como *baseline*/histórico, e os dados históricos complementam as informações apresentadas.

- Seguiu-se à apresentação de dados conforme indicações do CTBio, buscando a integração temporal e espacial dos resultados de concentração de elementos metálicos e do metalóide arsênio, dos índices de acumulação nos produtores primários (fitoplâncton) e biota (zooplâncton, macroinvertebrados, peixes e corais).

- Houve a inclusão de índices de IBR bioacumulação e IBR Biomarcador para síntese dos impactos dos elementos metálicos e As sobre a biota.

- Os dados apresentados indicam a **variabilidade temporal na composição da comunidade bacteriana, e a disbiose relatada em Abrolhos**. Adicionalmente, são indicados **grupos bacterianos prioritários (famílias Anaerolineacea e Pirellulaceae) para o biomonitoramento**. São apontadas como razões para esta prioridade a abundância, flutuação temporal, correlação com a variabilidade microbiológica identificada na calha do Rio Doce e o reconhecimento de tais microorganismos como relacionados a ambientes perturbados, devido a concentrações elevadas de elementos metálicos e arsênio. Estas famílias devem ser monitoradas em ambiente marinho, pela identificação do seu gradiente de distribuição e abundância entre as áreas dulcícolas, costeiras e marinhas, sendo grupos bioindicadores relevantes a todos os ambientes.

- Em RT 36D:

- Enquanto os gráficos que expressam as correlações da concentração de metais com o sedimento, água e marcadores são expressos de acordo com os pontos amostrais, agrupados por área amostral (Guarapari, Vitória, APA Costa das Algas/REVIS Santa Cruz, Foz do Rio Doce, Barra Nova, Degredo, Itaúnas e Abrolhos), os Índices de Resposta Biológica são apresentados por setores. Este tipo de agrupamento não foi justificado no referido relatório, e seu respectivo anexo com dados metodológicos (AIMS1), e não permite a avaliação espacial completa entre as áreas monitoradas. **Sugere-se a padronização da apresentação dos dados entre os descritores e entre os anexos do relatório**, que apresentam as mesmas características de variação na descrição dos resultados.

- Ao longo do relatório, os dados de concentração de metais bem como de bioacumulação são correlatos com as variações ambientais, especialmente com o regime de chuvas e aumento no volume de precipitação entre as

campanhas do primeiro ano de monitoramento (campanhas 1 e 2) e o período de transição (campanhas 3 e 4). Considerando as análises geoquímicas apresentadas no RT Marinho, deve-se indicar as correlações espaciais e temporais que se encontram nesta seção, referenciando os dados no Anexo 1 - Ecotoxicologia, para a melhor compreensão das relações espaciais, temporais e oceanográficas entre os dados do monitoramento abiótico com os resultados obtidos para os parâmetros ecotoxicológicos.

- Sobre os Índices de Resposta de Biológica (IBR- Bioacumulação e IBR-Biomarcadores), as descrições não permitem uma completa compreensão ou interpretação dos impactos da concentração de metais nos organismos analisados, e em suas relações tróficas. Esta análise visa a interpretação das diferenças entre locais amostrais/tempos de análise para comparação com as condições de exposição, conforme discriminam os autores do método (BELIAEFF; BURGEOT, 2002). Contudo, na representação adotada para os *starplots*, priorizou-se a representação em cada tempo, para comparação entre sítios, e não o sítio ao longo do tempo, como representado nos gráficos de barras, que têm difícil visualização na configuração 3D. Recomenda-se que seja revista a forma de apresentação dos dados, para uma compreensão simplificada do índice. De modo geral, os dados de IBR Bioacumulação e Biomarcador indicam a **mesma variabilidade temporal na correlação com os metais biodisponíveis**, mas a discussão não é aprofundada, sugerindo-se maior enfoque na descrição destas análises em futuros relatórios, seguindo o método proposto por Beliaeff e Burgeot (**Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 21, n. 6, p. 1316-1322, 2002).

- Nas páginas 1405-1406, os dados de IBR para peixes são discutidos apenas em termos de dispersão da pluma de rejeitos e a pluviosidade entre as campanhas, sendo ausentes as discussões entre níveis tróficos (onívoros/herbívoros e carnívoros). Incluso, os cálculos de IBR para peixes apresentam-se agrupados com todas as guildas, o que impede a compreensão se há relação entre o índice e os descritores/biomarcadores com a acumulação trófica, **devendo-se considerar a apresentação dos dados por guilda, em detrimento do grupo taxonômico, incluso para orientações ao manejo pesqueiro na área.**

- Ainda sobre os dados de peixes, a Discussão Integrada do RT 36D refere-se apenas às guildas de carnívoros e onívoros, sendo que os dados são apresentados como carnívoros e herbívoros/onívoros, incluso no RT 36E. Revisar esta classificação, considerando ainda a separação trófica, como discutido no item imediatamente anterior (métodos descritos em RT 36D desta presente análise).

- *Em RT 36F:*

- Na figura 3, categoria de impacto ecotoxicologia, **há a indicação de que 100% dos danos causados são permanentes**, ao mesmo tempo em que há **a representação de que 100% são reversíveis**. Estes dados parecem conflitantes, e não há uma discussão aprofundada do tema, que justifique o condicionamento da reversibilidade ou se há previsibilidade de intervenções que possibilitem a restauração ambiental, devendo-se revisar esta categorização ou apresentar melhores subsídios ao exposto.

- *Anexo AIMS2:*

- Na apresentação dos dados de acumulação de metais nos músculos de peixes e camarões (Quadros 3 a 11), os resultados são relativos apenas ao agrupamento, conforme discutido anteriormente a respeito dos agrupamentos dos grupos tróficos. Melhorias podem ser procedidas na representação dos resultados considerando as guildas e compartimentos alimentares, de forma a estabelecer relações tróficas e efeito de toxicidade.

2.1.2.2 Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados (Avaliação geral integrada)

- **Características gerais:** Os parâmetros físicos e químicos foram realizados na campanha 4, atendendo aos requisitos estipulados na NT nº 15 em termos de adequações amostrais e analíticas. Os metais analisados e o semi-metal arsênio mostraram variabilidade espacial e temporal, considerando o primeiro ano de monitoramento como *baseline*, e a malha amostral com 25 estações de coleta.

- **Matriz água:** Conforme a classificação ecotoxicológica (RT 36D, figura 858), a matriz água apresenta uma **piora em todas as áreas amostrais**, sendo que na campanha de jan./fev. 2020 a classificação foi moderadamente tóxica, mantendo-se a classificação nas áreas de Degredo e APA Costa das Algas, e elevação de toxicidade na Foz do Rio Doce. Esta variação temporal foi justificada pelo aumento da pluviosidade entre o primeiro e o segundo ano de monitoramento, o que teria ocasionado a **ressuspensão e o aporte de sedimentos da bacia do Rio Doce na zona costeira e marinha**. Desta forma, considerando a melhora relativa nas

campanhas anteriores, **deve-se proceder a monitoramento de longo prazo, para o estabelecimento de relações climáticas/oceanográficas com a variabilidade da qualidade de água nas estações amostrais.**

- **Matriz sedimento:** Ainda de acordo com a classificação ecotoxicológica (RT 36D, figura 858), a matriz de sedimento apresentou **índices entre moderadamente tóxico a tóxico**. Ao longo das análises entre campanhas, observou-se que temporalmente o sedimento continua apresentando elevados valores aos índices de toxicidade, com variabilidade na composição de elementos metálicos apresentando uma tendência de distribuição espacial. Foi apontado que os elementos metálicos **Hg e Fe, e o semi-metal As foram relacionados com a deposição ao sul da Foz do Rio Doce, enquanto que Cu, Cr, Mn, Pb e Zn foram correlatos com as estações ao norte**. Esta variabilidade deve-se a processos regionais oceanográficos, devido à mobilização do sedimento com elementos do rejeito e a sua ressuspensão na plataforma continental.

- **Parâmetros bióticos:** Os parâmetros bióticos indicaram a correlação espacial e temporal aos rejeitos, em conformidade à identificação da dispersão da pluma e ressuspensão de sedimentos, conforme discussão apresentada no RT 36E - SÍNTESE INTEGRATIVA ENTRE AMBIENTES. Identificou-se um padrão de dispersão dos impactos entre os setores sul ao norte, com maiores impactos correlatos às estações APA/REVIS Costa das Algas, Foz do Rio Doce e Norte (compreendendo Degredo, Barra Nova, Itaúnas), até o PARNAM de Abrolhos. Nestas áreas, foram observados impactos em todas as guildas tróficas, e sobre os produtores primários e a microbiota. Especialmente, **entre a Foz do Rio Doce e a seção Norte, os impactos foram observados no plâncton, macroinvertebrados e peixes, com indicação de possível acumulação trófica de elementos relacionados ao evento de derrame**, conforme a assinatura de dispersão do rejeito no compartimento abiótico (RT 36E, pg. 20). Também é relatada a **alteração em indicadores ecológicos, tais como riqueza, abundância e diversidade**, que podem ser associados com o tempo pós-derrame, e o impacto crônico que o rejeito exerce sobre a estruturação das comunidades marinhas.

O efeito sazonal da disponibilidade de metais é bem pronunciado no plâncton, que apresenta valores elevados de concentração de metais em relação aos dados pretéritos de avaliações pré-derrame, ainda que com melhorias pontuais dos parâmetros em relação a alguns elementos analisados, conforme a variabilidade espacial da distribuição desses mesmos metais. São apontados como **elementos predominantes acumulados no plâncton e em crustáceos: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn e Pb**. Já entre os **peixes, os principais elementos encontrados em valores elevados foram Cd, Cr, Cu e Mn**. Em todas as guildas, o elemento ferro (Fe) se fez presente e em altas concentrações, sendo associado diretamente ao rejeito e a sua predominância nos compartimentos água e sedimento.

Dentre os resultados mais expressivos, **a alteração da microbiota é altamente relevante para o monitoramento de médio e longo prazo**. Conforme apontado no RT 36D - subitem 1.5.5.1 (Composição da microbiota na água e no sedimento da foz do Rio Doce e região marinha adjacente, p. 1446), houve a variação da comunidade microbiana, identificando-se grupos taxonômicos relacionados a ambientes perturbados, com bioindicação à presença de contaminantes metálicos. Além disso, foi relatado gradiente de distribuição de microorganismos entre as porções sul e norte à Foz do Rio Doce, em gradiente latitudinal, correspondendo ao gradiente de distribuição dos elementos metálicos e o arsênio.

A alteração na comunidade microbiana é tema de relevância e preocupação, uma vez que afeta diretamente a saúde dos corais, comprometendo a sua resiliência frente a distúrbios múltiplos, novos eventos de ressuspensão e aporte de elementos contaminantes. Foram analisadas as espécies de corais *Millepora alcicornis* e *Mussismilia harttii*, amostradas no PARNAM Abrolhos (ABR 01, 02 e 04) e área adjacente (ABRC 01). Temporalmente, foi descrita a alteração da comunidade microbiana, com modificação de riqueza, diversidade e abundância relativa. A maior abundância de microrganismos associados aos corais na quarta campanha foi relatada para as famílias Acinetobacter, Anaerolineacea, Exiguobacterium e Pirellulaceae. Estes grupos foram indicados como mais abundantes nas amostras oriundas do Rio Doce (RT 36D, 1.5.5.2 Composição da microbiota de Coral na região de Abrolhos, pp. 1477-1495), de forma que **a comunidade bacteriana marinha vem sendo alterada conforme as modificações da comunidade dulcícola**. As alterações são contínuas entre as campanhas, não estabelecendo-se um padrão sazonal para estas flutuações, devendo-se manter as análises e monitoramento em médio e longo prazos, para verificação da real modificação da saúde dos corais e seus impactos para o funcionamento sistêmico.

Os valores obtidos para IBR biomarcador e IBR bioacumulação seguiram a variabilidade espacial na disponibilidade de metais, e também a oscilação temporal na disponibilidade dos elementos entre as diferentes regiões amostradas. Igualmente, foi possível identificar a **maior toxicidade aos organismos a partir da matriz sedimentar em detrimento da matriz água**, conforme apontam os ensaios de toxicidade com diferentes organismos (*T. pseudonana*, *Nitroka* sp., *E. lucunter* e *P. vivipara*). As espécies mais sensíveis aos ensaios toxicológicos padronizados foram o microcrustáceo *Nitroka* sp., com toxicidade para ensaio crônico com a matriz sedimento; e para o ouriço *E. lucunter*, que apresentou redução significativa na fecundação no ensaio agudo com as matrizes água e sedimento, e no número de larvas viáveis em ensaio crônico, para as mesmas

matrizes. Dentre as estações amostrais, **as matrizes oriundas da Foz do Rio Doce apresentaram toxicidade mais elevada.**

2.2.3 ANÁLISE DOS SUBPROJETOS AMBIENTE COSTEIRO

2.2.3.1 ADERÊNCIA AO TERMO DE REFERÊNCIA 4 - TR4/2016, AO HISTÓRICO DE AJUSTES DO TR4, PLANO DE TRABALHO DA REDE RIO DOCE MAR E NOTA TÉCNICA Nº 15/2020/CTBIO/DIBIO/GABIN

I- MANGUEZAL

1. **Em relação à malha amostral: *Cumprido.***

b) Em relação à periodicidade: *Cumprido.*

c) Em relação à Metodologia: *Cumprido.*

d) Em relação aos Resultados: *Parcialmente cumprido.*

- A planilha de dados (PMBA-A1-TRN1) que trata de dados físicos (Profundidade, temperatura, salinidade, condutividade, turbidez, pH e Oxigênio dissolvido) encontra-se sem dados preenchidos ou estão em outra referência não citada. **Encaminhamento:** apresentar os dados.

- A planilha de dados (PMBA-A1-TRN1) que trata de dados físicos (Profundidade, temperatura, salinidade, condutividade, turbidez, pH e Oxigênio dissolvido) encontra-se sem dados preenchidos ou estão em outra referência não citada. **Encaminhamento:** apresentar os dados.

- Os padrões de distribuição de metais em amostras de sedimento nos manguezais não seguiram uma clara tendência temporal, como foi observado para os dados relativos a estes elementos em amostras de água.

- No ponto ao norte mais próximo à foz do Rio Doce, que corresponde à região de manguezal formada pelo Rio Urussuquara (RUR), foram encontradas as maiores concentrações de Mn, Cr e Fe, os principais metais associados ao rejeito.

- **Considerando a localização da desembocadura do Rio Doce e o predomínio da deriva litorânea longitudinal residual (correntes), denota-se que o potencial de transporte e deposição do material lamoso segue no sentido norte, a partir da desembocadura do rio e sua antepraia adjacente.**

II- PRAIA

1. **Em relação à malha amostral: *Cumprido.***

b) Em relação à periodicidade: *Cumprido.*

c) Em relação à Metodologia: *Cumprido.*

- Em relação aos organismos do ambiente praias: *Parcialmente cumprido.* Os animais utilizados para este estudo foram anfípodes e isópodes, os quais foram analisados estatisticamente de forma agrupada, e o caranguejo de praia *Ocypode quadrata*.

- Para respostas a biomarcadores: - Quanto à coleta de poliquetas, *não foi cumprido.* Não foi realizada com sucesso devido à baixa abundância destes organismos, apesar de “terem sido efetuados todos os esforços amostrais possíveis”, de modo que o baixo número de indivíduos coletados (completa ausência em muitas estações amostrais) não permitiu a execução das análises estatísticas utilizadas no presente projeto. Não foram informados na planilha do histórico do TR4 sobre possíveis formas de dirimir esta questão.

- **Em relação aos elementos analisados: *Cumprido.***

c) Em relação aos Resultados:

- Características morfodinâmicas e sedimentológicas próprias de cada setor podem estar intimamente relacionadas com os padrões de bioacumulação de metais observados nos invertebrados de praia, a exemplo, os valores de IBR bioacumulação calculados para anfípodes e isópodes coletados nos setores A e C da primeira campanha foram muito maiores em relação às demais avaliações, evidenciando um grande evento de disponibilização e absorção destes elementos ao sul e ao norte da foz do Rio Doce. Cabe ressaltar que este evento foi relacionado à acumulação de uma diversa gama de elementos (Pb, Mn, Hg, As, Cd e Cr). Após esse

primeiro período, os picos de IBR bioacumulação passaram a ser muito menores, ocorrendo novamente no setor C durante as campanhas 2 e 4, e no setor B na campanha 2. Além disso, estes picos também passaram a estar relacionados com elevações agudas em elementos específicos, como é o caso do Mn, Fe e Zn na campanha 2, e Mn e Zn na campanha 4.

-Em relação à bioacumulação de metais e As no caranguejo de praia (brânquias, hepatopâncreas e músculo), é possível observar que os maiores valores de IBR bioacumulação ocorreram durante a campanha 1 (set/out 2018) para os três setores avaliados, com destaque para o setor B, relacionado aos pontos da foz do Rio Doce, que apresentou o maior valor de IBR bioacumulação. Na campanha 2 (jan/fev 2019) se mantiveram altos apenas no setor B, o qual passou a demonstrar altos níveis de acumulação de elementos específicos (Zn, Mn, Fe e Cu). Os níveis de IBR bioacumulação diminuíram nos 3 setores durante as campanhas 3 e 4, mas os metais Zn, Mn, Fe e Cu se mantiveram como os mais relevantes.

III AVES

a) Em relação à malha amostral: *Cumprido.*

b) Em relação à Metodologia: *Cumprido.*

c) Em relação aos Resultados:

-As aves coletadas na região de mangue foram as que apresentaram maiores níveis de bioacumulação no sangue, apesar disso, os animais provenientes da região costeira foram aqueles mais impactados em termos de bioacumulação nas penas.

Em relação ao IBR bioacumulação de aves, o mangue apresentou maiores índices na campanha 1, sendo os metais Zn, Pb, Mn, Hg, Fe e Cu os mais relevantes para a composição do IBR neste ambiente. Na campanha 2, nos ambientes mangue e costeiro, o Cu foi o metal mais relevante para a composição do índice, e para a região estuarina o Fe foi o metal mais relevante. Na campanha 3, existe um discreto aumento no ambiente costeiro em relação aos demais, os metais Cd e Cr foram os mais relevantes para a composição do IBR nas três regiões avaliadas. Na campanha 4, valores de IBR bioacumulação muito semelhantes entre as regiões de mangue, estuário e costeiro, sendo o Cd o metal mais relevante para os três ambientes. Apesar deste impacto ter diminuído consideravelmente durante os meses seguintes (janeiro de 2019 até janeiro de 2020), o leve aumento de bioacumulação observado na campanha 3 (set/out 2019) pode indicar que os períodos secos do ano são mais impactantes para as aves.

IV - INTEGRAÇÃO

- Os padrões de contaminação observados nos diferentes organismos foram refletidos no grau de estresse fisiológico, indicando que os metais/metaloide encontrados nos tecidos causaram impactos biológicos evidentes na biota costeira avaliada;

- É possível observar que esta relação se deu com maior intensidade no setor B, relativo aos pontos localizados no entorno da foz do Rio Doce, mostrando que, de toda a malha amostral do Anexo 1, esta é a região mais impactada e sob maior estresse fisiológico para fauna e flora;

- As áreas costeiras localizadas no entorno da foz do Rio Doce apresentam evidências de impactos ambientais causados por elementos, que podem estar diretamente associados ao rompimento da barragem, ocorrido no ano de 2015. Esta conclusão é sustentada, principalmente, pela co-ocorrência de elevados níveis de bioacumulação (IBR bioacumulação) e de alterações e danos fisiológicos (IBR biomarcadores) no setor B;

- Existem flutuações espaciais e sazonais nos valores de IBR, ocorrendo, inclusive, maiores níveis destes índices em outros setores. Apesar disto, a comentada co-ocorrência estabelecida entre a acumulação e os danos biológicos ocorre majoritariamente nas áreas diretamente associadas à foz do Rio Doce, fortalecendo a tese de que esta região continua a ser continuamente impactada por constantes aportes e ressuspensão dos rejeitos nesta zona.

2.1.3.2 Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados (Avaliação geral)

A apresentação dos dados demonstra que há uma variação de respostas observadas no âmbito da ecotoxicologia, interferindo na qualidade ambiental, frente à disposição dos elementos-traço, e a variabilidade espaço-temporal, correlacionada com intempéries que levam a novos aportes de elementos potencialmente contaminantes.

No Relatório cita-se que os períodos de chuvas, principalmente na campanha 4 (jan./fev. 2020), podem ter elevado bastante a energia dos corpos hídricos da região, aumentando a ressuspensão e a lixiviação de contaminantes para as regiões de manguezal localizadas na foz do Rio Doce. Os resultados do PMBA/Fest-RRDM (Relatório Semestral de Evolução 2020, PMBA/Fest-RRDM), de fato, indicaram uma tendência de aumento na concentração para praticamente todos os metais totais (As, Ba, Cr, Fe, Mn, Pb, V e Zn) na água do Rio Doce, durante o Período de Transição em relação ao Ano 1. Ressalta-se que alguns destes elementos são característicos também da presença de rejeitos.

2.1.4 CONCLUSÕES

- Os dados gerados pelo PMBA/Fest-RRDM, que teve suas atividades iniciadas a partir de set./out. 2018, demonstram que os impactos sobre a qualidade da água da bacia do Rio Doce ainda persistem, mesmo após cinco anos da chegada dos rejeitos de mineração;

- Houve uma melhoria incipiente nos parâmetros ambientais, como a concentração de elementos metálicos nas matrizes água e sedimentos, índices ecotoxicológicos. Entretanto, os índices ainda se encontram em distantes parâmetros de referência (Resoluções CONAMA nº 357 e nº 430) para um meio ambiente saudável, ou próximos aos dados pré-desastre, evidenciando os efeitos crônicos da dispersão da pluma de sedimentos;

- O rio Guandú, não atingido pelos rejeitos de mineração do evento de derrame, pode ser utilizado para fins comparativos entre as seções da bacia. Entretanto, não deve ser utilizado como controle de monitoramento para a recuperação do rio Doce, uma vez que apresenta particularidades hidrogeológicas e de ocupação das margens que o diferenciam do escopo de monitoramento da biodiversidade do rio Doce em si;

- Requer-se a manutenção dos indicadores (biomarcadores) e ensaios ecotoxicológicos padronizados, em relação às matrizes abióticas (água e sedimentos). A sua manutenção é requerida para a construção histórica da evolução da qualidade ambiental, bem como das respostas dos organismos, contribuindo à predição ambiental *in situ* (local) das possíveis alterações em estruturas de comunidades e disponibilidade de recursos pesqueiros;

- O efeito da suspensão dos metais acontece por eventos climáticos e oceanográficos, onde o regime de chuvas e as frentes frias são os principais responsáveis por disponibilizar os sedimentos na coluna de água, em todos os setores impactados: a calha do Rio Doce, região costeira-estuarina e ambiente marinho. Em segundo, também por fatores de distribuição de correntes e aporte fluvial, inicia-se a percepção da espacialização da distribuição dos elementos metálicos e do metalóide arsênio entre as estações amostrais, o que reforça a necessidade de monitoramentos de longo prazo para a compreensão dos efeitos específicos dos elementos sobre o compartimento biótico;

- Observa-se que os metais/metalóide (arsênio (As), cobre (Cu), cobalto (Co), cromo (Cr), chumbo (Pb), níquel (Ni), zinco (Zn), ferro (Fe), vanádio (V) e alumínio (Al)), de modo geral, apresentam uma tendência de estabilização ao longo do tempo, com redução da disponibilidade nas matrizes água e sedimentos. No entanto, os elementos cádmio (Cd), mercúrio (Hg) e manganês (Mn) encontram-se ainda em valores elevados, e em discordância com os atuais parâmetros ambientais (CONAMA nº 357) e com as normativas de segurança alimentar (ANVISA Nº 430). Os elementos Al e Ni foram monitorados apenas no último ano (campanhas 3 e 4), devendo-se manter o seu monitoramento para a construção de um histórico da dispersão e variabilidade espaço-temporal destes;

- A recomendação principal é um monitoramento mais intensivo para estes metais, que apresentam potencial de comprometimento do restabelecimento das comunidades biológicas e implicações à saúde humana, comprometendo atividades como a pesca e a aquicultura.

As análises destes elementos devem ser consideradas para o monitoramento na mesma frequência dos demais parâmetros abióticos, para a construção de um banco de dados que expresse sua variabilidade temporal, enfatizando-se os processos sazonais de disponibilização, proporcionando um melhor entendimento de tendências futuras e a modelagem de sua dispersão;

- Os demais parâmetros e elementos metálicos, por apresentarem melhora progressiva e/ou estabilidade, devem ter sua frequência de monitoramento e amostragem mantidas em próximas campanhas;

-Recomenda-se como grupos bacterianos prioritários aqueles das famílias Anaerolineacea e Pirellulaceae para o biomonitoramento. São apontadas como razões para esta prioridade a abundância, flutuação temporal, correlação com a variabilidade microbiológica identificada na calha do Rio Doce e o reconhecimento de tais microorganismos como relacionados a ambientes perturbados, devido a concentrações elevadas de elementos metálicos e arsênio, em todos os ambientes e setores das malhas amostrais;

- Solicita-se, considerando-se o banco de dados já estabelecido, que sejam procedidas análises de modelagem espaço-temporais para os elementos metálicos/metalóide, de forma a contribuir com estratégias de gestão de bacia hidrográfica/áreas marinho-costeiras, especialmente para atividades pesqueiras, identificando-se por predições possíveis intervalos temporais para a retomada de atividades econômicas.

2.2 Anexo 3 – Análise abiótica e biótica no Ambiente Marinho

2.2.1 Modelagem Numérica

Em relação aos fundeios para a caracterização hidrodinâmica da plataforma continental o TR4 estabelecia a implementação de cinco fundeios, compostos por ADP's (medição de ondas e correntes) e sensores de temperatura, salinidade, fluorescência e turbidez, com transmissão em tempo real. No relatório foram discutidos dados obtidos a partir da implementação de quatro fundeios: F1, localizado na isóbata de 40 metros na APA Costa das Algas e REVIS de Santa Cruz (APA/RVS); F2 e F3, ambos localizados na isóbata de 20 metros, sendo a aproximadamente 6 quilômetros ao sul da foz do rio Doce e 9 km a norte do rio Doce, respectivamente e; F4, localizado entre as isóbatas de 15 e 20 metros, em Degredo. A quantidade de fundeios diferente à metodologia do TR4 foi aprovado pela CT-Bio, bem como a implementação destes fundeios sem a transmissão de dados em tempo real.

A partir dos dados coletados e analisados pelo PMBA observou que as mudanças de qualidade da água e maiores valores de turbidez na área, durante o período de execução do programa, estariam associadas principalmente a dois processos físicos:

1. Vazão do rio Doce, que contribui com o input de lama terrígena no ambiente marinho;
2. Ondas de gravidade que promovem ressuspensão/remobilização do fundo marinho e redistribuição, na coluna d'água, de material depositado no fundo.

Ainda, resultados integrados apontaram que os fatores abióticos e bióticos podem ter tempo de resposta distintos em relação a estes processos físicos citados e, assim, períodos anteriores e posteriores a eventos com picos de vazão e com aumento da energia de ondas na plataforma continental podem ainda gerar respostas no ambiente marinho.

Desta forma, foi realizada a modelagem numérica para quatro períodos específicos do PMBA, sendo seus resultados comparados com dados medidos *in situ* (dados de turbidez disponíveis, ondas e correntes medidos nos fundeios e séries temporais de velocidade do vento da base ERA5).

1. Janeiro/2019 quando ocorreu a maior vazão do primeiro período chuvoso do PMBA;
2. Entre janeiro/2020 e março/2020 maior pico de vazão do PMBA
3. Entre março/2019 e abril/2019 quando ocorreu a passagem da Tempestade Topical Iba;
4. Julho/2019 quando foram registradas as maiores ondas de 2019 (denominado Grandes Ondas –GO-).

No entanto, apesar desta abordagem propor padrões de transporte, deslocamento e remobilização de sedimento durante os eventos simulados, **a modelagem se limitou a propor estes padrões na área compreendida entre a APA Costa das Algas (ao sul) até em frente a Degredo (ao norte), devido à localização dos fundeios, não sendo capaz de estabelecer o alcance total da pluma de sedimentos, tanto de sedimentos provenientes do rio Doce, quanto daqueles remobilizados por eventos com maior energia de ondas.**

Em relação à temporalidade, a modelagem ficou restrita aos quatro períodos estabelecidos, não sendo possível, através deste estudo, o entendimento do comportamento da pluma de sedimentos em eventos de menor energia de ondas e vazão do rio Doce, por exemplo. **A utilização de todo o período de monitoramento do PMBA e extensão da área simulada poderia contribuir com outros os estudos realizados.**

2.2.2 Sedimentologia

Em relação à metodologia do estudo, ela seguiu alinhada ao proposto no TR4. No entanto, para o Ano 2 de monitoramento do PMBA, não foram realizadas todas as doze campanhas previstas devido à interrupção dos embarques como medida de prevenção contra o COVID-19, desta forma, foram realizadas um total de 6 campanhas, no período compreendido entre novembro/2019 a março/2020, com a adição de uma campanha

campanha em janeiro/2020, a qual foi dita como emergencial. Durante a apresentação dos resultados e nas discussões não foi explicado o porquê do termo, no entanto, ocorreu em um período de picos de vazão elevada do rio Doce.

Para a análise dos dados de sedimentologia e apresentação e discussão dos resultados foram propostos três indicadores:

1. **Qualidade ambiental da coluna d'água (Material Particulado em Suspensão – MPS)** – indica quanto de material está sendo aportado pelo rio, ou que sofre ressuspensão por ondas e correntes. Indica ainda, o processo de dispersão do sedimento e a turbidez na coluna d'água;
2. **Mobilidade do sedimento de fundo (transporte e deposição sedimentar)** - processos sedimentares que indicam maior susceptibilidade do sedimento de fundo à erosão, transporte e deposição do sedimento de fundo, processos esses que podem interferir nos habitats e condições de vida de diferentes espécies;
3. **Sinal de rejeito no sedimento de fundo (indicadores mineralógicos)** – Contribui com a interpretação de contaminação da biodiversidade.

Para a qualidade ambiental da coluna d'água (MPS), os resultados mostram relação no aumento do aporte de sedimento em suspensão do ambiente fluvial para o marinho, com períodos chuvosos e, consequentes períodos de maior vazão do rio Doce. Além disso, pode ocorrer o particionamento dissolvido/particulado de poluentes e consequentemente sua biodisponibilidade para a biota. Em relação à qualidade da água do ponto de vista da concentração de MPS foi destacado que o aumento das concentrações de MPS estão associados principalmente a eventos hidrológicos dos rios que desaguam nos setores Norte e Abrolhos, não necessariamente da descarga do rio Doce. Já nos setores da Foz do rio Doce, norte, central e sul, a variabilidade temporal da qualidade de água, em termos de concentração de MPS, tem sido resultado da influência conjunta dos eventos hidrológicos no Rio Doce e eventos de mobilidade do sedimento (períodos de aumento de energia de onda e de magnitude de correntes próximas ao fundo).

Para mobilidade do sedimento de fundo (transporte e deposição sedimentar) foram utilizados dados de granulometria e densidade úmida do sedimento superficial (fração lamosa). Foi discutida sobre a tensão crítica de ressuspensão, que quando possui valores menores que as tensões de cisalhamento, derivadas de correntes próximas ao fundo (maré, ventos, ondas, forçantes de meso e larga-escala, e outros) e pelo movimento oscilatório das ondas culminam em maior potencial de mobilidade do sedimento do fundo. Em geral, os locais em que houve diminuição da densidade superficial resultou na redução progressiva da anomalia normalizada de tensão crítica de ressuspensão ao longo do PMBA, aumentando o potencial de mobilidade.

Para o indicador do sinal de rejeito (conforme o conceito descrito de forma detalhada no capítulo correspondente à síntese integrativa entre os ambientes) foram utilizadas medidas de difração de raios-x para identificação das fases minerais e seus volumes, associada a medidas de susceptibilidade magnética do sedimento de fundo (fração lamosa superficial). As campanhas que representaram o Ano 2 foram as de novembro/2019, jan/2020 e jan/2020-2 (emergencial). Os teores de IMS (proporcionalidades do conjunto mineralógico de ferro - engloba o volume total de magnetita, hematita, goethita, maghemita e grenalita) e susceptibilidade magnética mais elevados foram observados em frente à desembocadura do rio Doce, sendo que valores semelhantes foram encontrados nos setores ao norte da foz (norte e foz norte). **Ainda, foi observada uma diminuição nos valores de IMS no setor foz sul e gradual aumento em direção ao norte, sugerindo um possível transporte nesta direção no período analisado.**

Para comparações entre valores de susceptibilidade magnética pré e pós-rompimento da barragem de Fundão, para os setores associados à foz, foi estabelecida a relação entre valores de medições realizadas após novembro de 2015 e medições realizadas anterior a este período, desta forma, entende-se que valores maiores que um houve um incremento no sinal de rejeito.

Os maiores valores desta relação, assim como para o IMS, foram encontrados na foz do rio Doce e próximos a ela, sendo o mais elevado, cerca de 38, foi encontrado na campanha emergencial de jan/2020, quando foram observados os maiores picos de vazão do PMBA. Foi clara ainda a presença do sinal de rejeito desde o setor Norte até o setor APA Costa das Algas nas estações mais rasas.

2.2.3 Fitoplâncton

2.2.3.1 Fitoplâncton estuarino e marinho

No Material Suplementar A3MFS1 – Fitoplâncton, é descrita a metodologia de coleta e análise (7 pp.).

O documento em análise apresenta os resultados qualitativos e quantitativos referentes à dezenove campanhas: de outubro de 2018 a março de 2020, mais a Campanha Emergencial (CE) de janeiro de 2020, realizada em um evento de alta vazão do Rio Doce.

2.2.3.2 CONCLUSÕES:

O relatório sobre o Fitoplâncton conclui que:

Em relação à Campanha emergencial, efetuada em janeiro de 2020, é declarado que: Pág. 488: *“Neste contexto, a qualidade ambiental apresentou piora em termos espaciais, em abrangência, uma vez que a elevada vazão fez com que a pluma do Rio Doce alcançasse grande proporção nos setores Sul, Central e Norte da Foz do Rio Doce.”*

Pág. 488: *“Ao longo de todo PMBA/Fest-RRDM (Anos 1 e 2), é possível observar, através da densidade numérica e da saúde ecofisiológica, que após a plataforma adjacente ao Rio Doce ter sua condição oligotrófica alterada pelo impacto da lama de rejeito, a comunidade fitoplanctônica prosseguiu sob a influência dos constantes distúrbios causados pela continuidade do aporte do material oriundo do rompimento da barragem, assim como pela periódica ressuspensão desse material contido no sedimento, que impede que a comunidade se recupere.”*

Pág. 489: *“A densidade numérica do fitoplâncton, apesar das flutuações também decorrentes das condições meteoceanográficas, continua apresentando valores de abundância acima dos encontrados em levantamentos prévios a novembro de 2015, assim como a predominância de algas verdes e cianobactérias da fração nanofitoplanctônica na composição quali-quantitativa, posto que esses grupos oportunistas se multiplicam rapidamente e são mais resistentes e adaptáveis às instabilidades ambientais, naturais e/ou antropogênicas.”*

2.2.4 Zooplâncton

No Material Suplementar A3MZS1 – Zooplâncton, é descrita a metodologia de coleta e análise (5 pp.).

O documento em análise apresenta os resultados qualitativos e quantitativos referentes à dezenove campanhas: de outubro de 2018 a março de 2020, mais a Campanha Emergencial (CE) de janeiro de 2020, realizada em um evento de alta vazão do Rio Doce.

2.2.4.1 Conclusões:

O relatório sobre o Zooplâncton conclui que:

Pág. 528: *“a elevada abundância de formas juvenis de Paracalanus spp. registrada no PMBA/Fest-RRDM, pode ser indicativo de distúrbios no setor, visto que esse gênero compensa altas taxas de mortalidade com uma reprodução contínua e rápida taxa de crescimento, resultando em uma comunidade abundante em formas juvenis, comuns em regiões sob distúrbios ambientais”.*

Pág. 528: *“Isso indica que os Índices Ecológicos por si só, não permitem uma compreensão do alcance dos impactos que atingem o Setor Norte, pois se trata de uma região complexa, com aporte de diferentes rios como o São Mateus e o Itaúnas.”*

Pág. 530: *“No momento da chegada da lama de rejeito, em 2015, o zooplâncton sofreu um impacto agudo, refletido em um pico de abundância no ponto SD 01 ($> 200.000 \text{ ind.m}^{-3}$), imediatamente em frente à desembocadura do Rio Doce e no ponto SDS 20 ($> 80.000 \text{ ind.m}^{-3}$), imediatamente ao Sul da desembocadura do rio. Estes pontos apresentaram perda de biodiversidade, com dominância de poucas espécies de hábito oportunista”.*

Pág. 530: *“Portanto, a dinâmica populacional de Paracalanus cf parvus ao longo dos dois primeiros anos de monitoramento, indicam uma região impactada, sobretudo quando o Rio Doce intensifica a sua descarga na região costeira, indicando a calha do Rio Doce como origem do impacto na comunidade zooplanctônica na região.”*

Pág. 530: *“Em conclusão, podemos afirmar que todos os indicadores avaliados apontam um mesmo padrão de ambiente impactado no Setor Foz nos momentos de maior descarga do Rio Doce, indicando o material proveniente da sua calha como fator de distúrbio na comunidade zooplanctônica.”*

Pág. 534: *“De um modo geral, não foram encontradas evidências inequívocas de um ambiente impactado no Setor APA, com base na comunidade zooplanctônica. Porém um monitoramento de pouco mais de um ano de*

duração impossibilita que conclusões definitivas possam ser tiradas. Não foi possível avaliar como a comunidade desse Setor se comporta em momentos de intensa vazão, como foi registrado em Janeiro de 2020 e apenas um monitoramento continuado poderia trazer respostas conclusivas dos impactos na região da APA Costa das Algas.”

Pág. 534: “Os indicadores zooplancônicos sugeridos para o presente monitoramento provaram-se efetivos como sinalizadores dos impactos causados pela lama de rejeitos. Todos os Índices Ecológicos analisados tiveram seus menores valores no Setor Foz, nos momentos de maior vazão do Rio Doce. Além disso, a análise da dinâmica populacional de todas as espécies bioindicadoras demonstram uma comunidade mais fragilizada nos momentos de maior vazão, com aumento da abundância relativa das espécies oportunistas, resistentes aos efeitos de MPS e de metais, e ausência das espécies mais sensíveis.”

Pág. 534: “É importante salientar que monitoramentos em séries temporais curtas (1-2 anos contínuos) são importantes para a determinação de alguns padrões, no entanto, séries de médio (> 3 anos) e longo prazo (> 10 anos contínuos) são necessárias para o entendimento das flutuações de uma dada comunidade biológica e como estas se relacionam com fatores antrópicos e climáticos nas oscilações sazonais ou interanuais em regiões costeiras.”

O relatório apresenta resultados fundamentais para a compreensão de como o zooplâncton no ambiente marinho está se comportando após o grande incidente da SAMARCO.

2.2.5 Ictioplâncton

2.2.5.1 Conclusões:

O relatório sobre a ictiofauna marinha conclui que:

Pág. 559: “Esses resultados evidenciam a influência da pluma de lama contaminada sobre o ictioplâncton mesmo quatro anos após o acidente. A distribuição de larvas com essas características por quase toda a área de estudo mostra como esses organismos estão sujeitos ao transporte passivo pelas correntes marinhas e o efeito da presença da pluma pode ser sentido além das estações localizadas no Setor Foz do Rio Doce.”

Pág. 573: “Os indicadores do Ictioplâncton se mostraram eficientes e têm contribuído para avaliar o impacto residual do evento sobre a comunidade planctônica. O aumento da vazão do Rio Doce, a incidência de ondas, a disponibilidade de metais, a turbidez e a sazonalidade são parâmetros que alteraram a densidade, riqueza e a comunidade ictioplancônica. A lama de rejeito que vem sendo carregada e depositada na região costeira adjacente a foz do Rio Doce ao longo do tempo é constantemente ressuspensa por eventos meteocanográficos de alta energia, levando ao aumento da turbidez e nos níveis de contaminantes (metais e arsênio) na coluna da água. Estes fatores interferem nas densidades e diversidade do ictioplâncton como mostraram as análises integradas com alguns parâmetros ambientais.

A influência da lama contaminada também foi observada na presença de larvas de peixes com trato digestório danificado e de altos percentuais de ovos “inviáveis”, interferindo na densidade de larvas de peixes no ambiente. A curva de acumulação de espécies mostrou que ainda não houve uma estabilização. Esse fato é corroborado pela ausência de, pelo menos, 24 táxons que foram registrados durante o pré-PMBA/Fest-RRDM em 2016 e que ainda não foram observados ao longo do monitoramento do PMBA/Fest-RRDM.

*As análises da comunidade ictioplancônica mostraram que dentre as famílias mais frequentes e abundantes os engraulídeos e os cianídeos foram os mais tolerantes e os clupeídeos e os haemulídeos mais sensíveis as alterações ambientais. Recomenda-se que além destas famílias, deve ser feito um acompanhamento da palombeta *C. chrysurus*. Ela é considerada uma espécie bioacumuladora de metais, alimenta-se de material particulado indistintamente e já foi encontrada no presente monitoramento com o trato digestório danificado.”*

O relatório apresenta resultados fundamentais para a compreensão de como as larvas de peixes de diferentes espécies estão se comportando após o grande incidente da SAMARCO.

2.2.6 Fundos Recifais, Rodolitos e Macroalgas

O item “1.1.9. Fundos recifais, rodolitos e macroalgas” teve como objetivo caracterizar e monitorar ambientes recifais e bancos de rodolitos potencialmente impactados pelo rompimento da barragem de Fundão, qualificando e quantificando efeitos em nível de organismos, comunidades e processos ecológicos selecionados.

2.2.6.1 Aderência ao Termo de Referência 4 – TR4

Fundos recifais, rodolitos e macroalgas (item 1.1.9) - Apesar do 2º relatório do PMBA compreender o período de novembro de 2019 a outubro de 2020, são apresentados resultados até fevereiro de 2020 e os autores informam que as atividades de campo do subprojeto foram suspensas em março de 2020 e sua desmobilização iniciou em novembro daquele ano. **Assim, desconsiderando o período cujas coletas estavam impedidas devido a pandemia de Covid-19, os resultados correspondem ao estabelecido pelo TR4 e Plano de Trabalho.**

A metodologia é robusta e muito ampla, abrangendo as necessidades previstas no TR4.

Foram realizadas coletas bióticas e abióticas e análises em diversos níveis tróficos presentes nos ambientes recifais, rodolitos e macroalgas. O Plano de Trabalho vai além do solicitado inicialmente pelo TR4, incluindo o monitoramento recifal no Parque Nacional Marinho dos Abrolhos. **Todos os principais produtos e metas propostas no plano de trabalho foram atingidos.** Para os parâmetros físicos medidos houve “problemas nas coletas de alguns parâmetros e cobertura de sítios amostrados em função da disponibilidade e funcionalidade de equipamentos, condições climáticas apropriadas e logística de embarcações” (Pg. 663), porém os autores não relacionam os parâmetros e estações com as dificuldades enfrentadas.

2.2.6.2 Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados.

Cabe ressaltar que a área de estudo deste subprojeto contempla a região denominada, de forma geral, de “Abrolhos”, que contempla os ambientes recifais ao largo do extremo sul do estado da Bahia, incluindo: a área protegida pelo Parque Nacional Marinho de Abrolhos (que abrange parte do arco externo de formações recifais na região), denominada no estudo de área “A”; as formações recifais submersas que ocorrem na plataforma continental norte no estado do Espírito Santo, ao largo dos municípios de São Mateus e Conceição da Barra, referidos como “recifes esquecidos” e denominados no estudo de área “B”; os bancos de rodolitos na plataforma externa ao largo da foz do rio Doce, denominada no estudo de área “C”; e a área abrangida pelas unidades de conservação APA Costa das Algas e REVIS Santa Cruz, denominada no estudo de área “D”. Conforme o é ressaltado no próprio relatório, estas áreas se apresentam como *hotspots* da biodiversidade marinha brasileira, sendo inclusive contempladas (em sua maior parte) dentre as áreas prioritárias para conservação da biodiversidade pelo ministério do meio ambiente – MMA.

Fundos recifais, rodolitos e macroalgas (item 1.1.9) – Foram identificados impactos ambientais importantes que apresentam causalidade com o rompimento, onde podemos destacar:

- 1. presença de contaminantes, inclusive metais e/ou partículas metálicas oriundos do rompimento, em macroalgas, corais e algas coralináceas formadoras de rodolitos;**
- alterações na estrutura de comunidades de macroalgas na área da APA Costa das Algas/REVIS Santa Cruz, com aumento na abundância de algas mais tolerantes a rejeitos de mineração após o rompimento e a presença de rejeito aderido ao talo de macroalgas, inclusive com a detecção de metais-traço associados às partículas. Os resultados confirmam que os efeitos do evento são de maior magnitude nas áreas recifais mais próximas da foz do Rio Doce, mas se estendem até a região adjacente ao Parque Nacional Marinho de Abrolhos.
- Porém, para os recifes do Parna Abrolhos foram identificadas mudanças nas comunidades, mas não foi possível inferir causalidade com o rompimento.

2.2.6.3 Conclusões

Os resultados da amostragem de sedimentos superficiais nas áreas “A” (Abrolhos) e “B” (recifes esquecidos) indicam que o sedimento é composto majoritariamente pela fração areia, com pouca contribuição de finos (silte, argila – em média 7,8%, considerando todos os sítios amostrados) mesmo em períodos de amostragem quando houve aumento expressivo da vazão do rio Doce. Não obstante, “...a presença de minerais de origem terrígena (silicatos e ferrosos) na composição do sedimento amostrado em quase toda a malha amostral [nas áreas “A” e “B”] evidencia que sedimentos desta natureza alcançam recifes e bancos de rodolitos a mais de 30 km do litoral... Embora os resultados de granulometria e mineralogia, que incluíram a detecção de sedimentos ferrosos, não representemnexo causal com o rompimento da barragem, eles representam um indício importante da ampla abrangência das plumas flúvio-costeiras, associadas ou não ao rompimento.” (RA2020_RT36D_Ambiente_Marinho.pdf – pág. 691). Ou seja, os ambientes recifais na área de abrangência do PMBA são influenciados por aportes fluviais. **Ainda com relação aos sedimentos superficiais, na Área D**

(APA Costa das Algas) o mineral hematita, presente nas amostras obtidas nos sítios adjacentes ao litoral (recifes costeiros), se destacou como possível assinatura da descarga sedimentar proveniente do Rio Doce, a qual ainda apresenta nítida influência do rejeito de mineração em sua composição química. Esse mineral (hematita) apresentou atenuação linear importante com relação à distância da foz, bem como aumento sazonal no período de maior vazão do rio Doce. A influência direta da descarga do rio Doce nesta área é corroborada pelos resultados obtidos em outros subprojetos do PMBA. Destaca-se que outros minerais presentes nos sedimentos terrígenos não apresentam atenuação em relação à distância da foz do rio Doce, podendo estar associados a outros aportes, inclusive de drenagens locais tais como os rios Reis Magos, Laranjeiras e Piraquê-Açu.

Com relação a amostragem da sedimentação por meio de armadilhas (*sediment trap*), os resultados refletem, de forma abrangente, o padrão esperado: nas estações mais afastadas da costa predominaram os sedimentos carbonáticos, de origem biogênica (marinha), enquanto nas estações mais próximas da costa a proporção de sedimentos de origem continental (silicatos e ferrosos) foi mais expressiva. ***Ainda, “ressalta-se o registro de minerais ferrosos [goetita, FeO(OH)] nos Recifes Esquecidos (sítios B1, B2 e B4), uma vez que se trata de mineral comum em locais de mineração e componente dos sedimentos oriundos do rompimento da barragem de Fundão.”*** (RA2020_RT36D_Ambiente_Marinho.pdf – pág. 693).

A análise comparativa das características morfológicas microestruturais e de composição elementar de partículas de sedimento, realizadas em amostras diretas do rejeito na barragem de Fundão e em amostras de sedimentos aderidos ao talo de macroalgas obtidas na estação A5 (Abrolhos) e D18 (APA Costa das Algas) ***“...apontam para ocorrência de material sedimentar decorrente do rompimento em macroalgas da APA Costa das Algas e, em menor escala, em macroalgas da região de Abrolhos. O sinal do rejeito, detectado cinco anos após o rompimento da barragem, revela a persistência deste material na área de estudo...”*** (RA2020_RT36D_Ambiente_Marinho.pdf – pág. 706 – grifo nosso).

Com relação à análise de sedimentos no interior de rodolitos, foi detectada a presença de sedimentos com composição elementar correspondente ao rejeito no interior de rodolitos em todos os sítios amostrados, sendo que em alguns pontos (situados nas áreas “C” e “D” - Plataforma externa na foz do rio Doce e APA Costa das Algas, respectivamente) esta conclusão foi corroborada por análise mineralógica e microestrutural dos sedimentos. O relatório ressalta que ***“a presença destes minerais ferrosos em rodolitos, cinco anos após o rompimento, indica exposição crônica ao rejeito e riscos a biota marinha, uma vez que a redução do Fe³⁺ em Fe²⁺, por conta de atividade microbiana ou processos de degradação de matéria orgânica, tem efeito importante na biodisponibilidade de metais traço”*** e que ***“a presença dos metais-traço em rodolitos, que pode se amplificar com a re-disponibilização destes elementos na coluna d’água, pode comprometer a saúde das algas e impactar a biomineralização do CaCO₃, um processo chave nos ecossistemas recifais e bancos de rodolitos.”*** (RA2020_RT36D_Ambiente_Marinho.pdf – pág. 715).

Considerando os resultados obtidos no PMBA com o monitoramento dos diferentes parâmetros envolvendo a dinâmica sedimentar (na bacia do rio Doce e na área marinha) e com o monitoramento dos bancos de rodolitos, ***o relatório conclui que há uma expressiva influência da foz do rio Doce nos bancos de rodolitos mais próximos da foz, a qual reflete também o maior impacto que estes bancos vêm sofrendo, tanto pela continuidade do aporte de rejeito através da foz quanto pelos processos de ressuspensão e remobilização dos depósitos superficiais na plataforma continental. E, ainda, que “mesmo os bancos de rodolitos de Abrolhos, mais distantes da foz, foram atingidos pelos rejeitos, mas em menor escala.”*** (RA2020_RT36D_Ambiente_Marinho.pdf – pág. 724).

Com relação as comunidades de macroalgas nos recifes costeiros da área “D” (APA Costa das Algas), a comparação com dados pretéritos ao desastre indica um aumento expressivo na cobertura de algas do gênero *Sargassum*, caracterizadas por alta tolerância a deposição de sedimento fino, corroborando os demais resultados que apontam a influência da descarga do rio Doce nesta área após o rompimento da barragem. Ainda, a comparação com dados pretéritos revelou o aumento na porcentagem de cobertura de algas feofíceas mais tolerantes a metais pesados (como *Sargassum*). Embora não seja uma relação inequívoca essa alteração pode ter sido provocada pelo aporte de rejeito, considerando também que a intensa remobilização dos sedimentos então depositados na calha do rio doce, causada pelo rompimento da barragem, carregou contaminantes previamente presentes no sedimento, em uma bacia impactada por décadas de atividade de mineração e garimpo.

No que se refere ao monitoramento das comunidades bentônicas dos ambientes recifais nas áreas “A” (Abrolhos) e “B” (recifes esquecidos), ***o relatório indica que não foram evidenciados “...efeitos diretos do rompimento da barragem na estrutura das comunidades recifais bênticas, mas a série de dados é curta e não permite uma conclusão definitiva. Além disso, as análises em nível de organismos apontam diversas interações fisiológicas com a pluma e aporte de contaminantes.”*** (RA2020_RT36D_Ambiente_Marinho.pdf – pág. 827). Tal contexto corrobora a necessidade de monitoramento de longo prazo nos recifes esquecidos e nos recifes costeiros da

região da APA Costa das Algas e REVIS de Santa Cruz, que permanecem sob influência de aporte de rejeito (pela descarga do rio Doce e pelos processos de remobilização e transporte do rejeito e contaminantes depositados no leito marinho. **A análise da estrutura celular de macroalgas indicou danos compatíveis com a exposição a metais pesados em amostras obtidas na área “B”, entretanto, não é possível evidenciar relação inequívoca com o rompimento da barragem.**

A análise da contaminação de algas calcárias incrustantes (rodolitos) indicou a contaminação por cromo, ferro, manganês e cobre por meio da incorporação desses metais na matriz mineral de algas em amostras obtidas na área “D” (APA Costa das Algas). Nesse caso é possível indicar de forma inequívoca que esses metais estão presentes apenas em partes das algas que correspondem ao crescimento ocorrido após a tragédia do rompimento da barragem, com base na taxa de crescimento obtida através da análise das bandas de crescimento.

Os mesmos metais citados anteriormente (Cr, Fe, Mn e Cu) foram detectados em sedimentos aprisionados nas cavidades internas de rodolitos, indicando que os sedimentos são uma importante via de contaminação destes organismos mineralizadores de carbonato de cálcio. Ressalta-se que a análise da taxa de crescimento dos rodolitos indicou que não houve alteração, em qualquer das áreas monitoradas, antes e após o rompimento da barragem.

A análise da taxa de crescimento de corais na área “A” (Abrolhos) indicou que não houve diferença significativa antes e após o rompimento da barragem. No entanto, a maioria das colônias monitoradas apresentou um decréscimo no crescimento médio após o rompimento da barragem. Ainda, esta análise não foi realizada em colônias provenientes das áreas “B” (recifes esquecidos) e “D” (APA Costa das Algas), as quais são sujeitas a maior influência da descarga do rio Doce.

Conforme exposto anteriormente, **o monitoramento não evidenciou alterações significativas no nível de estrutura de comunidades recifais antes e após o rompimento da barragem, mas foram evidenciados impactos no nível de indivíduos. Um destes impactos foi evidenciado pela análise geoquímica das bandas de crescimento de uma colônia de coral (*Montastraea cavernosa*), que identificou anomalias na concentração de ferro, que apresenta correlação negativa com as concentrações de cádmio, cromo e bário na mesma amostra (que corresponde, em datação pela taxa de crescimento, ao início de 2016). Estes resultados sugerem que estes elementos, normalmente presentes no ambiente no mesmo estado oxidativo (+2 ou +3), “competiram” entre si durante a incorporação na matriz esquelética da colônia, desequilibrada a favor do elemento ferro na amostra que corresponde ao início de 2016. Considerando que a amostra foi obtida no arco externo da área “A”, consideravelmente distante da costa (para minimizar a influência antrópica e as variações de turbidez) para avaliar a influência geoquímica em caráter regional, este resultado pode indicar a influência da fração dissolvida dos contaminantes associados ao rejeito, a qual tende a apresentar um comportamento espacial diferente da pluma de material particulado em suspensão. Também foram observados aumentos na concentração de chumbo, vanádio e zinco na matriz esquelética da amostra a partir de 2016. O aumento na concentração destes elementos incorporados ao esqueleto da colônia de coral coincidiu com o início da tendência de redução do crescimento médio já relatada.**

Em síntese, foram constatados possíveis efeitos do rompimento da barragem no nível de espécies e comunidades bênticas, em processos ecológicos (como a mineralização de CaCO₃; recrutamento de corais, e fotossíntese, por exemplo) e também nas características geoquímicas (mineralogia) do sedimento nas áreas recifais monitoradas. A complexidade das interações no sistema natural impede que sejam atribuídas únicas e exclusivamente ao rompimento da barragem, contudo, também não é possível descartar a hipótese de que o rompimento da barragem interagiu com outros estressores ambientais (naturais e antrópicos), resultando nos efeitos observados através dos resultados do PMBA.

De forma complementar, os resultados demonstram efeitos inequívocos do rompimento da barragem no nível de indivíduos (organismos) e mesmo alguns em nível de comunidades, como por exemplo: “presença de contaminantes, inclusive metais e/ou partículas metálicas oriundos do rompimento, em macroalgas, corais e algas coralináceas formadoras de rodolitos, confirmando que os efeitos do evento são de maior magnitude nas áreas recifais mais próximas da foz do Rio Doce, mas se estendem até a região adjacente ao Parque Nacional Marinho de Abrolhos.”; e “alterações na estrutura de comunidades de macroalgas na área da APA Costa das Algas/REVIS Santa Cruz, com aumento na abundância de algas mais tolerantes a rejeitos de mineração após o rompimento.” (RA2020_RT36D_Ambiente_Marinho.pdf – pág. 899).

Por fim, cabe destacar que consta no relatório (no item 1.1.9.6.2 – pág. 900) **recomendações para gestores no que se refere a medidas que podem contribuir para a melhoria na qualidade dos ecossistemas marinhos afetados pelo rompimento da barragem, particularmente aos ambientes bentônicos de que trata este subprojeto (recifes de coral, recifes lateríticos costeiros e bancos de rodolitos), incluindo: 1- mitigação do aporte continuado de sedimentos terrígenos (a partir da recuperação da cobertura vegetal nas APPs das margens dos cursos d'água na bacia do rio Doce), a fim de controlar a turbidez na coluna d'água; 2 –**

fortalecimento da gestão e proteção nas unidades de conservação - UCs costeiras e marinhas; 3 – fomento ao planejamento espacial marinho em escala regional, de forma otimizar o uso compartilhado dos recursos e espaços marinhos pelos diferentes segmentos (pesca, turismo, atividade portuária, indústrias, conservação, etc.); 4 – continuidade no mapeamento e geração de *baseline*; 5 – apoio à criação de novas UCs marinhas; 6 – continuação e ampliação do monitoramento de sistemas recifais a fim de compreender as tendências nos níveis de contaminação na escala de indivíduos a comunidades; 7 – estabelecer um programa de restauração de recifes de corais; e 8 – fomentar as ações de divulgação dos resultados das pesquisas em publicações científicas e em publicações em linguagem acessível, para estimular o envolvimento da sociedade na gestão ambiental pública, especificamente, na reparação da tragédia do rompimento da barragem.

O estudo cumpriu os principais objetivos propostos, monitorando as comunidades e parâmetros físicos dos habitats recifais, rodolitos e macroalgas no ES e sul da BA. O estudo está produzindo uma importante linha de base sobre espécies e ecossistemas de relevantes para a conservação na área afetada pelos rejeitos. Essa linha de base contribui para a tomada de decisão, identificação de impactos e monitoramento de impactos e medidas reparatórias, além de ser uma importante fonte de informação científica para universidades e Unidades de Conservação afetadas pelo rompimento da barragem.

2.2.7 Bentos De Sedimento Inconsolidado

O item “1.1.7. Bentos” tem como objetivo realizar a caracterização da estrutura das comunidades bentônicas em áreas sob influência dos impactos oriundos do rompimento da barragem de Fundão (em Mariana/MG) por meio de padrões de abundância, riqueza e diversidade de táxons que compõem a fauna do substrato inconsolidado, correlacionando com as variáveis biológicas, sedimentológicas e químicas. Abrange toda a área amostrada no anexo 3, ou seja, setores Abrolhos, Norte, Degredo, Foz do rio Doce, APA Costa das Algas, e Sul.

2.2.7.1 Aderência ao Termo de Referência 4 – TR4

Bentos de sedimento inconsolidado (item 1.1.7. Bentos) Assim, desconsiderando esse período, o TR4 e plano de trabalho foram cumpridos em sua totalidade quanto ao número de pontos amostrais, frequência e variáveis analisadas.

Foram discutidos os resultados desde novembro de 2018 até janeiro de 2020.

2.2.7.2 Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados.

Bentos de sedimento inconsolidado (item 1.1.7. Bentos) – *Mesmo após mais de 4 anos da chegada do rejeito na área marinha, o estudo demonstrou que o setor Foz do Rio Doce apresentou os menores valores médios de abundância, riqueza e diversidade (indicadores descritivos) de bentos enquanto Abrolhos apresentou os maiores valores médios, formando um gradiente de distribuição da comunidade bentônica a partir da Foz do Rio Doce.*

As análises regressivas também indicam que conforme aumenta a presença de rejeito, todos esses indicadores tendem a apresentar valores mais baixos, o que sugere um impacto negativo do rejeito no bentos.

Continua sendo detectado um aumento da importância de organismos da Classe Polychaeta e redução de ocorrências do Filo Bryozoa, indicando uma mudança com favorecimento de organismos depositívoros em relação à grupos suspensívoros, possivelmente relacionado ao incremento de material particulado no ambiente.

Os autores verificaram a convergência de organismos resistentes ou oportunistas (e.g. Spionidae, Magelonidae e Nudulidae) na direção do aumento da concentração de metais (setor Foz), enquanto táxons sensíveis (e.g. Syllidae e Caecidae) tendem a se distribuir na direção oposta. Além disso, **observou-se uma maior presença de vestígios de organismos (conchas, valvas e esqueletos) após a chegada do rejeito nas coletas desse último relatório.**

2.2.7.3 Conclusões

Os resultados do estudo apontam para a continuidade dos impactos do rejeito do rompimento da barragem de fundão nas comunidades bentônicas, mesmo quase 5 anos após a sua chegada. Portanto, sugere-se a manutenção do monitoramento de bentos de substrato inconsolidado, bem como a apresentação de

sugestões de estratégias para restauração do ambiente ou mitigação do dano, tendo o monitoramento como base para avaliação da eficácia dessas medidas.

2.2.8 Mapeamento De Habitats

2.2.8.1 Aderência ao TR4

No que se refere à aderência ao TR4, observa-se que este subprojeto está sendo executado de forma coerente com o TR4 e com o respectivo plano de trabalho aprovado pela CTBIO.

2.2.8.1 Identificação Dos Impactos Ambientais

Com relação aos impactos ambientais caracterizados pelo subprojeto de mapeamento de habitats, os resultados apresentados corroboram a ocorrência de lama fluida no setor foz do rio Doce. Os resultados já obtidos pelo PMBA até o momento indicam que o aporte de grande quantidade de sedimentos argilosos causado pelo rompimento da barragem e o consequente aumento na proporção argila nos sedimentos do setor foz alterou a dinâmica de formação e aumentou a abrangência espacial dos depósitos da lama fluida sobre o leito marinho na área ao largo da foz do rio Doce.

Essa alteração nas características granulométricas do pacote sedimentar sobre o leito na área ao largo da foz (referida no PMBA como setor foz, de forma abrangente), as altas taxas de sedimentação na citada área; o pico de concentração do material particulado em suspensão na área marinha imediatamente após o aporte inicial da torrente de rejeitos sobre a plataforma continental adjacente; e a ocorrência de eventos de alta energia (ventos e ondas) e de alta pluviosidade (proporcionando picos de vazão no rio Doce), apontaram para um impacto imediato e agudo, porém recorrente ao longo do tempo, no habitat lamoso da foz do Rio Doce, conforme já foi apontado na Nota Técnica nº 15/2020/CTBio/DIBIO/GABIN.

A amostragem direta do leito por meio de testemunho (estação T13) detectou, por meio da aplicação do índice mineralógico – IMS (desenvolvido a partir dos próprios resultados do PMBA e que utiliza critério de proporção das especiações de Fe e de susceptibilidade magnética no sedimento) a presença de rejeito até 30 cm abaixo da superfície do fundo, evidenciando a presença e a intensa dinâmica do rejeito de mineração nessa área. A dinâmica do rejeito reflete os processos de deposição, ressuspensão e transporte igualmente intensos nesta porção da plataforma continental.

Ainda, foi identificada uma tendência de aumento do valor do IMS nos três testemunhos situados ao norte da desembocadura do rio Doce (T6; T7; e T11), ou seja, um aumento na influência do rejeito nesta área. Já os testemunhos ao sul da desembocadura (T3 e T4) apresentam IMS superiores aos valores observados antes do rompimento da barragem. Contudo, o aumento foi inferior a 20% dos respectivos valores pré rompimento da barragem, que representa a margem de erro considerada para atestar a ocorrência do rejeito com base no IMS.

Resultados de backscatter corroboraram os dados do monitoramento geoquímico, que identificaram um incremento no teor de lama (argila) nos sedimento e indicando o potencial de transporte de sedimento fino (e, consequentemente, de parte do rejeito aportado na área marinha) para região offshore.

No setor APA Costa das Algas, os resultados indicam a ocorrência persistente de sedimentos da fração fina (silte e argila) na porção rasa. Os resultados dos outros subprojetos indicam que há influência notória do rejeito na composição geoquímica destes sedimentos, interpretação que é sustentada pela presença da assinatura geoquímica do rejeito (de acordo com o IMS) nos primeiros 5 cm do testemunho no ponto T01 (em profundidade aproximada de 20 metros).

2.3 Anexo 3 - Análise abiótica e biótica no Ambiente Dulcícola

2.3.1 Escopo, abrangência espacial e metodologia – correspondência ao que foi estabelecido no TR4 e no Plano de Trabalho aprovado

Com relação a análise de Perifiton ela atende parcialmente ao TR4, uma vez que não foram encontradas informações sobre “Substrato utilizado” e “Fixação de amostra”.

A análise de Zooplâncton atende parcialmente ao TR4, pois, em relação à diversidade, foi apresentado somente a diversidade pelo índice de Shannon, e não diversidade alfa e beta como está solicitado no TR4.

No que diz respeito ao monitoramento das Macrófitas, manteve-se dentro do escopo e abrangência propostos, bem como executou a metodologia conforme estabelecida pelo TR4 e Plano de Trabalho para o PMBA 1 (SEI-ICMBio nº 3611283). Dessa forma, considera-se que atingiu os objetivos inicialmente elencados para essa etapa.

Para cada ambiente, o Relatório afirma que utilizou descrições e análises de dados pretéritos pré-rompimento e pós-rompimento da barragem identificados pela RRDM, mas obtidos anteriormente ao PMBA/Fest-RRDM (Pré-PMBA), análise espacial dos resultados entre pontos amostrais impactados e não impactados, correlação direta com a presença dos metais característicos do rejeito, dados disponíveis na literatura científica, valores orientadores da legislação nacional vigente e valores orientadores internacionais.

2.3.2 Impactos ambientais já identificados/caracterizados pelo PMBA, tendência(s) observada(s) na evolução espaço-temporal dos parâmetros e/ou compartimentos monitorados

O Relatório afirma que *“Embora os problemas relacionados com a erosão e risco de perda da biodiversidade aquática sejam comuns aos observados em escala global, a redução da vazão na bacia do Rio Doce é particularmente alta em comparação com outras bacias do Brasil, representando um estressor geral que agrava os efeitos múltiplos da degradação ambiental, a perda de conectividade entre os ambientes e as perspectivas de piora das condições ecossistêmicas no contexto do aquecimento global”* (p. 37).

2.3.3 Indutores, pressões ambientais e ações de resposta existentes na bacia

Com relação aos indutores e pressões ambientais analisados no primeiro ano de monitoramento do PMBA/Fest-RRDM, o relatório evidencia que a agropecuária, a urbanização e a mineração são os mais relevantes na bacia do rio Doce. Interferindo na qualidade e quantidade dos corpos hídricos da bacia, e cita como indutores de pressões ambientais:

- Barragens para fins diversos (consumo de água; lançamento de efluentes e de cargas difusas);
- Supressão vegetal;
- Disposição de resíduos sólidos;
- Aporte de resíduos da mineração; e
- Disposição de rejeitos em barragem.

Salientando que, *“com o rompimento da barragem novas pressões ambientais surgiram estressando ainda mais os ambientes aquáticos”* (p. 51). Essas novas pressões atuam sinergicamente às demais pressões já existentes antes do desastre convergindo *“para alterar o estado de ambientes abióticos e bióticos da bacia, gerando impactos sobre os fluxos de água, nutrientes, sedimentos e metais e, por conseguinte, demandando ações de resposta para mitigá-los, adaptá-los ou preveni-los”* (p. 52).

Na mesma página, no terceiro parágrafo é apontado como foco a caracterização detalhada dos indutores e respectivas pressões ambientais no primeiro ano de monitoramento. Entretanto, o presente relatório se refere ao segundo ano de monitoramento, e deve apresentar a consolidação dos resultados obtidos desde o início do monitoramento, sendo assim, deve-se avaliar conjuntamente as pressões ambientais referentes aos indutores em ambos os anos, assim como discutir as diferenças encontradas.

Com relação ao indutor agropecuária, em termos de uso e cobertura da terra o relatório destaca a área de pastagem, voltada principalmente à criação de bovinos, como sendo a mais relevante, uma vez que ocupa cerca de 63% do território delimitado pela bacia hidrográfica do rio Doce, com destaque para a porção média da bacia. Enquanto a área agrícola predominantemente voltada ao cultivo de café, ocupa o equivalente a 1% da bacia hidrográfica.

O relatório informa que áreas agrícolas ou de pastagem degradadas devido à falta de manejo adequado, são fontes de cargas difusas de sedimentos, nutrientes, matéria orgânica e poluentes orgânicos que afluem aos corpos hídricos e que um estudo conduzido pela Universidade Federal de Viçosa -UFV, Fundação Renova e Universidade Federal de Minas Gerais -UFMG (2018), mostrou que na porção espírito-santense da bacia, a bacia do rio Guandu é a que apresenta maior potencial natural de erosão, com áreas onde os valores superam 3600 t.ha-1.ano-1. A cabeceira da bacia do rio Santa Joana também se enquadra nesse panorama.

Com relação à mineração, o relatório constata que se trata de outro indutor de pressões ambientais na bacia do rio Doce, compreendendo uma das atividades econômicas de maior relevância nesta bacia e *“evidentemente, há*

um passivo ambiental associado à atividade minerária ao longo de todos esses anos, na bacia do Rio Doce” (p. 54). O relatório ainda afirma que atualmente, a atividade minerária ocupa uma área relativa de 2% do território da bacia do rio Doce e apesar do percentual relativamente pequeno, é uma atividade que produz diversas e significativas pressões ambientais, tais como a supressão vegetal, poluição da água e solo especialmente por metais, consumo de água e deposição de rejeitos em barragens.

O relatório informa que no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB, 2020), existem 266 barragens cadastradas na bacia hidrográfica do rio Doce, sendo que seus principais usos são:

36% para contenção de rejeitos de mineração

35% para irrigação

Na página 55 foi observada uma inconsistência. Analisando o trecho *“Das 266 barragens cadastradas na bacia hidrográfica do Rio Doce, 171 (64%) são para fins diversos como irrigação (95 barragens), hidroeletricidade (48 barragens) e abastecimento humano (10 barragens) e as demais são contenções de rejeitos de mineração (95 barragens).”*, verifica-se que a soma das barragens destinadas a irrigação, hidroeletricidade e abastecimento humano, equivalem a um total de 153 e não 171, como informado no texto citado.

O texto (p. 55) traz muitas informações, tentando mostrar os principais usos das barragens na bacia como um todo e depois diferenciá-lo em cada Estado, mas acaba misturando dados absolutos com relativos o que dificulta a leitura e interpretação da informação.

Afirma-se no relatório que, das 171 barragens para fins diversos cadastradas na bacia hidrográfica do rio Doce, 162 apresentavam Classificação de Risco (CR) de rompimento e Potencial de Dano (PD).

Dessas 162 barragens de usos diversos, constatou-se que 22% delas se concentram na faixa de baixo risco e alto potencial de dano. Considerando essa faixa, todas as barragens, exceto a Usina Hidrelétrica de Mascarenhas (Baixo Guandu/ES), encontram-se localizadas no estado de Minas Gerais (incluindo a Usina Hidrelétrica de Aimorés) enquanto *“as barragens classificadas com alto risco e alto potencial de dano, um total de 9%, situam-se na região do Baixo Rio Doce (ES), destinadas à irrigação (10), a regularização (02) e ao abastecimento humano (01).”*

Outra pressão ambiental na bacia refere-se ao consumo de água superficial e subterrânea, muito associada aos indutores agropecuária, urbanização e mineração. O relatório afirma que *“De acordo com SEAMA (2018 a) a vazão de retirada dos corpos hídricos pela agricultura irrigada é de $48,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, valor que corresponde a 95% de toda água demandada no Baixo Rio Doce ($51,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). O abastecimento público para fins de consumo humano é o segundo uso que mais demanda água nessa região, cerca de $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, representando 3% do valor total da demanda.”* (p. 56). E ainda, *“Outros usos como o pecuário, industrial e minerário somam $1,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, correspondendo a 2% do valor total demandado de água na região.”* (p. 56).

Relata-se que no primeiro ano de monitoramento do PMBA/FEST-RRDM verificaram que a precariedade do saneamento básico é uma das principais pressões sobre a disponibilidade hídrica regional, tanto em termos quantitativos, quanto qualitativos.

Salientam também que o *“índice de perdas de água nas redes de distribuição (IN049) mostra que dos municípios que possuem informação, a maioria (29) possui perdas na faixa de 0 a 20%. Seis municípios possuem perdas superiores a 60%. No Baixo Rio Doce, destaca-se de forma negativa o município de Jaguaré”* (p 56).

Quanto ao índice de coleta de esgoto na bacia o relatório informa que, para os 41 municípios que possuem informações, o índice é relativamente alto (83%), entretanto, o índice de tratamento de esgoto (IN046) é inferior de 19%, valor sensivelmente abaixo da média da região Sudeste (50%) e dos estados de Minas Gerais (38%) e Espírito Santo (42%). No Baixo rio Doce, destaca-se positivamente o município de Linhares.

Outra pressão ambiental destacada para a bacia é a supressão vegetal, associada aos indutores agropecuária, urbanização e mineração, uma vez que o bioma no qual a bacia do rio Doce está majoritariamente (98% de sua área) inserida é o da Mata Atlântica.

Segundo dados da Fundação SOS Mata Atlântica e INPE (2018), afirmam que no estado do Espírito Santo, onde está inserida a região do Baixo rio Doce, houve considerável redução da área desmatada ao longo dos anos e que a supressão vegetal acelera processos erosivos, especialmente em áreas com alta suscetibilidade natural à erosão, como é o caso da bacia do rio Doce (pág. 58). Entretanto, deveriam ter sido utilizados dados mais atuais referentes ao Atlas da Mata Atlântica 2019-2020, que podem ser obtidos no site da mesma Fundação. Este documento indica que o desmatamento no estado do Espírito Santo aumentou mais de 400% em relação ao período anterior.

A disposição inadequada de resíduos sólidos é uma pressão ambiental vinculada ao indutor urbanização. A carência de sistemas de coleta apropriados para os resíduos sólidos e a disposição final inadequada potencializam as chances de substâncias nocivas atingirem os corpos hídricos superficiais ou subterrâneos.

Quanto ao aporte de resíduos da mineração e a disposição de rejeitos em barragem, são pressões ambientais vinculadas ao indutor mineração, cujo relatório mostra a existências de cerca de 370 áreas de concessão de lavras ao longo da bacia.

Destaca-se do texto que *“o setor de mineração demanda água para realização de suas atividades e aporta resíduos de seus processos no solo e na água, não facilmente quantificáveis. A implantação e operacionalização das lavras e de seus complexos agregados geralmente requerem supressão vegetal e criação de reservatórios para deposição dos rejeitos oriundos do processo minerário.”* (p. 60). Dessas 95 barragens apenas 59 possuem informações sobre a categoria de risco e o potencial de dano.

Do total de 59 barragens localizadas na porção mineira da bacia, e que possuem informações sobre a categoria de risco e potencial de dano, verifica-se que o maior percentual de barragens (53%) se concentra na faixa de baixo risco e alto potencial de dano. Sendo necessário frisar que *“as barragens que romperam na mina de Germano, em 2015, e de Feijão, em 2019, estavam nessa faixa de classificação. Chama atenção, nesse contexto, o fato de o Brasil ter uma capacidade muito limitada para fiscalização de todas as barragens. Segundo ANA (2018), em 2017 foram fiscalizadas apenas 780 das 18.694 barragens cadastradas no país, o que corresponde a um percentual de 4%. Desde o ano de 2015, o total anual de barragens fiscalizadas estagnou, dando indícios de que a capacidade de fiscalização está limitada, o que pode contribuir para novos desastres”* (p. 60, grifo nosso).

Com relação ao número de empreendimentos cadastrados nos bancos de dados de licenciamento, ao todo foram identificados 1.657 empreendimentos cadastrados em toda a bacia do rio Doce, dos quais 1.457 possuem potencial de interferência sobre a qualidade da água. Acredita-se que o número de empreendimentos possivelmente esteja subestimado no banco de dados de licenciamento na porção mineira da bacia.

Com relação às figuras apresentadas, citamos a seguir apenas alguns dos muitos equívocos encontrados ao longo de todo o relatório.

Na página 52, o texto faz referência ao Material Suplementar A3DIFS1 e cita as Figuras 50, 51, 52 e 53, essas figuras com o intuito de ilustrar o texto deveriam tratar sobre o tema uso

e ocupação do solo, entretanto, as figuras encontradas no Material Suplementar A3DIFS1, foram as seguintes:

- Figura 50: Painel de avaliação de intervenções na bacia do rio Doce sobre o Fluxo de Metais – Outorgas Concedidas;
- Figura 51: Curva-chave de vazão no E21, obtida com dados do PMBA/FEST- RRDM (N=19);
- Figura 52: Curvas-chave de sedimentos para a estação amostral E21, obtida com dados do PMBA/FEST- RRDM (N=19); e
- Figura 53: Box-plots dos fluxos de nutrientes para os períodos chuvoso e seco do Ano 1 e período chuvoso da Transição do ambiente fluvial (EA21).

Outro exemplo: As Figuras 50 e 51, citadas na página 54 do relatório não correspondem às figuras encontradas no Material Suplementar A3DIFS1, como referenciado no texto.

Sendo assim, fica evidente que as Figuras referenciadas não correspondem às Figura citadas no texto, dificultando a leitura e interpretação do material apresentado.

2.3.4 Caracterização das Comunidades Bióticas

2.2.4.1 Fitoplâncton

A análise quantitativa foi utilizada como base para a verificação dos principais parâmetros de diversidade da comunidade e, considerando **os resultados obtidos pela curva de rarefação de espécies, acredita-se que a riqueza da comunidade fitoplanctônica do baixo rio Doce ainda se encontra subestimada**, demonstrando a necessidade de continuação do monitoramento para melhor conhecimento tanto da comunidade quanto das respostas por ela apresentadas.

Segundo consta no relatório, **as maiores contribuições relativas para a riqueza de espécies foram observadas nos ecossistemas lacustres (lagos e lagoas), principalmente nos lagos Nova e Juparanã, correspondendo a aproximadamente 40% dos táxons, e para a lagoa Monsarás com contribuição de aproximadamente 30% da riqueza. Em contrapartida os menores valores foram registrados tanto para o**

rio Doce quanto para o rio Guandu e as demais lagoas estudadas, sendo que destas, apenas na Foz do rio, foi registrada contribuição superior a 20%.

A **variabilidade** de curto prazo representou um papel importante na dinâmica da comunidade fitoplanctônica do baixo rio Doce e neste sentido **os quatro ambientes estudados apresentaram elevado padrão de substituição de espécies, ou seja, a comunidade fitoplanctônica não se mantém estável ao longo do tempo e do espaço. Sendo o padrão de diferenciação espacial mais pronunciado que o temporal para todos os ambientes estudados.** E pelos dados obtidos infere-se que os lagos possam ser importantes fontes de dispersão de espécies após eventos de cheia nestes ecossistemas.

Foi possível verificar um padrão sazonal de aumento na densidade de indivíduos nos períodos C2 (período chuvoso – outubro de 2019 a março de 2020) para o rio Doce.

Com relação a densidade fitoplanctônica ressalta-se que cianobactérias chegaram a representar 100% da densidade total registrada, no rio Guandu, média de 85% no rio Doce e 99% da densidade total na sua foz, 76% nos lagos e 84% nas lagoas. Sendo assim, fica notório o problema das cianobactérias ao longo da bacia. Sabe-se que este grupo de organismos possui distribuição cosmopolita, por vezes ocorrem em densidades elevadas, e são sensíveis às mudanças abruptas das condições ambientais.

O relatório cita que **a densidade de cianobactérias apresenta elevação significativa nos períodos chuvosos, extrapolando o limite máximo preconizado pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 (50.000 cel/mL), para o rio Guandu e principalmente para os lagos e lagoas. Com destaque para os lagos do Limão, Nova e Juparanã.**

Com relação a concentração de Clorofila a, não foram registrados valores acima do limite máximo determinado pela resolução CONAMA 357/2005 para corpos hídricos de classe 2 (30µg/mL). Entretanto, observa-se um aumento de biomassa nos períodos chuvosos que segundo o relatório, “*podem ser associados a maiores entradas de nutrientes alóctones que favorecem o crescimento do fitoplâncton*” (p.82), com destaque para o fósforo, via pluviosidade e via deposição atmosférica.

Ainda na **página 82, embasado por literatura pertinente de diversos autores, afirmam que “a presença de cianobactérias merece uma atenção especial, devido ao seu potencial de produção de toxinas, capazes de representar risco direto à saúde humana, pelo consumo de água contaminada e/ou risco de forma indireta, devido ao acúmulo de toxinas em tecidos de consumidores primários ou secundários (zooplâncton, peixes e/ou moluscos).”** E ressaltam que esse **potencial tóxico pode ser influenciado positivamente em populações algais submetidas a condições de estresse e/ou submetidas a condições adversas, como incremento de diversos metais, podendo ocasionar alterações fisiológicas capazes de induzir florações e produção de toxinas nestes organismos.**

É importante ressaltar também a ocorrência de táxons com comprovação de grande potencial de produção de toxinas para outros ecossistemas brasileiros tais como: *Synechocystis aquatilis*, *Synechococcus nidulans*, *Pseudanabaena limnetica* e *Raphidiopsis raciborskii* (antiga *Cylindrospermopsis raciborskii*), entre outros.

Este fato, torna indispensável o monitoramento contínuo, principalmente, como destacado, “*em regiões de uso intenso do corpo hídrico, seja para abastecimento doméstico (calha principal do rio), uso recreativo, como é o caso do lago Nova e Juparanã, e/ou pesca intensiva, como nas estações E21 e E26 da calha principal do Rio Doce e nas lagoas Areal e Monsarás, além de piscicultura intensiva como nos lagos Limão e Juparanã*”.

2.3.4.2 Perifiton

O relatório mostra que o rio Doce, rio Guandu, lagos e lagoas compartilham 42 táxons e que as lagoas possuem o maior número de táxons exclusivos (73), seguidas pelo rio Doce (68), rio Guandu (59) e lagos (13). Este fato, segundo o relatório, evidencia o quanto a conectividade entre ambientes aquáticos em uma bacia hidrográfica é um importante para a dinâmica das comunidades, considerando os processos de dispersão e colonização de habitat que sofreram perturbações.

Acredita-se que menores valores de diversidade possam estar relacionados a ambientes aquáticos impactados. Apesar de não existir valores de referência para definir quais seriam esses ambientes, **quando comparados os ambientes estudados, rios e as lagoas parecem ser os ambientes mais impactados da bacia. Com destaque para o lago Juparanã que apresentou os menores valores de diversidade, indicando este ser o mais impactado, enquanto o lago Limão apresentou maior diversidade dentre os três lagos estudados.**

A análise de peso seco perifítico sugere a existência de relevante entrada de material inorgânico alóctone tanto no rio Doce quanto no rio Guandu, que pode conter elementos prejudiciais à biodiversidade aquática. Esta tendência, apesar de menos evidente, parece ocorrer para lagos (destaca-se os lagos Juparanã e Limão) e para as lagoas.

Com relação aos lagos Juparanã, Limão e Nova o relatório mostra que existe uma evidente distinção entre as comunidades periféricas. As estações do lago Juparanã estão relacionadas com maiores densidades das espécies: *Gomphonema naviculoides* e *Achnanthydium minutissimum*, indicando que este lago possa ter maior grau de impacto por poluição orgânica dentre os três analisados. Além disso, destaca-se que *Achnanthydium minutissimum* é descrita, por vários autores, como espécie tolerante a presença de metais pesados na água, embora deva ser levado em consideração o fato de ser uma espécie cosmopolita e ruderal.

Para as lagoas, ficou evidenciado que durante o período chuvoso, ocorre uma diminuição na qualidade de suas águas, relacionadas ao aumento de nutrientes e, possivelmente, ao aumento de metais na água.

2.3.4.3 Macrófitas

Segundo o relatório, os menores valores de abundância (espacial e temporal) no rio Doce, em especial os relacionados com evento de cheia (e maior fluxo hídrico e turbidez da água), fornecem indicativos de alterações na qualidade do ambiente.

O relatório menciona que os ambientes pouco impactados podem servir como repositórios naturais de espécies ambientalmente exigentes cuja população está em declínio ou que tenha desaparecido em locais diretamente afetados pelo rejeito, entretanto, seria importante ressaltar a presença de espécie endêmicas nas áreas afetadas, considerando sua possível extinção local, e, caso ocorram, sugerir propostas de conservação, e que não envolvam a introdução de espécies de macrófitas em ambientes nos quais originalmente não ocorriam.

Quanto aos impactos, observa-se que o turnover do rio Doce, especialmente com relação aos lagos e lagoas, parece preocupante.

Se entendermos o rio Doce como o elemento que interconecta os outros ambientes do sistema da sua bacia hidrográfica, e que a exclusividade das espécies nele presente se faz pela presença apenas de espécies resistentes aos impactos do rejeito ainda presente, pode-se inferir que provavelmente a recolonização de outros ambientes impactados através de transporte de espécies vindas de ambientes saudáveis, como o rio Gandu, está prejudicada ou mesmo sendo impedida, já que as mesmas devem passar e sobreviver através deste ambiente altamente impactado para conseguir alcançar e recolonizar os lagos e lagoas, mesmo que o ciclo hidrológico da bacia não apresente alterações.

Essa dificuldade é provavelmente maior no período chuvoso, considerando os índices baixos de riqueza/diversidade aqui apresentados durante o período, o que provavelmente é potencializado pelo fato de que é no período chuvoso que o leito do rio, e conseqüentemente seus contaminantes ali depositados, são ressuspensos. **Ou seja, o alto índice de turnover nos ambientes analisados pode ser um indicativo de que o rio Doce não está cumprindo a função ecológica de interconexão dos ambientes de sua bacia hidrográfica, devido aos impactos estudados.**

Segundo o documento, espécies conhecidas como oportunistas e de rápido crescimento em áreas eutrofizadas, vem demonstrando aumento crescente em biomassa ao longo do tempo, sendo esse fenômeno observado para *Eichhornia azurea* no rio Doce e Lagos, e *Salvinia auriculata* nas Lagoas, o que demanda especial atenção para o acompanhamento e possível intervenção.

Considerando que as espécies representantes do gênero *Eichhornia* constituem um grupo de espécies invasoras, altamente resistentes a ambientes impactados e eutrofizados, o aumento significativo da abundância de seus representantes, em especial no rio Doce e lagos, demonstra que esses ambientes ainda se encontram altamente impactados, sem tendência de melhora, no que diz respeito aos parâmetros ecológicos encontrados para as macrófitas.

Neste sentido, a ausência de dados pretéritos dificulta a definição de linhas de base de parâmetros de biodiversidade e ecológico, a fim de se estabelecer metas de conservação. No caso, os dados obtidos pelo RRDM de fato contribuem para a inferência do estado anterior do ambiente, considerando que deva ter sido executado o levantamento prévio de dados e artigos. Sendo assim, sugere-se o estabelecimento concreto e objetivo de valores que representem a linha de base ou a meta a ser alcançadas em períodos definidos baseadas nos melhores dados disponíveis ou inferências razoáveis considerando a situação ambiental mais saudável conhecida para os ambientes e parâmetros bio-ecológicos monitorados.

O documento sugere o monitoramento da produtividade da biomassa de espécies chave como metodologia de monitoramento ambiental. Considera-se essa metodologia de suma importância, contanto que seja sem detrimento ao monitoramento de outros parâmetros para macrófita, considerando aspectos de relevância, como por exemplo a distribuição de táxons chave, ou espécie endêmicas.

Entendemos que há risco considerável de perda de qualidade do monitoramento caso este limite-se apenas às espécies indicadoras, ou seja, espécies oportunistas, sendo que estas são exatamente as mais resistentes

aos impactos e alterações ambientais.

O monitoramento de espécies oportunistas e/ou bioacumuladoras se faz de fato essencial, entretanto não se pode abrir mão de acompanhar espécies notadamente sensíveis, endemismos locais, ao menos dentro das áreas impactadas.

2.3.4.4 Zooplâncton

Foram identificadas ao longo de todo o período amostral 115 espécies zooplanctônicas. Desse total, 73 espécies tiveram ocorrência em todas as estações de coleta evidenciando homogeneização das populações zooplanctônicas.

O relatório afirma “*que os sistemas lacustres rasos (lagoas) podem ser considerados habitats de grande relevância para a diversificação da comunidade zooplanctônica do Baixo Rio Doce, e esforços devem ser envidados para assegurar sua conservação*” (p. 120).

O relatório reporta a ocorrência do microcrustáceo invasor, de origem afro-asiática, identificado como *Mesocyclops ogunnus*, com registros associados a ambientes eutróficos. Também destacam a ocorrência dos microcrustáceos *Bosminopsis deitersi* e *Thermocyclops minutus*, por se tratar de espécies frequentemente associadas a ambientes aquáticos impactados por rejeitos de mineração e drásticas alterações na cadeia trófica. Destacando-se assim como potenciais bioindicadores do atual panorama ambiental dos ecossistemas do baixo rio Doce, representativo dos impactos múltiplos associados (eutrofização, alteração drástica da qualidade da água, presença de metais e outros contaminantes, além de outros impactos).

2.4 Anexo 4 - Praias

O Anexo 4 do Relatório Anual do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I (RA2020/RT36C) apresenta os resultados do monitoramento de possíveis impactos do aporte de rejeitos sobre a fauna bentônica e o ambiente praias da região marinha e costeira adjacentes à foz do rio Doce, decorrentes da chegada dos rejeitos de mineração provenientes do rompimento das barragens da Samarco em Mariana/MG.

As atividades foram planejadas com o objetivo de responder às seguintes questões norteadoras, reelaboradas durante o processo de revisão do Termo de Referência:

- (a) qual o alcance espacial dos impactos decorrentes do rompimento da barragem de rejeitos ao longo da costa?
- (b) quais os processos morfodinâmicos envolvidos na distribuição dos contaminantes?
- (c) qual a possibilidade de os contaminantes atingirem a parte superior da praia, e as condições de energia de ondas necessárias para tal?
- (d) quais as características da fauna bentônica nas praias da região e quais as anomalias encontradas nas áreas atingidas que possam ser associadas ao rompimento da barragem (composição, espécies/grupos indicadores, sazonalidade, distribuição horizontal, vertical e tipologia de praia, além dos parâmetros ecológicos adotados: riqueza, densidade e equitabilidade)? e
- (e) qual a capacidade do sistema praias para neutralizar a ação dos contaminantes ao longo do tempo nos sedimentos e fauna bentônica?

Para a avaliação dos potenciais impactos, os indicadores foram estabelecidos a partir de 3 diferentes temas: a) morfodinâmica e sedimentologia das praias; b) geoquímica dos sedimentos; e c) os padrões ecológicos da fauna bentônica;

2.4.1 Aderência ao Termo de Referência 4 – TR4

O relatório analisado atende ao estabelecido no TR4 revisado e no Plano de Trabalho aprovado pela CTBIO para o Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental 1 (SEI/ICMBio nº 3611283).

A Nota Técnica nº15/2020 solicitou a apresentação, no Relatório Anual seguinte (o atual Relatório RA2020/RT36C, aqui analisado) algumas informações, que foram atendidas, através do material suplementar MS A4PS11.

2.4.2 Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados.

A caracterização dos três compartimentos praias determinados (A, B e C) permitiu uma melhor compreensão dos processos relacionados aos impactos dos rejeitos nos diferentes ambientes praias. O carreamento de sedimentos pelas correntes de deriva costeira, de Sul para Norte ajuda a explicar as diferenças verificadas nos impactos dos rejeitos, causadas por diferenças na deposição e transporte dos sedimentos lamosos, através de indicadores como a presença de metais e características da fauna.

Os resultados corroboram os verificados no relatório anterior, e podem ser assim sumarizados:

a) O aporte de sedimentos ocorre inicialmente com sua deposição ao sul da área estudada, entre as isóbatas 5 e 10m;

As isóbatas de 5 e 10 metros do Compartimentos C e, nas localidades de Regência e Regência Farol, do Compartimento B apresentam depósitos de sedimentos finos com as maiores concentrações de elementos químicos, destacando o Al, As, Ba, Fe, Mn, Ni e Pb, sendo alguns destes com fonte relacionada ao rejeito de mineração proveniente do rompimento da barragem.

As praias pertencentes a este Compartimento apresentam areias grossas, grande capacidade de percolação e exfiltração na face da praia, características responsáveis pelos baixos teores de elementos químicos na praia emersa.

No litoral sul, Compartimento A, há a probabilidade de o material resultante do rompimento da barragem alcançar as praias, por transporte em suspensão e sob condições de ondas de nordeste. Contudo, fontes locais, associadas aos terraços de abrasão da Formação Barreiras e aporte fluvial do rio Piraquê-Açu, se relevam também potenciais para os elementos químicos verificados.

b) As correntes costeiras dispersam os sedimentos acumulados para o Norte;

c) Os sedimentos apresentam concentrações de metais mais altas do que os índices anteriores à chegada do rejeito;

d) Estas concentrações variam ao longo da costa (nem todos os metais tem concentrações similares nos diferentes pontos amostrados);

e) Após chuvas (com o aumento da vazão do rio Doce) e eventos meteorológicos como tempestades e frentes frias, há ressuspensão e remobilização dos sedimentos depositados no leito marinho costeiro, e seu transporte para o Norte e para as praias emersas;

f) A deposição de sedimentos lamosos pode ocasionar o amortecimento de ondas, com consequentes alterações na distribuição dos sedimentos ao longo da costa.

g) As diferenças sedimentológicas entre as praias em pontos distintos da área ocasiona respostas diferentes à deposição de sedimentos; as praias do litoral sul, imediatamente à foz do rio Doce, apresentam uma maior resiliência;

h) A composição da meiofauna e macrofauna apresentou alterações inesperadas, considerando as características dos sedimentos das diferentes praias. No compartimento A, comunidade bentônica é afetada principalmente pela presença dos elementos químicos; no compartimento B, areias grossas, com altas velocidades de percolação e exfiltração na face da praia, são responsáveis pelos baixos teores de elementos químicos na praia emersa e consequente menores evidências de impactos sobre a comunidade bentônica; no compartimento C, cuja morfodinâmica facilita a maior retenção da carga do rio trazido pela deriva litorânea, ocorreram alterações na densidade das espécies/grupos chaves e de todos os componentes bentônicos (macro, meio e nematofauna).

2.4.3 Conclusões

O Relatório Anual RA2020/RT36C apresenta evidências importantes dos impactos dos rejeitos provenientes do rompimento da barragem de Fundão sobre as praias da região da foz do rio Doce e adjacências; as correntes de deriva litorânea atuam na dispersão dos sedimentos de Sul para Norte, e as diferenças entre os compartimentos praias estudados ocasionam respostas diferentes aos impactos. Os indicadores avaliados demonstram impactos sobre a fauna praial e na dinâmica de ondas, com potencial para alterações significativas nos perfis das praias, principalmente as situadas próximo à desembocadura do Doce.

Considerando a ressuspensão verificada durante eventos meteorológicos, e à continuidade da chegada de sedimentos durante as cheias sazonais do Doce, a continuidade do monitoramento é essencial para a compreensão da magnitude dos impactos.

2.5 Anexo 5 - Manguezal

2.5.1 Aderência ao Termo de Referência 4 – TR4

As análises apresentadas no item 1.3 Manguezal do Relatório Ambiente Costeiro englobam o período de outubro de 2018 a fevereiro de 2020, sendo até março de 2020 para a fauna do manguezal. Deveriam ter sido apresentados resultados do período de outubro de 2019 a setembro de 2020. No entanto, não foram apresentadas análises para dados coletados em campo após março de 2020, provavelmente devido à pandemia de Covid-19. **Portanto, na análise de aderência ao TR4, a ausência de coletas após março de 2020 não foi considerada como descumprimento ao referido Termo de Referência.**

Caracterização dos Rios São Mateus, Mariricu e Piraquê. Cumprido. Foi realizada com amostragens mensais de fluxo d'água, temperatura e salinidade.

Caracterização mineralógica dos sedimentos. Parcialmente cumprido. Foram coletadas amostras de sedimentos para análises de granulometria (areia, silte e argila), matéria orgânica (MO), carbonato de cálcio (CaCO₃) e metais (Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, V e Zn) em pontos distribuídos nos estuários dos rios Piraquê-Açu, Piraquê-Mirim, Costa das Algas, Barra do Riacho, Rio Doce, Urussuquara, Barra Nova, São Mateus e Caravelas. Os pontos amostrados em cada localidade não foram apresentados no relatório analisado, apenas no anterior. Não foram apresentados resultados e análises de hidrocarbonetos, pesticidas clorados, isótopos ²¹⁰Pb/¹³⁷Cs e C, H, N, O e S elementares.

2.5.1.2 Vegetação

Meta 1: Impactos na flora do Rio Doce. Parcialmente cumprido. Apesar de o material suplementar A5MS2 indicar metodologia para Mapeamento da Flora e localização das parcelas, não foram identificadas no relatório análises para o tópico 1.1 “*Definição da atual estrutura e descrição das espécies halófitas facultativas. Acompanhamento do desenvolvimento em biomassa das espécies arbustivas e arbóreas*”. As informações apresentadas para o tópico 1.2 “*Determinação da produção primária por meio de técnica de assimilação de carbono. Estimativa dos dados de fotossíntese, da concentração dos pigmentos fotossintéticos, da respiração e de uso efetivo da água*” estão de acordo com o previsto no TR4.

Meta 2- Estrutura e Funcionamento dos Manguezais de São Mateus, Mariricu (Barra Nova e Nativo), Barra Seca (Urussuquara), Aracruz (Barra do Riacho, Santa Cruz e Piraquê-Açu, Mirim) e Caravelas. Parcialmente cumprido. Apesar de o material suplementar A5MS2 indicar metodologia para Mapeamento da Flora e localização das parcelas, não foram identificadas análises para o tópico 1 “*Estrutura da Floresta nas porções baixo, médio e alto estuário com estabelecimento de parcelas fixas nos bosques de franja e bacia*”. Não foi encontrada no relatório a análise “*Correlação entre a distribuição espacial da estrutura espaço-temporal da produção primária e dos metais com os dados de dinâmica nos estuários*”, prevista no TR4. Sobre esse tema, há algumas afirmações pontuais que procuram relacionar o regime de marés e a dinâmica dos estuários com padrões de contaminação observados, sem configurar uma análise estruturada de correlação. **Assim, pode-se considerar esse ponto da análise como parcialmente cumprido.**

2.5.1.3 Diagnóstico Sobre A Fauna Do Manguezal, Compartimento Caranguejos.

- ***Ucides cordatus* - Caranguejo-uçá. Parcialmente cumprido.** Foram apresentadas análises espaço-temporal de densidade e estrutura populacional da espécie, mas não foi apresentado mapeamento dos habitats, conforme disposto no TR4 e Plano de Trabalho; o relatório 1 apresentou apenas mapeamento da densidade. Além disso, no ano 1 do monitoramento, o parâmetro razão sexual foi avaliado em todos os estuários exceto em Caravelas, e foi indicado que esse parâmetro seria avaliado no ano posterior. No entanto, no período subsequente, não foi iniciada a referida análise. Sobre fecundidade, durante o primeiro ano de monitoramento do PMBA, a largura do cefalotórax, peso do indivíduo, peso da massa ovígera e fecundidade estimada das fêmeas ovígeras foram avaliadas no estuário do rio Piraquê-Açu, Piraquê-Mirim, Urussuquara e São Mateus; e em 2020, somente no Piraquê-Açu, Piraquê-Mirim e Caravelas com a justificativa de dificuldade na realização das coletas.

- ***Cardisoma guanhumi* - Guaiamum. Parcialmente cumprido.** Não foi apresentado o mapeamento dos habitats, tópico 2, da meta 3 (Diagnóstico sobre a fauna de manguezal) do TR 4. No Relatório 1 consta o mapeamento da densidade populacional.

O parâmetro razão sexual foi realizado em todos os estuários, incluindo Caravelas. O parâmetro fecundidade, no ano 1, foi avaliado somente na foz do Rio Doce, pois levou em consideração o fato da espécie estar inserida na lista de espécies de fauna ameaçadas do Espírito Santo, na categoria vulnerável. Além disso, não há comparação estatística das densidades nas áreas mais contaminadas em comparação com a média dos estuários, apenas gráficos mostrando os valores.

- **Braquiúros** - a abundância e riqueza de espécies de decápodes foram avaliadas no manguezal da APA Costa das Algas.

2.5.2 Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados.

2.5.2.1 Sedimentos

As áreas monitoradas durante dois anos apresentaram concentrações elevadas de Fe, Mn, Cr e Pb nas diferentes parcelas em todos os estuários, indicando potencial contaminação na biota de filtradores ainda que não interfiram na riqueza das espécies que estão mais condicionadas na sua distribuição em relação a carga de sedimentos em suspensão, salinidade e período de submersão/emersão.

Nos estuários dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim foram registrados valores acima do limite superior pretérito apenas para o elemento Fe 2.8no período chuvoso de 2019, provavelmente havendo aporte adicional de ferro no ambiente em resposta ao impacto da pluma de rejeitos do rompimento da barragem de Fundão. No período chuvoso de 2020, os teores de Fe foram abaixo dos dados pretéritos, demonstrando tendência de declínio deste elemento nos sedimentos neste estuário.

O estuário de Caravelas apresentou maior frequência de valores que extrapolaram os limites tidos como valores de referência de potencialidade tóxica dos metais, principalmente para Fe no período chuvoso de 2018-2019 e para o Cr em todos os períodos monitorados. No entanto, o relatório não traz discussão se há correlação com o rompimento da barragem.

No estuário de Barra Nova somente os teores de Fe no ponto 1 e na região da franja para o período chuvoso 2018-2019 e ponto 1 (P1) e margem direita do período chuvoso de 2020 ultrapassaram o limite considerado.

Demonstrou-se que os manguezais da Costa das Algas, de Barra do Riacho, Urussuquara, Barra Nova e São Mateus foram impactados pelos rejeitos provenientes do rompimento da Barragem de Fundão. Já os estuários dos rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim possuem excesso de Fe em decorrência da matriz geológica local, mas tiveram a concentração aumentada em eventos periódicos que causam remobilização de sedimentos contaminados na plataforma interna na APA Costa das Algas. O estuário do rio Caravelas apresenta flutuações na concentração de Fe, e outra fonte de impacto (água de lastro), dificultando a afirmação de contaminação causada pelos rejeitos do rompimento da Barragem de Fundão. Entretanto, foi demonstrada a presença de rejeito da barragem de Fundão nos estudos de sedimentação em Abrolhos (anexo 8). Considerando a conectividade deste estuário com os recifes de corais em Abrolhos, o relatório recomenda a continuidade do monitoramento.

2.5.2.2 Vegetação

De modo geral, **nos estuários analisados os dados de produtividade das florestas identificam estresse causado pelos metais provenientes dos rejeitos da mineração, com comprometimento mais elevado nos estuários do rio São Mateus, Caravelas e no sistema Piraquê-Açu e Mirim, e de maneira mais localizada nos estuários Barra do Riacho, Urussuquara e Barra Nova e nos manguezais dos lateritos na Apa Costa das Algas.** (p. 323)

Há concentração de metais nos tecidos foliares das plantas de mangue e estas estão correlacionadas com as concentrações de metais nos sedimentos. Estas concentrações de metais nas plantas diferiram entre as espécies, por tipo de metal e de acordo com a localização das florestas nos estuários, e estão interferindo na produção primária líquida destas plantas (Ferro e Manganês, especialmente, interferem no ganho de carbono e na atividade fotoquímica; foi observado também ocorrência de estresse oxidativo), havendo indícios fortes de ocorrência de biomagnificação na cadeia alimentar, com consequências em curto e longo prazo para espécies e ecossistemas.

Há maiores concentrações de Ferro, Cobre e Chumbo nas folhas em florestas mais próximas às fozes, indicando potencial de exportação de material contaminado para a zona costeira. Entre os metais analisados, o Chumbo e o Cobre são elementos preocupantes em todos os estuários e de forma mais acentuada nos rios Doce, Piraquê-Mirim, São Mateus e em Caravelas.

Talipariti pernambucense, planta halófito facultativa, apresenta elevada contaminação por Ferro, Manganês, Chumbo e Cobre nas amostras coletadas no Rio Doce. Para *Rhizophora mangle*, a espécie de mangue mais suscetível à contaminação, foram observados valores de contaminação por Ferro acima dos valores normais descritos para a espécie, com a maior concentração obtida em Costa das Algas, seguida de Barra Nova, São Mateus e Piraquê-Açu, e a menor concentração registrada no Piraquê-Mirim. Nesta mesma espécie, foram observados elevados valores de Chumbo nas folhas nos estuários ao sul do Rio Doce.

Cobre e Zinco foram os metais que apresentaram maior bioacumulação nas folhas em relação às concentrações observadas nos sedimentos, especialmente em *Avicennia schaueriana*, indicando maior biodisponibilidade para

absorção pelas plantas. Para a espécie *Laguncularia racemosa*, foi observado aumento na concentração de Chumbo para todos os estuários onde esteve presente (Piraquê-Mirim, Urussuquara, Barra Nova e Caravelas), exceto São Mateus; a espécie apresentou também concentrações de Cobre acima dos limites reportados na literatura.

De maneira geral, as análises dos dados funcionais da fotossíntese revelaram reduções significativas ($p < 0,05$) na taxa de assimilação de carbono (A) em todos os estuários (exceto para Urussuquara, onde não houve variação de A com a sazonalidade). Além da variação sazonal, notou-se redução de A ao longo do monitoramento, ou seja, a queda na assimilação de carbono no período seco é mantida no período chuvoso seguinte, indicando possível efeito do aumento dos sensores ambientais.

Com relação a possíveis tendências, a Nota Técnica nº 15/2020/CTBio/DIBIO/GABIN não trouxe informações sobre efeitos na vegetação, mas apenas nos caranguejos. Desta forma, consideramos que o atual relatório, com os impactos apresentados quanto à contaminação da vegetação e impactos decorrentes nas espécies e processos ecossistêmicos, passa a ser uma referência para futuras análises de tendências.

No relatório há uma conclusão quanto à suscetibilidade das espécies vegetais, destacando que no período 2019-2020 ela permaneceu a mesma em relação ao que foi observado em 2018-2019: *R. mangle* > *L. racemosa* > *A. schaueriana*. **Considerando que a bioacumulação segue o caminho principal do sedimento para as plantas e destas para a fauna, a conclusão de que “há fortes indícios de que bioacumulação de metais nos tecidos vegetais vão causar biomagnificação na cadeia alimentar” (p. 324), pode ser apontada como uma tendência de expansão dos impactos nos ecossistemas monitorados.**

Este cenário de provável piora da qualidade ambiental dos ecossistemas costeiros é reforçado pela conclusão de que “a diminuição da integridade biológica e qualidade ambiental do ecossistema manguezal vai comprometer a conectividade deste ecossistema com a restinga, lateritos, fundos recifais, banco de macroalgas, Cadeia Vitória/Trindade e Banco de Abrolhos” (p. 325).

2.5.3 Diagnóstico Sobre a Fauna Do Manguezal, Compartimento Caranguejos.

- ***Ucides cordatus* - Caranguejo-uçá. O relatório apresenta impactos na densidade e estrutura populacional de *U. cordatus*, e indica que, por meio da avaliação desses parâmetros, há fortes indícios de que ocorreu modificação na taxa de mortalidade natural das larvas dessa espécie, afetando quase todos os estuários, além de contaminação crônica em alguns estuários, a exemplo do Piraquê-Açú, que apresentou algumas estações amostrais com densidade de indivíduos similar entre os dois períodos, sendo que a literatura científica descreve que é esperado aumento da densidade após o período reprodutivo.**
- Na análise em escala regional, é indicado ainda densidade similar nos bosques dominados por *L. racemosa* e *R. mangle*, em todos os estuários, diferente do resultado esperado para a espécie; o esperado é maior densidade associada às áreas de *L. racemosa*. De acordo com o relatório, o aumento em densidade observado pode indicar problemas no estoque populacional de adultos, estando o rio Piraquê-Mirim mais comprometido entre os estuários avaliados, apresentando tendência de elevação na densidade ao longo do monitoramento. Sobre o tamanho dos indivíduos dessa espécie, os autores do relatório indicam preocupação para os estuários dos rios Piraquê-Açu e São Mateus, onde a época chuvosa do período de transição apresentou comportamento intermediário aos dois períodos anteriores estudados; os autores apontam que a literatura científica indica que alterações no tamanho médio da população são reflexos das diferenças entre as taxas de nascimento e mortalidade, onde o declínio no tamanho médio e na densidade de adultos reprodutivos é um diagnóstico negativo a espécie.
- **Além disso, no Piraquê-Açu, a população adulta ($LC \geq 45$ mm) foi maior e dominante nas zonas de *L. racemosa*, sendo que o esperado são indivíduos maiores nas áreas dominadas por *R. mangle*; os autores destacam que as áreas de *R. mangle* desse estuário apresentaram as maiores concentrações em Fe para o período chuvoso e seco no primeiro ano, sugerindo, conforme literatura especializada, interferências dos metais no desenvolvimento metabólico da espécie com consequências sobre o incremento em tamanho. A média do tamanho da carapaça nesse estuário e no Piraquê-mirim também foi inferior a média registrada em estudos pretéritos.**
- O relatório aponta ainda processo de recrutamento recente da espécie na foz do rio Doce, apesar da ausência de manguezais nessa região; os autores indicam que as modificações no perfil praiado na região contribuíram para o ingresso das larvas no sistema interno do Rio Doce associadas aos períodos de menor vazão fluvial e ao assoreamento antigo sofrido pelo rio, que contribuem para aumento da salinidade local.
- Sobre a análise de fecundidade, merece destaque os resultados apresentados no relatório para o estuário do rio São Mateus que apresentou queda na fecundidade média para a espécie, comparando a resultados de

estudos realizados em 2015 e 2016.

- Os autores destacam ainda os resultados obtidos para Urussuquara, no qual ocorreu a captura das menores fêmeas ovígeras, destacando que a literatura científica indica que declínios no tamanho reprodutivo é um ajuste da população para diminuir a taxa de mortalidade, principalmente quando ela é mais acentuada sobre os adultos reprodutivos.
- **Por último, destacamos que os autores apontam que há fortes indícios de que bioacumulação de metais nos tecidos vegetais vão causar biomagnificação na cadeia alimentar, e indicam dados sobre contaminação por metais na espécie citando informações relativas à ecotoxicologia de *U. cordatus* e reportados no Anexo 1 do PMBA.**
- ***C. guanhumii* - Guaiamum.** Os resultados apresentados indicam que: para competição foi informado que havendo persistência nas modificações de inundação do Rio Doce, uma das consequências para *C. guanhumii* é ter seu território deslocado para a porção superior da zona supratidal, entretanto, o domínio de adultos desta espécie sobre os indivíduos juvenis de *U. cordatus* pode amenizar a competição interespecífica. Esta suposição é sustentada também nas avaliações de que a espécie *C. guanhumii* pode ocupar diferentes zonas na faixa intertidal e na supratidal inferior, desde que mantenha contato fácil com a água (GIFFORD, 1962).
- Os resultados de razão sexual apresentados para a espécie, não indicaram quais os potenciais impactos diretos dos rejeitos sobre esta variável. Além disso, a espécie apresentou acúmulo de metais em todos os estuários ao longo do monitoramento (2018-2020); foi indicada a necessidade de monitoramento, principalmente no que se refere aos processos de competição intraespecífica em relação a *C. guanhumii*.
- O aumento da diversidade de decápoda no Rio Doce amplifica o risco de extinção da espécie *Cardisoma guanhumii*, apesar de não haver indícios até o momento que a diversidade tenha causado consequências negativas sobre a espécie.
- **Há forte indício que ocorreu modificação na taxa de mortalidade natural das larvas de *C. guanhumii*, afetando a estrutura populacional em alguns estuários, principalmente o rio Urussuquara.**
- **Foi identificada a redução do recrutamento de da espécie nos estuários ao longo do monitoramento e bioacumulação de Fe, Mn e outros metais na espécie *C. guanhumii* em todos os estuários com base nos dados do Anexo 1 Ecotoxicologia.**
- **Braquiúros** - A abundância de braquiúros foi relativamente maior no primeiro ano do PMBA (133 indivíduos), mas o período de transição apresentou maior riqueza, com 10 espécies. A presença e sobretudo dominância de *L. thayeri* pode ser um indicativo de estresse ambiental.
- A diversidade de espécies de braquiúros na Costa das Algas está relacionada com sua diversidade de habitats, onde o ecossistema manguezal oferece uma complexidade estrutural.
- Há indícios de ocorrência de estresse sobre as espécies de mangue em decorrência da contaminação por metais, com impactos sobre a produtividade primária, e de que a bioacumulação de metais nos tecidos vegetais causará biomagnificação na cadeia alimentar.

É clara a associação dos pulsos de contaminação, mesmo com análises ocorrendo quatro anos após o evento, sendo registrada em diferentes pontos e estuários no norte do Espírito Santo e extremo sul da Bahia.

É fundamental a continuidade dos monitoramentos propostos pelo TR 4, bem como a apresentação de sugestões de estratégias para restauração do ambiente ou mitigação do dano, tendo o monitoramento como base para avaliação da eficácia dessas medidas.

Outros resultados foram: **o impacto no Rio Doce aumentou a diversidade de decápodos nas áreas intertidais deste sistema; a contaminação dos decápodos ocorre pela alimentação e por trocas hídricas em nível de brânquias e a fauna de decápodos de interesse comercial já está sob intensa pressão de captura comprometendo a integridade biológica das espécies.**

Sobre a contaminação dos decápodos no Rio Doce, em função da persistência dos metais provenientes dos rejeitos da Barragem de Fundão nas margens, represas e leito do rio, estes organismos estão sob efeito crônico.

2.6.4 Conclusão

Em resumo, os autores afirmam que os resultados obtidos, em associação com os demais resultados de hidroquímica costeira, geomorfologia dos estuários e dinâmica oceanográfica, indicam contaminação dos estuários pelos rejeitos da barragem de Fundão e que este material persiste e continuará influenciando os manguezais por longo tempo.

2.6 Anexo 5 - Restinga

1. Foi informado na pág 148 que *“Espacialmente se observa um maior número de elementos em elevadas concentrações na região próxima à desembocadura do Rio Doce, compartimento B. Nesse compartimento encontram-se as estações entre Cacimbas e REBIO Comboios (E6, E7 e E8), nas quais mais de 50% dos elementos se encontram acima dos valores de referência”*.
2. O relatório mostra os resultados da análise do Fator de Bioacumulação para Cu, Mn, Fe e Zn. (pág 166).
3. Os resultados obtidos indicam que em várias estações amostrais ocorreram elevadas concentrações de As, Co, Cu, Mn, Cd, Ni, Pb e Zn (material suplementar A5RS2, Figura 5). O destaque é dado para altas concentrações de Mn em todas as estações e períodos avaliados, confirmando o observado em outros anexos (SER PMBA/FEST RRDM RT 35, apêndice Costeira pg 44 e 111) em relação a concentração do elemento.
4. Como já relatado através da NT 15 a germinação de sementes alcançou baixa porcentagem (cerca de 3,6%) sendo esse resultado comparado somente com avaliação do banco de sementes do solo da restinga do Parque Nacional de Jurubatiba, RJ (cerca de 10%). O relatório não informa possíveis causas para os baixos valores encontrados inclusive sendo menores do que o estudo citado.
5. Não foi observado no relatório áreas de controle, ou seja, áreas onde não houve contato com a lama de rejeitos oriundos do rompimento da barragem de Mariana
6. Segundo dados da síntese integrativa as restingas localizadas ao norte da Foz do Rio Doce (compartimento C) apresentaram maiores alterações quanto aos indicadores: atividade fotossintética, dos metabólitos, reserva de carboidratos, atividade antioxidante e processos reprodutivos.
7. Destaca-se como tendência temporal do monitoramento da vegetação de restinga no período seco quando comparado com o período chuvoso, no qual o alerta de perigo está presente em maior número de estações e formações amostrais. Este resultado é reafirmado pelo Índice integrado de poluição no sedimento, o fator de Bioacumulação e para os teores de elementos traço na superfície foliar, podendo estar relacionado a uma possível contribuição do spray marinho.
8. As maiores alterações foram encontradas ao norte da Foz do Rio Doce.
9. Em relação a perspectiva para a recuperação da vegetação de restinga, os resultados apresentados indicam importantes variações espaciais entre as estações amostrais monitoradas, possibilitando assim o mapeamento dos aspectos que poderão influenciar a sobrevivência da flora deste ecossistema e subsidiar as perspectivas futuras.

2.7 Anexo 6 - Megafauna

2.7.1 RT-36D RRDM/DEZ 20 - EVOLUÇÃO ESPAÇO TEMPORAL NA QUALIDADE AMBIENTAL E NA BIODIVERSIDADE NO AMBIENTE MARINHO

O relatório do “Ambiente Marinho” contempla a análise da Megafauna, que foi subdivida nos itens: Cetáceos; Aves; Tartarugas; e Sobrevoos – Bioacústica, que serão detalhados a seguir.

Adicionalmente, o relatório de “Síntese Integrativa entre Ambientes” contempla uma análise mais integrada dos diferentes componentes do Ambiente Marinho, inclusive da Megafauna.

Complementarmente aos citados relatórios, foram elaborados “materiais suplementares” e uma “Matriz de Resultados”, que foram consultados durante a presente análise para melhor avaliação da metodologia e dos resultados apresentados.

A análise do relatório foi feita por equipe composta por representantes dos Centros de Pesquisa e Conservação do ICMBio (CMA, CEMAVE e TAMAR).

CETÁCEOS

- Aderência ao Termo de Referência 4 -TR 4 e Plano de Trabalho da RRDM

O quadro a seguir resume a comparação entre o Termo de Referência 04 (TR 04) e o relatório, no que se refere aos cetáceos. Um quadrado com um "x" (x) indica que o previsto no TR 04 não foi plenamente contemplado; um

quadrado com uma marca em "v", indica que o previsto no TR 04 foi plenamente contemplado.

Parâmetro	Malha Amostral	Periodicidade	
Uso do habitat por Ponto Fixo	Dois pontos para Aracruz, Rio Piraquê-açu (Foz e Praia); Dois pontos para Linhares, Rio Doce (Foz e Praia)	Semanal (duas vezes por ponto)	<input checked="" type="checkbox"/>
Uso do habitat por Embarque	Da foz do Rio Piraquê-açu à foz do Rio Doce	Mensal (dois dias consecutivos ou não, dependendo das condições do mar)	<input checked="" type="checkbox"/>
Encalhes	Ao longo das praias do Espírito Santo	Monitoramento constante (amostragem por evento) Alinhamentos com PMP's	<input checked="" type="checkbox"/>
Diversidade e estruturação genética	Litoral do Espírito Santo	Amostras dos encalhes (por evento) Alinhamentos com PMP's	<input checked="" type="checkbox"/>
Análise de contaminantes (ecotoxicologia)	Litoral do Espírito Santo	Amostras dos encalhes (por evento) Alinhamentos com PMP's	<input checked="" type="checkbox"/>
Histopatologias e análises bacteriológicas	Litoral do Espírito Santo	Amostras dos encalhes (por evento) Alinhamentos com PMP's	<input checked="" type="checkbox"/>
Ecologia trófica a partir de isótopos estáveis	Litoral do Espírito Santo	Amostras dos encalhes (por evento) Alinhamentos com PMP's	<input checked="" type="checkbox"/>
Estimativa da idade, maturação e taxa de fecundidade	Litoral do Espírito Santo	Amostras dos encalhes (por evento) Alinhamentos com PMP's	<input checked="" type="checkbox"/>
Interação dos pequenos cetáceos com a pesca	Seis comunidades	Realizada no primeiro ano e seria retomada no quarto ano.	<input checked="" type="checkbox"/>
Drone monitoramento	Três pontos fixos (foz do Rio doce, Comboios, foz do Piraquê Acú). Seis réplicas cada ponto cobrindo um raio de 3km a partir da costa.	Mensal (cada campanha tem duração de 8 dias de mobilização e 3 dias de trabalho efetivo).	<input checked="" type="checkbox"/>

Parâmetro	Malha Amostral	Periodicidade	
ROV	Localização variável, dependendo dos resultados das campanhas de Dronemonitoramento, Bioacústica e Sobrevoos tripulados.	Anual (30 dias anuais de mar em períodos de melhores condições de visibilidade). Número de pontos de coleta de imagens é determinado pelo número de dias de mar.	<input checked="" type="checkbox"/>
Bioacústica	Áreas costeira e oceânica (APA Costa das Algas) entre Vitória e o norte do ES. Ênfase na área de distribuição da população da toninha FMA-Ia.	Anual (campanha de 3 meses de duração durante o verão). Esforço amostral é determinado pelo tempo de navegação.	<input checked="" type="checkbox"/>
Sobrevoos tripulados	Área de distribuição da população da toninha FMA-Ia.	Semestral (verão e inverno), 45 dias de mobilização. Esforço amostral é determinado pelo número de dias de mobilização.	<input checked="" type="checkbox"/>

Em relação ao quadro, para "uso do habitat por ponto fixo" e " uso do habitat por embarque", não ficou claro se a periodicidade prevista foi atendida.

Para os "encalhes", considera-se que o monitoramento de praia não parece alinhado com os Programas de Monitoramento de Praia, realizados pela Petrobras. Para os parâmetros que dependem das amostras dos encalhes, não foi possível verificar o alinhamento com os PMPs, por falta de informação, como supramencionado.

Quanto à "interação dos pequenos cetáceos com a pesca", devido à pandemia de COVID-19, as entrevistas não foram realizadas, mas no primeiro ano do monitoramento foram realizadas entrevistas (n = 1485) durante o desembarque pesqueiro em seis comunidades do litoral Norte do Espírito Santo.

- Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados

O relatório apresenta os dados do período amostral compreendido entre outubro de 2018 a março de 2020. Nesse período, o esforço amostral para o monitoramento do Uso do Habitat por cetáceos foi de 1.540h nos pontos fixos de observação e 465h 43min no monitoramento embarcado.

O Ano 1 corresponde ao período de out/2018 a set/2019 e o Período de Transição (PT), de out/2019 a mar/2020.

Monitoramento por Ponto Fixo (*Sotalia guianensis*) (p.1076)

O monitoramento por ponto fixo foi realizado de outubro de 2019 a março de 2020. Comparando o período de outubro a março de 2018/2019 e 2019/2020, apesar da diferença em números absolutos, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas para o número de grupos, o número de avistagens, o número de indivíduos imaturos e o comportamento para *Sotalia guianensis*. (p. 1077)

Para o número de avistagens e o número de grupos, o padrão observado, em ambos os períodos, é similar ao registrado na literatura (p. 1078). Já o número de indivíduos imaturos de *S. guianensis* avistados nos pontos fixos de Aracruz, em área de rio, foram superiores ao descrito na literatura por Bicalho (2018).

O ponto fixo da Praia da Sauna (área de praia), em Aracruz, foi o único que apresentou número de indivíduos em comportamento de alimentação (N= 47) superior ao de deslocamento (N= 33). (p. 1079)

Monitoramento embarcado

Foi observado maior concentração de *S. guianensis* na região da foz do Rio Doce, assim como no Ano 1. O relatório destaca que esse padrão de distribuição também foi encontrado por outras metodologias de monitoramento, tais como sobrevoos com drones e sobrevoos tripulados no litoral do Espírito Santo, isto é, a maior parte das avistagens de pequenos cetáceos se concentraram ao sul da foz do Rio Doce (p. 1081).

Quanto à presença de indivíduos imaturos, o relatório indica que não houve diferença significativa entre o Ano 1 e o Período de Transição. Apesar de não terem sido registrados em todos os meses amostrados, as avistagens de imaturos de *S. guianensis* não apresentaram influência sazonal, de modo similar ao encontrado na literatura. (p. 1084)

O relatório destaca que o comportamento de grupos em deslocamento foi quatro vezes superior ao comportamento de alimentação, apresentando diferença significativa, resultado compatível com a literatura citada. Cabe ressaltar que um percentual elevado de grupos com comportamento de alimentação (43,54%) estava na área de influência da foz do Rio Doce. (p. 1084)

Em 18 meses de monitoramento, conforme dados do relatório (p. 1085), o ponto fixo em Aracruz (área de rio; PFixo_B) concentrou os maiores valores de avistagens, de juvenis, de adultos e de grupos (tanto em comportamento de alimentação quanto de deslocamento). Comparativamente, o monitoramento embarcado registrou mais do que o dobro de avistagens, de adultos e de grupos em comportamento de deslocamento, do que o monitoramento por ponto fixo.

O relatório destaca que os resultados encontrados "*evidenciam a grande importância da região de influência da foz do Rio Doce, como principal área de ocupação de Sotalia guianensis e Pontoporia blainvillei, espécies ameaçadas de extinção. A área que envolve a foz do Rio Piraquê-Açu também se mostrou importante (...). Sotalia guianensis faz uso dessas regiões para alimentação e reprodução, áreas que foram avaliadas como criticamente impactadas pelo rejeito de minério, de acordo com os relatórios da RRDM (2019). Além disso, o uso do habitat pela espécie não se restringe a área de influência da foz, ou área afetada marinha, tendo sido constatado o uso interno do rio e estuário analisados*". (p.1085)

Os dados do monitoramento de ponto fixo e embarcado, juntamente com de isótopos estáveis evidenciam que os animais encontrados na região do Rio Doce e do Rio Piraquê-Açu podem constituir populações ecologicamente distintas - a ser confirmado com a continuidade dos estudos. (p.1085).

É importante reforçar a vulnerabilidade das populações de Sotalia guianensis e Pontoporia blainvillei no litoral do Espírito Santo. A exposição direta ou indireta a longo prazo a contaminantes, presentes no ambiente e na biota local (recursos alimentares dos cetáceos) (RRDM, 2019), pode representar uma ameaça à saúde e ao sucesso reprodutivo de mamíferos marinhos (Cámara et al., 2003; Marsili et al., 2008; Beineke et al., 2010).

Encalhes/Monitoramento de Praia

Taxa anual de encalhes, de distribuição sazonal e espacial, e de óbitos de cetáceos na costa do Espírito Santo

Em dois anos consecutivos de monitoramento, foram registradas 168 ocorrências de encalhes de cetáceos, de 11 espécies.

No segundo ano, houve aumento no número de espécies, resultado considerado normal para a metodologia. Possivelmente, com a manutenção do monitoramento, o número de espécies irá aumentar (p. 1086).

Quanto aos 5 indicadores utilizados para medir o impacto nas espécies de cetáceos do litoral do ES, só foram empregados para o boto-cinza e a toninha.

a) Taxa anual de encalhes por espécie de cetáceos na costa do Espírito Santo.

- **Boto-cinza: aumento significativo pós-acidente, principalmente na fase pré-PMBA.**
- **Toninha: aumento pós-acidente, mais significativo na fase pós-PMBA.**

Quanto à distribuição por sexo e faixa etária, em dois anos de monitoramento de animais encalhados, para boto-cinza, houve predomínio de adultos machos. Cerca de 57% dos indivíduos foram adultos, 34% juvenis e 9% filhotes (43% de imaturos). Os machos totalizaram 58% e as fêmeas 30% em média - no restante, não foi possível determinar o sexo.

Em comparação aos dados anteriores ao acidente, de acordo com o relatório, um aspecto difere do padrão. A proporção de filhotes e juvenis foi mais elevada após o acidente, superando o número de encalhes de indivíduos adultos. Conforme consta no relatório: "Alterações nesses padrões podem sinalizar que os impactos possam ter sido diferentes em magnitude a depender da faixa etária dos animais, norteados processos investigativos futuros" (p. 1089).

Quanto à distribuição faixa etária, em dois anos de monitoramento de animais encalhados, para toninha, 42% foram juvenis, 21% filhotes (total de 63% de imaturos) e 38% foram adultos. Quanto à distribuição por sexo, 38% foram de machos, 33% de fêmeas e 29% indeterminado.

Em comparação aos dados anteriores ao acidente, o aspecto que difere é a proporção de machos e fêmeas. Após o acidente, o número de machos encalhados aumentou e de fêmeas diminuiu.

O relatório indica que as "taxas de encalhes anuais apontam a possibilidade de ter havido impacto sobre as populações de boto cinza e toninha, sendo a primeira espécie mais acometida na fase aguda (Pré-PMBA) e a segunda espécie na fase crônica (Pós-PMBA). A predominância de animais imaturos na fase considerada aguda do desastre pode ser um indicativo do impacto" (p. 1090).

b) Distribuição sazonal de encalhes de cetáceos na costa do Espírito Santo (Taxa de distribuição sazonal de encalhes de cetáceos na costa do Espírito Santo).

- **Boto-cinza: maior frequência no verão (Ano 1); frequências iguais no verão e inverno (Ano 2)**
- **Toninha: maior frequência no verão (Ano 1 e 2)**

Conforme o relatório, considerando dados pretéritos, para o boto-cinza não havia um padrão sazonal de encalhes, mas havia para a toninha. Na fase pretérita e Pós-PMBA, bem como descrito na literatura, os encalhes de toninhas no ES ocorrem predominantemente no verão. **Entretanto, como destacado no relatório, para toninhas "foi observado algo atípico que pode sinalizar uma possibilidade de impacto com maior incidência para a fase aguda imediatamente após o desastre de Mariana (fase Pré-PMBA) (...) após a chegada dos dejetos houve predominância de encalhes fora da época, na situação de inverno e com grandeza na ordem de 3.5 vezes maior que a fase Pretérita"** (p. 1091).

Comparando as três fases - Pretérita, Pré-PMBA e Pós-PMBA - para o boto-cinza, considerando a Fig. 609 (p. 1091), observa-se que houve aumento na taxa sazonal de encalhes no verão e que, na fase Pré-PMBA, houve aumento em todas as estações, exceto no inverno. Para a toninha, considerando a Fig. 610 (p. 1092), destaca-se o aumento na taxa sazonal de encalhes no inverno e primavera, na fase Pré-PMBA, o aumento significativo no verão e um aumento também na primavera, na fase Pós-PMBA. O relatório indica que a estação chuvosa abrange a primavera e verão (out a mar).

c) Distribuição espacial de encalhes de cetáceos na costa do Espírito Santo (Taxa de distribuição espacial de encalhes de cetáceos na costa do Espírito Santo)

- **Boto-cinza: encalhes distribuídos na região Norte e Sul do ES, com redução na região Norte (exceto em São Mateus) e aumento na região Sul.**
- **Toninha: encalhes concentrados em São Mateus e Linhares.**

De acordo com o relatório, a região ao Norte da foz do Rio Doce foi a área de maior concentração de encalhes, para cetáceos, em geral, e para o boto-cinza e a toninha. Os maiores índices de encalhes foram no Município de São Mateus, tanto na fase Pretérita quanto Pós-PMBA.

Considerando a Figura 612, a taxa de encalhe de cetáceos foi maior em São Mateus e Serra. De acordo com a Figura 613, a taxa de encalhe de boto-cinza foi maior em São Mateus, Serra e Fundão. E, para toninha, pela Figura 614, foi maior em São Mateus e Linhares.

Na fase Pretérita, os encalhes de toninhas se concentravam nas proximidades da foz do Rio Doce e no litoral de Linhares. Após o desastre, passou a se concentrar no Município de São Mateus. De acordo com o relatório, comparativamente, esse aumento foi 2.8 vezes maior na fase Pós-PMBA do que na fase Pré-PMBA e 3.5 vezes maior do que na fase Pretérita.

d) Óbitos e *causa mortis* (Taxa de óbito para cetáceos do Espírito Santo por diagnóstico da causa da morte)

De acordo com o relatório, a causa de óbitos em cetáceos encalhados está associada principalmente a emalhamento e processos infecciosos; um pequeno número foi associado a traumas e obstrução alimentar.

Entretanto, o relatório está confuso e só foi possível compreender os percentuais a partir da Figura 616. A partir dessa figura, tem-se que, no Ano 1, 27% teve óbito associado a emalhamento; 27% a processos infecciosos; 7% a traumas; e 1% a obstrução alimentar - em 38% não foi possível determinar a causa do óbito. No Ano 2, 26% foram associados a emalhamento; 17% a processos infecciosos; e 2% a predação - em 55% não foi possível determinar a causa de óbito.

Parece haver confusão entre o que pode ter provocado o óbito e a *causa mortis*, por exemplo "causa de óbito por emalhamento" (p. 1097).

Assim, de acordo com o relatório, o maior número de óbitos por emalhamento, no Ano 1 e 2, se concentrou na região Norte do ES. O maior número de óbitos por processos infecciosos foi na região Norte do ES, no Ano 1, e

na região Norte e Sul, no Ano 20.

O relatório destaca que o boto-cinza e a toninha foram as espécies mais afetadas por essas duas "causas de óbitos" predominantes. Considerando que essas espécies correspondem às mais frequentes e abundantes, trata-se de uma conclusão óbvia.

Com base no relatório, parece que no Ano 1, óbitos de boto-cinza e toninha associados ao emalhe e a processos infecciosos apresentaram valores aproximadamente similares. No Ano 2, o boto-cinza teve maiores valores de óbitos associados ao emalhe e a toninha, a processos infecciosos.

Quanto a processos infecciosos, de acordo com o relatório, houve aumento de casos em boto-cinza a partir da fase Pré-PMBA e em toninhas, na fase Pós-PMBA.

O modelo log-lineares, apresentado para estimar a probabilidade de ocorrência de causas de morte em relação a variáveis determinadas, não parece ter sido empregado de forma adequada, portanto os resultados não parecem confiáveis e/ou úteis.

Índices de diversidade e estruturação genética de cetáceos no litoral do Espírito Santo

Essa seção compreende as análises genéticas no LGCA (Laboratório de Genética e Conservação Animal) do CEUNES/UFES

No período de out/2019 a set/2020, o LGCA recebeu amostras de 69 indivíduos de sete espécies de cetáceos para as análises genéticas: *Sotalia guianensis* (N=47); *Pontoporia blainvillei* (N=11); *Peponocephala electra* (N=1); *Physeter macrocephalus* (N=1); *Kogia* sp. (N=1); *Megaptera novaeangliae* (N=7); e *Balaenoptera bonaerensis* (N=1).

No total, somadas as amostras do Ano 1, o LGCA recebeu 141 amostras de nove espécies de cetáceos.

a) *Sotalia guianensis* – diversidade e estruturação genética

Pelo mapa da Figura 619 (p. 1106), a região costeira do Espírito Santo foi dividida em 3 regiões. A Região 1 corresponde à região costeira de Conceição da Barra e São Mateus; a Região 2, Linhares, Aracruz, Fundão, Serra, Vitória, Vila Velha e Guarapari; e a Região 3, Anchieta, Piuma, Itapemirim, Marataízes e Presidente Kennedy.

De acordo com o relatório, no período de out/2019 a set/2020, também foram observados valores significativos de estruturação genética entre as três regiões avaliadas (Região 1, Região 2, Região 3), sendo que os maiores valores continuam entre a Região 2 e Região 3. O significado é destacado no relatório:

Para todas as análises foi observado um aumento nos valores dos índices em relação ao Ano 1, reforçando a diferenciação entre os grupos (...). Esses resultados, com um maior número amostral de todos os períodos e regiões avaliados, continuam evidenciando que os impactos da chegada do rejeito de minério ao litoral do Espírito Santo, principalmente à região do Rio Doce, não estão provavelmente sendo efetuados em uma população grande e sim em populações menores, o que pode significar efeitos mais acentuados à espécie na região (p. 1105).

O relatório destaca que "*os menores valores de diversidade haplotípica e nucleotídica se mantêm para o período Pós-rompimento e para a Região 2*" (p. 1105), sugerindo maior vulnerabilidade dessa população de *S. guianensis* a impactos ambientais, correspondendo à população que se encontra na região mais afetada pelo rejeito de minério.

O relatório informa que não foi possível realizar as análises de estruturação genética e que, devido à pandemia, houve um atraso nos procedimentos laboratoriais e análises dos microssatélites. Ainda assim, para a determinação de índices de diversidade do DNA nuclear e testes de estruturação para a espécie *Sotalia guianensis*, foram testados 10 locos microssatélites.

Os resultados dessas análises genéticas (out/2018 a set/2020) indicam "*clara diminuição da diversidade genética da espécie Sotalia guianensis no período posterior ao rompimento da barragem de Fundão*" (p. 1108). Também reforçam "*a ocorrência de mais de uma população dessa espécie no litoral do estado, uma associada ao Rio São Mateus, outra associada ao Rio Doce e uma terceira no Extremo Sul do estado, corroborando os estudos de REBLIN (2016) e MENDES (2019) para as duas primeiras populações*" (p. 1108).

A ocorrência de diferentes populações de *Sotalia guianensis* no litoral do Espírito Santo representa maior risco de que os efeitos do desastre na espécie sejam mais danosos.

b) *Pontoporia blainvillei* – diversidade genética e estruturação genética

O relatório informa que, no Ano 1 do PMBA, a espécie *P. blainvillei* estava sendo analisada no âmbito do Projeto “Conservação da Toninha na Área de Manejo I (Franciscana Management Area I – FMA I)” - FUNBIO (edital 2016), e que os resultados estão no artigo “Low genetic diversity of the endangered franciscana (*Pontoporia blainvillei*) in its northernmost, isolated population (FMAIa, Espírito Santo, Brazil) (OLIVEIRA et al., 2020 in prep.).

No Período de Transição, as análises de diversidade e estruturação genética resultaram em valores baixos de diversidade e baixa estimativa populacional (dados apresentados a partir dos sobrevoos tripulados), o que indica alta vulnerabilidade dessa população a impactos ambientais.

Os testes de estruturação revelaram que há somente uma população de *Pontoporia blainvillei* no litoral do Espírito Santo. No relatório é destacado que a presença de praticamente um haplótipo e baixos níveis de diversidade genética para a espécie são preocupantes, considerando tanto o elevado grau de risco de extinção da espécie quanto os impactos decorrentes de capturas acidentais nas atividades pesqueiras e degradação do hábitat.

Os resultados englobam o Ano 1 e o Período de Transição, totalizando 24 meses. No período de out/2019 a out/2020, foram analisados os tecidos de 23 cetáceos: *Sotalia guianensis* (n=17) e *Pontoporia blainvillei* (n=6). No total (24 meses) foram analisados tecidos de 72 indivíduos: *S. guianensis* (n=64), *P. blainvillei* (n=6), e *Steno bredanensis* (n=2).

Para análise de contaminantes, isótopos estáveis, idade e reprodução, o relatório divide o litoral do Espírito Santo em 5 regiões, de acordo com o local de encalhe: (1) São Matheus, (2) Rio Doce, (3) Barra do Riacho, (4) Região Metropolitana e (5) Extremo Sul.

Devido à pandemia de covid-19, as atividades laboratoriais ficaram comprometidas a partir de 17 de março de 2020 e não foram retomadas até o fechamento do relatório. Entretanto, as ONGs continuaram coletando amostras de animais encalhados no período e algumas análises foram realizadas.

Merúrio

Foram apresentados dados consolidados de 24 meses do PMBA, de 64 indivíduos.

Para *Sotalia guianensis*, não foram encontradas diferenças significativas de mercúrio total entre as regiões de coleta para nenhum tecido analisado. Foram encontradas diferenças significativas entre os três tecidos analisados, com as concentrações mais elevadas no fígado, seguido pelas concentrações no rim e músculo, demonstrando acúmulo preferencial de HgT no fígado e rim (p. 1114)

A concentração de HgT no fígado se manteve na faixa observada no relatório anual anterior, exceto para as concentrações hepáticas encontradas na Região 3 e as concentrações musculares na Região 4 - ambas com aumento de uma ordem de grandeza. As concentrações máximas de HgT estão resumidas abaixo:

- Músculo: 10,98 µg.g-1 (Região 1)
- Rim: 214,91 µg.g-1 (Região 1)
- Fígado: 426,23 µg.g-1 (Região 1); 190,87 µg.g-1 (Região 3); 161,02 µg.g-1 (Região 4); 111,27 µg.g-1 (Região 5).

O relatório destaca que, com exceção da Região 2, em todas as outras foram encontradas concentrações hepáticas de HgT elevadas em botos-cinza, as quais estão acima do limite de tolerância estabelecido na literatura, podendo causar danos hepáticos em mamíferos marinhos. Não foram detectadas diferenças significativas entre os sexos. Mas para a maturidade sexual, em indivíduos maduros foram encontradas concentrações hepáticas mais elevadas do que em imaturos. De acordo com o relatório, esses achados são compatíveis com a literatura.

É necessário manter o monitoramento para ampliar o número amostral e possibilitar comparar os resultados do período pós-desastre com dados do período anterior (2016).

Para a toninha *Pontoporia blainvillei*, em 24 meses, foram analisados apenas seis espécimes (Região 1: 5 ind.; Região 2: 1 ind.). O fígado apresentou concentrações de HgT significativamente maiores, seguido por rim e músculo.

Os resultados de mercúrio relativos à toninha e algumas outras poucas espécies indicam a necessidade de manter o monitoramento, de acordo com o relatório,

exceto pelas regiões 1 e 4, em que foi possível realizar testes estatísticos, o baixo número amostral das demais regiões ainda não permite uma análise mais detalhada. Especialmente em relação às toninhas, poucas análises foram possíveis de serem realizadas (p. 1116).

Arsênio, cádmio, cobre, ferro, manganês e zinco

Para o boto-cinza *Sotalia guianensis*, as concentrações de metais (As, Cd, Cu, Fe, Mn e Zn) permaneceram na mesma faixa de concentração do primeiro Relatório Anual. Entretanto, **o relatório destaca que, no Período de Transição, alguns registros se sobressaíram em valores altos, distribuídos nas 5 regiões. Foram relatadas concentrações elevadas de Fe e Mn, bem como de Cd em alguns casos, indicando altas concentrações nas proximidades da foz do Rio Doce e ligação com a lama de rejeitos. O relatório realça que em "24 meses de monitoramento, algumas concentrações medianas de elementos-traço permanecem acima daquelas reportadas para diferentes estados da costa brasileira" (p. 1123).**

Devido ao baixo número amostral obtido até agora, algumas análises só puderam ser feitas para a Região 1.

Para a toninha *Pontoporia blainvillei*, as concentrações dos elementos foram maiores no fígado, com exceção do Cd, que apresentou as maiores concentrações no rim; conforme relatório, resultados compatíveis com o descrito na literatura. O relatório destaca um exemplar:

EAE_S44 merece destaque pois apresentou concentrações de Cd no rim e no fígado (1,07 e 0,48 µg/g, respectivamente) maiores do que aquelas reportadas para toninhas do norte do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul (LAILSON-BRITO et al., 2002; DORNELES, 2007; LEMOS et al., 2013) sendo maior, inclusive, que as medianas reportadas para os botos-cinza de todas as regiões deste estudo (p. 1124).

Apesar do baixo número amostral (6 indivíduos) registrado após o desastre, os resultados indicam valores elevados de arsênio (relacionado com o garimpo de ouro na região do Rio Doce), ferro, manganês e cádmio - estes relacionados com a chegada da lama de rejeitos na costa do Espírito Santo.

- *Alterações nas concentrações de compostos organoclorados em cetáceos*

Quanto às concentrações de compostos organoclorados em tecido adiposo subcutâneo do botos-cinza *Sotalia guianensis*, de acordo com o relatório, o perfil de contaminação por região, para os 24 meses de monitoramento, não variou quando comparado ao primeiro Relatório Anual. O relatório indica que foram observadas algumas alterações entre as regiões, sem diferenças significativas entre as concentrações de compostos organoclorados e sem alterações na ordem de magnitude das concentrações.

Entretanto, em geral, os valores encontrados são elevados e indicam a necessidade de manter o monitoramento visando ampliar o número amostral tanto para identificar adequadamente o perfil e a origem dos compostos organoclorados encontrados nos mamíferos marinhos e estabelecer as influências de outras variáveis biológicas no padrão de bioacumulação, quanto para compreender melhor a separação populacional dos botos-cinza na área de estudo.

Alterações nas concentrações de compostos organobromados de origem antrópica e de origem natural em cetáceos

O relatório indica que não houve modificações em relação às regiões, para o valor mediano do ΣPBDE, entre os períodos de 12 e 24 meses. Também não foram identificadas diferenças significativas nas concentrações dos compostos organobromados entre as regiões.

O perfil de compostos organobromados em *Sotalia guianensis* foi similar entre as diferentes regiões e entre os períodos de 12 e 24 meses do PMBA. 1). Os compostos metoxilados representaram mais de 90% do perfil, seguidos dos PBDEs e PBEB.

Durante a vigência do projeto, as amostras oriundas de botos-cinza apresentaram concentrações superiores do composto 6-MeO-BDE e do somatório de MeO-BDE, comparado aos animais coletados no período anterior (2016). O relatório indica que esse resultado pode estar relacionado às alterações ambientais causadas pela lama de rejeitos da Barragem de Fundão (p. 1134).

- *Alterações nas concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) em cetáceos*

De acordo com o relatório, foi observado que alguns compostos apresentaram valores elevados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em cetáceos. Para alguns compostos, observa-se diferenças significativas nas concentrações dos HPAs entre as regiões.

Em relação a dados pretéritos ao monitoramento, não foram encontradas diferenças significativas entre as concentrações de HPAs de botos-cinza coletados anteriormente ao PMBA, mas o número amostral ainda é insuficiente para análises estatísticas e para correlacionar com o desastre.

Considerando o alto potencial carcinogênico de HPAs para mamíferos marinhos, recomenda-se a manutenção do monitoramento.

- *Razão isotópica de C e N em amostras de S. guianensis e P. blainvillei*

Considerando todo o período amostral (resultados do primeiro e do segundo relatório anual), foi observada diferença nos resultados de $\delta^{13}\text{C}$ e de $\delta^{15}\text{N}$ entre as regiões amostrais. O relatório realça que, com base nas análises, é possível observar uma clara separação entre os indivíduos coletados nas regiões 1 e 2 entre si e em relação aos indivíduos das regiões 3, 4 e 5. Esses resultados indicam a existência de pelo menos três populações ecológicas de *S. guianensis* ao longo da costa do Espírito Santo.

Devido ao baixo número amostral ainda não é possível evidenciar diferenças na ecologia alimentar de indivíduos juvenis e adultos ou machos e fêmeas de *S. guianensis*, na costa do Espírito Santo. É importante que o monitoramento continue visando melhorar a compreensão da área de uso e da ecologia alimentar do *S. guianensis* na costa do Espírito Santo.

De todo modo, os resultados obtidos da análise das presas reforçam a hipótese que os espécimes de *S. guianensis* da região 1 e 2 tem área de forrageio distinta. Além disso, o relatório realça que:

Os resultados das análises de isótopos estáveis encontrados no presente relatório apontam que o uso de área para forrageio e alimentação do *S. guianensis* esteja associado, pelo menos em parte da distribuição, a desembocadura e/ou entorno dos rios, com certa fidelidade de sítio. Com isso, um impacto local pode afetar toda uma população ecológica de *S. guianensis* em particular (p. 1144).

Embora com baixo número amostral e resultados ainda preliminares, de acordo com o relatório, os resultados de "P. blainvillei foram distintos em relação aos indivíduos de *S. guianensis* coletados nas cinco regiões de amostragem, sugerido que essas espécies ocupam nichos ecológicos distintos" (p. 1144).

Estrutura etária e sexual das populações de S. guianensis e P. blainvillei

Para *Sotalia guianensis*, entre os indivíduos maduros houve predomínio de fêmeas, entre os indivíduos imaturos, predomínio de machos. No total da amostra, o número de machos foi maior do que de fêmeas e os indivíduos imaturos corresponderam a 55%.

Para toninha, o número amostral foi muito baixo. O relatório ressalta a necessidade da continuação do monitoramento para possibilitar a determinação da estrutura etária e sexual de ambas as espécies (boto-cinza e toninha), bem como comparação com dados pretéritos a fim de identificar diferenças no período anterior e posterior ao desastre, bem como efeitos negativos nas populações.

Entretanto, no monitoramento de encalhes, para o boto-cinza, predominaram adultos machos. Para toninha, predominaram machos juvenis. Faz-se necessário esclarecer essa diferença e dos indivíduos analisados aqui e no monitoramento de encalhes.

Prevalência de histopatologias

Nas análises histopatológicas do Período de Transição PMBA/Fest-RRDM foram avaliadas 303 amostras, oriundas de 46 indivíduos, das espécies: *Sotalia guianensis* (36), *Pontoporia blainvillei* (2), *Megaptera novaengliae* (5), *Kogia* sp. (1), *Physeter macrocephalus* (1) e *Balaenoptera bonaerensis* (1).

A maioria das amostras (56,5%) foi de carcaças de código 4 e 5, somente 15% de código 1 e 2. O relatório informa ainda que não foi possível identificar uma prevalência e padrões sobre os achados histopatológicos dos cetáceos encontrados encalhados na área de monitoramento.

De todo modo, conforme o relatório os resultados encontrados, juntamente com as análises de contaminantes, bacteriológicas e fungicidas, indicam que diversos espécimes estavam com a saúde comprometida, provavelmente relacionada com alterações sistêmicas e processos infecciosos, que podem ser associadas à qualidade do ecossistema.

O relatório indica a ocorrência de indivíduos debilitados, mesmo naqueles que tiveram, como indicativo de causa de morte, o emalhe em redes de pesca. Muitos achados histopatológicos indicaram processos patológicos associados ao sistema respiratório.

As análises de contaminantes indicaram níveis elevados de diferentes componentes em alguns espécimes. De acordo com o relatório a "presença excessiva de vários tipos de contaminantes em cetáceos pode ocasionar déficit no sistema imunológico e, em conjunto com outras pressões, fazer com que os animais se tornem suscetíveis a sérias infecções bacterianas e outras doenças (MOELLER, 2003)" (1151).

O relatório destaca a ocorrência de patologias ósseas em cetáceos e alta porcentagem de anomalias congênitas, indicando que podem estar relacionadas a fatores ambientais ou genéticos. De acordo com o relatório, patologias ósseas podem estar relacionadas à falta ou ao excesso de metais pesados no corpo dos animais.

Prevalência de patógenos bacterianos e fúngicos

O relatório informa que a prevalência de bactérias no Período de Transição PMBA/Fest-RRDM foi maior que a fúngica. Os dados e os patógenos encontrados foram apresentados e a análise trouxe comparações com a literatura. Entretanto, não ficou claro o significado dos resultados encontrados - por exemplo, se os indivíduos encontrados na área de estudo eram saudáveis ou não, se há influência ou não do contato com produtos oriundos do desastre.

Interação dos cetáceos com a pesca

De novembro de 2018 a setembro de 2019 foi realizado o primeiro ano do monitoramento de interação com a pesca, através de entrevistas (n = 1485) durante o desembarque pesqueiro em seis comunidades do litoral Norte do Espírito Santo (Conceição da Barra, Guriri, Barra Nova, Regência, Barra do Riacho e Santa Cruz).

Para dar continuidade, foi necessário um novo parecer do Comitê de Ética da UFES, emitido em 08 de maio de 2020. Devido à pandemia de COVID-19, as entrevistas não foram realizadas.

- Conclusão Geral Cetáceos

Em geral, foi difícil avaliar o atendimento do que foi previsto no TR4, pois no relatório não consta uma seção equivalente à metodologia e/ou material e métodos. **Considerando os parâmetros previstos, concluiu-se que o TR4 não foi plenamente contemplado.**

Quanto à análise dos impactos, o monitoramento confirmou a presença de pequenos cetáceos na principal área impactadas ou seja a foz do rio doce, com destaque para grupos de toninha (*Pontoporia blainvillei*) e boto-cinza (*Sotalia guianensis*), para os quais há evidências de constituírem populações ecologicamente distintas na região do Rio Doce e do Rio Piraquê-Açu. Através de diferentes metodologias, foram registrados adultos e juvenis, em comportamento de deslocamento e alimentação.

Quanto à diversidade e estruturação genética de cetáceos no litoral do Espírito Santo, o relatório sugere possível maior vulnerabilidade a impactos ambientais da população de *Sotalia guianensis* na Região 2 (Linhares, Aracruz, Fundão, Serra, Vitória, Vila Velha e Guarapari), sendo a que se encontra na região mais afetada pelo rejeito de minério. A partir dos resultados das análises genéticas, conclui-se haver diferentes populações de *Sotalia guianensis* no litoral do Espírito Santo, representando maior risco de que os efeitos do desastre na espécie sejam mais danosos. Quanto à *Pontoporia blainvillei*, os dados revelaram que há somente uma população no litoral do Espírito Santo, sendo preocupante os baixos níveis de diversidade genética para a espécie.

Quanto às concentrações de elementos-traço, compostos organoclorados, compostos organobromados e HPAs, os resultados indicam evidências de correlação entre valores elevados e a lama de rejeitos, especialmente nas proximidades da Foz do Rio Doce.

Alguns resultados ainda não possibilitam análises conclusivas, seja pela metodologia ou pelo baixo número amostral, ou até mesmo pelas irregularidades provocadas pela pandemia de Covid-19. É essencial que os monitoramento sejam mantidos e readequados, conforme o caso.

AVES

Diversidade genética

- Aderência ao TR4 e Plano de Trabalho da RRDM

O Plano de Trabalho acrescentou o Objetivo: **Monitorar a diversidade genética, estrutura populacional e história demográfica das populações espécies de aves marinhas selecionadas, com foco nas que se reproduzem em Abrolhos, ameaçadas de extinção e/ou com forrageamento costeiro.** Esse objetivo constava no TR4 apenas para o grupo dos cetáceos e tartarugas marinhas, como esta é uma clara necessidade para o grupo das Aves, consideramos pertinente e necessária esta inclusão e manutenção da análise na revisão do TR4. Os dados são apresentados no relatório de forma clara e sucinta, contudo, sem demonstrar os períodos exatos e temporalidade na obtenção das amostras pós-rompimento, separando-as em pools pré e pós rompimento.

- Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados

Desde a apresentação dos dados relatados no primeiro relatório anual não houve o aporte de novas informações que pudessem demonstrar modificação de tendências nos parâmetros monitorados. Até o momento, os valores descritivos encontrados de diversidade genética (média de alelos, riqueza alélica e diversidade gênica) para *S. leucogaster* e *P. aethereus* amostrados após o rompimento mostraram-se mais baixos, em relação às amostras coletadas antes do evento ocorrido em Mariana, indicando uma perda de diversidade genética nestas duas espécies.

- Encaminhamentos

Uma vez que não foram identificadas não-conformidades com relação a aderência ao TR4 e respectivo plano de trabalho, o único encaminhamento proposto trata da necessária continuidade do monitoramento incluindo também o presente subprojeto.

- Conclusões

Embora os dados mostrem perda de diversidade ao longo do tempo para duas das espécies de aves marinhas analisadas, com as informações disponíveis não se pode associar diretamente esta perda aos impactos do rompimento. Para confirmar a perda de diversidade contínua ou se haverá um restabelecimento dos índices para valores próximos aqueles detectados em amostras anteriores ao rompimento da barragem, faz-se necessário um tempo de monitoramento genético maior, notadamente para *Sula leucogaster* e *Phaethon aethereus*. Recomenda-se ainda, na continuidade do monitoramento, a utilização da técnica de *Next Generation Sequence*, que poderá auxiliar na investigação dos efeitos do rompimento, pois permite detectar genes que possam estar sob seleção natural causada por mudanças ambientais.

Saúde

- Aderência ao TR 4 e Plano de Trabalho da RRDM

Elaborado em atendimento aos objetivos 3 e 4 do TR (Anexo 6) o relatório traz resultados que estavam previstos para atendimento ao TR4 e Plano de Trabalho quanto à coleta de amostras biológicas e análises relacionadas ao estado de saúde de espécies selecionadas de aves marinhas potencialmente afetadas pelo rompimento da barragem. Uma vez que tinham sido mencionados potenciais mecanismos de queda da imunidade e o aparecimento de lesões oculares inéditas nos táxons monitorados, na análise do primeiro relatório havia sido sugerido que na continuidade deste importante monitoramento fosse considerada a inclusão de estudos imunológicos, além das indispensáveis análises hematológicas e microbiológica (notadamente prevalência de bactérias multirresistentes, patógenos de importância e parasitas).

Dessa forma, observou-se que no segundo relatório foi descrito em detalhes as análises hematológicas, bem como resultados da caracterização genética das bactérias multirresistentes e a investigação de bactérias, patógenos de importância e parasitas.

O plano de trabalho previa que fosse avaliada a correlação da presença/prevalência de patógenos e as variáveis ambientais. Porém, os resultados descritos até o momento não apresentam análises que avaliam essa correlação diretamente. Compreendemos que todos os parâmetros avaliados nesse projeto representam amostragens para compreender variabilidade da população de cada espécie, de modo que os resultados devem ser interpretados em nível da população, e não do indivíduo. Por outro lado, mesmo que a mesma ave que tenha sido submetida a exames de saúde não seja uma das aves rastreadas ou com amostras coletadas para análise de ecologia trófica, é imprescindível que os resultados apresentados sejam correlacionados com a área de vida das aves, as variáveis ambientais e a sazonalidade (caso identificada) nos próximos relatórios.

- Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados

O segundo relatório apresentado ressalta que nas análises hematológicas não foram observados heterófilos imaturos, assim como nos achados do ano anterior, o que caracterizaria processos inflamatórios e/ou infecciosos agudos. Contudo, processos de alguma cronicidade não foram descartados. Os outros tipos de leucocitários apresentaram-se dentro do limite de normalidade para indivíduos saudáveis, incluindo eosinófilos e monócitos. Na descrição geral do relatório, as análises realizadas indicam que as aves estavam em condições satisfatórias de saúde, com uma predominância relativa de heterófilos sobre os linfócitos, como reportado na bibliografia para

aves piscívoras. No segundo relatório não foram quantificados novos casos de lesões oculares importantes nas aves, descritas para o primeiro ano.

O desenvolvimento de mecanismos de resistência a antibióticos em microrganismos potencialmente está relacionado à presença de altas concentrações de metais no ambiente. A continuidade de detecção de bactérias resistentes a antibióticos descritas para as aves monitoradas no relatório do primeiro ano de trabalho reforça a importância da continuidade do monitoramento da saúde das aves marinhas potencialmente impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão. O segundo relatório anual descreve que, em comparação com o ano anterior, foram detectadas três amostras de indivíduos distintos provenientes de Abrolhos (coletadas em fevereiro de 2020), que apresentaram resistência a todas as quinolonas testadas. Todavia, este isolado ainda não foi submetido ao sequenciamento de genoma completo para determinação da identidade, como ocorreu para as amostras do primeiro ano. Por outro lado, nenhuma das amostras coletadas durante o segundo ano de monitoramento e testadas teve resultado positivo para a presença de bactérias multirresistentes. Apesar de algumas amostras biológicas ainda estarem “em análise” não houve quaisquer isolamentos e detecção de infecções virais e de *Borrelia* para as aves testadas.

Foram também identificadas bactérias de importância em saúde pública nas amostras provenientes de Abrolhos coletadas em 2020 (fevereiro de 2020), como *Pseudomonas aeruginosa* (6,3%), *Enterobacter* sp. (21.0%); e *Klebsiella* sp. (7.0%). Também foram identificadas outras enterobactérias, sendo *E. coli* a espécie mais frequente (37,5%). Apesar do potencial zoonótico da maior parte das bactérias Gram-negativas, muitas das cepas fazem parte da microbiota de aves marinhas, desempenhando um importante papel na manutenção da saúde do organismo, facilitando a absorção de nutrientes, desintoxicação e interações com o sistema imunológico. Não houveram achados bacteriológicos fora do esperado para o segundo ano do monitoramento.

Nenhuma ênfase é dada no relatório para a investigação de hemoparasitas tais como **Haemosporida** (*Haemoproteus*, *Plasmodium*, *Leucocytozoon*) nos esfregaços sanguíneos apesar da potencial prevalência em aves marinhas tropicais.

A metodologia detalhada e amostras analisadas encontram-se descritas no Material Suplementar A6MAS1.

- Encaminhamentos

Sugere-se que nos próximos relatórios seja avaliada a presença de patógenos e resistência a antibióticos com a área de vida, sazonalidade e variáveis ambientais a fim de identificar se há ou não correlação entre a presença de patógenos e a proximidade com a pluma de rejeitos. Compreendemos que todos os parâmetros avaliados nesse projeto representam amostragens para compreender variabilidade da população de cada espécie, de modo que os resultados devem ser interpretados em nível da população, e não do indivíduo e que, mesmo que a mesma ave que tenha sido submetida a exames de saúde não seja uma das aves rastreadas ou com amostras coletadas para análise de ecologia trófica, é imprescindível que os resultados apresentados sejam correlacionados com a área de vida das aves, as variáveis ambientais e a sazonalidade (caso identificada) e ocorra maior integração das análises em próximos relatórios.

Para os próximos relatórios, é importante também esclarecer se houve total ausência de detecção durante análise microscópica dos esfregaços para quaisquer **Haemosporida** (*Haemoproteus*, *Plasmodium*, *Leucocytozoon*) desde o início das amostragens para análise de saúde.

- Conclusões

Os resultados da contagem diferencial de leucócitos demonstraram que os indivíduos das espécies-alvo do monitoramento que foram amostrados no Parque Nacional Marinho dos Abrolhos não apresentaram alterações hematológicas relevantes. No presente relatório analisado, não houve qualquer descrição de sinais clínicos em aves marinhas monitoradas. No primeiro relatório foi descrito que as aves apresentaram um quadro de desidratação leve à moderada (apesar do quantitativo não ter sido fornecido), mas o tema não é abordado novamente no segundo relatório. O aspecto mais preocupante permanece sendo a presença de patógenos com perfil de resistência a substâncias antimicrobianas. A disseminação de bactérias resistentes a antibióticos no ecossistema marinho vem sendo reportada como uma ameaça global à saúde pública, devido ao alto potencial patogênico desses agentes. Muito importante ressaltar neste caso que é possível que o desenvolvimento de mecanismos de resistência a antibióticos esteja relacionado à presença de altas concentrações de contaminantes no ambiente. Este fato pode ser explicado pela similaridade entre as vias de resistência a metais e antimicrobianos e a ocorrência de resistência cruzada entre os dois compostos, conforme demonstrado em alguns estudos (Chattopadhyay e Grossart 2011).

Além da continuidade do monitoramento da saúde das aves por seus padrões hematológicos, prevalências de bactérias multirresistentes, sugere-se que sejam aprofundados os estudos em relação aos mecanismos de multi-

resistência nestes animais, bem como resultados apresentados sejam correlacionados com a área de vida das aves (população), as variáveis ambientais e a sazonalidade (caso identificada).

Dados abertos disponíveis no SIMBA do Programa de Monitoramento de Praias também poderiam ter sido consultados pelo(s) médico(s) veterinário(s) durante análise para compor o presente relatório também em relação à casuística e análise médico-veterinária das aves das espécies-alvo do monitoramento de saúde que foram registradas ao longo da área de influência da pluma de rejeitos, bem como eventual estado de saúde, disponibilidade de amostras nos centros de estabilização/reabilitação e outras informações que podem ser relevantes sobre a saúde destes indivíduos.

Considerando-se que aves marinhas são importantes sentinelas ambientais, torna-se indispensável a continuidade do monitoramento e a continuidade de estudos referentes aos reais impactos do rompimento da barragem de Fundão na saúde destes animais.

Contaminantes

- Aderência ao TR 4 e Plano de Trabalho da RRDM

Elaborado em atendimento ao Objetivo 6 do Termo de Referência (Anexo 6), o relatório traz resultados que estavam previstos para atendimento ao TR4 e Plano de Trabalho relacionado. Assim, consideramos que **o solicitado foi atendido** plenamente em relação à análise de contaminantes para os tecidos disponíveis para as espécies-alvo do monitoramento obtidos antes do rompimento da barragem de Fundão em Mariana. A continuidade deste monitoramento é fundamental para a avaliação dos efeitos e impactos do rompimento.

No primeiro relatório anual destacou-se a seguinte informação: “três filhotes de *Phaethon aethereus* com graves infecções oculares, levando ao encalhe de um deles em praia adjacente. Estes registros são inéditos e sugerem que a população está sofrendo de baixa imunidade, aspecto que corrobora os dados de saúde apresentados neste relatório.” Tal fato, ao mesmo tempo em que potencialmente representa uma evidência de impacto direto associado ao rompimento da barragem, seu cruzamento de informações e inferências são superficiais no segundo relatório, uma vez que os animais com lesões oculares não foram devidamente amostrados para potencial isolamento microbiológico de agente causador da infecção e novos casos não descritos ou monitorados. Recomenda-se que na revisão do PMBA e em novo termo de referência seja especificada metodologia para amostragem de indivíduos que apresentem anomalias de formação, saúde entre outros.

- Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados

O relatório analisado apresentou resultados para metais essenciais e não essenciais obtidos com a análise de tecidos provenientes de coletas anteriores e posteriores ao rompimento da Barragem de Fundão em Mariana para as quatro espécies de aves marinhas que são objeto deste monitoramento. As concentrações dos elementos essenciais medidas no sangue de *Sula leucogaster*, *Pterodroma arminjoniana* e *Phaethon aethereus* nos períodos antes e depois do rompimento demonstraram que houve diminuição nos valores médios após o rompimento da barragem de Fundão. Quando avaliadas as relações entre os diferentes elementos no sangue e nas penas de *P. aethereus* coletado antes e depois do rompimento da barragem de Fundão, observa-se um aumento nas correlações significativas entre os elementos após o rompimento. Para os elementos não essenciais, tanto para *Sula leucogaster* como para *P. arminjoniana* e *P. aethereus* observa-se um aumento significativo nas concentrações de Arsênio (As) após o rompimento da barragem.

Em relação aos metais pesados, os resultados apresentados identificaram flutuações para as diferentes espécies analisadas. Cada metal apresentou uma variação distinta pré e pós desastre da barragem de Fundão. Todos os dados apresentados no relatório anual 1 foram revisados e atualizados, não havendo variações substanciais nos dados numéricos e nenhuma alteração na interpretação ou conclusões.

Em relação aos contaminantes orgânicos, as concentrações dos PCB e dos HPA no sangue e nas penas de contorno de *S. leucogaster*, de *P. arminjoniana* e de *P. aethereus* no período pós rompimento da barragem de Fundão foram extremamente baixas. Não foram detectados PBDE para nenhuma das espécies analisadas. Quanto às concentrações dos compostos policlorados em *S. leucogaster*, *P. arminjoniana* e *P. aethereus* no período pós rompimento da barragem de Fundão, percebe-se maiores concentrações nas penas do que no sangue para todas as espécies.

Por outro lado, o conjunto de dados constantes do segundo relatório, trazem evidências de que as aves seguem utilizando o espaço e os recursos alimentares na área contaminada principalmente com os resultados das análises de contaminantes **inorgânicos** nos tecidos das espécies analisadas. Ao comparar as concentrações dos elementos traço entre os períodos pré e pós rompimento da barragem de Fundão, observa-se uma diminuição geral nos valores dos elementos essenciais e um aumento dos não essenciais nas quatro espécies alvo. As aves mais

impactadas são as que nidificam no arquipélago dos Abrolhos, *S. leucogaster* e *P. aethereus*, com destaque para a diminuição de até 96 vezes para [Cu] na corrente sistêmica de *S. leucogaster*. As concentrações de Cr e de Zn também decresceram nos organismos, detectadas no sangue de *S. leucogaster* em níveis 14 e 6,6 vezes menores, respectivamente, e 8,5 e 3,9 vezes menores nas penas.

As baixas concentrações de Cu e Zn na corrente sistêmica causam desregulação homeostática, anemia e diminuição da imunidade, enquanto a diminuição nos níveis de Cr pode levar à perda de massa corporal e diminuição nas concentrações de insulina no sangue, além da diminuição da qualidade de ovos produzidos durante o período reprodutivo. Assim como o Cr, o Mn, também associado à atividade reprodutiva, além de desempenhar papel enzimático e na produção óssea, apresentou uma redução nas concentrações. O único elemento que apresentou aumento nas concentrações sistêmicas, mesmo não significativo, foi o Fe. Mesmo sendo um elemento essencial para a manutenção das atividades metabólicas, como a respiração e o transporte dos nutrientes, o aumento nas concentrações de Fe no organismo é potencialmente tóxico, podendo levar à hematosiderose e à hemocromatose, prejudicando também o funcionamento do fígado e rins. Destaca-se que baixas concentrações de Cu e Zn no sangue podem levar à desregulação homeostática, anemia e **diminuição da imunidade** nos animais (Rutherford & Bird 2004, Cork, 2000). Já a diminuição nos níveis de Cr pode levar à perda de massa corporal e diminuição nas concentrações de insulina no sangue, além da diminuição da qualidade de ovos produzidos durante o período reprodutivo (Şahin et al. 2001).

Quanto às relações entre os elementos essenciais e não essenciais todas as espécies apresentaram correlação significativa de Cromo (Cr) com Cádmiio (Cd) na corrente sistêmica apenas após o rompimento da barragem. Isso evidencia a contaminação por Cd em *P. arminjoniana* e *P. aethereus*, uma vez que as espécies apresentaram maiores concentrações sistêmicas de Cd aliada à diminuição do Cr após o rompimento da barragem. Além da interação com o Cr, o Cd compete por sítios de ligação com elementos essenciais, podendo ser excretados via ovos e penas, corroborado pela correlação significativamente negativa observada no sangue de *S. leucogaster* após o rompimento da barragem e com os resultados de diminuição de tamanho populacional e sucesso reprodutivo para essa espécie. Para *P. arminjoniana*, observou-se ainda que a relação positiva entre Zn e Cr no sangue sob condições normais deixa de existir após o rompimento da barragem, enquanto em *S. leucogaster*, essa interação passa a ser negativa. Essa alteração explica a simultânea diminuição observada nas concentrações de Cr e Zn, o que torna a situação ainda mais preocupante.

P. aethereus, espécie que, assim como *S. leucogaster*, reproduz-se no arquipélago dos Abrolhos, apresentou aumento bastante significativo de Cádmiio (Cd) na corrente sistêmica e nas penas, e níveis de Arsênio (As) no sangue e nas penas.

Para outros contaminantes há evidência de que os animais estão absorvendo elementos não essenciais tóxicos e armazenando-os no organismo, ao invés de excretá-los via síntese de penas, especialmente o Mercúrio (Hg) e o Chumbo (Pb). O Hg tende a acumular-se no organismo, em especial no tecido adiposo dos animais (Anderson et al. 2010), reagindo com enzimas e prejudicando o funcionamento cerebral (Rutkiewicz et al. 2010), além de ser estressor das estruturas produtoras de queratina, levando a má formação de penas e bicos (Jovani & Rohwer 2017). Com essa forte afinidade com a queratina, a tendência das aves é eliminar Hg via síntese de penas, o que não pôde ser observado no período pós rompimento da barragem. Uma evidência desse desequilíbrio é a correlação significativamente positiva de Hg com As, observada apenas antes do rompimento da barragem. Para as aves dos Abrolhos, baixas concentrações de As mantinham os níveis de Hg baixos no sangue em condições naturais. Após o rompimento da barragem, essa relação não pôde ser observada, o que evidencia o acúmulo do Hg no organismo, uma vez que as concentrações de As na corrente sistêmica e nas penas aumentaram e as de Hg diminuíram.

De modo geral, a redução na concentração dos elementos essenciais e o aumento dos elementos não essenciais, pode estar alinhado com alterações em padrões sanitários e à redução na diversidade genética nas duas espécies de aves de Abrolhos. Além da preocupação direta com a conservação das aves, os resultados compartilhados no relatório podem representar também uma potencial contaminação dos ambientes terrestres, especialmente no arquipélago dos Abrolhos, uma vez que as aves podem carrear elementos traço do meio aquático para o terrestre (Shoji et al. 2019), podendo causar um desequilíbrio físico-químico nos sítios de reprodução.

- Encaminhamentos

O grave cenário observado corrobora a necessidade da continuidade do monitoramento dos contaminantes nas aves e que, além dos indicadores atualmente utilizados, seja considerada a necessidade de contemplar a avaliação da contaminação das presas das aves marinhas, e do ambiente no qual nidificam (e.g. contaminação do solo).

No primeiro relatório anual destacou-se o registro de graves infecções oculares em *Phaethon aethereus*. Tal fato, ao mesmo tempo em que potencialmente representa uma evidência de impacto direto associado ao rompimento

da barragem, foi foco de cruzamento de informações e inferências superficiais sobre o tópico no segundo relatório. No primeiro ano de monitoramento os animais com lesões oculares não foram devidamente amostrados para potencial isolamento microbiológico de agente causador da infecção e uma metodologia integrada com a equipe gestora da UC para obter essas informações ainda não foi estabelecida. Recomenda-se que na revisão do PMBA e, em novo termo de referência, seja especificada metodologia para melhorar a logística e os procedimentos de amostragem de indivíduos que apresentarem anomalias de formação, saúde entre outros.

- Conclusões

O presente relatório deixa clara a contaminação dos tecidos analisados para a amostra da população monitorada quando comparadas amostras obtidas antes e depois do rompimento da barragem, o que representa uma forte evidência do impacto dos rejeitos sobre as aves que deve ser investigado amplamente e monitorado em longo prazo.

Aves marinhas são organismos K-estrategistas, visto que possuem relativamente elevada expectativa de vida, atingem a maturidade sexual tardiamente (entre 2 e 10 anos de idade), reproduzem-se anualmente, com ocorrência de ano sabático em algumas espécies, apresentam baixa fecundidade (1 a 3 ovos) e extenso período de cuidado parental (50 a 350 dias) (Schreiber & Burger, 2002). Essas estratégias de vida, associadas a diversas ameaças à conservação, como contaminação marinha, captura incidental em pescarias, e predação de ninhos por espécies exóticas, colocam o grupo como o mais ameaçado entre toda a Classe Aves (Croxall et al., 2012), pois os atributos de vida lentos representam, em última instância, baixa resiliência frente a eventos de declínio populacional.

Neste monitoramento, além de uma ampla amostragem espacial para compreender quais espécies utilizam a área contaminada, algumas espécies foram escolhidas para um maior detalhamento quanto ao uso do espaço e dos recursos alimentares na área atingida pelos rejeitos, bem como para avaliar potenciais impactos causados pelos contaminantes. Entre elas estão duas espécies ameaçadas de extinção em nível nacional (*P. aethereus* e *P. arminjoniana*), sendo que a segunda ainda está 'Vulnerável' na lista vermelha da IUCN. A população de *P. aethereus* que se reproduz em Abrolhos, a maior do Brasil, apresenta baixo tamanho efetivo da população (Nunes et al., 2017) e baixa viabilidade populacional no cenário atual de elevada predação de ninhos por roedores exóticos (Sarmiento et al., 2014). De forma similar, *P. arminjoniana* sofre pressão de predação de ninhos na ilha da Trindade, onde está sua maior população em nível global. Portanto, o prejuízo das funções metabólicas, causado pela contaminação oriunda dos rejeitos da barragem, quando somado às demais ameaças à conservação, pode causar extinção em níveis de população, subespécie, e até mesmo espécie.

Ecologia Trófica

- Aderência ao TR 4 e Plano de Trabalho da RRDM

Elaborado em atendimento ao Objetivo 7 do TR (Anexo 6), o relatório traz resultados que estavam previstos para atendimento ao TR4 e Plano de Trabalho associado. Assim, consideramos que **o solicitado foi atendido** em relação à análise da ecologia trófica (isótopos e dieta) para os tecidos disponíveis para as espécies-alvo do monitoramento obtidos antes do rompimento da barragem de Fundão em Mariana. A continuidade deste monitoramento e a apresentação de linha temporal mais ampla de análise em relação aos dados pós-rompimento são fundamentais para a continuidade do atendimento do TR4 e documentos associados para espécies-alvo selecionadas.

- Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados

Os dados apresentados para o subprojeto Ecologia Trófica demonstram claramente que as aves marinhas permanecem utilizando os recursos alimentares, sem alterações substanciais no nicho trófico entre os períodos pré e pós rompimento da barragem de Fundão.

Por exemplo, os resultados das análises do período pré-incubatório de *Pterodroma arminjoniana*, destacado por ser o período em que a espécie ocupa a região entre a ilha da Trindade e a costa brasileira (Leal et al., 2017) sugerem que a dieta desta espécie se manteve similar entre os períodos pré e pós-rompimento.

Cabe destacar que estudos de dieta de *P. aethereus* e *S. leucogaster* indicam maior importância das famílias Clupeidae e Exocoetidae, as quais possuem alta mobilidade horizontal e vertical na coluna d'água (Cork, 2000; Rutherford & Bird, 2004a; Alves et al., 2004). Nesse contexto, a contaminação das aves que se reproduzem em Abrolhos não dependeria, exclusivamente, do seu movimento em direção à foz, mas também do movimento das presas em direção ao arquipélago. Os dados do Anexo 3 (Marinho – Ictioplâncton) do presente relatório PMBA demonstram uma alta atividade de desova de peixes entre Abrolhos e a foz do Rio Doce, inclusive das famílias

predadas pelas aves marinhas, indicando um desenvolvimento ontogenético em águas contaminadas. O referido anexo apresenta ainda evidências de que os peixes seguem utilizando a região para atividades reprodutivas, ao mesmo tempo em que demonstra o impacto dos rejeitos sobre as larvas, ao documentar diversos espécimes com malformações ou lesões no trato digestório. O alerta vale também para as desovas realizadas em Abrolhos, visto que o monitoramento realizado pelo Anexo 8 (Sedimentação em Abrolhos) demonstrou a presença dos rejeitos da barragem no entorno do arquipélago. Nesse contexto, os resultados do monitoramento sugerem que a disponibilidade de alimento para as aves na região foi mantida, ao menos parcialmente, o que explicaria a continuada utilização da região para alimentação com ligeiras alterações no nicho isotópico entre os períodos pré e pós rompimento.

- Encaminhamentos

O grave cenário observado corrobora a necessidade da continuidade do monitoramento da ecologia trófica das aves, além de sua análise integrada com a disponibilidade e distribuição espacial de suas presas, a fim de verificar se a ingestão de alimento potencialmente contaminado permanece ao longo do tempo.

- Conclusões

O segundo relatório anual de monitoramento, em sua totalidade de análises para o grupo Aves, indica que as aves marinhas e costeiras permanecem utilizando o espaço e os recursos alimentares na foz do Rio Doce e adjacências, sem alterações substanciais nas áreas de alimentação e no nicho trófico entre os períodos pré e pós rompimento da barragem de Fundão. A continuidade deste monitoramento e a apresentação de linha temporal mais ampla de análise em relação aos dados pós-rompimento são fundamentais. Desta forma, considerando a revisão e continuidade de novo TR, conclui-se que devem ser mantidas a metodologia e as espécies-alvo selecionadas para o subprojeto que trata da ecologia trófica.

Rastreamento remoto

- Aderência ao TR 4 e Plano de Trabalho da RRDM

Elaborado em atendimento aos objetivos 1 e 2 do TR (Anexo 6), o relatório do segundo ano de atividades traz resultados que estavam previstos para atendimento ao TR4 e Plano de Trabalho quanto ao uso de habitat e rastreamento. No relatório fica clara a necessidade de completar o número amostral previamente planejado no Plano de Trabalho e obter dados em período mais prolongado para a obtenção e análise de todos os dados previstos, e principalmente para descartar efeitos sazonais, oceanográficos ou climáticos que não estejam relacionados ao rompimento da barragem.

Apesar do TR-4 e o Plano de Trabalho afirmarem em geral que “Os dados deverão ser obtidos sem a necessidade de recaptura dos organismos, através de um canal de transmissão de dados alugado junto a empresas como a ARGOS”. No segundo relatório anual ficou clara a motivação da escolha de diferentes tipos de equipamentos para propósitos diversos. Para albatrozes rastreados, os transmissores satelitais sem necessidade de recaptura da ave demonstraram ser os mais adequados conforme dados apresentados no relatório. Para as aves marinhas rastreadas no arquipélago dos Abrolhos, cujo detalhamento da informação a ser obtida nas viagens para forrageio apresentava demandas mais específicas, equipamentos de maior precisão (GPS, acelerômetros e outros sensores) foram instalados e retirados das aves, para o resgate das informações necessárias, que foram apresentadas.

Como parte do parecer referente à análise do primeiro relatório anual, havia sido solicitado que a equipe esclarecesse a possibilidade de aprofundar as relações e comparações temporais dos resultados de rastreamento apresentados para *P. aethereus* e *Sula leucogaster* com um maior número de variáveis oceanográficas e fisiográficas (não apenas batimetria, profundidade, temperatura do mar). A resposta foi dada no segundo relatório anual, onde informaram que para inferir se o uso e escolha do espaço pelas aves são determinados por algum fator oceanográfico ou se, com as mesmas condições ambientais, as aves mudaram sua área de uso devido a um possível impacto local ocorrido depois do rompimento da barragem, os dados de temperatura superficial do mar (TSM), clorofila- α e batimetria foram obtidos de acordo com as posições geográficas nas viagens de cada indivíduo. Tais variáveis são representativas dos fatores que influenciam na distribuição das presas das aves e, por isso, são excelentes proxies de condição das áreas de alimentação.

- Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados

Áreas de forrageio de *P. aethereus* no arquipélago dos Abrolhos identificadas pelos modelos de Markov e por sensor de pressão demonstraram que as atividades de alimentação ocorreram além da quebra da plataforma continental, a nordeste e sudeste de Abrolhos, estas últimas mais próximas da costa (influenciadas pela foz do Rio Doce). De modo geral, as estatísticas básicas das viagens para essa espécie mantiveram-se similares quando comparados os períodos pré e pós rompimento da barragem. Por outro lado, ocorreu um claro aumento da área de forrageio de 2012 (18,58 km²) a 2019 e 2020 (15816,9 km² e 8038,8 km², respectivamente).

Por sua vez, indivíduos de *Sula leucogaster* rastreados ultrapassaram o talude da plataforma continental em direção norte/nordeste, mas também utilizaram, na direção sul, as áreas adjacentes à foz do Rio Doce, chegando a 50 km da foz do rio.

Para *Pterodroma arminjoniana*, as análises dos dados de rastreamento remoto, de modo comparativo entre pré e pós-rompimento, não apresentaram diferenças no uso das áreas, inclusive no período pré-incubatório, em que as aves se aproximam das adjacências da foz do Rio Doce. No entanto, os dados do período pós-rompimento da barragem referem-se a somente três (3) indivíduos rastreados. Devido à pandemia de COVID-19, a remoção dos aparelhos para descarga dos dados não foi autorizada pela Marinha do Brasil, uma vez que os embarques à ilha da Trindade estão suspensos desde março de 2020. Uma vez que os aparelhos são colocados em um ano e retirados no ano seguinte, após completarem a migração para o Atlântico Norte, o número de indivíduos rastreados para a espécie permaneceu o mesmo do que o apresentado no primeiro relatório anual.

Em relação a *Thalassarche chlororhynchos*, durante o período reprodutivo, as aves utilizaram uma ampla área da costa brasileira para alimentação, cobrindo toda a região sul e boa parte da região sudeste. Os dez indivíduos rastreados pós-rompimento permaneceram na região sudeste e, em seguida, sete deles deslocaram-se para o arquipélago de Tristão da Cunha, onde se reproduzem, enquanto os outros três permaneceram utilizando a costa do estado do Espírito Santo e norte do Rio de Janeiro, sobre a plataforma continental. Os albatrozes, no período não reprodutivo, em 2019, forragearam entre a costa do Rio de Janeiro e a do Rio Grande do Sul, contudo, a maioria dos indivíduos concentrou-se em Cabo Frio, próxima a ressurgência de Arraial do Cabo. No período reprodutivo as aves utilizaram uma área para forrageamento de 5.200.258,3 km² em 2015 e 6.221.152,5 km² em 2019, nos períodos pré e pós-rompimento, respectivamente.

- Encaminhamentos

A continuidade da análise envolvendo rastreamento das espécies de aves marinhas selecionadas seria importante para que se possa ampliar o número de indivíduos rastreados pós rompimento da barragem, especialmente para propiciar uma comparação mais robusta de dados pré e pós rompimento. Além disso, faz-se necessária maior precisão no rastreamento de *Pterodroma arminjoniana* em relação ao uso da foz do Rio Doce no período pré-incubatório, em que ocorre o maior potencial contato com contaminantes.

- Conclusões

O rastreamento remoto das aves marinhas que utilizam a foz do Rio Doce e adjacências indica uma continuidade no uso da região, dependendo da escala espacial que o fenômeno é observado. O segundo relatório de monitoramento, indica que as aves marinhas podem permanecer utilizando o espaço e os recursos alimentares na foz do Rio Doce e adjacências, sendo potencialmente influenciadas diretamente pelo rompimento da barragem de Fundão.

De modo geral, o cenário observado, após dois anos de monitoramento, sugere que os rejeitos não inviabilizaram, por completo, a alimentação nas adjacências da foz do Rio Doce, o que pode ter um efeito ainda mais grave sobre as espécies de aves marinhas e costeiras que utilizam a região, pois o uso continuado de uma área contaminada pode causar efeitos deletérios em médio prazo, especialmente em espécies ameaçadas de extinção que permanecem o ano inteiro na região, como é o caso de *Phaethon aethereus*, que nidifica em Abrolhos, por exemplo.

Para *Pterodroma arminjoniana* as análises dos dados de rastreamento remoto, de modo comparativo entre pré e pós-rompimento, não apresentaram diferenças no uso das áreas, inclusive no período pré-incubatório, no qual a espécie se aproxima das adjacências da foz do Rio Doce. No entanto, o período pós-rompimento da barragem refere-se a somente **três indivíduos rastreados**, uma vez que os aparelhos são colocados em um ano e retirados no ano seguinte, após completarem a migração para o Atlântico Norte. Há necessidade de ampliar o número de aves desta espécie rastreadas para uma comparação mais robusta de dados pré e pós rompimento, além da necessidade de obtenção de dados de rastreamento com maior precisão para esta espécie em relação ao uso da foz do Rio Doce no período que imediatamente antecede sua reprodução.

Para *T. chlororhynchos*, os dados de rastreamento por satélite antes do rompimento da barragem demonstram que as aves se reproduzem no Arquipélago de Tristão da Cunha, o qual se localiza a 3300 km da foz do Rio Doce. Durante o período reprodutivo, os indivíduos rastreados utilizaram uma ampla área da costa brasileira para alimentação, cobrindo toda a região sul e boa parte da região sudeste. Os dez indivíduos rastreados pós-rompimento foram em sua maioria juvenis que permaneceram na região sudeste e, em seguida, sete deles se deslocaram para o arquipélago de Tristão da Cunha, enquanto os outros três permaneceram utilizando a costa do estado do Espírito Santo e norte do Rio de Janeiro, sobre ampla área da plataforma continental.

Em suma, entende-se que animais que historicamente exploraram uma região produtiva, como a foz do Rio Doce e suas adjacências, podem não apresentar alterações no uso do espaço e dos recursos alimentares em curto prazo após uma alteração antrópica, especialmente se a alteração não causou a total indisponibilidade de alimento. Desse modo, o esperado é que não haja uma abrupta alteração em larga escala nas áreas utilizadas para alimentação, o que em um cenário de contaminação, configura uma armadilha ecológica para as aves marinhas.

Demografia e Reprodução

- Aderência ao TR 4 e Plano de Trabalho da RRDM

O Plano de Trabalho apresentado pela RRDM acrescentou o Objetivo: **Monitorar a diversidade genética, estrutura populacional e história demográfica das populações de espécies de aves marinhas selecionadas, com foco nas que se reproduzem em Abrolhos, ameaçadas de extinção e/ou com forrageamento costeiro.** Esse objetivo constava no TR4 apenas para o grupo dos cetáceos e tartarugas marinhas, como esta também é uma clara necessidade para o grupo das Aves, consideramos pertinente e necessária esta inclusão e ressaltamos que a análise das espécies que nidificam em Abrolhos justifica-se uma vez que seu sucesso reprodutivo, tamanhos populacionais e fenologia podem ser impactados pelo rompimento da barragem de Fundão. Para a revisão do TR4, recomendamos a continuidade deste importante monitoramento intensivo no Parque Nacional Marinho dos Abrolhos para a apresentação dos resultados necessários para a avaliação de eventuais impactos do rompimento da barragem nas Aves, com a inclusão e intensificação do monitoramento das colônias reprodutivas de *Sterna hirundinacea* que possam potencialmente estar sendo afetadas. Especialmente considerando o baixo número de ninhos ativos registrados para a espécie no primeiro relatório anual e nenhum ninho monitorado reportado para o segundo relatório.

Destaca-se que parte dos dados do monitoramento reprodutivo foram repassados a equipe de pesquisadores do subprojeto pelo Parque Nacional Marinho dos Abrolhos/ ICMBio, o qual coordena em parceria com o CEMAVE o “Monitoramento das Aves Marinhas no Parque Nacional Marinho dos Abrolhos”. Uma vez que a necessidade de monitoramento contínuo das informações é importante, e que já vem sendo executado, é importante verificar mecanismos de fortalecer o programa em questão, minimizando os impactos do manuseio excessivo e interferências em ninhais de aves marinhas, mantendo o programa de monitoramento com a parceria formal para repasse de dados e apoio técnico, logístico e de equipamentos.

- Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados

Em relação ao tamanho populacional das aves que nidificam no arquipélago dos Abrolhos, com base na contagem de ninhos ativos obtidos semestralmente em expedições do ICMBio, como parte do “Programa de Monitoramento das Aves Marinhas do Parque Nacional dos Abrolhos”, a população de adultos reprodutores de *S. leucogaster* vinha se mantendo estável entre 500 e 700 aves, até 2019, quando redução populacional foi observada. Já o tamanho populacional atual de *P. aethereus* vem se mantendo estável em torno de 700 indivíduos. As contagens estimaram 696 indivíduos em 2018 e 646 em 2019. As informações foram disponibilizadas em material suplementar e dados para 2020 não foram apresentados (A6MAS1, item 2.2.1). No arquipélago dos Abrolhos, *P. lepturus* vem sendo registrada reproduzindo em dois ninhos na ilha Santa Bárbara, enquanto as outras duas espécies (*P. aethereus* e *S. leucogaster*) ocorrem também nas outras ilhas (Siriba, Redonda e Sueste).

Ressaltamos que não foram apresentadas novas informações sobre nidificação de *Sterna hirundinacea* no segundo relatório anual e o mesmo menciona que a única expedição realizada pela equipe, em julho de 2019, identificou apenas dois ninhos ativos da espécie, contabilizando um ovo e um filhote. Esses resultados já haviam sido apresentados no primeiro relatório anual e o segundo traz uma comparação com dados pretéritos.

Em relação ao sucesso reprodutivo, a equipe da RRDM, a partir de dezembro de 2018 monitorou, quinzenalmente, em parceria com o ICMBio como parte do “Programa de Monitoramento das Aves Marinhas do Parque Nacional dos Abrolhos”, 48 ninhos de *P. aethereus*, um ninho de *P. lepturus* e os ninhos ativos encontrados de *S. leucogaster* na ilha Santa Bárbara, a fim de acompanhar o sucesso reprodutivo das espécies. Dados obtidos para a fenologia reprodutiva de *S. leucogaster* demonstraram que a reprodução da espécie na ilha

Santa Bárbara vai de abril a julho, com a postura tendo seu pico em maio, com filhotes nascendo entre junho e julho e atingindo a idade de voo em outubro. Para *P. aethereus*, o estudo da fenologia reprodutiva mostrou que a população na ilha Santa Bárbara, a maior do arquipélago, tem seu pico reprodutivo nos meses de dezembro e janeiro, quando ocorre a maior postura. No entanto, ocorrem posturas ao longo de todo o ano, o que pode estar relacionado à novas posturas de casais que não tiveram sucesso ou novos casais iniciando seu ciclo reprodutivo.

Além disso, graças a pesquisas anteriores realizadas por um dos membros da equipe, utilizando o anilhamento e a marcação dos ninhos, foi possível analisar a sobrevivência, fidelidade ao ninho e ao parceiro reprodutivo em 503 ninhos de *P. aethereus* no arquipélago de Abrolhos. Dados de sobrevivência apontados no segundo relatório anual mostram dois adultos que se reproduziram pelo menos durante 30 anos (entre 1967 e 1997), uma ave que se reproduziu há pelo menos 8 anos (12159), 3 aves há pelo menos 7 anos (13064, 12518, 13239) e 2 aves há pelo menos 6 anos (13098, 12236). Além disso, na referida análise verificou-se também que 89 ninhos foram utilizados mais de uma vez, em anos distintos, pelo mesmo casal demonstrando alta fidelidade ao ninho. Por outro lado, a fidelidade ao parceiro foi muito baixa com apenas 6 casais mantendo-se juntos em temporadas reprodutivas distintas.

Na avaliação do sucesso de eclosão na população reprodutiva de *S. leucogaster* a partir de dados obtidos mensalmente pela equipe entre dezembro de 2018 e fevereiro de 2020 verificou-se que foram postos 60 ovos, dos quais 37 eclodiram, resultando em uma taxa de eclosão de 62%. Para *P. aethereus*, na avaliação do sucesso de eclosão na população reprodutiva a partir de dados obtidos mensalmente pela equipe entre dezembro de 2018 e março de 2020 verificou-se que foram postos 104 ovos, dos quais somente 23 eclodiram, portanto, com taxa de eclosão de 22%. Na avaliação do sucesso reprodutivo na população reprodutiva de *S. leucogaster* a partir de dados obtidos mensalmente pela equipe entre dezembro de 2018 e fevereiro de 2020 verifica-se que nasceram 37 filhotes, dos quais 33 deixaram o ninho, resultando em taxa de sucesso reprodutivo de 89%. Para *P. aethereus*, a partir de dados obtidos mensalmente pela equipe entre dezembro de 2018 e março de 2020, verificou-se que nasceram 23 filhotes, dos quais 14 deixaram o ninho, o que corresponde a uma taxa de sucesso reprodutivo de 61%. Esses dados foram compartilhados no Material Suplementar A6MAS1, item 2.2.2.

- Encaminhamentos

Enfatizamos a pequena quantidade de ninhos ativos de *Sterna hirundinacea* que puderam ser localizados ao longo dos dois primeiros anos do monitoramento, o que pode representar um alerta para a espécie no estado do Espírito Santo, refletindo no mínimo a necessidade de intensificar o monitoramento desta ave na região. Apesar disso, no segundo relatório anual não são mencionados esforços de campo para o monitoramento e busca de ninhos da espécie para o ano de 2020, provavelmente em decorrência de restrições de viagem e acesso às ilhas por conta da pandemia COVID-19. Como encaminhamento, sugerimos que sejam intensificados os esforços para o monitoramento reprodutivo da espécie na região. Especialmente porque constata-se que a espécie permanece alimentando-se e utilizando a área diretamente afetada pelo rompimento da barragem de Fundão.

Conforme mencionado na análise do primeiro relatório anual, para a revisão do TR4, deveriam ser melhor explicitadas quais variáveis devem ser incluídas no monitoramento reprodutivo em execução no Arquipélago dos Abrolhos, a fim de que seja permitida uma avaliação dos efeitos dos metais provenientes da barragem de Fundão com interferência na saúde e no sucesso reprodutivo das aves marinhas.

- Conclusões

É importante ressaltar que 74% das espécies registradas na foz do Rio Doce, em áreas costeiras e oceânicas adjacentes, possuem algum grau de ameaça e/ou suas populações estão em declínio globalmente. Os resultados do presente monitoramento reforçam a importância da região para a conservação de aves marinhas e costeiras, sejam migratórias ou residentes com reprodução no entorno da foz do Rio Doce.

Para *Sterna hirundinacea*, espécie ameaçada nacionalmente, o cenário sendo observado ao longo do período de monitoramento demonstrou situação alarmante para a espécie. Não foi possível construir a fenologia reprodutiva de *S. hirundinacea* devido à dificuldade na coleta de dados decorrente da pequena quantidade de ninhos ativos encontrados pela equipe nas colônias no Espírito Santo, um dos principais locais conhecidos de reprodução da espécie no país.

Embora não estivesse no Plano de Trabalho a previsão de acompanhamento regular de colônias de *S. hirundinacea* para estimativa de parâmetros reprodutivos, o cenário observado no primeiro ano do monitoramento ressalta a importância de que maior atenção seja dada para essa espécie e os esforços para suas contagens nas colônias incrementados. Os baixos números encontrados podem ser advindos de questões sazonais, climáticas ou mesmo metodológicas, mas também podem ser decorrentes do cenário gerado pelo rompimento da barragem de Fundão. As altas concentrações de Sternidae observadas na foz do Rio Doce no emprego das diversas metodologias de monitoramento (desde dronemonitoramento, a sobrevoo tripulado e censos) corroboram com o uso intensivo por parte deste grupo na área imediatamente afetada, sendo que as aves estão provavelmente tendo acesso a contaminantes através de sua dieta. Essas aves predam pequenos peixes na

superfície do mar e descansam em bancos de areia adjacentes (BUGONI et al., 2005), o que sugere que estão se alimentando na área contaminada. Desta forma, o monitoramento destas populações deve ser considerado como de grande prioridade.

É necessário destacar que os dados pretéritos não possibilitam a geração de tendências robustas sobre a dinâmica populacional nas áreas para nenhuma das espécies monitoradas, por terem sido obtidos de forma pontual e não padronizada antes do rompimento da barragem (conforme Mancini et al. 2016). Os dados atuais de tamanho populacional de *Sula leucogaster* analisados no relatório revelaram números menores que a população total estimada antes do evento ocorrido em Mariana. Para *Phaethon aethereus*, as contagens realizadas de forma padronizada desde outubro de 2017, nos picos reprodutivos da espécie, incluindo o monitoramento regular de uma parcela de ninhos, permitiram a comparação de série temporal mais longa demonstrando uma tendência aparente de manutenção da população. Uma vez que a mensuração de eventuais impactos do rompimento da barragem no sucesso reprodutivo destas espécies requer escala temporal mais ampla, a continuidade dos trabalhos de monitoramento reprodutivo padronizado nos próximos anos torna-se de fundamental importância para a definição de tendências das populações no arquipélago e verificação de indícios de existência ou ausência de impactos sobre as populações. O monitoramento reprodutivo permite ainda acesso a amostras biológicas de adultos e filhotes para análises genéticas, de ecologia trófica (isótopos estáveis), de contaminantes, saúde e apoia o trabalho de rastreamento – que requer informações de estágio reprodutivo e atividade dos ninhos.

Considerando o baixo sucesso reprodutivo nas colônias de aves marinhas do arquipélago dos Abrolhos, sugerimos novamente que na continuidade do monitoramento sejam aprofundados os métodos para avaliação de causas de mortalidade e insucesso reprodutivo (ex. predação, condições climáticas extremas, patógenos, pisoteamento pelas cabras presentes na ilha Santa Bárbara, entre outros fatores). **Considerando que as aves marinhas que nidificam em Abrolhos utilizam a região durante todo o ano** conclui-se que eventuais contaminações nos adultos, em especial nas fêmeas que sintetizam os ovos, e no alimento repassado aos filhotes, poderão ter efeitos no sucesso reprodutivo, detectáveis ao longo do tempo. A alta toxicidade dos metais pode resultar em afinamento da casca dos ovos, baixa taxa reprodutiva, redução espermiática, danos ao sistema imune, reduzido crescimento/peso dos filhotes e desenvolvimento de malformações, os quais por sua vez, podem ocasionar declínio nas populações de aves. Essas variáveis, que podem ser afetadas por metais, (ex.: espessura da casca do ovo, fecundidade dos adultos) não foram avaliadas no projeto até o momento, mas modificariam as taxas de eclosão e sucesso reprodutivo sendo monitoradas.

Encalhes de aves nas praias

- Aderência ao TR 4 e Plano de Trabalho da RRDM

Elaborado em atendimento aos objetivos 1 e 2 do TR (Anexo 6), o relatório traz resultados que estavam previstos para atendimento ao TR4 e Plano de Trabalho, contudo a não comparação com dados públicos pretéritos leva à conclusão de que foi **Parcialmente Atendido**. De qualquer forma, mesmo utilizando apenas dados disponíveis no SIMBA, no relatório fica clara a necessidade de período maior de execução para a obtenção de informações sobre o tema e análise robusta dos dados quanto à sazonalidade.

- Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados

Entre setembro de 2017 e junho de 2020 foram encontradas 301 aves encalhadas ao longo do litoral do Estado do Espírito Santo (179 vivas e 123 mortas), incluindo 36 espécies pertencentes a 6 ordens e 15 famílias. Dentre as espécies registradas, duas encontram-se ameaçadas de extinção em nível global e nacional (*Thalassarche chlororhynchos* e *Procellaria aequinoctialis*), e duas espécies ameaçadas em nível nacional apenas (*Phaethon aethereus* e *Thalasseus maximus*). Ressaltando que entre as espécies acima mencionadas, *P. aethereus* é registrada na região ao longo de todo o ano.

Em relação aos encalhes de aves marinhas nas adjacências da Foz do Rio Doce, a composição da assembleia de aves reportadas para o período pelo PMP reflete a avifauna marinho costeira que normalmente utiliza a costa brasileira para reprodução, alimentação e descanso, com espécies residentes e migratórias do sul e do norte. Entre elas, estão espécies residentes, como *F. magnificens*, *S. leucogaster* e *L. dominicanus*, e também migratórias transequatoriais, como *C. alba*, *A. interpres*, *P. puffinus*, e *S. hirundo*. Uma vez que foram usados dados do SIMBA, o relatório ressalta que não foi possível realizar uma comparação entre antes e depois do rompimento, pois não há dados disponíveis no sistema do PMP referentes ao período pré rompimento. Contudo, o PMP - BC/ES é realizado desde 2010 e seus relatórios anuais devem ser entregues ao IBAMA, assim como os dados brutos apresentados. São dados públicos que poderiam ter sido solicitados pelos responsáveis pela execução do PMBA e permitiriam comparações antes e após o rompimento.

- Encaminhamentos

Para plena aderência ao TR4 e respectivo plano de trabalho, o encaminhamento proposto trata da necessária comparação com dados pretéritos que poderiam ser obtidos em relatórios do PMP - BC/ES submetidos ao IBAMA desde 2010, que são documentos públicos, assim como os dados brutos associados.

- Conclusões

A totalidade das aves registradas nos monitoramentos deste subprojeto são predadoras em teias tróficas dos ecossistemas dos rios, estuários, águas costeiras e oceânicas. Assim, essas aves são sujeitas aos efeitos da biomagnificação de componentes tóxicos presentes no meio aquático através da cadeia alimentar. O monitoramento da assembleia de aves marinhas e aquáticas em longo prazo é ferramenta importante para inferência da qualidade ambiental, uma vez que esses animais são sentinelas da saúde dos ecossistemas. Dados pretéritos de monitoramento de praia no âmbito do PMP - BC/ES são públicos (relatórios apresentados ao IBAMA e dados brutos associados) e devem ser melhor aproveitados para as necessárias comparações nesse tópico. Comparações principalmente quantitativas, no que se refere aos enalhes nas praias e a presença das aves dos ambientes costeiros e estuarinos do Espírito Santo. Esses dados são relevantes e servirão como base para comparações em longo prazo de efeitos advindos do rompimento da barragem de Fundão.

Contagens de aves na foz do Rio Doce e adjacências - Mar

- Aderência ao TR 4 e Plano de Trabalho da RRDM

Elaborado em atendimento aos objetivos 1 e 2 do TR (Anexo 6), o relatório traz resultados que estavam previstos para atendimento ao TR4 e Plano de Trabalho quanto às contagens das aves marinhas no mar. No relatório fica clara a necessidade de período maior para a obtenção de informações sobre o tema e análise robusta dos dados quanto à sazonalidade. A totalidade das aves registradas nos monitoramentos deste subprojeto são predadoras em teias tróficas dos ecossistemas dos rios, estuários, águas costeiras e oceânicas. Assim, essas aves são sujeitas aos efeitos da biomagnificação de componentes tóxicos presentes no meio aquático através da cadeia alimentar. O monitoramento da assembleia de aves marinhas e aquáticas em longo prazo é ferramenta importante para inferência da qualidade ambiental, uma vez que esses animais são sentinelas da saúde dos ecossistemas. Assim, dada a escassez de dados pretéritos, principalmente quantitativos, no que se refere à abundância das aves no mar, os dados obtidos até o momento são relevantes e servirão como base para comparações em longo prazo.

- Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados

O monitoramento ambiental de aves marinhas associadas à foz do Rio Doce referente a este subprojeto incluiu a realização mensal de censos contínuos e instantâneos utilizando embarcações. Foram percorridas de duas a três transecções de 200 km perpendiculares à costa nos censos embarcados. As transecções foram paralelas latitudinalmente e posicionaram-se a 42 km de distância entre elas. No total, sete transecções compuseram o desenho amostral total, cobrindo uma área aproximada de 50.400 km². Uma das transecções foi alinhada à Foz do Rio Doce, quatro transecções estavam ao norte e duas transecções ao sul da Foz do Rio Doce. No ano 1, foram registradas 27 espécies de aves marinhas pertencentes a 7 famílias. No ano 2, foram registradas 11 espécies, todas previamente registradas no ano 1. Do total de 27 espécies registradas nos dois anos de coleta, 9 são consideradas residentes no Brasil, 12 espécies são migrantes do Hemisfério Sul, enquanto 6 são migrantes do Hemisfério Norte. Do total de espécies registradas, 5 são classificadas como ameaçadas em nível global, sendo 4 destas também ameaçadas em nível nacional, além de outras 4 espécies ameaçadas em nível nacional apenas.

A riqueza e frequência de ocorrência das espécies variaram espacialmente (entre as transecções) e temporalmente (entre as estações do ano) na área amostrada, sendo o outono e o inverno as estações com maior riqueza registrada. No ano 1, observa-se que a maior densidade de aves está ao redor do Arquipélago de Abrolhos. Já no ano 2, observa-se que a maior densidade de aves está próxima à foz do Rio Doce e no início da transecção TN4. No ano 1, aves da família Sternidae foram observadas em altas densidades próximas ao Arquipélago de Abrolhos. No entanto, no ano 2 as maiores densidades foram observadas na foz do Rio Doce. Aves da família Sulidae foram observadas em altas densidades, próximo ao Arquipélago de Abrolhos nos anos 1 e 2.

- Encaminhamentos

Uma vez que não foram identificadas não-conformidades com relação a aderência ao TR4 e respectivo plano de trabalho, o único encaminhamento proposto trata da necessária continuidade do monitoramento incluindo também o presente subprojeto.

- Conclusões

A frequência de ocorrência de aves marinhas variou espacialmente (entre as transecções) e temporalmente (entre as estações do ano). A composição de espécies de aves marinhas ao longo da área amostrada por censos no mar é semelhante àquela já descrita na área ou em áreas próximas (Coelho et al. 1990, Pacheco & Bauer 2001, Efe 2004, Passamani & Mendes 2007). Contudo, além das espécies registradas durante as transecções, outras 21 espécies de aves marinhas já foram registradas em estudos pretéritos na área de estudo e águas adjacentes (incluindo porções do Rio de Janeiro e Bahia). O inverno foi a estação do ano com maior frequência de registros de aves. As espécies *S. dactylatra*, *Puffinus gravis* e *Fregata magnificens* tiveram frequência mais elevada. Além disso, *S. dactylatra*, *F. magnificens*, *Puffinus puffinus*, *S. leucogaster* e *Oceanites oceanicus* foram registradas em todas as transecções, e em todas as estações do ano.

A transecção posicionada junto à Foz do Rio Doce demonstrou a presença e abundância de aves marinhas ao longo do ano. Sendo uma área diretamente afetada pela pluma do Rio Doce, observa-se que resíduos tóxicos oriundos do rompimento da barragem de Fundão provavelmente estão sendo incorporados à cadeia trófica da região e os impactos nas aves (topos de cadeia) devem ser monitorados. Quanto à elevada concentração de aves em relação à transecção imediata ao limite sul do Parque Nacional Marinho de Abrolhos, há evidências que indicam que a pluma de resíduos, proveniente do rompimento da barragem atingiram a região (Sánchez et al. 2018). Além disso, os registros de aves mais elevados ocorrem no outono, quando é observada a dispersão da pluma do Rio Doce sobre o Banco de Abrolhos.

Os dados de rastreamento remoto de *P. aethereus* e *S. leucogaster* foram congruentes com os dados de contagens no mar e de encalhes (em especial pelo alto número de óbitos de *S. leucogaster*), mas também pelos diversos registros destas duas espécies realizados a bordo. Os resultados confirmaram que a área sob influência da pluma, tanto próximo à Foz do Rio Doce quanto em outras áreas adjacentes, é ocupada pelas aves que reproduzem em Abrolhos, presentes o ano todo na região, além de espécies migratórias oriundas de outras regiões.

Conclui-se por fim que os resultados combinados dos monitoramentos na costa e no mar apresentados demonstraram maior uso pelas aves na área próxima à Foz do Rio Doce. As aves, em geral, estão concentrando-se nas áreas mais afetadas pelos resíduos do rompimento da barragem e utilizam essas áreas para alimentação. As águas da região amostrada são em grande maioria oligotróficas, desta forma, o aporte de rios, como o Rio Doce, são uma importante contribuição para o aumento de produção primária nessas águas, o que atrai o grupo das aves marinhas. Na ausência de dados pretéritos, monitoramentos de médio e longo prazo poderão descrever melhor estes padrões sazonais de ocorrência e as variações entre os anos relacionadas a fatores ambientais e de eventuais interferências procedentes do evento de rompimento da barragem. Além das estações do ano, devem ser mantidas as amostragens notadamente em períodos que permitam a avaliação do desempenho reprodutivo das populações afetadas, para que aspectos crônicos possam ser avaliados.

Contagens de aves na foz do Rio Doce e adjacências - Costa

- Aderência ao TR 4 e Plano de Trabalho da RRDM

Elaborado em atendimento aos objetivos 1 e 2 do TR (Anexo 6), o relatório traz resultados que estavam previstos para atendimento ao TR4 e Plano de Trabalho quanto às contagens das aves marinhas ao longo da costa. No relatório fica clara a necessidade de período maior para a obtenção de informações sobre o tema e análise robusta dos dados quanto à sazonalidade. A totalidade das aves registradas nos monitoramentos deste subprojeto são predadoras em teias tróficas dos ecossistemas dos rios, estuários, águas costeiras e oceânicas. Assim, essas aves são sujeitas aos efeitos da biomagnificação de componentes tóxicos presentes no meio aquático através da cadeia alimentar.

- Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados

Ao longo dos 17 meses de amostragem para o monitoramento costeiro das aves aquáticas (outubro de 2018 a fevereiro de 2020) foram registradas 39 espécies de aves aquáticas, pertencentes a 14 famílias e 6 ordens, utilizando a foz do Rio Doce e a costa adjacente, sendo 35 e 27 o número de espécies registradas no Ano 1 (outubro de 2018 a setembro de 2019) e Ano 2 (outubro de 2019 e fevereiro de 2020), respectivamente. Deste total, 25 são residentes e 14 são espécies migratórias neárticas, as quais se reproduzem no Hemisfério Norte e invernam no Hemisfério Sul.

A maior abundância e riqueza na assembleia de aves aquáticas ocorreu **nos setores junto a foz do Rio Doce**. As espécies mais abundantes são da Família Sternidae, cuja área de forrageio principal são as águas costeiras e os estuários, englobando espécies migratórias, mas também que reproduzem nas ilhas costeiras do Espírito Santo.

Dentre as 39 espécies de aves aquáticas registradas no total do período, quatro estão classificadas como ameaçadas em nível nacional (Portaria MMA 444/2014), sendo duas classificadas como 'Em Perigo' (*Thalasseus maximus* e *Calidris pusilla*) e duas como 'Vulnerável' (*Sterna hirundinacea* e *S. dougallii*), além de duas espécies classificadas como 'Quase Ameaçada' (*Haematopus palliatus* e *Arenaria interpres*).

As maiores concentrações de aves aquáticas ocorreram nos transectos de Povoação e Regência durante os meses de novembro e dezembro de 2018 e estão principalmente relacionadas à presença de *S. hirundo*, espécie migratória oriunda do Hemisfério Norte, onde reproduz-se nos meses de junho e julho. A ocorrência da espécie foi marcadamente sazonal, de novembro de 2018 a fevereiro de 2019, caracterizando o local como área de passagem da espécie, ao longo de sua rota migratória. Por sua vez, o ameaçado *Thalasseus maximus* apresentou frequência de ocorrência esporádica (27,8%), ocorrendo em todos os setores de costa, e apenas não foi registrado durante as campanhas de novembro e dezembro de 2018 e agosto de 2019. O número total de registros foi de 62 indivíduos, com a variação de 1 a 28 indivíduos registrados por campanha, frequentemente formando bandos mistos com o *T. acufavidus*. Na categoria Vulnerável encontram-se *Sterna dougallii* com apenas um registro ocasional em novembro de 2018, quando um indivíduo foi identificado em bandos mistos e *S. hirundinacea*, registrado em outubro de 2018 nos setores de Pontal do Ipiranga e Povoação e em junho em Piraquê-açu.

A concentração das assembleias de aves aquáticas na foz do Rio Doce se deve principalmente a oferta de local protegido para repouso e alimentação. Mais especificamente, é o principal local de repouso para as aves da família Sternidae, que correspondem a mais de 70% dos registros totais do relatório.

- Encaminhamentos

Uma vez que não foram identificadas não-conformidades com relação a aderência ao TR4 e respectivo plano de trabalho, o único encaminhamento proposto trata da necessária continuidade do monitoramento incluindo também o presente subprojeto.

- Conclusões

A maior abundância e riqueza na assembleia de aves aquáticas ocorreu nos setores junto a foz do Rio Doce. As espécies mais abundantes são da Família Sternidae, cuja área de forrageio principal são as águas costeiras e os estuários, englobando espécies migratórias, mas também que reproduzem nas ilhas costeiras do Espírito Santo.

A contaminação das áreas de alimentação, sem tornar indisponíveis as presas, pode representar uma contaminação crônica dos predadores, como as aves. Em suma, todas as espécies de aves marinhas que utilizam a foz do Rio Doce e adjacências para alimentação podem estar sujeitas a uma armadilha evolutiva, ao estarem explorando uma área de baixa qualidade com contaminantes que podem gerar inúmeras disfunções metabólicas e comprometer a persistência de suas populações em médio prazo.

O monitoramento da assembleia de aves marinhas e aquáticas em longo prazo é ferramenta importante para inferência da qualidade ambiental, uma vez que esses animais são sentinelas da saúde dos ecossistemas. Assim, dada a escassez de dados pretéritos, principalmente quantitativos, no que se refere aos encalhes nas praias e a presença das aves dos ambientes costeiros e estuarinos do Espírito Santo, bem como da abundância das aves no mar, os dados obtidos até o momento são relevantes e servirão como base para comparações em longo prazo.

Conclusão Geral para Aves

Pelos resultados dos relatórios apresentados até o momento entende-se que as aves marinhas fornecem indicadores ecológicos úteis para compreender os impactos do rompimento da Barragem de Fundão nos diferentes ambientes que utilizam (ex. ambiente insular emerso de UCs para nidificação e áreas costeiras e marinhas para alimentação), incluindo a foz do Rio Doce. Neste contexto, os táxons eleitos para o monitoramento de aves marinhas devem ser mantidos, bem como ampliados os esforços para *Sterna hirundinacea*, devido aos resultados críticos encontrados para a espécie. De modo geral, avaliou-se que as metodologias empregadas já puderam demonstrar a redução na concentração dos elementos essenciais e o aumento dos elementos não essenciais nas aves, o que esteve alinhado com parâmetros hematológicos e sanitários, bem como a padrões de uso de áreas de alimentação observadas pelo rastreamento, ao menor sucesso reprodutivo para *Phaethon aethereus*, e à redução na diversidade genética nas duas espécies de aves marinhas dos Abrolhos.

Para a análise do uso da área afetada, em dois anos de monitoramento foi possível observar que algumas aves marinhas que nidificam na região permanecem alimentando-se em áreas potencialmente contaminadas. Efeitos sazonais importantes na distribuição das espécies devem ser devidamente elucidados e, portanto, é crucial a continuidade e ampliação do esforço de rastreamento e a continuidade do monitoramento para serem separados de potenciais efeitos oriundos do rompimento da barragem.

Ressaltamos que o arquipélago dos Abrolhos abriga sete espécies de aves marinhas que se reproduzem em suas ilhas, contudo, o local se destaca principalmente por abrigar a maior colônia no Brasil de uma espécie de ave marinha ameaçada de extinção, o rabo-de-palha (*Phaethon aethereus*), havendo cerca de 700 indivíduos nessa população mais ao sul do Atlântico (ICMBio 2018). *Phaethon aethereus* nidificam **o ano inteiro** no arquipélago dos Abrolhos e alimentam-se fora da área protegida pelo Parque Nacional, a quilômetros de distância das ilhas. Ao analisar os relatórios do PMBA está claro que é através do rastreamento que se torna possível compreender se as aves ameaçadas dos Abrolhos continuam alimentando-se em área contaminada, sendo que as áreas estão sofrendo novos pulsos de contaminação a cada temporada de chuvas e a cada evento oceanográfico e meteorológico extremo. Já os efeitos sobre os indivíduos (saúde, comportamento de forrageio, etc.) e populacionais (sucesso reprodutivo, tamanho populacional, genética populacional), tendem a ser afetados e piorar os parâmetros ao longo do tempo, já que se trata de um impacto crônico sobre animais de vida longa. Para espécies ameaçadas isso é muito sério, lembrando que manter apenas espécies costeiras de aves no monitoramento não vai demonstrar como as aves marinhas ameaçadas estão sendo afetadas de fato e não vai permitir a compreensão da origem de impactos identificados em médio/longo prazo.

Pelos resultados apresentados pelo monitoramento do PMBA, destaca-se por fim que os rejeitos não inviabilizaram por completo a alimentação nas adjacências da foz do Rio Doce, o que pode ter um efeito ainda mais grave sobre as espécies de aves que utilizam a região, pois o uso continuado de uma área contaminada pode causar efeitos deletérios em médio prazo, especialmente em espécies K-estrategistas e ameaçadas de extinção.

TARTARUGAS MARINHAS

O relatório em análise apresenta os dados relativos ao Ano 1 (outubro de 2018 a setembro de 2019) e ao período de transição (PT: outubro de 2019 a setembro de 2020) de monitoramento da saúde e genética das tartarugas marinhas.

De maneira geral o relatório está bem escrito, as discussões, conclusões e recomendações estão claras. O uso de gráficos, tabelas, mapas e imagens e demais anexos são fundamentais para o entendimento mais completo do trabalho executado, bem explorados no relatório e no Material Suplementar A6MTS1. Ressalta-se, contudo, que a apresentação de diversos anexos (material suplementar) tornou a análise trabalhosa.

A metodologia e o trabalho em campo foram relatados no produto A6MTS2, com descrição de algumas adaptações ao escopo metodológico previsto inicialmente (Ano 1) e detalhamento das metodologias da análise de genética e saúde, conforme recomendado na Nota Técnica nº 15/2020/CTBio/DIBIO/GABIN (SEI/ICMBio 7653770), de avaliação do relatório anual 2019 – PMBA/Fest-RRDM.

Genética

- Aderência ao TR 4 e Plano de Trabalho da RRDM

Elaborado em atendimento ao objetivo 5 do TR 4 (Anexo 6). **Parcialmente atendido.** Neste TR, prevê-se a coleta de material biológico para análises futuras, provenientes de tartarugas encalhadas nas praias do litoral norte capixaba.

Com relação a esta análise, a RRDM informa, no documento “RESPOSTAS À NOTA TÉCNICA SEI/ICMBio – 7653770 DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ANUAL 2019 – PMBA/Fest-RRDM”, que não foi possível utilização de amostras de tecidos provenientes de animais encalhados, uma vez que não foi estabelecido acordo de cooperação entre a Fundação Renova e a Petrobrás para uso das mesmas. Assim, é preciso que haja algum esclarecimento acerca desta questão por parte da Renova, uma vez que para os dados de desovas e encalhes há compartilhamento das informações entre as instituições executoras, assim como no trabalho de campo. Reuniões foram feitas entre Petrobras e Renova, com participação inicial e estimulada por este Centro. Porém, não temos mais informações dos desdobramentos.

- Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados

Até o momento, o monitoramento das populações de tartarugas marinhas contemplou duas temporadas reprodutivas para *C. caretta* e *D. coriacea* (Outubro de 2018 a Março de 2019 e Outubro de 2019 a Março de

2020) e foram realizadas cinco campanhas em área de alimentação para *C. mydas*.

Para o Período de Transição, foram coletadas 163 amostras, sendo 92 de *C. caretta*, 57 de *C. mydas* e 14 de *D. coriacea*, das quais 100% tiveram seu DNA genômico extraído, 89,5% tiveram a região controle do mtDNA sequenciado e 100% foram genotipadas com marcadores de regiões de microssatélites.

De acordo com o relatório, a partir dos dados mitocondriais, não houve evidências de expansão ou retração populacional. Mas, a partir dos dados de microssatélites, foram detectados gargalos populacionais recentes para *C. caretta* no Ano1, *C. mydas* no Ano1, e *D. coriacea* para os períodos Pré-desastre, e Ano1, que, segundo o relatório, evidenciam possíveis flutuações no tamanho populacional, prejudiciais a resiliência das espécies a longo prazo.

Ficam claros problemas gerados pelo baixo N amostral ou pelo N diferente entre os períodos, que poderiam ser melhor discutidos apontando soluções metodológicas, assim como é apontada a inclusão de natimortos nas análises de *D. coriacea* conforme solicitado pela Nota Técnica nº 15/2020/CTBio/DIBIO/GABIN, e que se mostrou extremamente comprometedor para análises genéticas e de contaminação.

Assim, as análises genéticas continuam sendo comprometidas com o baixo N amostral, prejudicando atingir o objetivo de identificação dos impactos nestes parâmetros com confiabilidade.

Com relação a esta dificuldade, a RRDM informa, no documento “RESPOSTAS À NOTA TÉCNICA SEI/ICMBio – 7653770 DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ANUAL 2019 – PMBA/Fest-RRDM”, que logisticamente não foi possível ampliar o monitoramento de forma a abranger toda a extensão da área de desova de *D. coriacea* devido à baixa frequência de ocorrência fora da área index determinada pela Fundação Projeto TAMAR. Além disso, ressalta não ser possível utilização de amostras de tecidos provenientes de animais encalhados, uma vez que não foi estabelecido acordo de cooperação entre a Fundação Renova e a Petrobrás para uso das mesmas.

É importante que o acúmulo de incertezas no final do monitoramento não conduza a afirmações e interpretações equivocadas. Portanto, sugere-se que continue sendo feito esforço amostral nos próximos anos, sem, contudo, incluir natimortos nas análises de *D. coriacea* conforme solicitado pela Nota Técnica nº 15/2020/CTBio/DIBIO/GABIN, uma vez que não foram obtidos resultados positivos com essa inclusão. Além disso, deve-se deixar claro para o leitor as análises em que o N amostral baixo é pouco relevante ou irrelevante, evitando assim, incerteza generalizada do resultado das análises.

Resumidamente, o relatório conclui que “as populações de tartarugas marinhas avaliadas (*C. mydas*, *D. coriacea* e *C. caretta*) apresentam baixa diversidade genética independentemente do período ou local coletado, o que significa que são indivíduos com menor resiliência e capacidade de lidar com impactos antrópicos, como é o caso do rompimento da barragem de Fundão.

É destacada também a situação delicada da *D. coriacea*, que tem na Foz do Rio Doce a única localidade regular de desova no Brasil, apresentando os menores índices de diversidade para marcadores biparentais encontrados para a espécie na literatura.

O relatório ressalta que “os impactos na diversidade genética das espécies de tartarugas demonstram que, além do fato delas terem sofrido declínio populacional recente podem refletir em uma maior dificuldade em se manter geneticamente saudáveis para lidar com os efeitos recorrentes e a longo prazo impostos pelo rompimento da barragem de Fundão.”

- Encaminhamentos

Durante a continuidade do monitoramento, não utilizar natimortos nas análises de *D. coriacea* conforme solicitado pela Nota Técnica nº 15/2020/CTBio/DIBIO/GABIN, uma vez que não foram obtidos resultados positivos com essa inclusão.

Para os próximos relatórios, informar na discussão as análises em que o N amostral baixo é pouco relevante ou irrelevante, evitando assim, incerteza generalizada do resultado das análises.

Incluir as referências citadas no capítulo de Referências no final do Relatório do Ambiente Marinho para os próximos relatórios.

Sugere-se que seja feito encaminhamento formal da solicitação do material biológico à Petrobras. Neste caso, a Fundação Renova deve estabelecer acordo de cooperação ou outro instrumento análogo com a Petrobras, para utilização de amostras de tecidos provenientes de tartarugas marinhas encalhadas e registradas pelo PMP-BC/ES.

Saúde

- Aderência ao TR 4 e Plano de Trabalho da RRDM

Elaborado em atendimento ao objetivo 11 do TR (Anexo 6). **Parcialmente atendido.**

É informado que os resultados de concentrações de metais pesados e contaminantes orgânicos apresentados para as três espécies de tartarugas analisadas e o efeito na reprodução relativos ao Período de Transição (PT) serão apresentados posteriormente, tendo em vista que as análises dos contaminantes não foram concluídas pelo Anexo 1 a tempo e os dados reprodutivos ainda não haviam sido disponibilizados pela Fundação Projeto TAMAR. É destacado que os dados de metais e poluentes do PT serão disponibilizados na planilha de dados brutos.

Além disso, foi apresentada análise dos dados de contaminantes orgânicos nas amostras de plasma, carapaça, ovos, ovos não eclodidos e natimortos de tartarugas marinhas obtidas no Ano 1 e a relação com dados reprodutivos, que não haviam sido apresentados no primeiro relatório anual.

Destaca-se que o exame oftalmológico e análise histopatológica de lesões oculares nas tartarugas em desova foram incluídas no Período de Transição, apesar de não estar previsto no TR4, por não terem sido constatados pré-tragedia, em nenhum local de desovas monitorado até então.

- Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados

Chelonia mydas

Para a espécie foram realizados cerca de 50% do planejado (incluindo os trabalhos de campo e análises laboratoriais), devido a pandemia de COVID-19. As tartarugas da APA Costa das Algas mantiveram a maior prevalência de fibropapilomas, inclusive escore severo da doença (16,4% para o Ano1 e 9,4% para o PT), contra nenhum caso severo para a Coroa Vermelha (área controle). O relatório destaca que essa diferença entre as localidades foi observada pelo Instituto Marcos Daniel nos 4 anos anteriores a 2020.

No Ano 1 as tartarugas da APA Costa das Algas apresentaram nos parâmetros bioquímicos indícios de inflamação crônica, diminuição da síntese de anticorpos, doença renal, doença hepática e déficit nutricional. Entretanto, para o período de transição, não houve diferença significativa para a maioria dos parâmetros entre os locais amostrados. Segundo o relatório, isso pode estar relacionado ao menor N amostral, e indica a continuidade do monitoramento para confirmar se há ou não uma tendência de melhora no status fisiológico das tartarugas-verdes na APA Costa das Algas.

Em relação aos metais pesados, o relatório destaca que as tartarugas da APA Costa das Algas tiveram níveis elevados de As e Cu, em comparação às tartarugas de Coroa Vermelha. Quando comparada com outras populações do Brasil os valores de Cu, Zn, Cd e Pb para a APA são maiores que estudos em Ubatuba e Fernando de Noronha.

As tartarugas da APA apresentaram também maiores níveis de PCBs totais especialmente os compostos capazes de induzir hepatotoxicidade (PCB-28 e PCB-52), segundo testes laboratoriais da bibliografia citada.

Caretta caretta

Foram realizados 100% do previsto para os trabalhos de campo e análises laboratoriais para a espécie.

De acordo com o relatório, na área de desova na Foz do Rio Doce 4,6% (n=3) das tartarugas apresentaram fibropapilomatose no Ano 1, ainda que nesta espécie não seja algo comum. Para o PT não houve nenhum registro. Além disso, as tartarugas de Povoação continuaram com a condição corporal pior do que a de Arembepe, também com maior carga epibiótica e parasitas.

Também foi observada diminuição dos registros de tartarugas com lesões oculares, que já haviam sido relatadas na temporada reprodutiva de 2017-2018 pelo monitoramento reprodutivo, sem relatos anteriores para populações de tartarugas cabeçadas no Brasil. No Ano 1 foram registradas em 9,1% (n=6) das tartarugas e no PT em 5% (n=3).

Segundo o relatório, tais lesões podem estar associadas a imunossupressão pela exposição aos metais pesados, entre outros fatores. E, conforme relatado no primeiro relatório anual, foram isolados bactérias e fungos oportunistas que podem ser tanto causadores quanto secundários às lesões, associados aos quadros de blefaro ou ceratoconjuntivite. Durante o PT, foi feita a biópsia de um animal com lesão ocular, que demonstrou que o material não apresentou sinais de infecção, nem alergia, mas uma inflamação crônica moderada.

O relatório aponta ainda que, nas tartarugas de Povoação, houve mais correlações entre metais e parâmetros de saúde, indicando uma maior influência dos metais sobre a saúde das tartarugas na área afetada.

Assim, os resultados indicam que a saúde das fêmeas que desovam na área diretamente afetada está correlacionada com a exposição a metais pesados e outros poluentes, sendo as lesões oculares consideradas evidências dos impactos na área.

As análises de metais em Povoação indicaram, além da transferência materna, a transferência de metais do sedimento para os ovos, ocorrendo, portanto, incremento de metais durante sua incubação. É destacado ainda que esses metais se correlacionam negativamente com o sucesso de incubação e de eclosão em ambas as áreas. A porcentagem de ovos não eclodidos em Povoação foi maior (24%) do que Praia do Forte (17%), já em relação aos natimortos Praia do Forte teve taxa maior (13%) do que Povoação (4%). O Relatório sugere que na Praia do Forte outros fatores estão contribuindo mais para o menor sucesso de incubação e sucesso de emergência do que a poluição, enquanto em Povoação, as correlações entre metais pesados e dados reprodutivos sugerem que os contaminantes podem ter uma influência maior do que outros fatores.

Ressaltamos, contudo, que não é possível afirmar neste momento que a menor taxa de eclosão de Povoação em relação a Praia do Forte seja exclusivamente por conta dos metais pesados, visto que outros parâmetros devem ser considerados, a exemplo da umidade, temperatura e granulometria da areia, que é determinante no sucesso de eclosão (inclusive isso foi abordado no relatório). Provavelmente, historicamente a Praia do Forte tenha um sucesso de eclosão maior do que Povoação por ter areia mais fina do que Povoação, e Praia do Forte tenha um número maior de natimortos por conta da temperatura da areia mais alta do que Povoação. Assim, é importante que para essa avaliação seja feita uma análise da série histórica existente, a fim de dirimir eventuais dúvidas. Isto reforça a necessidade da continuidade do monitoramento.

Em Povoação as tartarugas apresentaram maiores níveis de HPAs, PCBs e pesticidas na carapaça, assim como os natimortos apresentaram também maiores níveis de PCBs totais do que na Praia do Forte.

Dermochelys coriacea

Devido ao baixo N amostral (ovos, ovos não eclodidos e natimortos), não foram realizadas análises estatísticas, no entanto, segundo o relatório, os valores encontrados de As nos ovos em Povoação foram menores que os encontrados para populações do sul da África e Panamá, o Cd maior do que estudos na Guiana Francesa, sul da África e Panamá, e os níveis de Hg e Pb menores do que nessas localidades. No relatório as informações acima são as únicas quanto a contaminantes para a espécie, e ressalta-se novamente o problema do N amostral reduzido, sendo indicado a continuidade do monitoramento. Considerando, contudo, que a tartaruga-de-couro é classificada como criticamente em perigo (MMA, 2014), recomenda-se a exclusão de análises em ovos do PMBA.

- Encaminhamentos

Apresentar, para os próximos relatórios, análise bibliográfica, apontando se as lesões oculares em tartarugas foram observadas em outros países, se tais organismos podem estar associados com regiões impactadas e como tais organismos podem desenvolver o quadro para uma situação mais grave. Também apontar recursos necessários e metodologia para atendimento veterinário e administração de antibióticos em campo nos casos severos de lesão ocular.

Realizar análises histopatológicas das lesões oculares (incluir no âmbito do TR4), assim como verificar se há correlação das lesões oculares em comparação com a concentração de metais pesados nos tecidos.

Excluir amostragens em ovos de *Dermochelys coriacea*.

Considerar na análise dos resultados a série histórica da taxa de eclosão entre Povoação e Praia do Forte.

Conclusão Geral para Tartarugas

As três espécies de tartarugas marinhas avaliadas (*C. mydas*, *D. coriacea* e *C. caretta*) apresentam baixa variabilidade genética, tornando-as mais suscetíveis aos efeitos de impactos antrópicos como é o caso dos rejeitos de mineração provenientes da ruptura da barragem de Fundão. Além disso, foram detectados efeitos sobre a saúde, que, de acordo com o relatório, podem interferir ainda mais na capacidade de resiliência destes animais já ameaçados por outros fatores antrópicos.

De forma resumida a Matriz de Resultados destaca para as tartarugas marinhas (página 24): Alteração da diversidade genética; Alteração e uso do habitat; Alteração nos parâmetros de saúde e fisiologia; Contaminação

por compostos orgânicos e Contaminação por metais.

Destaca-se a necessidade urgente de integrar os estudos do PMBA com os estudos do Projeto de Monitoramento de Praias-PMP (executado pela Petrobras como condicionante de licenciamento ambiental federal das atividades de exploração e produção de petróleo e gás offshore – PMP-BC/ES).

Por fim, ressalta-se que novamente não foram apresentados dados de encalhes de tartarugas, que estavam previstos no Objetivo 3 do Anexo 6 do TR4. Como informado na análise do 1º Relatório Anual (Nota Técnica nº 15/2020/CTBio/DIBIO/GABIN - SEI/ICMBio 7653770), a equipe poderia ter buscado informações no Sistema de Informação de Monitoramento da Biota Aquática – SIMBA e nos relatórios anuais do PMP-BC/ES e apresentado algum resultado.

SOBREVOOS – BIOACÚSTICA

Este tópico está subdividido em dronemonitoramento/ROV; sobrevoos tripulados e bioacústica, a apresenta resultados para cetáceos, aves e tartarugas.

Dronemonitoramento e ROV (1253)

Cetáceos

- Aderência ao TR 4 e Plano de Trabalho da RRDM

O previsto no TR 04 foi plenamente contemplado.

- Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados

As análises foram realizadas conforme período pré-estabelecidos:

- Dezembro/2018 – Março/2020: densidade de avistamentos (registros/km²); densidade de indivíduos (indivíduos/km²); percentual de comportamento; e percentual de cada classe etária por trimestre e local (representação dos resultados foi mensal e geral);
- Janeiro/2019 – Março/2020: densidade de avistamentos e percentual de classe etária (a média da densidade de indivíduos foi analisada e comparada estatisticamente entre os trimestres)

Em quinze meses foram observados 875 registros (262 grupos) de cetáceos nas três áreas de monitoramento, Foz do Rio Doce, Comboios e Piraquê-Açu. O boto-cinza *Sotalia guianensis* e a toninha *Pontoporia blainvillei* foram as espécies predominantes, com 655 registros (184 grupos) e 141 registros (42 grupos), respectivamente.

Quanto à sazonalidade, os meses de janeiro, fevereiro e março concentraram o maior número de registros.

O boto-cinza *Sotalia guianensis* foi registrado em todas as áreas monitoradas, com destaque para a Foz do Rio Doce (mais de 10 registros/km²), indicando uma maior importância dessa região para a espécie, relativa ao uso do habitat. A densidade de registros foi menor em Comboios (até 5 reg./km²) e na foz do Rio Piraquê-Açu (até 3 reg./km²). O comportamento alimentar foi predominante nas três áreas. Quanto à faixa etária, indivíduos adultos predominaram, correspondendo a 82% em Comboios, 73% na Foz do Rio Doce, e 59% na Foz do Piraquê-Açu. O percentual de filhotes ou juvenis foi aproximadamente similar nas três áreas: 15% na Foz do Piraquê-Açu, 12% na Foz do Rio Doce, e 11% em Comboios.

A toninha *Pontoporia blainvillei* foi registrada em Comboios e na Foz do Rio Doce. A maior concentração de indivíduos foi encontrada na área de Comboios (até mais de 4 registros/km²), onde as toninhas foram avistadas nos 5 trimestres amostrados. Na Foz do Rio Doce, a densidade de registros no período monitorado foi menor (< 1 registro/km²), sem registros no 2º, 3º e 4º trimestre de 2019. Comboios foi o principal habitat usado pelas toninhas na região, destacando-se o comportamento alimentar presente em todos os registros. Foz do Rio Doce, observou-se mais comportamentos de deslocamento e interação entre os indivíduos. Quanto à faixa etária, indivíduos adultos predominaram, correspondendo a 83% em Comboios e 71% na Foz do Rio Doce. O percentual de filhotes ou juvenis foi 14% na Foz do Rio Doce e 9% em Comboios. O relatório realça que, na Foz do Rio Doce, o registro de imagem de toninhas é inédito, reforçando a importância do dronemonitoramento.

A partir dos dados coletados com o ROV, foram identificados sete tipos de fundo na área: areia; areia e lama; areia e fragmentos; briozoários, esponjas e algas; estrutura recifal; lama; e rodólitos. Esse resultado foi apresentado no mapa da Figura 694 (p. 1268).

Conforme o relatório, em abril de 2020 o dronemonitoramento foi interrompido devido à pandemia de covid-19.

Tanto para o boto-cinza quanto para a toninha, o comportamento de alimentação teve maior número de registros nas áreas de incidência da pluma do Rio Doce.

De acordo com o relatório, foram disponibilizados 1117 vídeos de registros de megafauna obtidos com o drone e 53 vídeos de filmagens do leito marinho obtidas com o ROV. Entende-se que essa metodologia, associada aos demais programas afins, possibilitará, ao longo do tempo, ampliar o conhecimento sobre os cetáceos na região e compreender os efeitos do desastre sobre as populações, especialmente pelos dados e registros inéditos.

- Encaminhamentos

Recomenda-se que os dados de dronemonitoramento-ROV sejam apresentados de forma separada por grupos taxonômicos (cetáceos, tartarugas marinhas e aves marinhas).

Aves

- Aderência ao TR 4 e Plano de Trabalho da RRDM

Elaborado em atendimento ao objetivo 2 do TR (Anexo 6) e parte do sub-projeto “Monitoramento de cetáceos a partir de técnicas de sobrevoos, imageamento subaquático e hidroacústica do Plano de Trabalho”. Apesar de ter sido informado no plano de trabalho que para o acompanhamento de aves o censo aéreo não é a metodologia mais adequada, mas que o registro das aves eventualmente detectadas por estes sobrevoos seria registrado, o relatório também apresenta resultados para este grupo. Assim, para a Classe Aves, consideramos que **o solicitado foi atendido** e recomendamos a continuidade do mesmo para as aves uma vez que demonstra tendências de uso do ambiente amostrado pelo grupo. Idealmente um esforço direcionado para a identificação em nível específico das aves dos gêneros *Sterna* sp. e *Thalassarche* sp., seria de grande valia para o resultado do trabalho em longo prazo, caso possível.

- Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados

As análises relacionadas à distribuição dos registros de aves nas áreas amostradas do dronemonitoramento apresenta uma limitação metodológica importante em relação à dificuldade em identificação das aves em nível específico. A identificação do gênero *Sterna* sp. e *Thalassarche* sp. pode incluir espécies ameaçadas e não ameaçadas (dentro destes gêneros existem pelo menos duas espécies ameaçadas com registros para a região, quais sejam: *Sterna hirundinacea* e *Thalassarche chlororhynchos*).

- Encaminhamentos

Uma vez que não foram identificadas não-conformidades com relação a aderência ao TR4 e respectivo plano de trabalho, o único encaminhamento proposto trata da necessária continuidade do monitoramento incluindo também o presente subprojeto.

- Conclusões

Em relação à família Sternidae o comportamento migratório do grupo deve considerar que muitas espécies se concentram aos milhares no Estado do Espírito Santo, especialmente nas ilhas próximas a Vitória e ao sul, para reproduzir entre os meses de abril a junho, como é o caso de *Thalasseus acutiflavus* e, em menores números, *Sterna hirundinacea*, esta última ameaçada de extinção. Por outro lado, migratórias neárticas, que incluem principalmente *Sterna hirundo*, não devem ter sua importância subestimada na região, concentrando-se majoritariamente nos meses de primavera e verão.

Utilizando o método de dronemonitoramento foram avistados durante os meses de coleta sistematizada aves marinhas e costeiras nas três áreas de monitoramento (Foz do Rio Doce, Comboios e Piraquê-Açu). A maior concentração de aves foi encontrada na área da Foz do Rio Doce, onde ocorreram durante todo o período amostral. A clara dificuldade de identificação das espécies de aves e seu registro apenas como membros de um gênero, ou mesmo família não permite que os parâmetros coletados a partir do dronemonitoramento sejam de fato precisos para definir a composição das espécies e categorias de ameaça para as aves que ocorrem nas regiões monitoradas. Devido ao método de amostragem, focado no monitoramento de cetáceos, fica implícita no relatório também a dificuldade em identificar a classe etária e o percentual de comportamentos observados para os membros da Classe Aves. As dificuldades acima não permitem, para as Aves, a definição clara de padrões para a avaliação precisa de impactos para as espécies - conforme citado no relatório, nas suas conclusões sobre o subprojeto. Entendemos que a continuidade do monitoramento pode trazer estas informações e recomendamos o

esforço em identificar os indivíduos em nível específico, sempre quando possível, ou evitar generalizações quanto à categoria de ameaça quando impossível esta diferenciação.

Tartarugas

- Aderência ao TR 4 e Plano de Trabalho da RRDM

Elaborado em atendimento ao objetivo 2 do TR (Anexo 6) e parte do sub-projeto “Monitoramento cetáceos a partir de técnicas de sobrevoos, imageamento subaquático e hidroacústica do Plano de Trabalho”.

Apesar de ter sido informado no plano de trabalho que para o acompanhamento de tartarugas marinhas o censo aéreo não é a metodologia mais adequada, mas que as ocorrências dos quelônios eventualmente detectados por estes sobrevoos seriam registradas, o relatório traz resultados para quelônios. Assim, consideramos que **o solicitado foi atendido**.

- Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados

Assim como apontado na análise do Relatório anual anterior o dronemonitoramento se mostrou pouco preciso para as tartarugas marinhas, podendo resultar em problemas de identificação de espécie e identificação de comportamento. Foi destacado no documento “RESPOSTAS À NOTA TÉCNICA SEI/ICMBio – 7653770 DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ANUAL 2019 – PMBA/Fest-RRDM”, que a “metodologia de monitoramento com drones foi desenvolvida e testada para ter uma eficácia ótima para registros de uso do habitats de pequenos cetáceos costeiros” e que “os registros dos demais grupos podem não ter a precisão e confiabilidade desejada para observações sistemáticas”.

Assim como outros trabalhos da RRDM, as amostragens foram interrompidas devido a pandemia de COVID-19. Ainda assim, nos trabalhos que foram executados foram registradas 221 ocorrências de tartarugas marinhas nas três áreas de monitoramento (Foz do rio Doce, Comboios e Foz do rio Piraquê-açu), com predominância de *C. mydas* (184 registros) em comportamento alimentar na Foz do rio Piraquê-açu. Foram obtidos cinco registros de *D. coriacea* em Comboios. Da totalidade dos registros 47% foram identificados como juvenis e o restante indeterminado.

Segundo o relatório, os parâmetros coletados a partir do dronemonitoramento: densidade de avistamentos (registros/km²); densidade de indivíduos (indivíduos/km²); percentual de comportamento; e classe etária; das espécies de mamíferos, aves e quelônios por trimestre e local, permitiram encontrar padrões para a avaliação de efeitos relacionados ao rompimento da barragem de Fundão em Mariana-MG. Para tartarugas, a maioria dos registros da espécie *Chelonia mydas* foi de indivíduos juvenis registrados com comportamento alimentar na foz do rio Piraquê-Açu.

- Encaminhamentos

Sugere-se que outros sensores sejam testados para avaliar o potencial de melhor identificação dos animais. Caso haja necessidade de adequação da metodologia para registro de quelônios, pode-se cogitar a utilização do dronemonitoramento com tecnologia para utilização em período noturno, quando os animais se aproximam da praia para desovar.

Analisar os dados em conjunto com os resultados da telemetria satelital em fêmeas de *Caretta caretta*, como subsídio para identificação das áreas mais utilizadas pelos animais.

Sobrevoos tripulados (1271)

Cetáceos

- Aderência ao TR 4 e Plano de Trabalho da RRDM

O previsto no TR 04 foi plenamente contemplado.

- Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados

Em 18 meses de coleta foram realizadas três campanhas de sobrevoos tripulados, duas em 2019 (verão e inverno) e uma em 2020 (verão). O objetivo principal foi avaliar a distribuição e a densidade da megafauna

marinha, com ênfase na toninha (*Pontoporia blainvillei*), em áreas potencialmente impactadas pelo desastre na foz do Rio Doce e áreas protegidas adjacentes (APA Costa das Algas e REVIS de Santa Cruz).

Foram identificadas 6 espécies de cetáceos: toninha (*Pontoporia blainvillei*), boto-cinza (*Sotalia guianensis*), golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*), golfinho-de-Risso (*Grampus griseus*), baleia jubarte (*Megaptera novaeangliae*) e baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*). Adicionalmente, também foram avistados alguns grupos de golfinhos da família Delphinidae. Ao todo, foram registrados 532 grupos de cetáceos.

Para a toninha, a partir dos dados do monitoramento, estimou-se a densidade de 0,32 grupos/km², resultando em um tamanho populacional de 777 indivíduos no litoral do Espírito Santo. Observou-se que, no verão, os grupos foram encontrados mais próximos à costa, em profundidade de cerca de 8 m, e as taxas de encontro foram maiores, especialmente no estrato de 30km ao sul do Rio Doce. Os máximos registrados foram 15 km de distância e 16 m de profundidade, no inverno. O relatório indica que, provavelmente, não mais de 388 indivíduos sejam maduros e não mais que 194 sejam fêmeas maduras. É ressaltado que "*constatou-se que a população de toninhas do Espírito Santo é a menor e a que apresenta a área de vida mais restrita (2.366km²) entre todas as populações da espécie*" (p. 1274).

Para o boto-cinza, no verão, estimou-se a densidade de 0,21 indivíduos/km², num total de 702 indivíduos no litoral do Espírito Santo. Durante o inverno, a densidade foi de 0,10 indivíduos/km² e uma abundância total de 339 indivíduos. Conforme o relatório, nas três campanhas, "*as áreas do entorno do Rio Doce concentraram as maiores densidades de grupos de boto-cinza. Esse padrão também foi observado com relação as TE, as quais foram maiores nos estratos Sul e Rio Doce 30S*" (p. 1275). Durante o inverno, os grupos foram avistados a uma distância máxima de 19km e em profundidade média de 17,3 m; no verão, a distância máxima de 16,6km e a profundidade de 13,9 m.

Golfinhos-nariz-de-garrafa também foram registrados no período, com distância máxima de 39,6 km da costa e uma profundidade média de 73,6 m, no inverno; e 19,1 km de distância e 17,7 m de profundidade, no verão. Os registros se concentram no verão/2019, tendo os grupos um tamanho total de 1 a 80 indivíduos, densidade calculada para toda a área de estudo de 0,22 indivíduos/km² e abundância total de 727 indivíduos. O inverno teve baixo número de grupos avistados, com 2 a 60 indivíduos e os números foram excluídos do cálculo de densidade e abundância.

Quanto à baleia jubarte, para o inverno de 2019, a distância máxima registrada foi de 44,3km da costa do Espírito Santo, à profundidade média de 67,7m. A densidade estimada para a espécie foi de 0,08 indivíduos/km² e cerca de 655 indivíduos no total ao longo de toda a área amostrada (i.e. entre a costa e a isóbata de 500m). O relatório realça que as "*baleias jubarte representaram 62% de todos os grupos de cetáceos registrados durante a campanha de inverno dos sobrevoos. Dos 158 grupos avistados, 34 (21,5%) deles continham filhotes reforçando a importância da área para reprodução e cria desta espécie*" (p. 1278). Pelo mapa apresentado (Fig. 704, p. 1280), ressalta-se que os registros se concentraram nas proximidades da Foz do Rio Doce (Norte e Sul) e ao Sul da Foz do Rio Doce, até Vila Velha, aproximadamente.

No fechamento da seção, o relatório indica que a área com maior densidade de cetáceos e tartarugas coincide com a região que recebeu o maior aporte de rejeitos relacionados com o desastre, indicando que as "*populações sofreram impacto agudo pelo contato direto com o material oriundo da barragem logo após a sua chegada no ambiente marinho*" (p. 1284). Também realça que:

Os efeitos crônicos, resultantes do contato contínuo dessas espécies com agentes químicos oriundos do rompimento da barragem, sobre a viabilidade populacional de cetáceos e tartarugas é um fator preocupante e, assim, o monitoramento da abundância e distribuição dessas populações ameaçadas a longo prazo é chave para avaliar esses impactos (p. 1284).

- Encaminhamentos

Recomenda-se que os dados de sobrevoo tripulado sejam apresentados de forma separada por grupos taxonômicos (cetáceos, tartarugas marinhas e aves marinhas).

Aves

- Aderência ao TR 4 e Plano de Trabalho da RRD

Elaborado em atendimento aos objetivos 1 e 2 do TR (Anexo 6) e parte do sub-projeto "Monitoramento cetáceos a partir de técnicas de sobrevoos, imageamento subaquático e hidroacústica do Plano de Trabalho". Apesar de ter sido informado no plano de trabalho que para o acompanhamento de aves o censo aéreo não é a metodologia mais adequada, mas que o registro das aves eventualmente detectadas por estes sobrevoos seria registrado, o

relatório também apresenta resultados para este grupo. Assim, para a Classe Aves, consideramos que **o solicitado foi atendido**.

- Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados

A taxa de encontro total do atobá-marrom durante o verão de 2019 foi de 0,022 grupos/km, no inverno de 2019 foi de 0,005 grupos/km e no verão de 2020 foi de 0,011 grupos/km. Durante as três campanhas a região no entorno da foz do Rio Doce apresentou maior densidade de grupos.

As aves marinhas registradas como pertencentes à família Sternidae apresentaram uma taxa de encontro total de 0,062 grupos/km durante o verão de 2019, 0,101 grupos/km durante o inverno de 2019 e 0,099 grupos/km no verão de 2020. Durante as três campanhas, a taxa foi maior ao sul do Rio Doce.

- Encaminhamentos

Uma vez que não foram identificadas não-conformidades com relação a aderência ao TR4 e respectivo plano de trabalho, o único encaminhamento proposto trata da necessária continuidade do monitoramento incluindo também o presente subprojeto.

- Conclusões

Dentre as aves, apenas o atobá-marrom (*Sula leucogaster*) foi identificado a nível de espécie durante os sobrevoos tripulados. As aves conhecidas popularmente como trinta-réis, foram todas consideradas como pertencentes a família Sternidae, não sendo possível chegar a nível específico. A região da foz do Rio Doce apresentou uma maior concentração de grupos durante as três campanhas de sobrevoos.

Tartarugas

- Aderência ao TR 4 e Plano de Trabalho da RRDM

Elaborado em atendimento ao objetivo 1 do TR (Anexo 6) e parte do sub-projeto “Monitoramento cetáceos a partir de técnicas de sobrevoos, imageamento subaquático e hidroacústica do Plano de Trabalho”. Foram registrados todos os quelônios avistados. Para quelônios, consideramos que **o solicitado foi atendido**.

- Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados

Ao longo dos 18 meses de coleta do PMBA/Fest-RRDM foram realizadas três campanhas de sobrevoos, duas durante o ano de 2019 (verão e inverno) e uma durante o ano de 2020 (verão).

Dentre as tartarugas marinhas avistadas foi possível identificar a tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriacea*), sendo, as demais, identificadas ao nível de família – Cheloniidae. Foram registrados 274 grupos de tartarugas marinhas durante as três campanhas de sobrevoos. A distância máxima de registro foi de 41,8km da costa, sendo a média de avistamento no verão mais próximo da costa que no inverno. As taxas de encontro foram menores no verão de 2020 quando comparada com o verão de 2019, e segundo o relatório, pode ser devido a uma diminuição na concentração de tartarugas marinhas nos locais amostrados ou mesmo influência de fatores ambientais atuando sob as densidades, o que só poderá ser averiguado com a continuidade do monitoramento.

O relatório destaca que resultados de publicações da modelagem de dispersão da pluma com poluentes mostram que a região ao sul da foz do Rio Doce recebeu o maior aporte de rejeitos provenientes do rompimento da barragem de Fundão, coincidindo com a área de maior densidade de tartarugas ao longo das três campanhas de sobrevoos.

Assim, concluem que as populações sofreram impacto agudo pelo contato direto com o material oriundo da barragem logo após a sua chegada no ambiente marinho. Isso reforça a necessidade de continuidade do monitoramento e da avaliação de saúde dos animais.

- Encaminhamentos

Analisar os dados em conjunto com os resultados da telemetria satelital em fêmeas de *Caretta caretta*, como subsídio para identificação das áreas mais utilizadas pelos animais.

Bioacústica 1284

- Aderência ao TR 4 e Plano de Trabalho da RRDM

O previsto no TR 04 foi plenamente contemplado.

- Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados

O monitoramento visual associado à bioacústica, no período de transição, registrou 23 avistagens: 12 de *Sotalia guianensis*; 2 de *Tursiops truncatus* e 9 não identificados. O tamanho do grupo variou entre 1 e 24 indivíduos, com presença de filhotes em parte destes. Foram observados cinco estados comportamentais, totalizando 27 eventos; a maioria, comportamento de natação.

Foram registradas aproximadamente 329h de dados acústicos no Ano 1 e cerca de 144h no período de transição, em dois embarques realizados. Tanto no Ano 1 quanto no período de transição, os sons pulsados predominaram sobre os sons tonais (assobios). Entre os sons pulsados, em ordem decrescente, foram registrados cliques, cadeias de cliques, explosivos e chamados. Detectou-se cliques de boto-cinza, golfinho-nariz-de-garrafa, toninha e golfinho-de-dentes-rugosos. Com exceção da toninha, foram registrados assobios também para essas espécies. Sons pulsados explosivos só foram registrados para boto-cinza e golfinho-de-dentes-rugosos.

De acordo com o relatório, os modelos de classificação e identificação acústica de espécies foram considerados suficientemente robustos para a identificação das espécies.

Ocorrência e distribuição acústica das espécies.

Os resultados para os modelos de turbidez mostraram que a presença e ausência:

- de todas as espécies em conjunto foi significativamente relacionada à presença e ausência de camarões e peixes, oxigênio, temperatura e turbidez
- de toninha foi significativamente relacionada à presença e ausência de peixes, oxigênio, temperatura e turbidez
- de boto cinza foi significativamente relacionada à presença e ausência de camarões e peixes, oxigênio, temperatura e turbidez
- de golfinho de dentes rugosos foi significativamente relacionada à presença e ausência de peixes, oxigênio, temperatura e turbidez
- de golfinho nariz de garrafa foi significativamente relacionada à presença e ausência de peixes, oxigênio, temperatura e turbidez

Os resultados para os modelos de salinidade mostraram significância para os mesmos parâmetros dos modelos de turbidez. O relatório indica que num "*contexto não impactado, que corresponde a uma condição natural onde os indivíduos estão adaptados, não é esperado associações significativas entre os parâmetros acústicos e variáveis ambientais*" (p. 1368).

De acordo com o relatório, os resultados confirmam a ocorrência de quatro espécies de cetáceos, identificados e classificados visual e acusticamente, na área sob influência da pluma de rejeitos: toninha (*Pontoporia blainvillei*), boto-cinza (*Sotalia guianensis*), golfinho nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*), e golfinho de dentes rugosos (*Steno bredanensis*). Há evidências da ocorrência de orcas (*Orcinus orca*).

O volume extraordinário de lama na área costeira resultou na alteração de variáveis ambientais (turbidez e índice de absorção), determinantes na propagação das vocalizações dos cetáceos. Um dos principais efeitos foi o aumento da turbidez na foz do Rio Doce e áreas marinhas adjacentes, gerando aumento da atenuação e degradação dos sinais acústicos, resultando em redução da área ativa das espécies. Essa atenuação "*impacta fundamentalmente a dinâmica "emissor-transmissão-receptor" da comunicação animal impedindo o desempenho de atividades cruciais para a sobrevivência dos indivíduos*" (p. 1369), tais como: comunicações intra e interespecíficas; navegação; orientação; busca e captura de presas. Em consequência, a alimentação e reprodução dos indivíduos pode ser afetada negativamente; e o metabolismo pode ser elevado, para compensar os esforços extras do organismo para lidar com ampliação da atenuação e degradação dos sinais acústicos, podendo gerar consequências de longo prazo e comprometimento em nível populacional.

- Encaminhamentos

Recomenda-se que a parte de bioacústica apresente os resultados com um pouco mais de detalhe no texto, para facilitar a compreensão dos gráficos.

CONCLUSÃO GERAL MEGAFUNA

Para a análise do uso da área afetada, em dois anos de monitoramento foi possível observar que algumas aves marinhas que nidificam na região permanecem alimentando-se em áreas potencialmente contaminadas. Destaca-se assim, que os rejeitos não inviabilizaram por completo a alimentação nas adjacências da foz do Rio Doce, o que pode ter um efeito ainda mais grave sobre as espécies de aves que utilizam a região, pois o uso continuado de uma área contaminada pode causar efeitos deletérios em médio prazo, especialmente em espécies K-estrategistas e ameaçadas de extinção.

Situação similar foi observada para cetáceos e tartarugas, em que a área com maior densidade de animais coincide com a região que recebeu o maior aporte de rejeitos relacionados com o desastre. Tanto para o boto-cinza (*Sotalia guianensis*) quanto para a toninha (*Pontoporia blainvillei*) há evidências de constituírem populações ecologicamente distintas na região do Rio Doce e do Rio Piraquê-Açu, sendo que ambos apresentaram comportamento de alimentação com maior número de registros nas áreas de incidência da pluma do Rio Doce.

Para os cetáceos, concentrações de elementos-traço, compostos organoclorados, compostos organobromados e HPAs indicam evidências de correlação entre valores elevados e a lama de rejeitos, especialmente nas proximidades da Foz do Rio Doce.

Para aves, os resultados já puderam demonstrar a redução na concentração dos elementos essenciais e o aumento dos elementos não essenciais, o que esteve alinhado com parâmetros hematológicos e sanitários, bem como a padrões de uso de áreas de alimentação observadas pelo rastreamento, ao menor sucesso reprodutivo para *Phaethon aethereus*, e à redução na diversidade genética nas duas espécies de aves marinhas dos Abrolhos.

Para as três espécies de tartarugas marinhas avaliadas (*C. mydas*, *D. coriacea* e *C. caretta*), foi observada baixa variabilidade genética, tornando-as mais suscetíveis aos efeitos de impactos antrópicos como é o caso dos rejeitos de mineração provenientes da ruptura da barragem de Fundão. Além disso, foram detectados efeitos sobre a saúde, que, de acordo com o relatório, podem interferir ainda mais na capacidade de resiliência destes animais já ameaçados por outros fatores antrópicos. De forma resumida foram constatadas: Alteração da diversidade genética; Alteração e uso do habitat; Alteração nos parâmetros de saúde e fisiologia; Contaminação por compostos orgânicos e Contaminação por metais.

Assim, concluem que populações sofreram impacto agudo pelo contato direto com o material oriundo da barragem logo após a sua chegada no ambiente marinho. E realçam que os efeitos crônicos, resultantes do contato contínuo dos animais com agentes químicos oriundos do rompimento da barragem, sobre a viabilidade populacional dos animais é um fator preocupante, ressaltando a importância da avaliação de saúde dos animais e do monitoramento da abundância e distribuição dessas populações ameaçadas a longo prazo para avaliar esses impactos.

2.8 Anexo 7 – Dulcícola

2.8.1.1 Avaliação espaço-temporal das comunidades bióticas e sua relação com as variáveis ambientais

2.8.1.2 Fitoplâncton

A Análise de Correspondência Canônica (ACC) das variáveis ambientais com as comunidades bióticas no rio Doce mostrou uma separação sazonal, evidenciando que a maior

parte das campanhas no rio Doce “a estação chuvosa 2 esteve organizada do lado positivo e associada aos táxons *Pinnularia sp1*, *Synechococcus nidulans*, *Synechocystis minutissima*, *Chlamydomonas epibiotica*, *Strombomonas sp1*, *Cryptomas brasiliensis*, além de estar relacionada com elevados valores de ferro, vanádio, bário, chumbo, cromo, manganês, arsênio, fósforo total, MPS e vazão”. Táxons de cianobactérias, como o caso do gênero *Synechocystis*, são descritos como ótimos competidores por luz, possibilitando seu desenvolvimento em sistemas com alta concentração de material particulado em suspensão (MPS). O relatório destaca ainda que “também foi observado adaptações em consorcio entre espécies do gênero *Synechocystis* e bactérias heterotróficas capazes de conferir resistência ainda maior desta cianobactéria à poluição por metais (ABDULAZIZ et al., 2016)” (p. 177).

Para o rio Guandu a ACC também agrupou, no lado positivo do eixo, a maioria das amostragens da estação chuvosa 2, relacionadas aos táxons *Pinullaria sp1*, *Aphanocapsa incerta*, *Epiglossphaera brasilica*, *Monoraphidium minutum*, *Euglena ehrenbergii* e *Cryptomonas brasiliensis*. E registraram grande associação dos

táxons *Synechocystis aquatilis* e *Synechococcus nidulans* para amostras do período seco, onde os valores de pH e condutividade elétrica e disponibilidade de luz (devido a menor MPS) foram mais elevados, porém com menor disponibilidade de recursos, o que evidencia mais uma vez, a grande capacidade adaptativa de sobrevivência de táxons de cianobactérias picoplânctônicas a condições ambientais adversas.

O lago Limão, segundo a Análise de Correspondência Canônica apresentada, está no lado negativo do eixo 1, associado aos maiores valores de vanádio, bário, manganês e silicato e menores valores de pH e MPS e aos táxons: *Aphanocapsa elachista*, *Aphanopacsa holsatica*, *Aphanocapsa incerta*, *Cyclotella sp2*, *Nitzschia sp3*, *Urosolenia eriensis*, *Merismopedia tenuissima*, *Pseudanabaena limnetica*, *Monoraphidium minutum*, *Dynobryon bavaricum* e *Didymocystis fina*.

Para os lagos Juparanã e Nova, grande parte das amostras foram separadas pelo eixo 2 da ACC, o lago Juparanã ordenado do lado positivo e associado, principalmente aos táxons: *Aphanopacsa holsatica* e *Cryptomonas sp1* e ao período seco, quando ocorreram os maiores valores de ferro, alumínio e MPS e menores valores de temperatura. Já o lago Nova esteve associado aos táxons *Arthrospira sp1*, *Planktolyngbya limnetica* e *Monoraphidium contortum*, e a condições de maiores temperatura e disponibilidade luminosa e menores valores de ferro e alumínio.

2.8.1.3 Perifíton

As análises de ACC mostraram que no rio Doce, o período chuvoso 2 relaciona-se com o aumento de ferro, vanádio, bário, chumbo, cromo, manganês, arsênico, fósforo total, MPS e vazão, assim como aos táxons *Oscillatoriales 6* e *Synechococcus sp.*, ambos relacionados ao aumento das variáveis citadas. Sabe-se que cepas do gênero *Synechococcus* têm sido reportadas como acumuladoras de metais pesados, podendo ser utilizadas como potenciais indicadores de metais pesados. Além disso, o relatório afirma que a abundância desse gênero, pode indicar elevados níveis de perturbações ambiental, uma vez que são organismos com grande capacidade de colonização.

O primeiro eixo da ACC mostrou separação sazonal para o rio Guandu. Os períodos chuvosos (C1 e C2) mostram-se relacionados, assim como o rio Doce, com aumento dos valores de ferro, vanádio, bário, chumbo, cromo, manganês, fósforo total, MPS, além de clorofila-a, coprostanol e temperatura. O táxon *Brachysira cf. neglectissima* foram relacionados principalmente ao período C2. Essa espécie possui capacidade de movimentação o que lhes confere vantagem adaptativa em ambientes com maior concentração de MPS. Os táxons *Pleurosira cf. laevis* e *Synedra goulardii* foram relacionadas ao período seco e aos maiores valores de vanádio, coprostanol, OD e pH e menores valores de manganês, silicato e temperatura.

O eixo 1 da ACC separa o lago Juparanã dos lagos Nova e Limão. O lago Juparanã está relacionado aos táxons *Achnantheidium minutissimum*, *Achnantheidium sp.7*, *Aulacoseira pusilla*, *Gomphonema lagenula*, *Gomphonema aff. naviculoides* e *Oedogonium spp.* e com maiores valores de alumínio, ferro, MPS e pH, e menores valores de vanádio, bário, manganês e silicato. Salienta-se que o táxon *Achnantheidium minutissimum* tem sido descrito como tolerante à presença de metais pesados na água e espécies do gênero *Oedogonium* como bioacumuladoras de metais. O relatório ainda infere que “o fato de as maiores abundâncias desses táxons estarem relacionadas com maiores valores de ferro e alumínio no lago Juparanã, pode indicar contaminação da lagoa por esses metais” (p. 222).

Quanto às lagoas, há no primeiro eixo da ACC a separação temporal da comunidade perifítica, com as amostragens do período Chuvoso 2 ordenadas no lado negativo do eixo, relacionadas com o aumento de ferro, vanádio, bário, chumbo, cromo, arsênico, fósforo total e MPS, e a diminuição da concentração de alumínio e OD. Salienta-se a presença de

Trachelomonas volvocina, *Nitzschia gracilis* e *Navicula rostellata*, espécies reconhecidas como frequentes em águas contaminadas com metais. O relatório destaca que “Nas lagoas do baixo Rio Doce, a relação desses táxons com maiores valores de metais e fósforo, podem indicar maior impacto desses elementos nas lagoas durante os períodos chuvosos” (p.226).

2.8.1.4 Macrófitas

O relatório mostra que a ACC separou a maior parte das campanhas no rio Doce do segundo período chuvoso para o lado positivo do eixo 1, relacionado com aumento das concentrações de Ferro, Vanádio, Chumbo e Cobre. Dos táxons, citados no relatório, destacam-se pela maior abundância registrada no segundo período chuvoso, as espécies *Pistia stratiotes* e *Salvinia biloba* por serem flutuantes livres e designadas como bioacumuladoras.

Assim como no rio Doce, no rio Guandu a espécie *Salvinia biloba* também foi influenciada pelo período C2. O aumento das principais variáveis do CPI (ferro, vanádio e bário) influenciaram no eixo 2, especialmente na parte

positiva, enquanto o aumento das variáveis do CP2 (vanádio, coprostanol, oxigênio dissolvido e pH) influenciaram no eixo 1, principalmente na parte positiva.

2.8.1.5 Zooplâncton

A ACC separou os períodos chuvosos do período seco. Destaca-se a ocorrência de rotíferos do gênero *Brachionus ssp.* característicos de ambientes eutrofizados e com elevada turbidez por material em suspensão e algumas espécies do gênero *Lecane* associadas a bancos de macrófitas, bastante abundantes nos ambientes lacustres. Alguns estudos indicam que a variação espacial e temporal do zooplâncton se dá em resposta à impactos derivados da presença de metais e os resultados preliminares do PMBA/Fest-RRDM_Zooplâncton dulcícola indicam um forte efeito sazonal sobre a ocorrência das espécies e possível efeito negativo do alumínio sobre a riqueza zooplânctônica.

O eixo 1 da ACC para o rio Guandu, separou os períodos chuvoso C1 e seco do período chuvoso C2 (mais chuvoso) e revelou que as espécies *Lecane lunaris*, *L. papuana*, *L. leontina*, *Brachionus falcatus*, *B. patulus*, *Filinia terminalis*, *Moina minuta* e *Alona guttata* foram associadas às amostras obtidas no período chuvoso C2, quando foram registradas as maiores concentrações de ferro, vanádio, bário, chumbo, cromo, manganês, clorofila-a, coprostanol, fósforo total, MPS e maior oxigênio dissolvido e pH. O relatório destaca ainda que rotíferos do gênero *Brachionus ssp.* são característicos de ambientes eutrofizados, com elevada turbidez por material em suspensão. E salienta que por outro lado, não houve associação de nenhuma espécie com os períodos chuvoso C1 e seco.

Com relação aos lagos, o relatório, separa os lagos do Limão e Nova do lago Juparanã, independente do período chuvoso ou seco. E afirma que organismos da classe Bdelloida e do gênero *Conochilus* foram mais associados aos lagos do Limão e Nova, caracterizados por altas concentrações de vanádio, bário, manganês, silicato e condutividade enquanto o Lago Juparanã foi caracterizado por altas concentrações de ferro, alumínio, MPS e maior pH e temperatura. O lago Juparanã foi associado às espécies *Lecane proteica*, *L. lunaris*, *Bosmina longirostris*, *Bosminopsis deitersi*, *Thermocyclops decipiens*, *T. minutus* e *Microcyclops anceps* e sabe-se que *Thermocyclops decipiens*, *T. minutus* e *Microcyclops anceps* são espécies características de ambientes eutrofizados.

O eixo 1 da ACC separou as estações da lagoa Monsarás das demais (Areão e Areal), sendo associada à maiores concentrações de ferro, vanádio, bário, chumbo, cromo, manganês, arsênio, manganês, clorofila-a, fósforo total e MPS, enquanto as lagoas Areão e Areal foram correlacionadas com o alumínio e o oxigênio dissolvido. Espécies características de ambientes eutrofizados foram associadas com as estações amostrais da lagoa Monsarás, durante o período chuvoso C1 e C2 e correlacionados às três lagoas estudadas durante o período seco.

2.8.1.6 Ictiofauna

O presente relatório não utilizou os dados advindos do Relatório do Monitoramento da Biota Aquática, previstos no Anexo 2 do Termo de Referência 4 (TR 4), em atendimento à Cláusula 165, executado pela CEPEMAR.

2.8.1.7 Conclusões

A comunidade de peixes do baixo rio Doce mostra a provável extirpação de espécies da calha do rio Doce, hoje restritas aos rios tributários da calha, além de um aumento da abundância e da biomassa de espécies introduzidas em locais mais impactados. E das nove espécies mais abundantes em relação ao recrutamento (abundância de novos indivíduos na população), seis são espécies introduzidas.

No caso das barragens, devem ser elaboradas medidas de controle das espécies exóticas e implementados sistemas de transposição de peixes, mas não só como uma forma de melhorar a interconectividade do rio e sim, como formas de monitoramento e de controle de espécies introduzidas.

As análises genéticas com *barcoding* auxiliaram na avaliação taxonômica e os microssatélites indicaram endogamia de uma das espécies e diminuição da diversidade filogenética das espécies nativas, do Ano 1 para o período de Transição, sugerindo possível impacto na variabilidade genética da ictiofauna.

As espécies de peixes de grande porte podem ser utilizadas como espécies-bandeira para projetos de proteção/recuperação ambiental, especialmente as que se encontram ameaçadas e apresentam registros anteriores no local impactado, como é o caso do surubim-do-rio-Doce (*Steindachneridion doceanum*). Dentre estas espécies, também se destaca a crumatá (*Prochilodus vimboides*) e a piabanha (*Brycon dulcis*) que além de grande biomassa também possuem apelo popular (importância econômica e cultural).

Adicionalmente, do ponto de vista genético, as espécies com maior número de linhagens crípticas e, dentre estas, as linhagens que possuem menor diversidade genética, deveriam ser monitoradas com mais atenção, gerando informações para guiar futuras ações de conservação.

2.9 Anexo 7 – Ictiofauna Marinho

Períodos de amostragem Ictiofauna:

- T1 = novembro/2018 e fevereiro/19 do ano 1; e
- T2 = novembro e dezembro/19, fevereiro/20.

Para a descrição da ictiofauna e carcinofauna estuarina/marinha de substrato inconsolidado, foram realizadas amostragens mensais (ano 1 - entre outubro/2018 e setembro/2019), que passaram a ser trimestrais (transição – novembro e dezembro/2019 e fevereiro/2020) na porção do baixo Rio Doce e sua área marinha adjacente (local do impacto).

Além disso, representando um gradiente de impacto, foram também amostradas os estuários e áreas adjacentes aos rios Caravelas, São Mateus, Ipiranga e Piraquê-Açu. Em cada estuário, foram estudados dois pontos internos, localizados a 2 e 4 km da foz, e quatro pontos externos (área marinha adjacente), sendo o primeiro localizado a 2 km da foz e os demais a 4 km da foz, em forma de cruz. Visando a integração entre Anexos e a investigação acerca de potenciais impactos do rejeito nas assembleias de peixes e crustáceos estuarinos/marinhos, foram adicionados 11 pontos de coleta à malha amostral do Anexo 7 na fase de transição, aqui chamados “Pontos novos”, todos localizados em áreas externas aos estuários.

2.9.1 Ictiofauna Marinha / Estuarina (Págs. 967 - 1075):

2.9.1.2 Conclusões:

Algumas conclusões são feitas no relatório sobre a ictiofauna marinha listadas a seguir:

Pág. 991: *“Por fim, não foram encontradas evidências de recuperação da estrutura trófica das assembleias de peixes do Rio Doce, entre o terceiro e o quarto ano após o Rompimento da Barragem de Fundão. A falta de evidências tem pelo menos duas explicações. Primeiro, a ictiofauna pode demorar décadas para se recuperar de impactos (DIAS, MAGNUSSON & ZUANON, 2010; MACNEIL et al., 2015; GIBSON-REINEMER et al. 2017), em especial às espécies com características (crescimento lento, maturação sexual tardia, baixa fecundidade, etc.) que conferem baixa resiliência. Portanto, o período em análise (i.e., um ano) parece insuficiente para detectar mudanças na estrutura das assembleias, em resposta às ações de recuperação, reparação ou compensação (RRDM, 2020). Além disso, a contaminação por rejeito causou grande mortalidade de peixes e alterações severas nos ecossistemas impactados, potencialmente resultando em assembleias dominadas por espécies tolerantes às condições ambientais subsequentes ao rompimento.”*

Pág. 1008: *“Embora não tenha sido estabelecida uma relação de causa e efeito entre o rejeito de minério e os índices ecológicos, as informações aqui apresentadas, quando analisadas em conjunto, demonstram evidências de possíveis alterações dos indicadores empregados em resposta ao rejeito de minério presente na região marinha adjacente a foz do Rio Doce.”*

Pág. 1012: *“Os resultados do modelo de mistura isotópico (Figura 21) e os dados oriundos das análises de conteúdos estomacais revelaram que a dieta do bagre-guri no estuário do Rio Doce diverge dos demais sistemas lagunares e estuarinos brasileiros (Quadro 7), sendo compreendida principalmente por itens de baixo valor energético, destacando-se a elevada prevalência de larvas de Chironomidae.”*

Pág. 1029: *“Espécies bentônicas oportunistas adaptadas a viver em fundos lamosos podem ter sido beneficiadas pela deposição do grande volume de lama oriunda do rompimento da barragem, como é o caso do camarão sete-barbas.”*

Pág. 1046 *“As análises espaço-temporais dos indicadores de impacto empregados não identificaram, até o momento, alterações no recrutamento de pós-larvas de peixes nos ambientes recifais monitorados em resposta ao Rompimento da Barragem do Fundão. Contudo, padrões espaciais claros podem ser percebidos em relação*

a assembleia de pós-larvas amostrada nos ambientes costeiros vs aquelas registradas mais distantes da costa, evidenciando um efeito cross-shore importante na estruturação das assembleias.

Pág; 1052: **em Microsatélites é concluído que: “Até o presente momento não há estudos que evidenciem os efeitos da poluição sobre a diversidade genética de peixes nas áreas impactadas pelo Rompimento da Barragem de Mariana.”**

Pág. 1053: “Considerando que desvios do equilíbrio de Hardy-Weinberg (HWE) podem indicar a ocorrência de processos evolutivos na população como por exemplo, migração, mutação, seleção e bottlenecks (HILSDORF & HALLERMAN, 2017) é cabível assumir que o desvio do HWE observado em todas as espécies, possa estar relacionado à redução drástica no tamanho efetivo de suas populações (bottlenecks), decorrente da mortandade de toneladas de peixes devido a lama de rejeito oriunda do Rompimento da Barragem de Fundão. (FERNANDES et al., 2016; GFT, 2016).” Porém, na mesma página o oposto é afirmado para as espécies estuarinas: “A análise de efeito gargalo realizada com o programa Bottleneck não detectou nenhum indício de redução populacional recente em nenhuma das espécies estuarinas.”

O relatório também conclui que:

- Estudos sobre a espécie ameaçada coletada no Rio Doce, bagre-branco *Genidens barbus*, classificada como “em perigo” (EN) devem ser aprofundados. As condições populacionais desta espécie não são conhecidas no Espírito Santo, devendo ser previstos monitoramentos futuros.
- **A riqueza observada na curva de rarefação ainda não atingiu a riqueza estimada em nenhum dos estuários amostrados, indicando que a suficiência amostral ainda não foi atingida. Assim, destaca-se a importância da manutenção do monitoramento da ictiofauna em estuários.**

2.11 Anexo 8 – Sedimentação em Abrolhos

Este anexo tem como principal objetivo a análise sedimentológica e sensoriamento remoto, a fim de caracterizar a assinatura geoquímica dos sedimentos coletados da coluna d’água para verificar a chegada de sedimentos oriundos do rompimento das barragens de rejeitos de minério de Mariana/MG. Destaca-se que foram realizadas análises robustas e complexas para a identificação de tais assinaturas geoquímicas, incluindo uma extensa malha amostral a fim de caracterizar todos os prováveis e potenciais rios aportadores de sedimentos na região dos Abrolhos.

2.10.1 Aderência ao Termo de Referência 4 – TR4

O TR4 e plano de trabalho foram **parcialmente cumpridos**.

Para o período do 2º relatório (outubro de 2019 a setembro de 2020) apenas uma coleta foi analisada (janeiro/2020), devido à pandemia de Covid-19. As coletas eram mensais até setembro de 2019, depois ocorreu coleta apenas em janeiro de 2020 e em março de 2020, mas não houve análise desta última. No entanto, para compensar foram realizadas relações entre os resultados isótopos e os dados disponíveis para a região, a saber: intensidade e direção do vento, precipitação regional e vazão dos principais rios que aportam na área de estudo de forma a melhorar o entendimento do impacto dos sistemas frontais na região e sua relação com a sedimentação.

2.10.2 Avaliação dos impactos ambientais e identificação de tendências nos parâmetros monitorados.

O relatório indica a presença de sedimentos da foz do rio Doce após a ruptura da barragem de Fundão, mas não traz uma correlação com impactos ambientais da deposição desse material na região dos Abrolhos, tanto para a biodiversidade quanto para a saúde humana e principais atividades econômicas, com destaque para a pesca e o turismo. Segue abaixo um resumo dos principais resultados apontados no estudo.

Os sedimentos coletados pelas armadilhas instaladas próximas às áreas de recifes em Abrolhos indicaram que a composição isotópica dessas amostras é semelhante à esperada para a região de Abrolhos. No entanto, pode-se considerar que existe uma mistura entre diferentes fontes de sedimentos na região de Abrolhos durante o período

estudado. Os sedimentos da foz do Rio Doce após a ruptura da barragem de Fundão fornecem componentes sedimentares que podem explicar a composição isotópica dos sedimentos coletados em Abrolhos, em especial, os pontos com maior variação da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ em comparação com a razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$. De acordo com os autores:

“A modelagem da quantificação dos graus de mistura sugere que as assinaturas isotópicas dos sedimentos em Abrolhos apresentam sinal da foz do Rio Doce de forma mais marcante entre os meses de março e julho. A partir do mês de julho até setembro, quando a ação das frentes frias é mais efetiva, observa-se uma alta variação da composição isotópica nos sedimentos de Abrolhos. Neste período há uma diminuição generalizada da quantidade de material terrígeno (transportado de outras fontes) por run off e um aumento da velocidade dos ventos na componente Sul-Norte, indicando processos de ressuspensão generalizados dos sedimentos do fundo marinho acarretando numa alta variabilidade dos isótopos evidenciando o Rio Doce como fonte, mas também o sinal de outras fontes potenciais.”

...

“Quanto às estações de coleta localizadas nos arcos interno e externo de Abrolhos, foram observadas diferenças nas assinaturas radiogênicas/isotópicas: (a) as armadilhas localizadas no arco interno da zona recifal (próximas ao continente) apresentaram sinal radiogênico da foz do Rio Doce durante todo o monitoramento; (b) aquelas localizadas no arco externo apresentam predominantemente sinal do Rio Doce entre abril e julho de 2019, com tendência de redução do sinal exógeno ao longo do tempo. Este comportamento característico das estações no interior do PARNA Abrolhos é uma resposta a dinâmica dos ventos na região quando nos períodos outono-inverno há o predomínio de ventos SE e, portanto, paralelos a zona costeira podendo contribuir para o deslocamento das plumas de sedimentos no sentido Sul-Norte (sentido Rio Doce-Abrolhos). No período inverno-primavera-verão o comportamento dos ventos muda, ocorrendo com maior frequência e intensidade no setor NE, evidenciando uma condição não favorável a presença do sinal dos rejeitos da Samarco em Abrolhos (independentemente do padrão de precipitação regional). Em suma, os sinais radiogênicos/isotópicos dos sedimentos armadilhados no arco interno de Abrolhos como resultantes do transporte S-N não apresentou sazonalidade, ou mudança de padrão, e, portanto, nenhuma relação com as alterações meteorológicas que ocorrem na região. Tal comportamento foi provavelmente influenciado por uma deriva litorânea Sul-Norte que flui rente a zona costeira (fato reportado durante vários levantamentos aéreos na região); já as armadilhas localizadas no PARNA Abrolhos, localizadas em mar aberto, dependem fundamentalmente das variações meteo-oceanográficas na região.”

Uma comparação entre os dados de frequência de frentes e frias, cujo máximo ocorreu nos meses de julho e agosto, e os períodos com maior influência dos traços dos rejeitos da Samarco em Abrolhos, mostrou que estas não são totalmente coincidentes. Os períodos com detecção de maiores influências ocorreram no outono e início de inverno em condições de ventos moderados e não em condições de ventos intensos. Os autores sugerem que os períodos de alta turbulência decorrente da passagem dos sistemas frontais promovem alta ressuspensão dos depósitos sedimentares que são compostos por várias fontes de sedimentos depositados na plataforma continental durante milhares de anos. Os sistemas frontais também promovem, generalizadamente, mais aporte sedimentar de todos os rios que influencia a sedimentação em Abrolhos.

O relatório não apresenta tendências claras nos parâmetros analisados, apenas que os sedimentos provenientes da barragem de Fundão atingiram a região dos recifes dos Abrolhos.

2.10.3 Conclusões

A partir das assinaturas radiométricas por isótopos radiogênicos (razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$), em sedimentos coletados em Abrolhos, considerando as assinaturas de outros rios que aportam na região e a condição pristina (anterior ao desastre da Samarco), foi possível detectar a presença de sedimentos caracterizados pela mistura dos rejeitos da Samarco e do material sedimentar do leito do rio Doce na região dos Abrolhos. A presença da mistura se manteve constante para as localidades monitoradas no arco interno da zona recifal (corroborado por modelos de dispersão) e fortemente dependente das condições meteo-ocenográficas atuantes no arco externo de Abrolhos.

5. CONCLUSÃO E/OU PROPOSIÇÃO

O Monitoramento do PMBA/Fest-RRDM, teve suas coletas e análises de dados encerradas em março 2020, devido a suspensão das atividades de campo, por solicitação da Fundação Renova, em virtude da pandemia COVID-19 no território brasileiro.

O Segundo Relatório Anual 2020 (RA2020) está dividido em 7 itens, sendo eles:

- RT36A – Sumário Executivo;
- RT-36B - Evolução espaço-temporal na qualidade ambiental e na biodiversidade no Ambiente Dulcícola;
- RT-36C - Evolução espaço-temporal na qualidade ambiental e na biodiversidade do Ambiente Costeiro;
- RT-36D - Evolução espaço-temporal na qualidade ambiental e na biodiversidade no Ambiente Marinho;
- RT-36E - Síntese integrativa entre os Ambientes Dulcícola, Costeiro e Marinho;
- RT-36F - Matriz de resultados dos Ambientes Dulcícola, Costeiro e Marinho;
- RT-36G - Acompanhamento Gerencial.

Em separado encontra-se também o Material Suplementar para cada Ambiente estudado contendo Metodologia, Tabelas, Figuras e Lista de espécies.

Considerando que o relatório deveria ser apresentado conforme um formato/modelo estrutural elaborado e entregue pela CTBIO, onde a metodologia deveria ser apresentada em um mesmo documento juntamente dos resultados e discussão, para melhor leitura e compreensão. A apresentação da metodologia em documento separado dos resultados e discussão está em discordância ao que já havia sido solicitado pela CTBIO.

Tendo em vista que já foi feita a entrega do 3º Relatório Anual do PMBA, identificamos impactos nos três ambientes:

Ambiente Dulcícola - os impactos mais frequentes no compartimento abiótico foram observados na matriz Água, e nos compartimentos bióticos, o grupo mais impactado foi o de peixes, seguido por microbiota, fitoplâncton, zooplâncton e macroinvertebrados.

Ambiente Costeiro - os impactos químicos no compartimento abiótico ficaram restritos aos sedimentos (devido ao desenho amostral adotado no PMBA). **Nos compartimentos bióticos, os caranguejos do manguezal se apresentaram como sendo os grupos mais impactados.**

Ambiente Marinho - ambos compartimentos abióticos (água e sedimento) apresentaram-se impactados em três categorias: Sedimentologia, Química e Ecotoxicologia. No compartimento biótico do Ambiente Marinho, toda a cadeia trófica apresentou algum tipo de impacto, destacando-se os compartimentos bióticos de níveis tróficos mais elevados (peixes, tartarugas, aves e cetáceos) e os compartimentos planctônicos e bentônicos.

Impactos considerados críticos, que merecem maior atenção e medidas de mitigação, reparação e compensação:

Os impactos considerados críticos estão representados pela contaminação por metais e metaloides no zooplâncton, bentos de fundo inconsolidado, peixes e aves, alteração dos índices ecológicos em zooplâncton e bentos de fundo inconsolidado, aumento na abundância de espécies indicadoras de impacto na microbiota, alteração nos parâmetros reprodutivos associados ao ictioplâncton, alterações nas estruturas de comunidades do fitoplâncton e bentos de fundo inconsolidado, alteração da diversidade genética de cetáceos, alterações dos parâmetros de saúde e fisiologia do fitoplâncton e tartarugas marinhas, mortalidade de organismos do bentos de fundo inconsolidado, doença e presença de agentes infecciosos em tartarugas, danos morfológicos no ictioplâncton, e alteração no uso do habitat em tartarugas, cetáceos e aves.

A seguir, visando compensar o atraso entre os relatórios enviados, sua análise e a emissão das Notas Técnicas, são apresentados os resultados descritos pela Fest-RRDM relativos à **análise comparativa das Matrizes de Resultados do 3º relatório (RA2021), em relação àquelas apresentadas no 2º relatório (RA2020):**

Para o critério Caráter, não foram observadas diferenças consideráveis entre as matrizes dos dois anos para as categorias Sedimentologia, Genética e Comportamento. **Nos casos das categorias Ecotoxicologia, Química, Ecologia e Saúde, foram observados percentuais menores de impactos com pontuação menor e**

percentuais mais elevados de impactos com pontuação média na Matriz de Resultados do RA2021, indicando que houve uma redução nos efeitos negativos entre os fatores associados.

Quanto ao critério Abrangência Espacial, foi observado um aumento no percentual de impactos classificados com pontuação maior na Matriz de Resultados do RA2021, em relação à Matriz do RA2020, para todas as categorias analisadas, à exceção da Sedimentologia e do Comportamento. **O resultado indica que uma maior proporção dos impactos identificados no RA2021 foi verificada em mais de 1 setor estudado (abrangência regional).**

Quanto ao critério relativo ao nível ambiental/trófico, as categorias Ecotoxicologia e Ecologia apresentaram maiores percentuais de impactos classificados com uma pontuação média na Matriz de Resultados do RA2021 do que naquela descrita no RA2020, **indicando que houve um aumento na proporção de impactos que alcançaram a base da cadeia trófica (vegetação, corais, plâncton e bentos)**. Por sua vez, as categorias Genética e Comportamento apresentaram a totalidade dos impactos classificados com a pontuação maior, tanto na Matriz de Resultados do RA2020 quanto naquela do RA2021, tendo em vista que **estes impactos são identificados nos níveis superiores da cadeia trófica (peixes, aves e megafauna)**.

Com relação ao critério associado à Duração dos impactos, foi observado que o percentual de impactos classificados com pontuação maior foi menor na Matriz de Resultados do RA2021 do que no RA2020, indicando uma redução na proporção de impactos que são sempre verificados ao longo do tempo, independente do período ou das condições existentes quando o monitoramento foi realizado.

A totalidade dos impactos identificados e descritos nas Matrizes de Resultados apresentadas no RA2020 e RA2021 foram classificados com pontuação menor para o **critério Reversibilidade**, à exceção para a categoria Genética, onde a totalidade dos impactos agrupados nesta categoria receberam uma pontuação média nas Matrizes de ambos os relatórios. **Concluem que a totalidade dos impactos observados são passíveis de serem revertidos se o ambiente melhorar (se a qualidade da água e do sedimento, e conseqüentemente a biodiversidade aquática tenham condições de retornarem aos níveis/condições aceitáveis/anteriores).**

Conclusões retiradas do relatório:

A grande maioria dos impactos identificados na área de escopo do PMBA/Fest-RRDM tem abrangência espacial em uma escala regional e estão afetando a base da cadeia trófica dos ecossistemas dulcícolas (vegetação, plâncton e bentos) e até mesmo os níveis superiores da cadeia trófica dos ecossistemas costeiros e marinhos (caranguejos, peixes, aves e megafauna). Assim, a evolução temporal do comportamento esperado para um evento da natureza do rompimento da Barragem de Fundão está em pleno curso, evidenciando atualmente seus efeitos mais crônicos, duradouros e de maior importância ecológica, especialmente quando são considerados os diferentes níveis tróficos afetados e os danos causados ao patrimônio genético da biodiversidade aquática na área impactada.

Neste contexto, é de suma importância destacar o fato de que a grande maioria dos impactos tem duração permanente, especialmente nos Ambientes Dulcícola e Marinho, ou seja, estão sendo sempre verificados nestes ambientes, independente do período ou das condições existentes quando o monitoramento é realizado. Por sua vez, a grande maioria dos impactos identificados no Ambiente Costeiro é recorrente, ou seja, os efeitos negativos têm sido verificados especialmente em períodos sazonais como, por exemplo, durante os períodos chuvosos ou períodos secos.

Conclui-se portanto que o contínuo monitoramento atendendo o TR4 e suas adaptações, devidamente aprovadas pela CTBio, tem sido capaz de registrar os impactos e suas tendências ao longo dos anos, constatando uma significativa alteração dos ambientes no compartimento água e sedimento, com conseqüente alteração da biota associada, prevalecendo menor diversidade de espécies, e prevalência das oportunistas, que possuem maior capacidade de adaptação aos elementos introduzidos no meio, carregados pelos sedimentos oriundos da barragem de Fundão. Os níveis de toxicidade da biota também se mostram resistentes, atingindo agora o topo da cadeia alimentar, e com sazonalidade acentuada pelos períodos chuvosos ou fortes oceanografias, que disponibilizam os contaminantes depósitos no leito do rio ou no leito marinho.

ANEXO I – MINUTA DE DELIBERAÇÃO DO COMITÊ INTERFEDERATIVO

COMITÊ INTERFEDERATIVO

Deliberação n XX/2022, de xx de junho de 2022.

Aprovar parcialmente o 2º Relatório Anual da cláusula 165 do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC), referente ao Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática, discutido no âmbito da Câmara Técnica de Conservação da Biodiversidade – CT-BIO/CIF.

Em atenção ao TERMO DE TRANSAÇÃO E DE AJUSTAMENTO DE CONDUTA - TTAC, entre União, estados de Minas Gerais, Espírito Santo e as empresas Samarco Mineração S/A, Vale S/A e BHP Billiton Brasil LTDA.; e

Considerando o discutido na 64ª Reunião Ordinária da CT-BIO/CIF e disposições previstas nas Notas Técnicas nº 8/2022/DIBIO/ICMBio e. O COMITÊ INTERFEDERATIVO delibera:

1. Aprovar, nos termos da Nota Técnica nº 8/2020/CTBio, o Segundo Relatório Anual (RA2020) do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente (PMBA/Fest-RRDM), Adjacente como atendimento parcial à Cláusula 165 do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta - TTAC, apresentado pela Fundação Renova e realizado pela Rede Rio Doce Mar /FEST/UFES em Acordo de Cooperação.

Brasília, xx de xxx de 202.

Eduardo Fortunato Bim
Presidente do Comitê Interfederativo



Documento assinado eletronicamente por **Joao Carlos Alciati Thome, Analista Ambiental**, em 01/06/2022, às 13:08, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **JULIANO DE OLIVEIRA BARBIRATO, Usuário Externo**, em 01/06/2022, às 13:50, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo de Macêdo Mello, Usuário Externo**, em 01/06/2022, às 14:42, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Hermes José Daros Filho, Usuário Externo**, em 01/06/2022, às 14:48, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Vaz de Mello Baez Almada, Usuário Externo**, em 01/06/2022, às 15:05, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Jose Savio Colares De Melo, Analista Ambiental**, em 01/06/2022, às 15:56, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.

Documento assinado eletronicamente por **Gabriella Tiradentes Pizetta, Analista Ambiental**, em 01/06/2022, às 16:20, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Maria Regina Gonçalves De Souza Soranna, Servidor Cedido**, em 01/06/2022, às 16:37, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Mônica Maria Vaz, Analista Ambiental**, em 01/06/2022, às 16:39, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Carina Tostes Abreu, Analista Ambiental**, em 01/06/2022, às 17:30, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Roberto Sforza, Analista Ambiental**, em 01/06/2022, às 18:11, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **MÔNICA MAGALHÃES BARBOSA, Usuário Externo**, em 01/06/2022, às 18:21, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Cezar Neubert Goncalves, Analista Ambiental**, em 02/06/2022, às 08:51, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.icmbio.gov.br/autenticidade> informando o código verificador **11216882** e o código CRC **5313519C**.



MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE

